

**SKRIPSI**  
**ANALISIS EFISIENSI PULVERIZED COAL FIRED BOILER**  
**2101-BO WATER TUBE BOILER DI UNIT KERJA STEAM**  
**TURBINE GENERATOR PT. PUPUK SRIWIDJAJA**  
**PALEMBANG**

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



**OLEH**  
**MUHAMMAD IQBAL OKTAVIN**  
**83651381520043**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**POKJUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SEBELAS**

**2019**



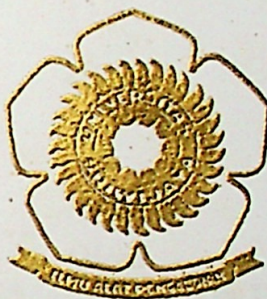
21. 406 075 981 6.  
Muh  
a  
20/1

167444



**SKRIPSI**  
**ANALISIS EFISIENSI PULVERIZED COAL FIRED BOILER**  
**2101-BO WATER TUBE BOILER DI UNIT KERJA STEAM**  
**TURBINE GENERATOR PT. PUPUK SRIWIDJAJA**  
**PALEMBANG**

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



**OLEH**  
**MUHAMMAD IQBAL OKTAVIN**  
**03051381520043**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2019**



**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS EFISIENSI *PULVERIZED COAL FIRED BOILER*  
2101-BO *WATER TUBE BOILER* DI UNIT KERJA *STEAM*  
*TURBINE GENERATOR* PT. PUPUK SRIWIDJAJA  
PALEMBANG**

**SKRIPSI**

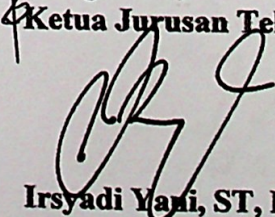
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

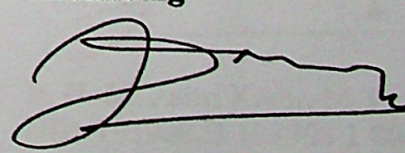
**MUHAMMAD IQBAL OKTAVIN**  
**03051381520043**

Palembang, Januari 2019

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
Irsyadi Yanti, ST, M.Eng, Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001

Pembimbing

  
Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T.  
NIP. 19590823 198903 1 001



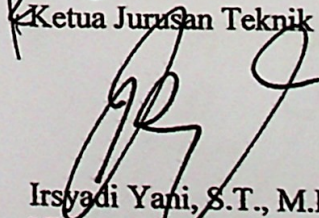
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :

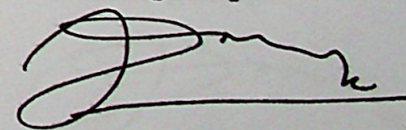
## SKRIPSI

NAMA : MUHAMMAD IQBAL OKTAVIN  
NIM : 03051381520043  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL : ANALISIS EFISIENSI *PULVERIZED COAL FIRED BOILER* 2101-BO *WATER TUBE BOILER* DI UNIT KERJA *STEAM TURBINE GENERATOR* PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG  
DIBERIKAN : 22 September 2018  
SELESAI : 12 Januari 2019

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 19710225 199702 1 001

Palembang, Januari 2019  
Diperiksa dan disetujui oleh,  
Pembimbing Skripsi

  
Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T  
NIP. 19590823 198903 1 001



## HALAMAN PERSETUJUAN

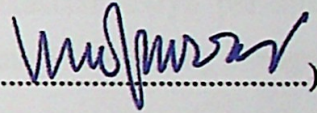
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "**Analisis Efisiensi Pulverized Coal Fired Boiler 2101-BO Water Tube Boiler Di Unit Kerja Steam Turbine Generator PT. Pupuk Sriwidjaja**" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 12 Januari 2019.

Palembang, 12 Januari 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

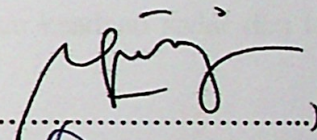
Ketua:

1. **Ir. Irwin Bizzy, M.T.**  
NIP. 19600528 198903 1 002

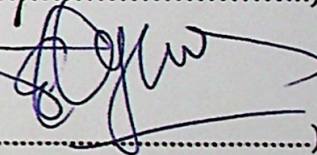
(.....)

