

ANALISIS PENGARUH PENGOPERASIAN SOOTBLOWER TERHADAP EFISIENSI BOILER

Arif Wicaksono¹, Paulus Sukusno^{1*}, dan Arifia Ekayuliana¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author *E-mail address*: paulus.sukusno@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Efisiensi boiler merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kinerja pembangkit listrik tenaga uap. Salah satu faktor yang dapat menurunkan efisiensi boiler adalah terbentuknya deposit fouling dan slagging pada permukaan perpindahan panas, yang dapat menghambat proses penyerapan panas. Oleh karena itu, sootblower digunakan untuk membersihkan deposit tersebut agar perpindahan panas tetap optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengoperasian sootblower terhadap efisiensi boiler pada Unit 4 PLTU X. Metode penelitian yang digunakan adalah metode komparatif kuantitatif dengan membandingkan kondisi boiler dengan dan tanpa pengoperasian sootblower berdasarkan data operasional aktual pada 2 dan 9 November 2025. Efisiensi boiler dihitung menggunakan metode langsung (direct method) yang mengacu pada standar ASME PTC 4.1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama proses sootblowing, efisiensi boiler mengalami penurunan sementara akibat penggunaan auxiliary steam sebagai media pembersih. Setelah proses sootblowing selesai, efisiensi meningkat karena berkurangnya deposit yang menghambat perpindahan panas. Rata-rata efisiensi boiler dengan pengoperasian sootblower sebesar 69,34%, lebih tinggi dibandingkan tanpa pengoperasian sootblower sebesar 67,61%. Dengan demikian, pengoperasian sootblower mampu meningkatkan efisiensi boiler sebesar 1,73% dan berkontribusi terhadap peningkatan performa boiler.

Kata-kata kunci: Sootblower, efisiensi boiler, PLTU, ASME PTC 4.1

Abstract

Boiler efficiency is one of the key parameters in determining the performance of a steam power plant. One factor that can reduce boiler efficiency is the formation of fouling and slagging deposits on heat transfer surfaces, which can hinder heat absorption. Therefore, sootblowers are used to remove these deposits and maintain optimal heat transfer. This study aims to analyze the effect of sootblower operation on boiler efficiency at Unit 4 of Steam Power Plant X. A quantitative comparative method was employed by comparing boiler conditions with and without sootblower operation based on actual operational data collected on November 2 and 9, 2025. Boiler efficiency was calculated using the direct method in accordance with the ASME PTC 4.1 standard. The results show that boiler efficiency temporarily decreased during the sootblowing process due to the use of auxiliary steam as the cleaning medium. After the sootblowing process was completed, boiler efficiency increased due to the reduction of deposits that hinder heat transfer. The average boiler efficiency with sootblower operation was 69.34%, higher than 67.61% without sootblower operation. Therefore, sootblower operation increased boiler efficiency by 1.73% and contributed to improved boiler performance.

Keywords: sootblower, boiler efficiency, steam power plant, ASME PTC 4.1

1. PENDAHULUAN

Permintaan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan sektor industri. Kondisi ini menjadikan energi listrik sebagai kebutuhan utama dalam mendukung berbagai aktivitas masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, berbagai pembangkit listrik dikembangkan dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)[1]. PLTU merupakan tulang punggung sistem ketenagalistrikan nasional karena mampu menghasilkan energi listrik dalam skala besar dan beroperasi secara kontinu [2]. Salah satu PLTU terbesar di Indonesia adalah PLTU X di Provinsi Banten dengan kapasitas terpasang 3.400 MW yang berperan penting dalam menjaga keandalan pasokan listrik di wilayah Jawa, Madura, dan Bali [3]. Oleh karena itu, selain memenuhi kebutuhan daya, PLTU juga dituntut untuk beroperasi dengan efisiensi yang tinggi guna menekan konsumsi bahan bakar, biaya operasional, dan emisi lingkungan.

Salah satu penyebab utama menurunnya efisiensi boiler adalah terbentuknya slagging dan fouling pada permukaan perpindahan panas. Endapan abu dan jelaga tersebut menghambat proses perpindahan panas sehingga penyerapan panas oleh uap berkurang. Akibatnya, konsumsi bahan bakar meningkat dan efisiensi boiler menurun. Dalam kondisi tertentu, akumulasi slagging dan fouling juga dapat mengganggu keandalan operasi pembangkit [4]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, PLTU menggunakan sistem sootblower yang berfungsi membersihkan permukaan perpindahan panas dari endapan abu dan jelaga dengan media bertekanan tinggi, umumnya berupa uap atau udara [5].

