

## ANALISIS KEGAGALAN SOOTBLOWER TERHADAP PERPINDAHAN PANAS DI PIPA BOILER

Nurul Chandra Purnama

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta  
E-mail: chandra6564@gmail.com

**Abstrak--** Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyebut konsumsi listrik nasional saat ini masih terbilang mini, yaitu seperempat dari indikator negara maju di dunia. Dengan angka 956 per Kilowatt-hour (kWh) per kapita, konsumsi listrik Indonesia baru mencapai 23,9 persen dari konsumsi listrik negara maju sebanyak 4 ribu kWh per kapita. Salah satu komponen utama pada sistem pembangkit adalah boiler. Uap hasil produksi Boiler ini digunakan untuk memutar turbine yang akan menggerakkan generator guna menghasilkan listrik. Sootblower merupakan peralatan penunjang pada boiler yang berfungsi untuk membersihkan jelaga. Oleh karena itu peranan sootblower sangat penting dalam menjaga efisiensi boiler. Tujuan dari dilakukan analisis ini adalah mampu mengidentifikasi penurunan perpindahan panas yang terjadi pada pipa boiler, mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan pada Sootblower, mengurangi energi yang terbuang akibat pengoperasian Sootblower. Metode penelitian untuk melakukan pelaksanaan analisis sootblower ini terdiri atas berbagai bagian, antara lain: studi literatur, proses pengumpulan data, kemudian data diolah dan dilakukan analisis guna mengetahui penyebab kegagalan pada sootblower. Hasil dari analisis kegagalan pada sootblower ini didapatkan bahwa sootblower gagal beroperasi karena ada masalah pada lance tube yang sering bengkok sehingga mempengaruhi proses perpindahan panas di pipa boiler, oleh sebab itu di rekomendasikan untuk penggantian material lance tube dari carbon steel A105 dengan defleksi 1,1 m menjadi chrome moly (AISI 4130) dengan defleksi 1,05 cm dan dilakukan perawatan sootblower lebih baik dan rutin lagi.

**Kata Kunci:** Sootblower, boiler, lance tube, thermal expansion

### 1. PENDAHULUAN

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyebut konsumsi listrik nasional saat ini masih terbilang mini, yaitu seperempat dari indikator negara maju di dunia. Dengan angka 956 per Kilowatt-hour (KWh) per kapita, konsumsi listrik Indonesia baru mencapai 23,9 persen dari konsumsi listrik negara maju sebanyak 4 ribu KWh per kapita, Hal ini diungkapkan oleh Gumelar Galih (2015).

Sootblower merupakan peralatan penunjang pada boiler yang berfungsi untuk membersihkan jelaga/kerak/abu yang menempel pada permukaan pipa-pipa *wall tube* (Dinding Dapur), *superheater*, *reheater*, *economiser*, dan *air heater* (Pemanas Udara). Proses perpindahan panas kurang efektif apabila adanya jelaga yang menempel pipa-pipa air atau elemen pada *air heater*. Oleh karena itu peranan *sootblower* sangat penting dalam menjaga *efisiensi boiler*. Dalam pengoperasiannya *sootblower* sering mengalami banyak gangguan. Gangguan tersebut sering berakibat pada meningkatnya temperatur keluar dari *boiler* semakin meningkat, hal tersebut dapat berpengaruh *efisiensi boiler* dan berdampak pada lingkungan yang akan mengakibatkan hujan asam apabila temperatur keluaran *boiler* terlalu tinggi. Untuk itu sangat dibutuhkan *sootblower* untuk membantu penyerapan panas pada pipa *boiler*. Dengan mengetahui penyebab gangguan, maka penanganan peralatan *soot blower* baik dari sisi

mekanik, elektrik, dan juga *instrument control* baik secara operasi, perawatan, maupun secara *design* diharapkan dapat di atasi secara tepat. Berdasarkan Latar Belakang tersebut analisis kegagalan sootblower harus diketahui, diharapkan dengan melakukan analisis tersebut dapat meningkatkan proses perpindahan panas dan efisiensi *Boiler* sehingga mendapat hasil yang optimal

### 2. METODE

#### 2.1 Studi Literatur

Tahap awal dalam melakukan analisis kegagalan pada *sootblower* yaitu dengan mengumpulkan data dan teori yang berkaitan dengan analisis kerusakan pada *sootblower* dan dampaknya termasuk teori perpindahan panas baik konveksi atau konduksi.

