

**SKRIPSI**

**STUDY KASUS EFISIENSI PENGGUNAAN ENERGI  
SAAT START UP BOILER PLTU PACITAN DENGAN  
TINY OIL**

**Diajukan dan Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Jenjang Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo**



Disusun Oleh :

**NAMA : MOCH. SOFYAN ANAS**

**NIM : 13510854**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO**

**2017**

## **SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini dengan sebenarnya menyatakan bahwa skripsi ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Ponorogo.

Jika di kemudian hari saya terbukti melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang dijatuhkan oleh Universitas Muhammadiyah Ponorogo kepada saya.

Ponorogo, 9 Maret 2017

Penyusun

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Moch. Sofyan Anas', written over a faint, illegible stamp or background.

(Moch. Sofyan Anas)

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Disusun Oleh:

Nama : Moch. Sofyan Anas  
NIM : 13510854  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Universitas : Universitas Muhammadiyah Ponorogo  
Judul Skripsi : Study Kasus Efisiensi Penggunaan Energi saat  
Start Up Boiler PLTU Pacitan dengan Tiny Oil

Isi dan format skripsi ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk melengkapi persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo oleh :

Ponorogo, 9 Maret 2017

Dosen Pembimbing

**Dosen Pembimbing Skripsi I**

**Dosen Pembimbing Skripsi II**

**Wawan Trisnadi Putra, ST.,MT.**

**NIK. 1980022020130913**

**Ir. Muh. Malyadi MM.**

**NIK. 1960111719900912**

**Mengetahui**

**Dekan Fakultas Teknik**

**Kaprodi Teknik Mesin**

**Ir. Alivadi, MM.,M.Kom**

**NIK. 1964010319901912**

**Wawan Trisnadi Putra, ST.,MT.**

**NIK. 1980022020130913**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO**

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**


Nama : Moch. Sofyan Anas  
NIM : 13510854  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Skripsi : **Study Kasus Efisiensi Penggunaan Energi saat Start  
Up Boiler PLTU Pacitan dengan Tiny Oil**

Telah diuji dan dipertahankan di hadapan dosen penguji tugas akhir jenjang Strata Satu (S1) pada :


Hari : Kamis  
Tanggal : 9 Maret 2017  
Nilai : *89/A*

Dosen Penguji

**Dosen Penguji I**

  
**Ir. Sudarno, MT.**  
NIK. 1968070519990411

**Dosen Penguji II**

  
**Ir. Fadelan, MT.**  
NIK. 1961050919900912

Mengetahui

**Dekan Fakultas Teknik**

  
  
**Ir. Adiyadi, MM., M.Kom.**  
NIK. 1964010319901912

**Kaprodi Teknik Mesin**

  
**Wawan Trisnadi Putra, ST., MT.**  
NIK. 1980022020130913



## UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO

Jl. Budi Utomo No.10, Ponorogo Telp. 0352 4811, 487662

### BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Moch. SofyanAnas  
NIM : 13510854  
Program Studi : TeknikMesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Skripsi : Studi Kasus Efisiensi Penggunaan Energi saat Start Up Boiler PLTU PacitandenganPenggunaan Tiny Oil  
Batas BimbinganSkripsi :  
Dosen Pembimbing I : WawanTrisnadi Putra, ST.,MT.

No.	Tanggal	Pokok Bahasan	Paraf Dosen Pembimbing
1.	19 November 2016	Konsultasi judul	
2.	25 November 2016	Bab 1	
3.	29 November 2016	Acc Bab 1	
4.	25 Desember 2016	Acc Bab 2	
5.	3 Januari 2017	Acc Bab 3	
6.	13 Februari 2017	Acc Ujian Proposal	
7.	20 Februari 2017	Konsultasi Bab 4	
8.	25 Februari 2017	AccBab 4	
9.	28 Februari 2017	Acc Skripsi	
10.			

Ponorogo, Maret 2017

Dosen Pembimbing Skripsi I

Wawan Trisnadi Putra, ST.,MT.

NIK. 1980022020130913



## UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO

Jl. Budi Utomo No.10, Ponorogo Telp. 0352 4811, 487662

### BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Moch. Sofyan Anas  
NIM : 13510854  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Skripsi : Studi Kasus Efisiensi Penggunaan Energi saat Start  
Up Boiler PLTU Pacitan dengan Penggunaan Tiny  
Oil  
Batas Bimbingan Skripsi :  
Dosen Pembimbing II : Ir. Muh. Malyadi MM.