Anggota:

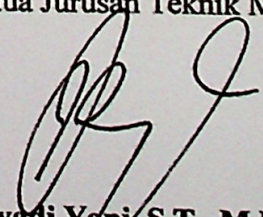
2. **Ir. Hj. Marwani, M.T**  
NIP. 19650322 199102 2 001

(.....)

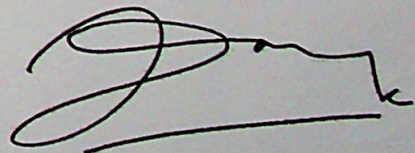
3. **Ellyanie, S.T., M.T**  
NIP. 19690501 199412 2 001

(.....)

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D**  
NIP. 19711225 199702 1 001

Pembimbing Skripsi,

  
**Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T**  
NIP. 19590823 198903 1 001



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal Oktavin

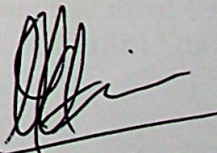
NIM : 03051381520043

Judul : Analisis Efisiensi *Pulverized Coal Fired Boiler* 2101-BO *Water Tube Boiler* Di Unit Kerja *Steam Turbine Generator* 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.

Palembang, Januari 2019



Muhammad Iqbal Oktavin  
NIM. 03051381520043



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal Oktavin

NIM : 03051381520043

Judul : Analisis Efisiensi *Pulverized Coal Fired Boiler* 2101-BO *Water Tube Boiler* Di Unit Kerja *Steam Turbine Generator* PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang

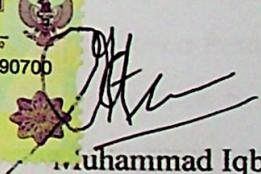
Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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



Palembang, Januari 2019

**METERAI TEMPEL**  
TEL 20  
5E409AFF479690700  
**6000**  
ENAM RIBURUPIAH

  
Muhammad Iqbal Oktavin  
NIM. 03051381520043



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat Seminar dan Sidang Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul **“Analisis Efisiensi *Pulverized Coal Fired Boiler 2101-BO Water Tube Boiler* di Unit Kerja *Steam Turbine Generator PT. Pupuk Sriwidjaja*”**.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan skripsi ini kepada:

1. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
2. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mendidik, memotivasi dan banyak memberikan sarana kepada penulis dari awal hingga selesainya skripsi ini
4. Dr. Ir. Hendri Chandra, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya dan banyak memberikan motivasi, wawasan, dan ilmunya serta memberikan arahan kegiatan perkuliahan.
5. Kedua Orangtua Penulis Asan, S.Pd.,M.Si. dan Masayu Mariamah, S.Pd, yang selalu memberikan dukungan moral dan materi serta doanya yang tulus membimbing, mengarahkan , mendidik, dan memotivasi penulis dari awal hingga selesainya skripsi ini.
6. Adik penulis Muhammad Firdaus Febriansyah, dan Siti Syaffiyah Salsabila, serta Dwita Istiqomah yang selalu memberikan tawa, dukungan, selalu menemani dan memberi semangat di setiap lelah dan keputusan penulis sehingga dapat kembali bersemangat menulis skripsi ini.



## RINGKASAN

### ANALISIS EFISIENSI *PULVERIZED COAL FIRED BOILER* 2101-BO *WATER TUBE BOILER* DI UNIT KERJA *STEAM TURBINE GENERATOR* PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, 12 Januari 2019

Muhammad Iqbal Oktavin; dibimbing oleh Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T.

Efficiency Analysis of Coal Fired Boiler 2101-BO Water Tube Boiler in Steam Turbine Generator Work Unit PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.