#### 2.2 Pengambilan dan Pengolahan data

Untuk menyelesaikan penelitian ini, penulis menggunakan dua macam data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian bersama dengan pihak perusahaan terkait tempat diadakannya penelitian tersebut. Penulis juga menggunakan data sekunder yang diperoleh dari pihak-pihak luar yang sudah diolah menjadi berbagai literatur dan dokumentasi yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan penelitian ini. Teknik pengambilan data pada tugas akhir ini yaitu dengan mencari *service request* untuk peralatan

sootblower pada aplikasi MAXIMO yang terintegrasi sistem PLTU Suralaya.

ID	Description	Status	SLA
190488	Sootblower M4 Air Heater A (NO. 4) Unit 3 leak out steam di tempat packing	CLOSED	SLA
191627	Unit 4 - Sootblower 2 IK no. 17 dan 26 fail to start	CLOSED	SLA
197881	Unit 3 Sootblower IR 40 Clapped Time Error (kondisi lokal masih terjadi)	CLOSED	SLA
191916	44 - Sootblower 2IK no. 28 alarm clapped time dan penunjukan ampere tinggi (P. 4.3.4)	CLOSED	SLA
102184	Unit 1 - Sootblower 2IK No.64 Lance tube bengkok	CLOSED	SLA
190229	Sootblower IR 13 Alarm Fail to start	CLOSED	SLA
192061	Unit 4 - Sootblower IR no.21 Clapped time	CLOSED	SLA
194416	Unit 1 - Kebocoran wall tube area Sootblower IR no. 32	CLOSED	SLA
194679	Unit 3 Sootblower 2IK 16 Fail to start (hot penutup and switch apply)	CLOSED	SLA
192827	UNIT 3 - MOV Sootblower #3 macet	CLOSED	SLA

Gambar 2.1 Pengambilan data Service Request penyebab kegagalan sootblower pada Software Maximo

**2.3 Metode Pengolahan data**

Dari pengolahan data akan ditampilkan dalam bentuk grafik serta tabel, parameter yang akan dihitung yaitu:

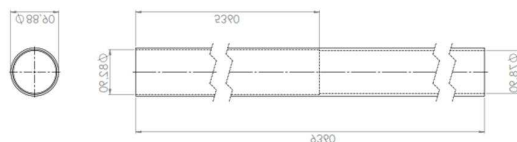
1. Kerugian perpindahan panas akibat kegagalan sootblower yang diukur dari gas buang boiler.
2. Energi yang digunakan untuk mengoperasikan Sootblower.
3. Defleksi akibat pemuaian lance tube yang bengkok.

**2.4 Data Spesifikasi Sootblower**

Pressure untuk tiap – tiap lokasi soot blower berbeda – beda sesuai dengan area kerjanya, dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 2.1 Tekanan kerja masing-masing jenis sootblower

No	Soot Blower No.	Lokasi	Tekanan uap (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	2IK: 09 s/d 16	Second. SH + SH Support	18,3
2	2IK: 17 s/d 24	Second. SH	15,8
3	2IK: 25 s/d 32	Second. SH	14,4
4	2IK: 33 s/d 40	Hot Reheat	13,4
5	2IK: 41 s/d 48	Primary SH	11,2
6	2IK: 49 s/d 56	Primary SH + Cold Reheat	11,2
7	2IK: 57 s/d 64	Cold Reheat	9,1
8	IR : 01 s/d 88	Furnace	16,1
9	3IK: 70 s/d 84	Economizer	14,1
10	4AH: 1 s/d 8	Air Heater	14,1
<b>Tekanan rata – rata untuk semua soot blower</b>			<b>13,77</b>



Gambar 2.2 Desain Lance Tube Sootblower 2IK (satuan mm)

Analisis material Lance Tube 2 IK System Soot blower Unit 1-4 PLTU Suralaya yang digunakan

adalah material Carbon Steel A105 atau setara ASME SA 105. Dengan komposisi material sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kandungan Material Carbon Steel A105 (Manual Book BD 06, 1985)

