

Efisiensi penggunaan tiny oil pada saat start up boiler PLTU pacitan

Wawan Trisnadi Putra¹, Muh. Malyadi², Moch. Sofyan Anas³

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jl. Budi Utomo No.10, Ponorogo Telp. 0352 4811, 487662, 63471, Indonesia

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo
Jl. Budi Utomo No.10, Ponorogo Telp. 0352 4811, 487662, 63471, Indonesia
Email Korespondensi : wawantrisnadi@gmail.com

Abstrak

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 burner tersebut digunakan pada sub-critical pulverized coal boiler 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, start-up, sinkronisasi, pressure, temperature

Abstract

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, start-up, synchronization, pressure, temperature

1. Pendahuluan

PLTU adalah jenis pembangkit listrik tenaga termal yang banyak digunakan karena efisiensinya tinggi sehingga menghasilkan energi listrik yang ekonomis. PLTU merupakan mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan. Pertama energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi di dalam boiler. Kedua energi panas dalam bentuk uap diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran oleh turbin. Ketiga energi mekanik diubah menjadi energi listrik oleh generator.

Boiler yang digunakan di PLTU 1 Jatim Pacitan adalah *wall tube boiler*, dimana air yang berada didalam pipa – pipa boiler dipanaskan dengan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Bahan bakar utama yang digunakan pada PLTU 1 Jatim Pacitan adalah batubara berkalori rendah (*low range*

coal) dan batubara berkalori menengah (*medium range coal*). Sebelum masuk ke ruang bakar (*furnace*) batubara dari bunker dihaluskan oleh *medium speed mill* (MSM), serbuk batubara ini ditransportasikan ke *burner – burner* yang ada pada boiler menggunakan udara bertekanan dari *primary air fan* (PAF). Serbuk batubara ini kemudian akan terbakar dengan sendirinya di ruang bakar dikarenakan suhu di ruang bakar sudah mencapai titik nyala dari batubara.

PLTU 1 Jatim Pacitan merupakan pembangkit listrik tenaga termal yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama *boilernya*. Walaupun menggunakan batubara sebagai bahan bakar utamanya, pada penyalaan awal boiler PLTU 1 Jatim 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 *furnace boiler* telah mencapai titik nyala batubara. Penggunaan HSD dengan *flow* tinggi sangat tidak efisien, karena selain bahan bakar HSD jauh

lebih mahal dibandingkan batubara, penggunaan HSD juga akan berpengaruh jumlah stok minyak bumi yang tersedia di alam.

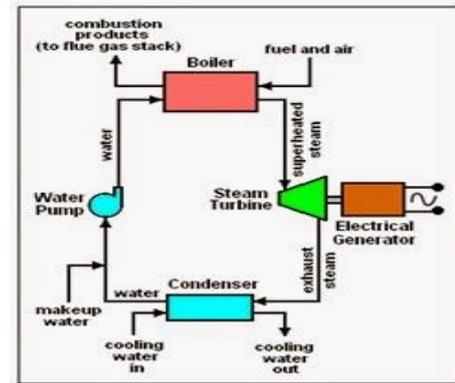
Seiring dengan perkembangan teknologi, terciptalah sebuah alat bantu penyalan awal pada PLTU sebagai pengganti *oil gun* yang bernama *tiny oil*. Sistem kerjanya hampir sama dengan *oil gun*, tetapi bedanya alat ini menggunakan HSD dengan *flow* rendah yang dicampur serbuk batubara sebagai proses penyalan awal.

Cahyo Adi Basuki (2008) Teknik Elektro Universitas Diponegoro: dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Konsumsi Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan Metode Least Square” didapatkan kesimpulan dalam pembangkitan, biaya operasional terbesar adalah biaya konsumsi bahan bakar. Harga bahan bakar minyak yang mahal mengakibatkan biaya produksi energi listrik juga mahal. Konsumsi spesifik bahan bakar sering digunakan untuk mendapatkan gambaran mengenai efisiensi unit pembangkit. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui konsumsi spesifik bahan bakar.