Penelitian terdahulu umumnya membahas pengaruh sootblower terhadap perpindahan panas atau kinerja superheater secara parsial [6], [7]. Sementara itu, penelitian yang secara khusus menganalisis pengaruh pengoperasian sootblower terhadap efisiensi boiler menggunakan data operasional aktual masih terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian dalam evaluasi hubungan antara pengoperasian sootblower dan efisiensi boiler.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pengoperasian sootblower terhadap efisiensi boiler Unit 4 PLTU Suralaya dengan membandingkan nilai efisiensi sebelum dan sesudah sootblower beroperasi berdasarkan data operasional aktual. Perhitungan efisiensi dilakukan mengacu pada standar ASME PTC 4.1 [8] agar hasil yang diperoleh sistematis, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai kontribusi sootblower terhadap peningkatan kinerja boiler serta menjadi dasar dalam optimalisasi operasi dan pemeliharaan sootblower.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian komparatif dan kuantitatif. Penelitian komparatif merupakan metode penelitian yang dilakukan dengan cara membandingkan dua atau lebih variabel untuk menganalisis perbedaan dan persamaan diantara masing masing kondisi [9]. Dalam konteks penelitian ini, variabel yang dibandingkan adalah pengoperasian *sootblower* (variabel X), terhadap efisiensi boiler (variabel y). Objek serta Lokasi penelitian ini yaitu *sootblower* pada boiler di unit 4 PLTU X

Dalam melakukan penelitian, objek penelitian merupakan PLTU, pengambilan data dilakukan dengan melakukan observasi terhadap beberapa parameter yang diteliti saat kondisi beroperasi lapangan. Pengambilan data parameter pembangkit dapat dilakukan dengan mengambil data informasi yang ditampilkan layar DCS Central Control Room (CCR) Unit 4 PLTU X yang selanjutnya akan dianalisa dan dibahas.

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kuantitatif deskriptif dengan pendekatan komparatif. Analisis dilakukan untuk mengetahui perubahan efisiensi boiler sebelum, saat, dan setelah pengoperasian *sootblower* berdasarkan data operasional aktual Unit 4 PLTU Suralaya. Data yang diperoleh dari Distributed Control System (DCS) kemudian diolah menggunakan metode langsung (direct method) berdasarkan standar ASME PTC 4.1.

Efisiensi boiler diperoleh dari perbandingan antara energi yang dimanfaatkan untuk pembentukan uap dengan energi yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar. Semakin tinggi efisiensi boiler, maka semakin optimal pemanfaatan energi bahan bakar dan semakin kecil energi yang hilang selama proses operasi boiler [10]. Perhitungan efisiensi boiler menggunakan metode langsung (*direct method*) yang mengacu pada standar ASME PTC 4 (*Performance Test Code for Steam Generators*) . Efisiensi boiler dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\eta_B = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

η_B	: Efisiensi boiler (%)
Q_{out}	: Energi <i>output</i> boiler (kJ/s)
Q_{in}	: Energi <i>input</i> boiler (kJ/s)

Energi *input boiler* merupakan total energi termal yang masuk ke dalam sistem akibat proses pembakaran bahan bakar di dalam *furnace*. Pada penelitian ini, energi *input boiler* diperoleh dari hasil perkalian antara laju aliran massa bahan bakar batubara yang dikonsumsi dengan nilai kalor dari batubara tersebut. Secara matematis, energi *input boiler* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_{in} = \dot{m}_{coal} \times HHV \quad (2)$$

Keterangan:

$\dot{m}_{coal}$	: Laju aliran bahan bakar (kg/s)
HHV	: Nilai kalor batubara (kJ/s)

Energi output boiler merupakan total energi yang diserap oleh fluida kerja akibat proses perpindahan panas di dalam boiler. Pada penelitian ini, energi output boiler diperoleh dari penjumlahan energi yang disuplai ke *main steam*, *SH spray water*, *reheat steam*, dan *RH spray water*. Secara matematis energi *output boiler* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_{out} = Q_{ms} + Q_{ssw} + Q_{rs} + Q_{rsw} \quad (3)$$

Keterangan:

Q_{ms}	: Energi yang terkandung pada <i>main steam</i> (kJ/s)
Q_{ssw}	: Energi yang terkandung pada <i>super heater spray water</i> (kJ/s)
Q_{rs}	: Energi yang terkandung pada <i>reheat steam</i> (kJ/s)
Q_{rsw}	: Energi yang terkandung pada <i>reheat steam spray water</i> (kJ/s)