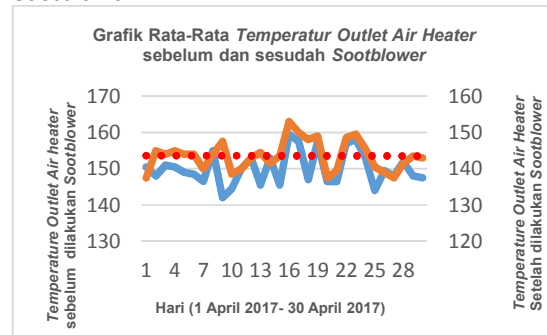
**TABLE 1  
CHEMICAL REQUIREMENTS**

Element	Composition, %
Carbon	0.35 max.
Manganese	0.60–1.05
Phosphorus	0.035 max.
Sulfur	0.040 max.
Silicon	0.10–0.35
Copper	0.40 max. [Note (1)]
Nickel	0.40 max. [Note (1)]
Chromium	0.30 max. [Notes (1), (2)]
Molybdenum	0.12 max. [Notes (1), (2)]
Vanadium	0.08 max.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Perhitungan Temperature Outlet Air Heater Sebelum dan Sesudah Dilakukan Sootblower**

Dari grafik di bawah ini dapat dilihat bahwa temperatur outlet air heater sebelum dioperasikan sootblower cenderung mengalami kenaikan dengan nilai tertinggi 162°C. Setelah dioperasikan sootblower temperatur outlet air heater mengalami penurunan menjadi 158°C. Hal ini menandakan bahwa penyerapan panas di pipa boiler meningkat akibat dioperasikannya sootblower.



Gambar 3.1 Grafik Temperature Outlet Air Heater sebelum dan sesudah dilakukan Sootblower

- Kondisi heat transfer sebelum soot blower dioperasikan (H<sub>1</sub>):

$$\begin{aligned}
 H_1 &= q \cdot Cp \cdot (T_1 - T_2) \text{ Btu/jam} \\
 &= (3902140) \times (0,320) \times (2274,8 - 302,9) \\
 &\quad \text{Btu/ jam} \\
 &= 2462281557,12 \text{ Btu/ jam} \\
 &= 620484515,1 \text{ kCal/jam}
 \end{aligned}$$

- Kondisi heat transfer sesudah soot blower dioperasikan (H<sub>2</sub>):

$$\begin{aligned}
 H_2 &= q \cdot Cp \cdot (T_1 - T_2) \text{ Btu/ jam} \\
 &= (3902140) \times (0,320) \times (2274,8 - 290,3) \\
 &\quad \text{Btu / jam} \\
 &= 2478014985,6 \text{ Btu/ jam}
 \end{aligned}$$

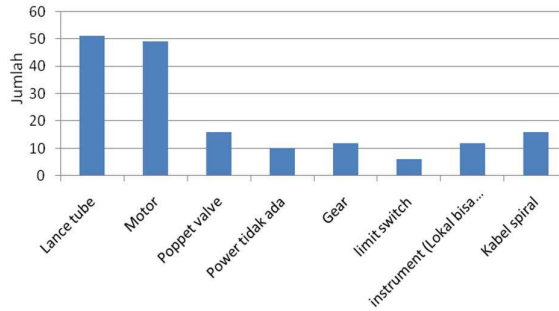
$$= 624449272,3 \text{ Kcal/jam}$$

Kenaikan *heat transfer rate* (H) adalah kondisi setelah dioperasikan *soot blower* dengan kondisi sebelum dioperasikan *soot blower*, yaitu:

$$\begin{aligned} H &= H_2 - H_1 \\ &= 624449272,3 - 620484515,1 \text{ (kCal/jam)} \\ &= 3964757,2 \text{ kCal/jam} \end{aligned}$$

Hasil ini setara dengan daya listrik sebesar: 4611.012624 KW atau 4,611 MW

### 3.2 Analisis Penyebab Kegagalan Sootblower



Gambar 3.2 Pareto Gangguan peralatan Soot blower Unit 1-4

Dari diagram di atas diketahui bahwa komponen utama terjadinya kegagalan pada *sootblower* yaitu pada *lance tube* dan motor listrik dengan jumlah 50 kali kasus.