Salah satu usaha yang dilakukan dengan pergantian bahan bakar utama pembangkit. Metode perhitungan yang digunakan yakni dengan mencari perhitungan konsumsi spesifik bahan bakar (SFC), penurunan tara kalor atau *heatrate*(HR), dan kenaikan efisiensi termal.

PLTU menggunakan fluida kerja air uap yang bersikulasi secara tertutup. Siklus tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Urutan sirkulasinya secara singkat adalah sebagai berikut :

1. Pertama air diisikan ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam *boiler* air ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap.
2. Kedua, uap hasil produksi *boiler* dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran.
3. Ketiga, generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan, sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator.
4. Keempat, uap bekas keluar turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air yang disebut air kondensat. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi *boiler*.
5. Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang-ulang.



Gambar 1. Siklus fluida kerja sederhana pada PLTU

Mill/Pulverized

Mill adalah salah satu peralatan utama dari PLTU yang berfungsi sebagai penghalus material batubara sampai ukuran 200 mesh sehingga bisa digunakan untuk pembakaran di *furnace*. Di PLTU Pacitan, *mill* yang digunakan sebagai pendukung *tiny oil* adalah *mill E*, karena output dari *mill E* berada di *layer* paling bawah sehingga bisa untuk mengatur *pressure main steam*.



Gambar 2. Mill/pulverized

Tiny Oil

Tiny oil adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai alternatif pengganti *oil gun* yang digunakan saat penyalan awal atau *startup* boiler di PLTU 1 Jatim Pacitan. Cara kerja alat ini hampir sama dengan *oil gun*, tetapi menggunakan *flow* yang sangat rendah dan dicampurkan dengan batubara yang disupply dari *mill E*.



Gambar 3. Tiny Oil

2. Metode

Rumus Perhitungan Konsumsi Spesifik Bahan Bakar, Heatrate (Tara Kalor), Dan Efisiensi Termal
 Pemakaian bahan bakar spesifik brutto (SFC_B)

$$SFC_B = \frac{Q_f}{Kwh_b} \tag{1}$$

Pemakaian bahan bakar netto (SFC_N)

$$SFC_N = \frac{Q_f}{Kwh_b - Kwh_{ps}} \tag{2}$$

Dimana :

- Q_f : jumlah bahan bakar yang dipakai (dalam liter)
- LHV : nilai kalor bawah bahan bakar yang digunakan (dalam kj/kg atau kcal/kg)
- HHV : nilai kalor bawah bahan bakar yang digunakan (dalam kj/kg atau kcal/kg)
- Kwh_b : jumlah kwh yang dibangkitkan generator (dalam kwh)
- Kwh_{ps} : jumlah kwh yang dibutuhkan untuk pemakaian sendiri (dalam kwh)
- M_f: berat bahan bakar selama pengujian (dalam kg)

Sedangkan persamaan yang digunakan untuk menghitung tara kalor (*heat rate*) sebagai berikut :

Tara kalor bruto (HR_B)

$$HR_B = \frac{M_f \times LHV}{Kwh_b} \tag{3}$$

Tara kalor netto (HR_N)

$$HR_N = \frac{M_f \times LHV}{Kwh_b - Kwh_{ps}} \tag{4}$$

Dimana :

- Tara kalor unit brutto (HR_B) adalah jumlah kalor bahan bakar dihitung berdasarkan nilai kalor bawah (LHV) untuk menghasilkan setiap kwh brutto.
- Tara kalor unit netto (HR_N) adalah jumlah kalor bahan bakar yang dihitung berdasarkan nilai kalor bawah (LHV) untuk menghasilkan setiap kwh netto.