xxv + 44 halaman, 2 tabel, 33 gambar, 3 lampiran

## RINGKASAN

*Boiler* merupakan alat konversi energi yang berfungsi untuk merubah fluida dari fase cair menjadi fase gas (uap). *Boiler* banyak digunakan diberbagai sektor industri, terutama pembangkit listrik tenaga uap. *Boiler* terdiri atas beberapa tipe dan penggunaan bahan bakar yang berbeda, seperti *boiler* pipa air dan *boiler* pipa api, bahan bakar padat seperti batubara, bahan bakar cair seperti kerosin, dan solar, serta bahan bakar gas seperti gas alam. Prinsip kerja *boiler* pipa air yaitu dengan memanfaatkan proses perpindahan panas dari hasil permbakaran bahan bakar di ruang bakar kemudian panas hasil pembakaran akan memanaskan *tube* yang berisi air disekitar ruang bakar hingga air yang berada didalam *tube* akan mengalami peningkatan temperatur dan perubahan fase menjadi uap bertekanan dengan temperatur yang tinggi. Di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang, uap yang dihasilkan oleh *boiler* digunakan untuk berbagai macam keperluan, seperti sebagai penggerak turbin uap, dan digunakan pada unit reformer untuk produksi amonia, metanol, hidrogen, dan karbon monoksida. *Boiler* beroperasi setiap hari selama 24 jam untuk memenuhi kebutuhan uap, dan bahan bakar akan dipasok terus-menerus untuk dibakar diruang bakar selama proses operasi *boiler* berlangsung, sehingga perlu dilakukan pengontrolan kinerja *boiler*. Pengontrolan kinerja boiler ini bertujuan untuk memastikan bahwa *boiler* beroperasi dalam kondisi yang baik dan efisien sehingga dapat mencegah kemungkinan terjadinya *unscheduled shutdown*. Dalam pengoperasian *boiler*, operator dapat memastikan bahwa *boiler* beroperasi dengan baik melalui analisis perhitungan efisiensi *boiler*. Dengan mengetahui nilai efisiensi harian *boiler*, operator dapat mengontrol penggunaan bahan bakar sehingga biaya produksi akan lebih efisien. *Boiler* di PT. Pupuk Sriwidjaja adalah *boiler* tipe pipa air dengan bahan bakar serbuk batubara dengan kapasitas uap maksimum yang dihasilkan 2 x 240 ton/jam. Berdasarkan analisis efisiensi harian operasi *boiler* dengan menggunakan metode langsung, diketahui bahwa efisiensi *boiler* selalu berubah, hal ini disebabkan karenakan beban kerja yang berubah setiap harinya. Berdasarkan perhitngan, efisiensi *boiler* tertinggi yaitu sebesar 84,627% dengan



7. Seluruh Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah membagikan ilmu Teknik Mesin.
8. Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.
9. Teman-teman Doto Squad.
10. Komponen Kelas A Teknik Mesin 2015, dan teman-teman seperjuangan angkatan 2015.
11. Teman, Keluarga yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Palembang, Januari 2019



Muhammad Iqbal Oktavin



## RINGKASAN

### ANALISIS EFISIENSI *PULVERIZED COAL FIRED BOILER* 2101-BO *WATER TUBE BOILER* DI UNIT KERJA *STEAM TURBINE GENERATOR* PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, 12 Januari 2019

Muhammad Iqbal Oktavin; dibimbing oleh Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T.

Efficiency Analysis of Coal Fired Boiler 2101-BO Water Tube Boiler in Steam Turbine Generator Work Unit PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.