No.	Tanggal	Pokok Bahasan	Paraf Dosen Pembimbing
1.	15 Oktober 2016	Konsultasi judul	f
2.	1 November 2016	Rumusan masalah dan tujuan	f p
3.	16 November 2016	Tinjauan pustaka yang relevan	f p
4.	15 Desember 2016	Acc Bab 1 dan 2	f p
5.	7 Januari 2017	Acc Bab 3	f
6.	23 Januari 2017	Data dan pembahasan	f p
7.	1 Februari 2017	Perhitungan	f p
8.	7 Februari 2017	Pembahasan sesuai masalah	f p
9.	13 Februari 2017	Kesimpulan diperbaiki	f p
10.	20 Februari 2017	Acc skripsi	f p

Ponorogo, Maret 2017

Dosen Pembimbing Skripsi II

Ir. Muh. Malyadi MM.

NIK. 1960111719900912

## **MOTTO**

“Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak,”

**(Aldus Huxley)**

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan) ,tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.” **(QS. Al- Insyirah, 6-8)**

## **PERSEMBAHAN**

Dengan segala puji syukur kepada Allah SWT dan atas dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya haturkan syukur dan terima kasih kepada:

Allah SWT, karena hanya atas izinNya maka skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik

Bapak dan ibu saya yang luar biasa, telah memberikan dukungan moral maupun materi serta doa yang tiada henti untuk kesuksesan saya

Bapak-bapak dosen pengajar, pembimbing, dan penguji yang selama ini telah tulus ikhlas meluangkan waktunya untuk menuntun dan mengarahkan saya, memberikan bimbingan dan pelajaran yang tak ternilai harganya, agar saya menjadi lebih baik.

Saudara dan teman-teman saya, yang selalu memberikan support, semangat dan doa untuk keberhasilan ini.



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, atas kuasa dan segala karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Banyak pihak yang telah berkontribusi besar dalam proses perkuliahan hingga terselesaikannya penyusunan skripsi saya. Saya menyadari bahwa hasil pencapaian ini tidak dapat terselesaikan tanpa doa, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena atas rahmat dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu.
2. Bapak Ir. Aliyadi, MM.,M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
3. Bapak Wawan Trisnadi Putra, ST.,MT. selaku kaprodi Teknik Mesin dan merangkap sebagai pembimbing skripsi 1 yang selalu memberikan masukan dan energi positif sehingga berkat bimbingan dan dorongan dari beliau saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Maafkan saya yang sering merepotkan Bapak. Semoga Bapak selalu sehat dan berbahagia.
4. Bapak Ir. Maliyadi MM. selaku dosen pembimbing skripsi 2 yang selalu memberikan koreksi dan masukan dalam pengerjaan skripsi ini, sehingga saya bisa menyelesaikan dengan baik.
5. Bapak Ir. Fadelan MT selaku dosen penguji dan pembaca yang telah memberikan banyak saran dan masukan dalam perbaikan skripsi saya.
6. Bapak Munaji ,S.Si, M.Si. yang baik, terima kasih telah bersedia menjadi panitera sidang saya.
7. Bapak dan Ibu pengajar program Teknik Mesin yang telah memberikan banyak ilmu dan inspirasi semasa perkuliahan saya.
8. Bapak Sunaryo selaku supervisor produksi E PLTU Pacitan karena telah mengizinkan bergabung di shiftnya dalam rangka pengumpulan data untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Mas Ardian Burhandono sebagai pembimbing saya di PLTU dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih mas.
10. Ibu Dewi Masitoh dan bapak Moch Soleh sebagai orang tua terhebat yang selalu menyertakan doa paling luar biasa untuk saya. Terima kasih ibu dan bapak, semoga anakmu ini mampu menjadi apa yang dapat membuat kalian bahagia.
11. Mbak Desi Kartika sari dan Dek Alfiolita Dewi Ardani sebagai teman sesungguhnya yang sangat berarti untuk saya.
12. Teman-teman angkatan 2013, terima kasih telah melibatkan saya dalam kenangan manis 4 tahun ini.
13. Serta banyak pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Terima kasih atas segala jasa yang telah diberikan hingga salah satu capaian dalam hidup saya dapat terselesaikan dengan baik. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Ponorogo, 24 Maret 2017

Penulis,

Moch. Sofyan Anas

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>iii</b>
<b>BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....</b>	<b>iv</b>
<b>BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI.....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR RUMUS.....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penulisan .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Peneliti Terdahulu .....	4
2.2 Proses Konversi Energi Pada PLTU .....	8
2.3 Profil PT. PJB .....	9
2.4 Profil PLTU 1 Jatim UBJOM Pacitan.....	10
2.5 Lokasi PLTU UBJOM Pacitan.....	11
2.6 <i>Mill/Pulverized</i> .....	12