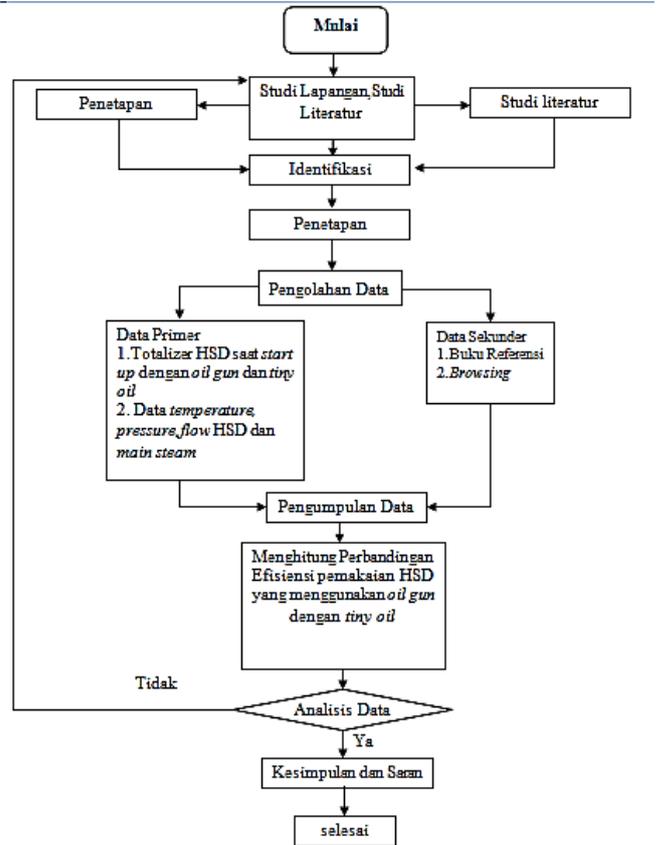
Sedangkan, persamaan guna menghitung efisiensi termal adalah sebagai berikut :

Tara kalor (HR): dalam kcal/kwh

Besarnya efisiensi termal tergantung beban, semakin tinggi beban, makin besar efisiensinya. Efisiensi termal unit (η_{th}) adalah presentase keluaran energi terhadap masukan kalor.

Catatan : 1 kwh = 859,8 = 860 kcal

Flowchart Diagram Penelitian



Gambar 4. Flow Chart Penelitian

Tahap Identifikasi Awal

Identifikasi dan Penetapan Tujuan

Pada tahap ini menetapkan judul yang diangkat adalah analisis efisiensi penggunaan HSD saat *start up boiler* PLTU Pacitan.

Pengamatan Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengamatan di lapangan secara langsung dari narasumber, untuk mendapatkan informasi tentang proses penyalaa awal boiler

Studi Literatur

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini.

Wawancara

Suatu metode pengumpulan data dengan mencari keterangan dariseorang yang ahli dalam bidang yang akan dianalisa.

Argumentasi dan Eksperimen

Metode ini merupakan salah satu metode dimana penulis menerapkan argumen yang dimiliki penulis dalam proses *start up boiler* menggunakan *tiny oil*

sehingga proses penyalaan awal boiler menjadi lebih efisien.

Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data merupakan jumlah penggunaan HSD saat start up menggunakan oil gun dan tiny oil.

Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan tindak lanjut dari pengumpulan data yang telah dilakukan, data-data tersebut ditata sesuai variabel rumusan yang akan dibutuhkan.

Tahap Analisis dan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian yang dilakukan antara lain:

Analisis dan Rekomendasi

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data-data yang telah diolah dan dibandingkan. Tahap rekomendasi adalah hasil dari analisis pengolahan data meliputi perbandingan dari perhitungan jumlah penggunaan HSD saat start up dengan oil gun dan tiny oil.

3. Hasil dan Pembahasan

Jenis Start Up Unit PLTU Pacitan dibagi menjadi 4 :

Cold Start Up

Warm Start Up

Hot startup

Very Hot Start Up

Tabel 1. Rising temperature Main steam

Range Pressure (mpa)	0 ~ 0,98	0,98 ~ 3,45	~ 3,45 ~ 9,8	~ 9,8 ~ 16,7
Temperature Rate (°C/min)	0,47	0,93	0,5	0,6
Pressure Rate (mpa/mi n)	0,01	0,03	0,05	0,06

(Sumber : IK cold start up boiler PLTU Pacitan)