xxv + 44 halaman, 2 tabel, 33 gambar, 3 lampiran

## RINGKASAN

*Boiler* merupakan alat konversi energi yang berfungsi untuk merubah fluida dari fase cair menjadi fase gas (uap). *Boiler* banyak digunakan diberbagai sektor industri, terutama pembangkit listrik tenaga uap. *Boiler* terdiri atas beberapa tipe dan penggunaan bahan bakar yang berbeda, seperti *boiler* pipa air dan *boiler* pipa api, bahan bakar padat seperti batubara, bahan bakar cair seperti kerosin, dan solar, serta bahan bakar gas seperti gas alam. Prinsip kerja *boiler* pipa air yaitu dengan memanfaatkan proses perpindahan panas dari hasil pembakaran bahan bakar di ruang bakar kemudian panas hasil pembakaran akan memanaskan *tube* yang berisi air disekitar ruang bakar hingga air yang berada didalam *tube* akan mengalami peningkatan temperatur dan perubahan fase menjadi uap bertekanan dengan temperatur yang tinggi. Di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang, uap yang dihasilkan oleh *boiler* digunakan untuk berbagai macam keperluan, seperti sebagai penggerak turbin uap, dan digunakan pada unit reformer untuk produksi amonia, metanol, hidrogen, dan karbon monoksida. *Boiler* beroperasi setiap hari selama 24 jam untuk memenuhi kebutuhan uap, dan bahan bakar akan dipasok terus-menerus untuk dibakar diruang bakar selama proses operasi *boiler* berlangsung, sehingga perlu dilakukan pengontrolan kinerja *boiler*. Pengontrolan kinerja boiler ini bertujuan untuk memastikan bahwa *boiler* beroperasi dalam kondisi yang baik dan efisien sehingga dapat mencegah kemungkinan terjadinya *unscheduled shutdown*. Dalam pengoperasian *boiler*, operator dapat memastikan bahwa *boiler* beroperasi dengan baik melalui analisis perhitungan efisiensi *boiler*. Dengan mengetahui nilai efisiensi harian *boiler*, operator dapat mengontrol penggunaan bahan bakar sehingga biaya produksi akan lebih efisien. *Boiler* di PT. Pupuk Sriwidjaja adalah *boiler* tipe pipa air dengan bahan bakar serbuk batubara dengan kapasitas uap maksimum yang dihasilkan 2 x 240 ton/jam. Berdasarkan analisis efisiensi harian operasi *boiler* dengan menggunakan metode langsung, diketahui bahwa efisiensi *boiler* selalu berubah, hal ini disebabkan dikarenakan beban kerja yang berubah setiap harinya. Berdasarkan perhitngan, efisiensi *boiler* tertinggi yaitu sebesar 84,627% dengan



laju aliran massa bahan bakar sebanyak 35,93 ton/jam, laju aliran massa *feed water* sebesar 222,24 ton/jam, dan laju aliran massa uap yaitu 215,24 ton/jam. Sedangkan efisiensi terendah yaitu sebesar 75,894%, laju aliran massa bahan bakar 17,52 ton/jam, laju aliran massa *feed water* sebesar 96,07 ton/jam, dan laju aliran massa uap yaitu 93,88 ton/jam.

**Kata Kunci:** Efisiensi, Metode Langsung, *Boiler* Pipa Air.



## SUMMARY

### EFFICIENCY ANALYSIS OF PULVERIZED COAL FIRED BOILER 2101-BO WATER TUBE BOILER IN STEAM TURBINE GENERATOR WORK UNIT PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG

Scientific Paper in the form of Skripsi, January 12<sup>th</sup>, 2019

Muhammad Iqbal Oktavin; supervised by Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T.

*Analisis Efisiensi Pulverized Coal Fired Boiler 2101-BO Water Tube Boiler di  
Unit Kerja Steam Turbine Generator PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang*

xxv + 44 Pages, 2 tables, 33 Figures, 3 attachments

## SUMMARY

Boiler is conversion energy instrument to convert fluids from liquid phase to gas phase (Steam). Boiler are generally used in various industrial sectors, especially steam power plant. Boilers consist of several types and different uses of fuel, such as water tube boilers and fire tube boilers, solid fuels such as coal, liquid fuels such as kerosene, and diesel fuel, and gas fuels such as natural gas. Water tube boiler utilizes the heat transfer process from fuel burning on furnace will heated the tube and temperature of water inside tube will increase significantly and transform from liquid phase to gas phase (steam) with high temperature and pressure. At PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang, steam produced by boilers is used for various purposes, such as steam turbine drive, and also used in reformer units for the production of ammonia, methanol, hydrogen, and carbon monoxide. Boiler operates every day for 24 hours to fullfil steam production, and the fuel will be supplied continuously to be burned in the furnace during the boiler operation process, so it is necessary to control the performance of the boiler. Control of boiler performance to ensure that the boiler operates in good and efficient conditions and also to prevent the possibility of an unscheduled shutdown. In operating a boiler, the operator can ensure that the boiler is operating properly, by using analysis of boiler efficiency calculation. By knowing the value of daily boiler efficiency, operators can control fuel used so that production costs will be more efficient. Boilers at PT. Pupuk



Sriwidjaja is a water tube boiler with pulverized coal fuel and maximum steam capacity produce are 2 x 240 tons/hour. Based on the analysis of boiler daily efficiency using direct method, known that the efficiency of the boiler is always changing, due to unconstant workload. Based on calculation, the highest boiler efficiency is 84,627% with a mass flow rate of fuel 35,93 tons/hour, feed water mass flow rate 222,24 tons/hour, and steam mass flow rate 215,24 tons/hour. While the lowest efficiency is 75,894%, the mass flow rate of fuel is 17,52 tons/hour, the mass flow rate of feed water is 96,07 tons/hour, and the mass flow rate of steam is 93,88 tons/hour.

