

## Studi pengaruh pengoperasian *soot blower* terhadap energi panas yang diserap *superheater* pada unit 2 PLTU tenayan

Fadhul Fajri<sup>1</sup>, Rafil Arizona<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau  
Jl. Kaharuddin Nasution No. 113 P. Marpoyan, Pekanbaru 28284  
Email korespondensi: fadhulfajri@student.uir.ac.id

### Abstrak

Kajian ini bermaksud untuk mengetahui laju transfer kalor yang diserap oleh high temperature superheater (HTS) dan low temperature superheater (LTS) pada unit boiler sebelum dan sesudah dilakukan soot blower. Kajian ini menggunakan 3 metode yakni, studi literatur, observasi lapangan, dan wawancara. Hasil analisa menunjukkan bahwa Laju transfer kalor yang diserap oleh high temperature superheater ( $Q_{HTS}$ ) meningkat setelah 1 jam soot blower yakni 72240 MJ/jam dari pada ( $Q_{HTS}$ ) 1 jam sebelum soot blower yang hanya 65434 MJ/jam, ( $Q_{HTS}$ ) meningkat setelah 2 jam soot blower yakni 72575 MJ/jam dari pada ( $Q_{HTS}$ ) 2 jam sebelum soot blower yang hanya 66886 MJ/jam dan ( $Q_{HTS}$ ) meningkat setelah 3 jam soot blower yakni 73903 MJ/jam dari pada ( $Q_{HTS}$ ) 3 jam sebelum soot blower yang hanya 69545 MJ/jam, kemudian laju transfer kalor yang diserap oleh low temperature superheater ( $Q_{LTS}$ ) meningkat setelah 1 jam soot blower yakni 91797 MJ/jam dari pada ( $Q_{LTS}$ ) 1 jam sebelum soot blower yang hanya 89625 MJ/jam, ( $Q_{LTS}$ ) meningkat setelah 2 jam dilakukan soot blower yakni 92208 MJ/jam dari pada ( $Q_{LTS}$ ) 2 jam sebelum soot blower yang hanya 90267 MJ/jam dan ( $Q_{LTS}$ ) meningkat setelah 3 jam soot blower yakni 92582 MJ/jam dari pada ( $Q_{LTS}$ ) 3 jam sebelum soot blower yang hanya 90536 MJ/jam.

**Kata kunci:** boiler, soot blower, superheater.

### Abstract

This study aims to determine the of heat transfer absorbed by the high temperature superheater (HTS) and low temperature superheater (LTS) in boiler unit before and after the soot blower. This research uses 3 methods, namely, literature study, field observation, and interviews. The results of analysis show the heat transfer rate absorbed by the high temperature superheater ( $Q_{HTS}$ ) increases after 1 hour soot blower, which is 72240 MJ/hour from ( $Q_{HTS}$ ) 1 hour before soot blower, which is only 65434 MJ/hour, ( $Q_{HTS}$ ) increases after 2 hours soot blower, namely 72575 MJ/hour from ( $Q_{HTS}$ ) 2 hours before soot blower only 66886 MJ/hour and ( $Q_{HTS}$ ) increased after 3 hours soot blower which is 73903 MJ/hour from ( $Q_{HTS}$ ) 3 hours before soot blower only 69545 MJ/hour, then rate heat transfer absorbed by the low temperature superheater ( $Q_{LTS}$ ) increased after 1 hour soot blower, which was 91797 MJ/hour from ( $Q_{LTS}$ ) 1 hour before soot blower was only 89625 MJ/hour, ( $Q_{LTS}$ ) increased after 2 hours soot blower being 92208 MJ/ hours from ( $Q_{LTS}$ ) 2 hours before soot blower which was only 90267 MJ/hour and ( $Q_{LTS}$ ) increased after 3 hours soot blower which was 92582 MJ/hour from ( $Q_{LTS}$ ) 3 hours before soot blower only 90536 MJ/hour.