- Menghitung Besar Defleksi Yang Terjadi Pada Pipa (Material Carbon Steel A105)

$$\bar{\delta}_1 = \frac{w \cdot a^4}{8EI_1}$$

$$\bar{\delta}_1 = \frac{78,90 \times 9,3^4}{8 \times 1,06 \times 2 \times 10^{11} \times 7,47 \times 10^{-7}} = 0,954 \text{ m} = 95,4 \text{ cm}$$

$$\bar{\delta}_2 = \frac{1}{EI_2} \times \frac{w(L-a)}{8} \times \left\{ L^3 + L^2a + La^2 - \frac{a^3}{3} \right\}$$

$$\begin{aligned} \bar{\delta}_2 &= \frac{1}{1,06 \times 2 \times 10^{11} \times 1,16 \times 10^{-6}} \times \frac{78,90 (9,3 - 4)}{8} \times \left\{ 9,36^3 + \right. \\ &\quad \left. (9,36^2 \times 4) + (9,36 \times 4^2) - \frac{4^3}{3} \right\} \\ &= 0,557 \text{ m} = 55,7 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\bar{\delta}_{\text{total}} = \bar{\delta}_1 + \bar{\delta}_2 = 95,4 \text{ cm} + 55,7 \text{ cm} = 151,1 \text{ cm} = 1,5 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas untuk pemuaian dan lendutan material tersebut cukup tinggi yaitu sebesar 151,1 cm = 1,5 m.

- Menghitung Besar Defleksi Yang Terjadi Pada Pipa (Material Chrome Moly (AISI 4130))

$$\bar{\delta}_1 = \frac{w \cdot a^4}{8EI_1}$$

$$\bar{\delta}_1 = \frac{78,90 \times 9,3^4}{8 \times 1,06 \times 2 \times 10^{11} \times 7,47 \times 10^{-7}} = 0,929 \text{ m} = 92,9 \text{ cm}$$

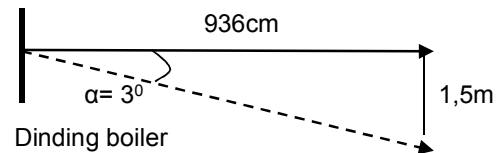
$$\bar{\delta}_2 = \frac{1}{EI_2} \times \frac{w(L-a)}{8} \times \left\{ L^3 + L^2a + La^2 - \frac{a^3}{3} \right\}$$

$$\begin{aligned} \bar{\delta}_2 &= \frac{1}{2,05 \times 10^{11} \times 1,16 \times 10^{-6}} \times \frac{78,90 (9,3 - 4)}{8} \times \\ &\quad \left\{ 9,30^3 + (9,30^2 \times 4) + (9,30 \times 4^2) - \frac{4^3}{3} \right\} \\ &= 0,2808 \text{ m} = 28,086 \text{ cm} \end{aligned}$$

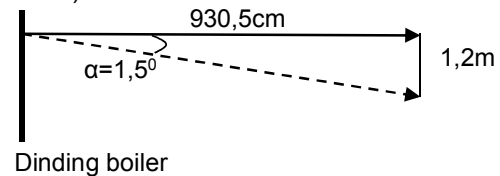
$$\bar{\delta}_{\text{total}} = \bar{\delta}_1 + \bar{\delta}_2 = 92,9 \text{ cm} + 28,086 \text{ cm} = 120,9 \text{ cm} = 1,20 \text{ m}$$

Dari hasil analisa di atas, dapat digambarkan sketsa perbedaan defleksi antara *lance tube* dengan material *carbon steel* A105 dengan *chrome moly* (AISI 4130)

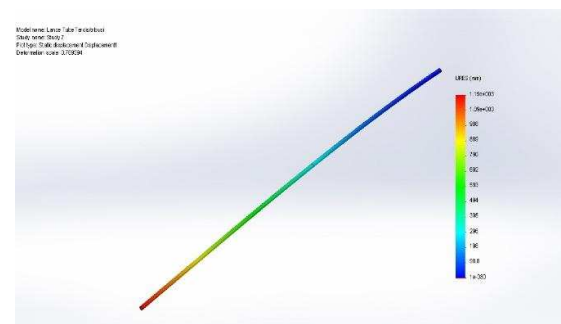
- Defleksi pada material *carbon steel* A105 setara ASME SA 105.