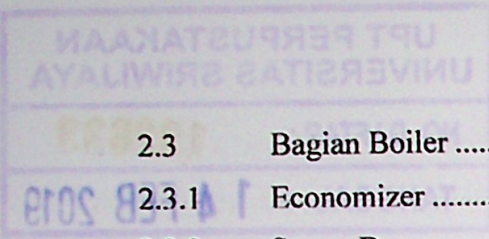
**Keyword:** Efficiency, Direct Method, Water Tube Boiler.



## DAFTAR ISI

|                                                 | Halaman |
|-------------------------------------------------|---------|
| Halaman Judul.....                              | i       |
| Halaman Pengesahan.....                         | iii     |
| Halaman Pengesahan Agenda... ..                 | v       |
| Halaman Persetujuan.....                        | vii     |
| Halaman Persetujuan Publikasi.....              | ix      |
| Halaman Pernyataan Integritas.....              | xi      |
| Kata Pengantar .....                            | xiii    |
| Ringkasan.....                                  | xv      |
| Summary .....                                   | xvii    |
| Daftar Isi .....                                | xix     |
| Daftar Gambar .....                             | xxi     |
| Daftar Tabel .....                              | xxiii   |
| Daftar Lampiran.....                            | xxv     |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....                         | 1       |
| 1.1 Latar Belakang.....                         | 1       |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                        | 2       |
| 1.3 Batasan Masalah .....                       | 2       |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                      | 3       |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                     | 3       |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                 | 3       |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....                    | 5       |
| 2.1 Boiler .....                                | 5       |
| 2.2 Klasifikasi Boiler .....                    | 5       |
| 2.2.1 Boiler Pipa Air (Water Tube Boiler) ..... | 6       |
| 2.2.2 Boiler Pipa Api (Fire Tube Boiler).....   | 7       |
| 2.2.3 Coal Fuel Boiler.....                     | 7       |
| 2.2.4 Oil Fuel Boiler .....                     | 10      |
| 2.2.5 Gas Fuel Boiler .....                     | 11      |





|                                   |                                            |    |
|-----------------------------------|--------------------------------------------|----|
| 2.3                               | Bagian Boiler .....                        | 11 |
| 2.3.1                             | Economizer .....                           | 12 |
| 2.3.2                             | Steam Drum .....                           | 13 |
| 2.3.3                             | Furnace .....                              | 15 |
| 2.3.4                             | Burner .....                               | 16 |
| 2.3.5                             | Evaporator .....                           | 21 |
| 2.3.6                             | Superheater .....                          | 22 |
| 2.4                               | Siklus Rankine .....                       | 22 |
| 2.5                               | Rugi-rugi Pada Boiler .....                | 24 |
| 2.6                               | Efisiensi Boiler .....                     | 26 |
| 2.6.1                             | Metode Langsung .....                      | 26 |
| 2.6.2                             | Metode Tidak Langsung .....                | 27 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN ..... |                                            | 31 |
| 3.1                               | Diagram Alir Penelitian .....              | 31 |
| 3.2.                              | Data Desain Boiler .....                   | 31 |
| 3.3.                              | Data Operasi Boiler .....                  | 32 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....  |                                            | 35 |
| 4.1                               | Perhitungan Data .....                     | 35 |
| 4.1.1                             | Perhitungan Energi Uap Keluar Boiler ..... | 35 |
| 4.1.2                             | Perhitungan Energi Bahan Bakar .....       | 36 |
| 4.1.3                             | Perhitungan Energi Air Umpan .....         | 36 |
| 4.1.4                             | Perhitungan Efisiensi .....                | 37 |
| 4.2                               | Tabel dan Grafik Hasil Perhitungan .....   | 38 |
| 4.2.1                             | Hasil Perhitungan .....                    | 38 |
| 4.2.2                             | Grafik Hasil Perhitungan .....             | 39 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....  |                                            | 43 |
| 5.1                               | Kesimpulan .....                           | 43 |
| 5.2                               | Saran .....                                | 44 |
| DAFTAR PUSTAKA .....              |                                            | i  |
| LAMPIRAN .....                    |                                            | i  |