**Keywords:** boiler, soot blower, superheater.

### 1. Pendahuluan

Listrik merupakan salah satu kebutuhan energi utama Indonesia[1]. Kebutuhan listrik di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, dan sangat diperlukan untuk mengamankan kapasitas pembangkit listrik[2,3]. Berdasarkan data di antaranya diperoleh dari BPPT Outlook Energy Indonesia pada 2018, dan kapasitas pembangkit listrik nasional (PLN dan non-PLN) mencapai 57,1 GW pada 2016, dan pangsa maksimum PLTU adalah 54% yakni 30,8 GW (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2018).

Pada unit PLTU boiler merupakan instrumen yang paling utama untuk menghasilkan uap[4,5]. Boiler (ketel uap) adalah perangkat bejana tertutup dengan memanaskan air untuk menghasilkan uap[6,7]. Uap panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar boiler (ketel uap) dipindahkan ke media air yang

mengalir melalui pipa-pipa pemanas pada unit boiler, penguapan uap terjadi ketika suhu air telah mencapai suhu tertentu [8,9].

Terdapat kajian sebelumnya mengenai fouling (pengotoran) dan pengaruhnya pada final secondary superheater, dimana pada kajian tersebut membahas terkait terjadinya fouling (pengotoran) berpengaruh terhadap proses penyerapan energi panas yang terjadi pada superheater, dimana fenomena fouling (pengotoran) pada superheater adalah adanya penumpukan abu batubara yang akan menghambat laju transfer kalor yang terjadi pada pipa pemanas superheater [10,11].

Pada kajian ini akan membahas terkait seberapa besar laju transfer kalor yang diserap oleh high temperature superheater (HTS) dan low temperature superheater

(LTS) terhadap pengoperasian soot blower pada instalasi unit boiler.

Pada kajian sebelumnya dibahas bahwasannya pengotoran pada pipa pemanas superheater dapat menghambat laju transfer kalor, maka tujuan kajian ini akan mencari jawaban atas kajian sebelumnya.

Pengoperasian unit boiler tidak terlepas dari permasalahan umum diluar masalah gangguan pada sistem mekaniknya. Salah satu permasalahan umum yang terjadi pada pengoperasian boiler yakni terjadinya penumpukan abu batubara pada pipa-pipa pemanas boiler, dimana fenomena ini akan menghambat laju penyerapan kalor seperti yang terjadi pada high temperature superheater (HTS) dan low temperature superheater (LTS) [6].

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan pengotoran permukaan pada pipa-pipa pemanas boiler seperti pada *superheater* yakni menggunakan *soot blower*, *soot blower* adalah alat yang digunakan untuk menghilangkan jelaga / abu dari pembakaran batubara pada pipa pemanas boiler, jelaga / abu yang menempel ini dapat menghambat laju penyerapan panas dari ruang bakar boiler ke dalam pipa pemanas boiler, seperti pada *superheater* [7].

Soot blower beroperasi pada interval waktu tertentu seperti pada PLTU Tenayan Pekanbaru soot blower dilakukan setiap hari diwaktu malam hari dan juga dilakukan pada kondisi yang diperlukan untuk menghilangkan debu yang menempel pada pipa-pipa pemanas boiler seperti pada *superheater*.

Dengan adanya kajian ini akan memberikan informasi terkait pengaruh pengoperasian soot blower terhadap laju transfer kalor yang diserap pada high temperature superheater (HTS) dan low temperature superheater (LTS).

### **Teori Superheater**

Superheater adalah suatu alat pada boiler plant yang meningkatkan suhu uap jenuh ke suhu yang lebih tinggi karena kebutuhan untuk mengoperasikan turbin uap. Uap yang dihasilkan oleh pemanasan di cerobong yakni uap jenuh atau basah akan mengembun dengan cepat saat digunakan dalam turbin atau saat diekspansi. Superheater dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

#### *Low Temperature Superheater (LTS)*

Uap jenuh dari steam drum dialirkan ke primary superheater atau suhu rendah superheater. Uap yang keluar dari LTS kemudian dipindahkan ke superheater bertemperatur tinggi untuk dipanaskan kembali menjadi steam yang lebih panas lagi. Uap LTS juga digunakan untuk atomisasi uap untuk membantu atomisasi bahan bakar sehingga bahan bakar dapat terbakar sempurna [11].