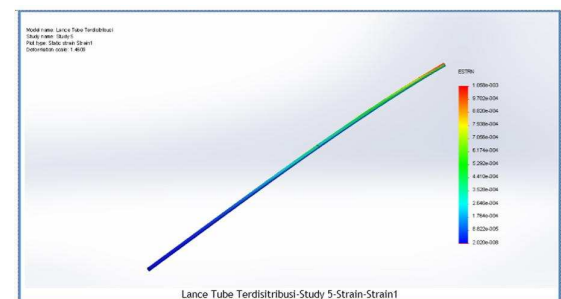
- Defleksi pada material *chrome moly* (AISI 4130).



Gambar 3.3 Perbandingan defleksi antara material *carbon steel* A105 dengan material *chrome moly* (AISI 4130)



Gambar 3.4 Defleksi material A105



Gambar 3.5 Defleksi material Chrome Moly (AISI 4130)

#### 4. KESIMPULAN

Bahwa *Sootblower* sangat dibutuhkan untuk membantu mengoptimalkan proses *heat transfer* pada pipa *boiler*. Hal ini dibuktikan dengan indikator *temperature outlet flue gas air heater* sebelum dan sesudah *Sootblower* temperaturnya 150,5° C menjadi 144,6° C. Kegagalan *Sootblower* disebabkan oleh *Lance tube* yang bengkok. Untuk itu direkomendasikan material *lance tube Chrome Molly* (AISI 4130) dengan defleksi 1,05 m dengan Tegangan Von Misses sebesar 276 N/m<sup>2</sup> < Tegangan Luluh sebesar 460 N/m<sup>2</sup> agar *sootblower* dapat beroperasi dengan optimal. Energi yang diperlukan untuk mengoperasikan *Sootblower* dalam satu kali operasi setara 4,607 MW. Hal ini sebanding dengan penyerapan panas yang dihasilkan pada pipa *boiler*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Alifiah I., & Ya'umar. (2004). Analisa Efisiensi Sistem Pembakaran Pada *Boiler* Di PLTU Unit III PT. PJB UP Gresik Dengan Metode *Statistical Process Control* (SPC). Surabaya. Jurusan Teknik Fisika – Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November. Tugas Akhir.
- [2]. Erwin, Joko A., dkk. (2014). Pengoperasian PLTU Pembidangan Prajabatan S1-D3 Indonesia Power. Jakarta. Edisi 1
- [3]. Gumelar G., (2017). *Konsumsi Listrik Nasional Masih Seperempat Negara Maju*. Retrieved from <https://www.cnnindonesia.com>.
- [4]. Gowshikan M., Kumar G., & Surjith. (2014). *Root Cause Identification and Elimination of Problems in Sootblowers of Chemical Recovery Boilers*. Coimbatore, India. *SSRG International Journal of Mechanical Engineering (SSRG-IJME)-volume 1 issue 5*.
- [5]. Grunsky A. (2001). *Sootblowing Application and Maintenance Guide*. California. Retrieved from [www.epri.com](http://www.epri.com).
- [6]. Murdani, Sudarwoko, dkk. (2014). Modul 2 Pengoperasian (Ketel Uap dan Alat Bantunya). Jakarta. No.11206/HIS/LK/BUT/UNJ
- [7]. Patel R & Chitpaiboon W. (2014). *Utility Boiler Sootblower Basics*. Retrieved from Diamond Power International Manual Book.
- [8]. Ristyanto N., Anang, Joko W., dkk. (2011). Simulasi Perhitungan Effisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Rembang. Semarang. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro. Tugas Akhir.
- [9]. Shigley, J.E. (1991). Perencanaan Teknik Mesin, "4<sup>th</sup> edition. Jakarata. Erlangga.
- [10]. Smith, R.A. (1984). *Identification of Existing Waste Heat Recovery and Process Improvement Technologies*. Washington, Pacific Northwest Laboratory. Manual Book 99352.
- [11]. Taufiqurrokhman. (2014). Perpindahan Panas Konveksi. Retrieved from <https://taufiqurrokhman.wordpress.com/2014/01/27/perpindahan-panas-konveksi>.
- [12]. Yauri K., Hanzen, Hadi G., dkk. (2015). Kajian Efisiensi Termal Dari Boiler Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Amurang Unit 1. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Volume 4 Nomor 2*.