## DAFTAR GAMBAR

|             |                                                                                              |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1  | Skema kerja <i>water tube boiler</i> (Lukman & Sidiq, 2010).....                             | 6  |
| Gambar 2.2  | Skema kerja <i>fire tube boiler</i> (Huang, et al., 2015).....                               | 7  |
| Gambar 2.3  | Skema <i>coal handling system and pulverized</i> (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.,2015)..... | 8  |
| Gambar 2.4  | Atmospheric clasic fluidised bed combustion system (Sahai & Kumar,2017).....                 | 9  |
| Gambar 2.5  | Skema kerja <i>Circulating Fluidized bed</i> (Sahai & Kumar,2017) .....                      | 9  |
| Gambar 2.6  | <i>Pressurised fluidized bed combustion system</i> (Sahai & Kumar, 2017).....                | 10 |
| Gambar 2.7  | Bagian Boiler (Arifin, 2015).....                                                            | 11 |
| Gambar 2.8  | Penampang <i>Economizer</i> (Akbar, et al., 2009).....                                       | 12 |
| Gambar 2.9  | <i>Steam drum</i> pada boiler (Artikel Teknologi, 2016).....                                 | 13 |
| Gambar 2.10 | Bagian luar <i>furnace</i> (Kawasaki Heavy Industries, Ltd., 2015) .....                     | 15 |
| Gambar 2.11 | <i>Vaporising burner</i> (Respati, et al., 2008).....                                        | 17 |
| Gambar 2.12 | <i>Pressure jet burner</i> (Respati, et al., 2008).....                                      | 17 |
| Gambar 2.13 | <i>Twin fluid atomized burner</i> (Respati, et al., 2008).....                               | 18 |
| Gambar 2.14 | <i>Pulverized burner</i> (Respati, et al., 2008).....                                        | 18 |
| Gambar 2.15 | <i>Underfeet stoker</i> (Respati, et al., 2008).....                                         | 19 |
| Gambar 2.16 | <i>Non aerated burner</i> (Respati, et al., 2008).....                                       | 19 |
| Gambar 2.17 | <i>Aerated burner</i> (Respati, et al., 2008).....                                           | 20 |
| Gambar 2.18 | Bentuk nyala api yang baik (Kawasaki Heavy Industries,Ltd., 2015).....                       | 21 |



|             |                                                                                                               |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.19 | Evaporator (Kawasaki Heavy Industries, Ltd., 2015).....                                                       | 21 |
| Gambar 2.20 | <i>Superheater</i> (Thermodyne Engineering System, 2018).....                                                 | 22 |
| Gambar 2.21 | Siklus Rankine Ideal (A. Cengel & A. Boles, 2006).....                                                        | 23 |
| Gambar 2.22 | Proses terbentuknya uap.....                                                                                  | 24 |
| Gambar 2.23 | Kehilangan panas pada <i>boiler</i> .....                                                                     | 25 |
| Gambar 2.24 | Berbagai kehilangan pada produksi <i>steam</i> .....                                                          | 25 |
| Gambar 2.25 | Skema kesetimbangan energi pada pengujian efisiensi <i>boiler</i><br>(Sistem Pembangkit Tenaga Uap,2017)..... | 26 |
| Gambar 2.26 | Diagram neraca energi (Winanti & Prayudi,2006).....                                                           | 28 |
| Gambar 2.27 | Contoh tabel <i>compress liquid</i> (Moran & Shapiro,2006).....                                               | 29 |
| Gambar 2.28 | Contoh tabel <i>saturated liquid-vapor</i> (Moran & Shapiro,2006).....                                        | 29 |
| Gambar 2.29 | Contoh tabel <i>superheated vapor</i> (Moran & Shapiro,2006).....                                             | 30 |
| Gambar 3.1  | Diagram Alir Penelitian.....                                                                                  | 31 |
| Gambar 4.1  | Grafik Efisiensi Harian Boiler.....                                                                           | 39 |
| Gambar 4.2  | Grafik efisiensi harian <i>boiler</i> terhadap laju aliran massa bahan<br>bakar.....                          | 40 |
| Gambar 4.3  | Grafik $\Delta m$ harian.....                                                                                 | 41 |