Besarnya energi panas yang diserap oleh low temperature superheater (LTS) untuk mengubah air menjadi uap dapat dihitung dengan Persamaan 1:

$$Q_{LTS} = \dot{m}_s \times (H_{out} - H_{in}) \text{ kJ/jam} \quad (1)$$

Dimana:

$Q_{LTS}$  = Panas yang diserap oleh low temperature superheater (kJ/jam)

$\dot{m}_s$  = Kapasitas aliran uap (kg/jam)

$H_{out}$  = Entalpi keluar LTS (kJ/kg)

$H_{in}$  = Entalpi masuk LTS (kJ/kg)

#### *High Temperature Superheater (HTS)*

Uap dari pemanas LTS kemudian mengalir ke high temperature superheater (HTS) yang terletak di bagian gas yang sangat panas. Sebagian HTS terletak tepat di atas ruang bakar, sehingga perpindahan panas yang dicapai HTS terjadi secara radiasi dan konveksi. Kemudian, uap panas yang terkumpul dari HTS dialirkan ke turbin [11]

Jumlah panas yang diperoleh ke high temperature superheater (HTS) dengan menghasilkan uap yang mengalir ke turbin dapat dihitung dengan Persamaan 2:

$$Q_{HTS} = \dot{m}_s \times (H_{out} - H_{in}) \text{ kJ/jam} \quad (2)$$

Dimana:

$Q_{HTS}$  = Panas yang diserap oleh high temperature superheater (kJ/jam)

$\dot{m}_s$  = Kapasitas aliran uap (kg/jam)

$H_{out}$  = Entalpi keluar HTS (kJ/kg)

$H_{in}$  = Entalpi masuk HTS (kJ/kg)

## **2. Metode**

Berikut ini tahapan dalam kajian yang disajikan melalui diagram alir kajian pada Gambar 1.

### **Studi Literatur**

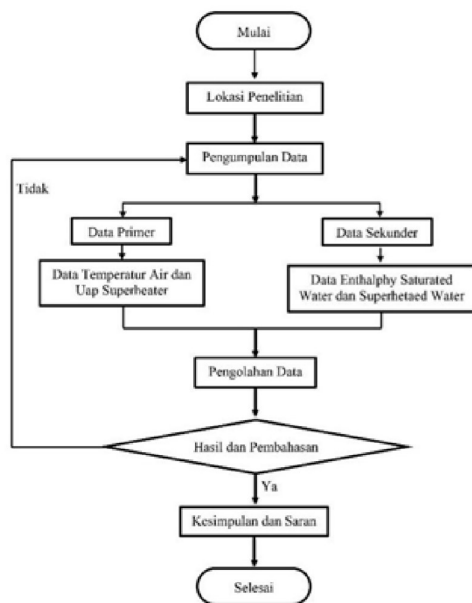
Tahapan awal dalam melakukan analisis, penulis mempelajari referensi yang berhubungan dengan materi jurnal yang diteliti penulis, adapun referensi tersebut yaitu jurnal yang ada sangkutpautnya dari kajian sebelumnya, catatan perkuliahan dan bahan tambahan lainnya seperti bahan dari media internet.

### **Observasi Lapangan**

Melihat langsung ke lokasi, melihat langsung objek yang diteliti, mendapatkan data yang sistematis dan mengamati serta mencatatnya sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

### **Wawancara**

Melaksanakan wawancara langsung dengan para karyawan operator atau teknisi khususnya di bagian pengoperasian boiler dan pembimbing lapangan guna untuk memperoleh data-data yang diperlukan.



Gambar 1. Diagram alir kajian

Tabel 1 menjelaskan tentang data spesifikasi boiler pada PLTU Tenayan Pekanbaru.

Tabel 1. Data spesifikasi boiler PLTU Tenayan Pekanbaru.