2.7 <i>Tiny Oil</i> .....	12
2.8 Duct Burner .....	20

### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

3.1 Diagram Penelitian.....	27
3.2 Tahap Identifikasi Awal .....	28
3.2.1 Identifikasi dan Penetapan Tujuan .....	28
3.2.2 Studi Lapangan.....	28
3.2.3 Studi Literatur .....	28
3.2.4. Wawancara.....	28
3.2.5. Argumentasi dan Eksperimen .....	29
3.3 Tahap Pengumpulan Data .....	29
3.4 Tahap Pengolahan Data.....	29
3.5 Tahap Analisis dan Kesimpulan.....	29
3.5.1 Analisis dan Rekomendasi .....	29
3.5.2 Kesimpulan dan Saran.....	29
3.6 Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
3.7 Sistematika Penulisan.....	30
3.8 Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir .....	30

### **BAB 4. DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Data .....	31
4.1.1 <i>Cold Start Up</i> .....	31
4.1.2 <i>Warm Start Up</i> .....	34
4.1.3 <i>Hot Start Up</i> .....	36
4.1.4 <i>Very Hot Start Up</i> .....	37
4.2 Pembahasan .....	39
4.2.1 Perhitungan Konsumsi <i>Oil Gun</i> .....	39
4.2.2 Perhitungan Konsumsi <i>Tiny Oil</i> .....	43
4.2.3 Prosentase Efisiensi.....	49

## **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	51
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>53</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin uap Hero .....	5
Gambar 2.2 Siklus fluida kerja sederhana pada PLTU.....	9
Gambar 2.3 Maket PLTU Pacitan 2x315 MW.....	10
Gambar 2.4 <i>Mill/pulverize</i> .....	12
Gambar 2.5 Supply return HSD tiny oil.....	13
Gambar 2.6 <i>Counter flow</i> indikator .....	14
Gambar 2.7 <i>Pressure gauge main supply</i> HSD .....	14
Gambar 2.8 <i>Pressure gauge supply return HSD tiny oil</i> .....	15
Gambar 2.9 <i>Pneumatik valve main supply tiny oil</i> .....	15
Gambar 2.10 <i>Filter supply return HSD tiny oil</i> .....	16
Gambar 2.11 Percabangan pipa <i>tiny oil</i> dari <i>line</i> utama HSD .....	16
Gambar 2.12 <i>Manual valve supply</i> udara pembakaran <i>tiny oil</i> .....	17
Gambar 2.13 <i>Tiny oil</i> .....	17
Gambar 2.14 <i>Pneumatic valve suply tiny oil</i> .....	18
Gambar 2.15 <i>Pneumatic valve purging tiny oil</i> .....	18
Gambar 2.16 <i>Manual valve purging tiny oil</i> .....	19
Gambar 2.17 <i>Manual valve supply tiny oil</i> .....	19
Gambar 2.18 <i>Pressure gauge tiny oil</i> saat keadaan beroperasi.....	20
Gambar 2.19 <i>Duct Burner</i> .....	21
Gambar 2.19 <i>Pressure gauge supply HSD ke duct burner</i> .....	21
Gambar 2.20 <i>Counter flow</i> indikator .....	22
Gambar 2.21 <i>Manual dan pneumatic valve purging duct burner</i> .....	22
Gambar 2.22 <i>Pneumatic valve supply HSD duct burner</i> .....	23
Gambar 2.23 <i>Duct burner fan</i> .....	23
Gambar 2.24 Kontrol panel lokal <i>duct burner</i> .....	24
Gambar 2.25 <i>MOV outlet duct burner fan</i> .....	24
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> urutan penelitian .....	27
Gambar 4.1 Kurva kenaikan <i>pressure main steam cold start up</i> .....	33
Gambar 4.2 Kurva kenaikan <i>rolling turbin cold start up</i> .....	34
Gambar 4.3 Kurva kenaikan <i>pressure main steam warm start up</i> .....	35

Gambar 4.4 Kurva kenaikan <i>rolling turbin warm start up</i> .....	36
Gambar 4.5 Kurva kenaikan <i>pressure main steam hot start up</i> .....	37
Gambar 4.6 Kurva kenaikan <i>rolling turbin hot start up</i> .....	37

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu pelaksanaan penelitian.....	30
Tabel 4.1 Tabel parameter <i>rising up boiler metal temperature</i> .....	33
Tabel 4.2 Tabel <i>rising temperature Main steam</i> .....	33
Tabel 4.3 <i>Saturated Steam Temperature under Each Pressure</i> .....	38
Tabel 4.4 Harga HSD dari Pertamina untuk PLN .....	43
Tabel 4.5 Daftar kalori, pemasok batubara, dan harga tiap pemasok .....	48