Pembahasan

Perhitungan Konsumsi Spesifik Bahan Bakar, Heatrate (Tara Kalor), Efisiensi Termal, dan Biaya ketika Menggunakan Oil Gun dan Tiny Oil

Specific Fuel Consumption

Tabel 2. Fuel Consumption

No.	Oil Gun	Tiny Oil
-----	---------	----------

1.	$SFC_B = \frac{Q_f}{Kwh_b}$ $= \frac{41.460 \text{ liter}}{41.500 \text{ kwh}}$ $= 0,99 \text{ liter/kwh}$	$SFC_B = \frac{Q_f}{Kwh_b}$ $= \frac{1796 \text{ liter}}{41.500 \text{ kwh}}$ $= 0,043 \text{ liter/kwh}$
2.	$SFC_N = \frac{Q_f}{Kwh_b - kwh_{ps}}$ $= \frac{41.460}{(41.500 - 12.500)}$ $= 1,4 \text{ liter/kwh}$	$SFC_N = \frac{Q_f}{Kwh_b - kwh_{ps}}$ $= \frac{1.796}{(41.500 - 12.500)}$ $= 0,062 \text{ liter/kwh}$

Heat Rate

Tabel 3. Heat rate

No.	Oil Gun	Tiny Oil
1.	$HR_B = \frac{M_f \times LHV}{Kwh_b}$ $= \frac{35.241 \times 10500}{41.500}$ $= 8.916 \text{ kcal/kwh}$	$HR_B = \frac{M_f \times LHV}{Kwh_b}$ $= \frac{1.527 \times 10500}{41.500}$ $= 386 \text{ kcal/kwh}$
2.	$HR_N = \frac{M_f \times LHV}{Kwh_b - kwh_{ps}}$ $= \frac{35.241 \times 10500}{41.500 - 12.500}$ $= 12.759,67$ $= 12.760 \text{ kcal/kwh}$	$HR_N = \frac{M_f \times LHV}{Kwh_b - kwh_{ps}}$ $= \frac{1.527 \times 10500}{41.500 - 12.500}$ $= 552,87$ $= 553 \text{ kcal/kwh}$

Efisiensi Termal

Tabel 4. Efisiensi termal

No.	Oil Gun	Tiny Oil
-----	---------	----------

1	$\frac{H_{thb} = 860 \text{ kcal} \times 100 \%}{HR_B}$ $= \frac{860 \text{ kcal} \times 100 \%}{8.916 \text{ kcal/kwh}}$ $= 10 \%$	$\frac{H_{thb} = 860 \text{ kcal} \times 100 \%}{HR_B}$ $= \frac{860 \text{ kcal} \times 100 \%}{386 \text{ kcal/kwh}}$ $= 222 \%$
2	$\frac{H_{thn} = 860 \text{ kcal} \times 100 \%}{HR_N}$ $= \frac{860 \text{ kcal} \times 100 \%}{12.760 \text{ kcal/kwh}}$ $= 7 \%$	$\frac{H_{thn} = 860 \text{ kcal} \times 100 \%}{HR_N}$ $= \frac{860 \text{ kcal} \times 100 \%}{553 \text{ kcal/kwh}}$ $= 155 \%$

Prosentase Efisiensi

Total penggunaan HSD untuk start up unit PLTU Pacitan. Dengan menggunakan *oil gun* membutuhkan HSD sebesar 181.496 liter. Dengan menggunakan *tiny oil* membutuhkan HSD sebesar 30.837 liter. Penghematan : 181.496 liter – 30.837 liter = 150.659 liter.

$$\text{Prosentase } \frac{150.659 \text{ liter} \times 100 \%}{181.496 \text{ liter}} = 83 \%$$

$$\text{Efisiensi biaya } 150.659 \text{ liter} \times \text{Rp } 6.443 = \text{Rp } 970.695.937,-$$

Total penggunaan bahan bakar baik HSD maupun batubara. Dengan menggunakan *oil gun* membutuhkan HSD sebesar 181.496 liter.