<b>Pabrik Manufaktur</b>	Dongfang Boiler Group Co., Ltd
<b>Boiler Serial Number</b>	DG430
<b>Boiler Type</b>	Circulating Fluidized Boiler
<b>Tahun Manufaktur</b>	2013
<b>Kapasitas Boiler</b>	430 ton/jam
<b>Temperatur Air</b>	232°C
<b>Pengisi Boiler</b>	
<b>Temperatur Boiler</b>	140°C
<b>Flue Gas</b>	
<b>Temperatur Uap</b>	540°C
<b>Jenuh</b>	

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengumpulan data operasi pada central control room (CCR) PLTU Tenayan dan pengolahan data perhitungan kajian maka akan disajikan pada Tabel 2. Sedangkan Tabel 3 menjelaskan tentang Data aktual superheater sesudah soot blower.

Tabel 2. Data aktual superheater sebelum soot blower

Waktu (WIB)	$T_{out_{HTS}}$ (°C)	$T_{out_{LTS}}$ (°C)
08:00	468,24	380,39
09:00	468,37	380,57
10:00	467,04	383,69
11:00	470,43	385,87
12:00	469,27	386,57
13:00	469,79	385,40
14:00	470,56	387,39
15:00	521,99	420,81
16:00	515,34	417,07
17:00	517,54	419,29
18:00	518,79	419,86
19:00	519,51	419,35

Tabel 3. Data aktual superheater sesudah soot blower

Waktu (WIB)	$T_{out_{HTS}}$ (°C)	$T_{out_{LTS}}$ (°C)
20:00	530,77	421,99
21:00	531,56	421,34
22:00	534,20	423,41
23:00	535,57	424,73
00:00	523,70	404,69
01:00	513,00	395,59
02:00	513,76	395,15
03:00	514,28	395,41
04:00	513,16	397,30
05:00	516,52	395,65
06:00	514,04	396,03
07:00	513,74	395,85

#### Pengolahan Data

Pengolahan data perhitungan menggunakan variasi data pada saat 3 jam sebelum superheater dilakukan soot blower dan 3 jam sesudah superheater dilakukan soot blower. Hasil pengolahan data 3 jam sebelum soot blower dapat dilihat pada Tabel 4. Sedangkan data hasil pengolahan data 3 jam sesudah soot blower dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4. Hasil pengolahan data 3 jam sebelum soot blower

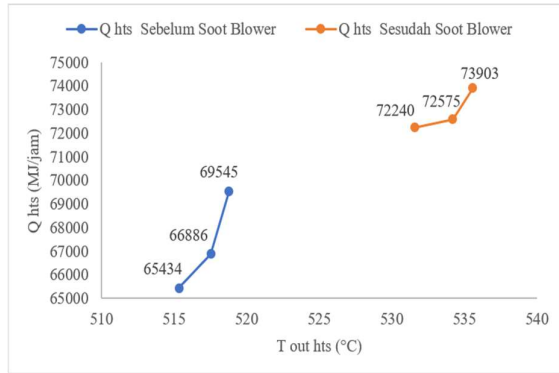
Waktu (WIB)	$Q_{HTS}$ (MJ/jam)	$Q_{LTS}$ (MJ/jam)
16:00	65434	89625
17:00	66886	90266
18:00	69545	90536

Tabel 5. Hasil pengolahan data 3 jam sesudah soot blower

Waktu (WIB)	$Q_{HTS}$ (MJ/jam)	$Q_{LTS}$ (MJ/jam)
21:00	72240	91797
22:00	72575	92208
23:00	73903	92582

**Perbandingan  $T_{out HTS}$  Terhadap  $Q_{HTS}$  Sebelum dan Sesudah Soot Blower.**

Hasil dari pengolahan data laju transfer kalor yang diserap oleh high temperature superheater ( $Q_{HTS}$ ) sebelum dan sesudah soot blower dilihat pada Gambar 2.