## DAFTAR TABEL

|           |                                  |    |
|-----------|----------------------------------|----|
| Tabel 3.1 | Data Operasi <i>Boiler</i> ..... | 32 |
| Tabel 4.1 | Hasil Perhitungan. ....          | 39 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                                                               |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| LAMPIRAN A. 1 Interpolasi <i>enthalphy superheated steam</i> ( $h_{uap}$ ) dan <i>enthalphy Feed water</i> ( $h_{fw}$ ) ..... | i      |
| LAMPIRAN A. 2 Tabel Termodinamika .....                                                                                       | xxvii  |
| LAMPIRAN A. 3 Data Operasi Boiler.....                                                                                        | xxxiii |



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. Pupuk Sriwidjaja sebagai salah satu perusahaan produsen pupuk terbesar di Indonesia. Produk yang dihasilkan PT. Pupuk Sriwidjaja yaitu *urea*, *ammonia*, dan NPK. Jumlah *urea* yang di produksi oleh PT. Pupuk Sriwidjaja pada tahun 2016 mencapai 1.671.160 ton, produksi NPK sebanyak 710.810 ton, dan produksi *ammonia* sebanyak 1.221.900 ton (Pusri, 2016). Jumlah produksi yang sangat tinggi tentunya akan berdampak pada kerja mesin-mesin produksi secara terus-menerus sehingga membutuhkan lebih banyak tenaga listrik.

Sebagai upaya untuk memenuhi pasokan tenaga listrik agar produksi dapat mencapai target, PT. Pupuk Sriwidjaja telah membangun pembangkit listrik tenaga uap yaitu *steam turbine generator* (STG) kapasitas 1 x 23 MW dan *boiler* yang menggunakan bahan bakar serbuk batubara dengan kapasitas uap 240 ton per jam. Selain untuk memenuhi pasokan kebutuhan listrik, pembangunan *boiler* dengan bahan bakar batubara juga bertujuan untuk mengurangi penggunaan gas alam (Pusri, 2017)

*Boiler* yang digunakan di PT. Pupuk Sriwidjaja ini merupakan *boiler pulverized coal fired water tube boiler*. *Boiler* tersebut menggunakan bahan bakar serbuk batubara dengan tipe pipa air, dimana air yang telah mengalami proses penyaringan dan demineralisasi atau penghilangan kadar mineral didalam air, akan di pompakan oleh *feed water pump* masuk kedalam *boiler* dan disalurkan melalui pipa-pipa kecil yang melalui ruang bakar. Air tersebut akan dipanaskan hingga mencapai temperatur tertentu dan berubah fase menjadi uap *saturated*, kemudian dipanaskan lebih lanjut didalam *superheater* hingga mencapai fase uap *superheated*. Selanjutnya uap ini digunakan untuk menggerakkan turbin, dan untuk proses produksi *ammonia*.



Pada kondisi operasi aktual sehari-hari produk uap *boiler* terkadang sering berubah dan tidak selalu sesuai dengan kebutuhan uap yang diperlukan. Hal ini tentunya berdampak pada performansi dari *boiler*. Untuk mengetahui perubahan efisiensi *boiler* terhadap perubahan kondisi operasi, maka akan dilakukan penelitian: “ANALISIS EFISIENSI *PULVERIZED COAL FIRED BOILER* 2101-BO *WATER TUBE BOILER* DI UNIT KERJA *STEAM TURBINE GENERATOR* PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian dan penjelasan dari latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahannya adalah kondisi operasi yang sering berubah-ubah terhadap kondisi desain, sehingga perlu dilakukan analisis efisiensi *boiler* pada kondisi aktual atau kondisi operasi.

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu, analisis dilakukan dengan asumsi pembakaran bahan bakar sempurna.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang dilakukan yaitu untuk menganalisis efisiensi *boiler* pada kondisi aktual dengan melakukan perbandingan antara kapasitas uap yang di hasilkan terhadap bahan bakar yang digunakan.



## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu agar dapat dijadikan sebagai acuan pengoperasian *boiler* .