Dengan menggunakan *tiny oil* membutuhkan hsd sebesar 30.837 liter dan batubara sebesar 147 ton

Analisa efisiensi biaya

$$\text{Oil gun} = 181.496 \text{ liter} \times \text{Rp } 6.443 = \text{Rp } 1.169.378.728,-$$

$$\text{Tiny Oil} = \text{Rp } 293.933.470,-$$

$$\text{Penghematan biaya} = \text{Rp } 875.445.258,-$$

$$\text{Prosentase } \frac{\text{Rp } 875.445.258,- \times 100\%}{\text{Rp } 1.169.217.266,-}$$

$$= 74,8 \%$$

4. Kesimpulan

1. Sistem kerja *tiny oil* berbeda dengan *oil gun*. *Tiny oil* sistem pembakarannya terjadi di ujung burner dari *pulverized /mill E* dengan cara menggunakan bahan bakar HSD flow kecil untuk membakar batubara yang ditransfer oleh *pulverized /mill E* menuju *furnace* atau ruang bakar sedangkan *oil gun* pembakaran HSD

2. Manfaat dari *tiny oil* ini yakni penggunaan bahan bakar HSD untuk *start up* unit PLTU Pacitan jauh lebih efisien jika dibandingkan dengan *oil gun*. Efisiensi yang didapat dari penggunaan HSD dengan *tiny oil* ini mencapai 83 %. Sedangkan efisiensi energi total (HSD dan batubara) yang didapat yakni 74,8 %.
3. Penghematan biaya penggunaan bahan bakar HSD untuk start up unit PLTU Pacitan yang dihasilkan dengan penggunaan *tiny oil* ini mencapai Rp 970.423.720,-. Sedangkan biaya penggunaan energi total (HSD dan batubara) yakni Rp 875.283.796,- .

Ucapan Terima Kasih

1. Penelitian ini di danai oleh Institusi dengan menggandeng PLTU Pacitan .
2. Rekan –rekan di program studi dan karyawan di PLTU Pacitan .

Daftar Pustaka

- [1] A. Kadir. 1996. *Pembangkit Tenaga Listrik*. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).
- [2] D. Marsudi, 1990. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Balai penerbit Humas ISTN Bhumi srengseng indah.
- [3] D. Marsudi, 1993. *Pembangkitan Energi Listrik*. Erlangga.
- [4] D. Harijono. 1985. *Dasar-dasar termodinamika teknik*. Jakarta. Gramedia
- [5] [Http://www.endmemo.com/sconvert/kwhkcal.php](http://www.endmemo.com/sconvert/kwhkcal.php)
- [6] [Http://www.energiku.com/2016/09/pembangkit-listrik-tenaga-uap-dan.html](http://www.energiku.com/2016/09/pembangkit-listrik-tenaga-uap-dan.html)
- [7] [Http://www.satuenergi.com/2014/10/tokoh-tokoh-penemu-listrik.html](http://www.satuenergi.com/2014/10/tokoh-tokoh-penemu-listrik.html)
- [8] [Https://id.scribd.com/doc/200705482/Sejarah-Dasar-PLTU Manual Operation Book PLTU Pacitan](https://id.scribd.com/doc/200705482/Sejarah-Dasar-PLTU-Manual-Operation-Book-PLTU-Pacitan)
- [9] Perusahaan Umum Listrik Negara. 1987. *Standar Operasi Pusat Listrik Tenaga Uap Bagain Dua:Faktor-Faktor Pengusahaan*. SPLN 62 – 2. Jakarta.
- [10] Perusahaan Umum Listrik Negara. 1989. *Standar Operasi Pusat Listrik Tenaga Gas*. SPLN 80. Jakarta.
- [11] PJB. *Petunjuk Pelaksanaan Tata Laksana Surat dan Kearsipan PT PJB dengan Menggunakan Office Automation*. Surabaya.
- [12] PT. PLN (Persero). 1997. *Kursus Pengoperasian Unit PLTU (modul 3/OP)*. Jakarta: PLN.
- [13] PT. PLN (Persero). 2011. *Sistem PLTU*. Jakarta: PLN.
- [14] Zuhail. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: ITB Press