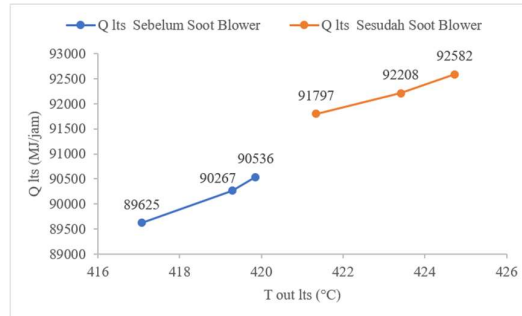


Gambar 2. Grafik  $Q_{HTS}$  sebelum dan sesudah soot blower

Terlihat bahwa terjadi perbedaan laju transfer kalor yang diserap oleh high temperature superheater ( $Q_{HTS}$ ) sebelum dan sesudah soot blower, dimana nilai ( $Q_{HTS}$ ) 3 jam sesudah soot blower lebih besar yakni 73903 MJ/jam dari pada nilai ( $Q_{HTS}$ ) 3 jam sebelum soot blower yang hanya 69545 MJ/jam. Hal ini diakibatkan karena temperatur uap keluar high temperature superheater 3 jam sesudah di soot blower lebih tinggi yakni  $T_{(out HTS)}$ : 535,57 °C sedangkan temperatur uap keluar high temperature superheater 3 jam sebelum soot blower hanya  $T_{(out HTS)}$ : 518,79 °C, oleh karena itu laju transfer kalor yang diserap oleh high temperature superheater ( $Q_{HTS}$ ) sesudah soot blower lebih besar dibanding sebelum soot blower. Pada kajian sebelumnya [11], menyatakan bahwa fouling (pengotoran) pada permukaan superheater boiler dapat menghambat laju penyerapan transfer kalor, setelah dilakukan analisa data perhitungan didapat hasil bahwa fouling (pengotoran) ternyata terbukti dapat menghambat penyerapan transfer kalor pada permukaan superheater boiler, dimana ketika permukaan superheater telah bersih dari abu batubara maka penyerapan transfer kalor akan meningkat.

**Perbandingan  $T_{out LTS}$  Terhadap  $Q_{LTS}$  Sebelum dan Sesudah Soot Blower.**

Hasil dari pengolahan data laju transfer kalor yang diserap oleh low temperature superheater ( $Q_{LTS}$ ) sebelum dan sesudah soot blower dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik  $Q_{LTS}$  sebelum dan sesudah soot blower

Terlihat bahwa terjadi perbedaan laju transfer kalor yang diserap oleh low temperature superheater ( $Q_{LTS}$ ) sebelum dan sesudah soot blower, dimana nilai ( $Q_{LTS}$ ) 3 jam sesudah soot blower lebih besar yakni 92582 MJ/jam dari pada nilai ( $Q_{LTS}$ ) 3 jam sebelum soot blower yang hanya 90536 MJ/jam. Hal ini diakibatkan karena temperatur uap keluar low temperature superheater 3 jam sesudah di soot blower lebih tinggi yakni  $T_{(out LTS)}$ : 424,73 °C sedangkan temperatur uap keluar low temperature superheater 3 jam sebelum dilakukan soot blower hanya  $T_{(out LTS)}$ : 419,86 °C, oleh karena itu laju transfer kalor yang diserap oleh low temperature superheater ( $Q_{LTS}$ ) sesudah soot blower lebih besar dibanding sebelum soot blower. Pada kajian sebelumnya [11], menyatakan bahwa fouling (pengotoran) pada permukaan superheater boiler dapat menghambat laju penyerapan transfer kalor, setelah dilakukan analisa data perhitungan didapat hasil bahwa fouling (pengotoran) ternyata terbukti dapat menghambat penyerapan transfer kalor pada permukaan superheater boiler, dimana ketika permukaan superheater telah bersih dari abu batubara maka penyerapan transfer kalor akan meningkat.

**4. Kesimpulan**

Beberapa kesimpulan dapat ditarik dari hasil studi yang telah diselesaikan.

Laju transfer kalor yang diserap oleh high temperature superheater ( $Q_{HTS}$ ) meningkat setelah 1 jam dilakukan soot blower yakni 72240 MJ/jam dari pada nilai ( $Q_{HTS}$ ) 1 jam sebelum soot blower yang hanya 65434 MJ/jam, nilai ( $Q_{HTS}$ ) meningkat setelah 2 jam dilakukan soot blower yakni 72575 MJ/jam dari pada nilai ( $Q_{HTS}$ ) 2 jam sebelum soot blower yang hanya 66886 MJ/jam dan nilai ( $Q_{HTS}$ ) meningkat setelah 3 jam dilakukan soot blower yakni 73903

MJ/jam dari pada nilai (Q\_HTS) 3 jam sebelum soot blower yang hanya 69545 MJ/jam.