## Daftar Rumus

Rumus (1) Pemakaian bahan bakar spesifik brutto ( $SFC_B$ ) .....	25
Rumus (2) Pemakaian bahan bakar netto ( $SFC_N$ ) .....	25
Rumus (3) Tara kalor bruto/ <i>heat rate</i> nbrutto .....	25
Rumus (4) Tara kalor netto/ <i>heat rate</i> netto.....	25
Rumus (5) Efisiensi termal brutto .....	26
Rumus (6) Efisiensi termal netto.....	26

## Abstrak

Pembangkit listrik tenaga uap saat ini masih menjadi pilihan dalam konversi tenaga dengan skala besardari bahan bakar konvensional menjadi daya dalam memenuhi kebutuhan permintaan beban yang besar. Pembangkit listrik ini menggunakan bahan bakar konvensional (batubara, minyak, atau gas alam) untuk membangkitkan panas dan uap pada boiler. PLTU Pacitan adalah pembangkit listrik tenaga termal yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar boilernya. Meskipun menggunakan batubara sebagai bahan bakar utamanya, pada penyalaan awal *boiler* PLTU Pacitan harus menggunakan *oil gun* dengan bahan bakar *high speed diesel* (HSD) dengan *flow* tinggi untuk menaikkan temperatur *boiler*. Hal ini dikarenakan batubara hanya akan terbakar sendiri jika temperatur *furnaceboiler* telah mencapai titik nyala batubara. Rata-rata jumlah HSD yang diperlukan untuk proses penyalaan awal *boiler* mencapai hampir 180.000 liter. Untuk mengurangi jumlah pemakaian HSD, pada proses penyalaan awal *boiler* di PLTU Pacitan telah dikembangkan metode penyalaan awal *boiler* dengan menggunakan *tiny oilgun*. Dengan penggunaan *tiny oil gun* yang mempunyai *flow* HSD kecil yang digunakan sebagai pematik *burner* batubara *medium speed mill*, proses penyalaan awal *boiler* dengan menggunakan *tiny oil gun* akan lebih menghemat pemakaian HSD. Teknik pembakaran pada *boiler* dengan menggunakan *tiny oil gun* adalah teknologi baru yang ramah lingkungan. Aplikasi dari *tiny oil gun* pada *boiler pulverized coal* dapat mengurangi konsumsi minyak HSD, memastikan kestabilan pembakaran pada kondisi beban rendah dan mencegah kehilangan energi panas pada ruang bakar. Teknologi *tiny oil gun* tersebut digunakan pada *sub-critical pulverized coalboiler* PLTU Pacitan 315 MW. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja dan karakteristik pembakaran dari *tiny oil gun* serta mengetahui perbandingan efisiensi penggunaan *tiny oil gun* pada kondisi *start up* di *boiler* PLTU Pacitan 315 MW bila dibandingkan dengan menggunakan *oil gun*. Dari analisa data operasi dapat diketahui kinerja hasil dari *tiny oil gun* jauh lebih efisien dibandingkan *oil gun*, yakni mencapai 74,8 %.

Kata kunci : *oil gun, tiny oil gun, high speed diesel (HSD), start up, boiler, firing, rolling, sinkron, flow.*

## ***Abstract***

*Steam power plant (power plant) is still a choice in large-scale power conversion from conventional fuels into power in meet the demand of large loads. These power plants using conventional fuels (coal, oil, or natural gas) to generate heat and steam in the boiler. Pacitan power plant is a thermal power plant using coal as a fuel boiler. Although using coal as its primary fuel, at startup boiler Pacitan power plant must use fuel oil gun high speed diesel (HSD) with high flow to raise the temperature of the boiler. This is because coal will only burn if the boiler furnace temperature has reached a flash point of coal. The average number of HSD required to startup the boiler reaches nearly 180,000 liters. To reduce the amount of usage of HSD, the startup boiler in the power plant has been developed Pacitan boiler startup method by using tiny oil gun. With the use of tiny oil flow HSD gun that has little use as the coal burner ignitor medium speed mill, startup boiler using tiny oil gun will save the use of HSD. On the boiler combustion technique using tiny oil gun is a new environmentally friendly technologies. Application of tiny oil gun on the boiler pulverized coal can reduce oil consumption HSD, ensuring combustion stability at low load conditions and prevent loss of heat energy in the combustion chamber. The tiny oil burner technology used in the sub-critical pulverized coal boiler Pacitan power plant 315 MW. The purpose of this study was to determine the performance and combustion characteristics of a tiny oil gun and compare the efficiency of the use of tiny oil gun at startup conditions in Pacitan 315 MW power plant boiler when compared to using the oil gun. From the analysis of the operating data can be known the performance results of the tiny oil gun is farmore efficient than oil gun, which reached 74.8%.*

*Keywords: oil gun, tiny oil, high speed diesel (HSD), start up, boiler, firing, rolling, synchron, flow.*