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dilakukan dengan menggunakan sistematika untuk membuat konsep penulisan yang berurutan, sehingga didapat kerangka secara garis besar. Adapun sistematika penulisan tersebut digambarkan dalam bab-bab yang saling berkaitan satu sama lain.

### 1. Bab 1

Merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penulisan serta sistematika penulisan.

### 2. Bab 2

Berisikan dasar teori yang berhubungan dengan penelitian ini.

### 3. Bab 3

Berisikan metodologi penelitian

### 4. Bab 4

Berisikan hasil dan pembahasan

### 5. Bab 5

Berisikan kesimpulan dan saran



## DAFTAR PUSTAKA

- A. Cengel, Y. & A. Boles, M., 2006. *Thermodynamics: An Engineering Approach*. 5th penyunt. Hill: McGraw.
- Akbar, M. S., Suryadi, F. & Prastyo, D. D., 2009. Kinerja Economizer Pada Boiler. *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), pp. 72-81.
- Arifin, A., 2015. *Prinsip Kerja Boiler pada PLTU*. [Online] Available at: <https://achmadarifin.com/prinsip-kerja-boiler-pada-pltu> [Diakses 26 Oktober 2018].
- Artikel Teknologi, 2016. *Artikel Teknologi*. [Online] Available at: <http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-boiler-pipa-air/> [Diakses 12 12 2018].
- Haryadi, 2010. *Boiler dan Turbin*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Huang, B., Yen, R. & Shyu, W., 2015. A Steady-State Thermal Performance Model of Fire-Tube Shell Boiler. Volume 110, p. 173.
- Kawasaki Heavy Industries., 2015. *Technical Explanation for Kawasaki Coal Fired Boiler*, Japan: Kawasaki Heavy Industries, Ltd.
- Lukman, A. & Sidiq, M., 2010. Pembuatan Evaporator Tipe *Batch* Untuk Memetakan Larutan Zat Warna Umpan *Spray Dryer*, Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Military Handbook, 1995. *Maintenance and Operation Of Central Heating Plants*. USA: Departement Of Defense.



Moran, M. J. & Shapiro, H. N., 2006. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. 5th penyunt. s.l.:John Willey and Sons, Inc.

Palaloi, S., 2014. *Analisis Potensi Penghematan Energi Pada Boiler di Pabrik Tekstil*. Yogyakarta, Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (SNAST).

Pusri, 2016. Laporan Produksi. [Online]  
Available at: <http://www.pusri.co.id/ina/laporan-produksi/>. [Diakses 11 Juli 2018].

Pusri, 2017. Pupuk Sriwidjaja Palembang. [Online]  
Available at: <http://www.pusri.co.id/ina/berita-amp-kegiatan-media-massa/komitmen-pt-pupuk-sriwidjaja-palembang-membangun-negeri-mendukung-ketahanan-pangan-nasional/>  
[Diakses 13 Juli 2018].

Pravitasari, Y., B. Malino, M. & Mara, M. N., 2017. *Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Langsung*. Prisma Fisika, Volume 5, p. 9.

Proses Industri, 2015. Proses Industri. [Online]  
Available at: <https://www.prosesindustri.com/2015/01/evaporator-dan-prinsip-kerjanya.html>  
[Diakses 13 12 2018].

S., K. & Respati, S. B., 2008. *Teknik Mesin Industri Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.



Sahai, A. & Kumar, S., 2017. To Calculate and Improvement in The Efficiency of FBC Boiler. IRJET, 04(09), p. 247.

Sipahutar, R., 2017. *Sistem Pembangkit Tenaga Uap*. Palembang: Universitas Sriwijaya.

Sangputri, M. E. & Ghani S., A., 2015. Perhitungan Efisiensi Boiler PLTU Unit 20 PT. PJB Ujdom Rembang Pada Beban 315 MW dengan Menggunakan Metode Langsung (Direct Method). Jurnal Kerja Praktek, 1(1), pp. 1-6.

Teir, S. & Kulla, A., 2002. Boiler Calculations. Dalam: *Steam Boiler Technology*. Espoo: Helsinki University of Technology, pp. 1-16.

Thermodyne Engineering System, 2018. *Thermodyne Engineering System*. [Online]

Available at: <http://www.thermodyneboilers.com/steam-superheater-in-boiler/>

[Diakses 13 12 2018].