Laju transfer kalor yang diserap oleh low temperature superheater (Q\_LTS) meningkat setelah 1 jam dilakukan soot blower yakni 91797 MJ/jam dari pada nilai (Q\_LTS) 1 jam sebelum soot blower yang hanya 89625 MJ/jam, nilai (Q\_LTS) meningkat setelah 2 jam dilakukan soot blower yakni 92208 MJ/jam dari pada nilai (Q\_LTS) 2 jam sebelum soot blower yang hanya 90267 MJ/jam dan nilai (Q\_LTS) meningkat setelah 3 jam dilakukan soot blower yakni 92582 MJ/jam dari pada nilai (Q\_LTS) 3 jam sebelum soot blower yang hanya 90536 MJ/jam.

Untuk kajian selanjutnya, disarankan untuk melakukan analisa pada komponen pipa pemanas boiler lain seperti economizer dan air heater.

### Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang telah berkontribusi pada kajian ini, teman-teman tim peneliti dan dosen pembimbing atas kolaborasi dan masukan yang membangun. dan juga tak lupa terimakasih kepada PT. PJB UBJOM PLTU Tenayan Pekanbaru yang telah sudi dan bersedia memberikan penulis kesempatan untuk mengadakan kajian sehingga kajian ini dapat terselesaikan.

### Daftar Pustaka

- [1] Ainun, F., & Jamaaluddin, J. (2018). Analisa Efisiensi Economizer Terhadap Boiler (Gas Dan Solar) Di Pt. Spindo Iii, Tbk. Jeee-U (Journal Of Electrical And Electronic Engineering-Umsida), 2(2), 99-104.
- [2] Dato, R. (2018). Perancangan Ketel Uap Pipa Api Untuk Industri Tempe Kapasitas 200 Kg/Jam (Doctoral Dissertation, University Of Muhammadiyah Malang).
- [3] Hernawan, K. (2020). Peluang Penghematan Energi Pada Boiler Di Pt Indo Bharat Rayon. Jurnal Teknik Energi, 10(1), 19-23.
- [4] Naufal Abrari, A., & Nur Hasannah, R. (2020). Analisis Efisiensi Boiler Sebelum Dan Sesudah Overhaul Di Pltu Suralaya Unit 8 (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Pln).
- [5] Pengkajian, B., & Teknologi, P. (2018). Indonesia Energy Outlook 2012. Energi Berkelanjutan untuuk Transportasi Darat. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE) dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- [6] Pratama, H. R. (2020). Analisa Aliran Uap Pada Sootblower Dengan Variasi Metode Penempatan Nozzle, Jenis Nozzle Dan Jarak Antar Nozzle Menggunakan Software Solidwork 2016 (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- [7] Purnama, N. C. (2017). Analisis Kegagalan Sootblower Terhadap Perpindahan Panas di Pipa Boiler. Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana, 6(3), 187-190.
- [8] Ramlan, M., & Mursadin, A. (2019). Analisis Heat Transfer Coefficient Sebelum Dan Sesudah Overhaul Pada Economizer Boiler Di Pt. Japfa Comfeed Banjarmasin. Jtam Rotary, 1(1), 11-16.
- [9] Simbolon, K. N. (2019). Pengaruh Economizer Terhadap Peningkatan Efisiensi Bahan Bakar Boiler pada Unit 3 PLTU PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- [10] Sumarjo, J., & Soekardi, C. (2017). Analisis economizer pada heat recovery steam generation (hrsg) di turbin gas untuk proses maintenance. Barometer, 2(1), 34-39.
- [11] Sumarno, F. G., & Adita, O. I. (2016). Fouling Dan Pengaruhnya Pada Final Secondary Superheater Pltu Tanjung Jati B Unit 2. Eksergi: Jurnal Teknik Energi, 10(1).