- a) Energi yang terkandung pada *main steam* (kJ/s)

$$Q_{ms} = (\dot{m}_{ms} - \dot{m}_{ssw}) \times (h_{ms} - h_{fw}) \quad (4)$$

Keterangan:

$\dot{m}_{ms}$	: <i>Main steam flow</i> (kg/s)
$\dot{m}_{ssw}$	: <i>Superheat spray water flow</i> (kg/s)
h_{ms}	: <i>Entalpi main steam</i> (kJ/kg)
h_{fw}	: <i>Entalpi feedwater</i> (kJ/kg)

- b) Energi yang terkandung pada *super heater spray water* (kJ/s)

$$Q_{ssw} = \dot{m}_{ssw} \times (h_{ms} - h_{ssw}) \quad (5)$$

Keterangan:

$\dot{m}_{ssw}$	: <i>Superheat spray water flow</i> (kg/s)
h_{ms}	: <i>Entalpi main steam</i> (kJ/kg)
h_{ssw}	: <i>Entalpi superheat spray water</i> (kJ/kg)

- c) Energi yang terkandung pada *reheat steam* (kJ/s)

$$Q_{rs} = \dot{m}_{rs} (h_{rso} - h_{rsi}) \quad (6)$$

Keterangan:

$\dot{m}_{rs}$	: <i>Reheat steam flow</i> (kg/s)
h_{rso}	: <i>Entalpi hot reheat steam</i> (kJ/kg)
h_{rsi}	: <i>Entalpi cold reheat steam</i> (kJ/kg)

- d) Energi yang terkandung pada *reheat steam spray water* (kJ/s)

$$Q_{rsw} = \dot{m}_{rsw} \times (h_{rsi} - h_{rsw}) \quad (7)$$

Keterangan:

$\dot{m}_{rsw}$	: <i>Spray water reheater flow</i> (kg/s)
-----------------	---

h_{rsi} : Entalpi *cold reheat steam* (kJ/kg)
 h_{rsw} : Entalpi *reheat spray water* (kJ/kg)

e) Energi yang terkandung pada *blowdown* (kJ/s)

$$Q_{blw} = \dot{m}_{blw} \times (h_{blw} - h_{fw}) \quad (8)$$

Keterangan:

$\dot{m}_{blw}$: Laju aliran *blowdown water* (kg/s)
 h_{blw} : Entalpi *blowdown water* (kJ/kg)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian menyajikan beberapa parameter yang digunakan dalam perhitungan efisiensi boiler, meliputi jumlah konsumsi bahan bakar, nilai kalor bahan bakar, serta energi (Q) pada Main Steam, Hot Reheat Steam, Cold Reheat Steam, Superheater Spray Water, Reheater Spray Water, dan Blowdown Steam sebagai variabel acuan dalam proses perbandingan kinerja boiler. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data operasional sistem sootblower pada boiler PLTU X Unit 4 yang dikumpulkan pada periode 2 November 2025 dan 9 November 2025. Pengambilan data pada periode tersebut bertujuan untuk mengamati perubahan setiap parameter operasi dan tanpa pengoperasian sootblower. Data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Parameter energi input dan flow rate

Date and Time		Coal Flow	Calorific Value Of Coal	Main Steam Flow	SH Spray Water Flow	Reheat Spray Water Flow	Reheat Steam Flow
		T/h	kJ/kg			T/h	
02/11/2025	08:00	164,99	19206,4	759,47	38,19	0	759,47
	10:00	175,18	19008,5	743,71	35,77	0	743,71
	12:00	169,09	18947,7	747,45	32,22	0	747,45
	14:00	155,15	19257,9	771,23	19,74	0	694,11
	16:00	145,53	19862,1	760,72	18,87	0	760,72
	18:00	222,49	20033,3	1182	45,33	0	1182
	20:00	216,05	20160,2	1120,97	21,61	0	1120,97
	22:00	201,82	20446,9	1161,57	21,76	0	1161,57
	00:00	182,41	20784,4	1012,44	20,34	0	911,2
	02:00	170,47	20879,4	960,57	32,61	0	864,51
	04:00	171,63	20622,2	961,4	44,77	0	869,26
	06:00	170,85	20969,2	1130,21	43,53	0	1017,15
09/11/2025	08:00	182,73	20325,2	915,39	47,14	0	915,39
	10:00	209,54	20236,4	930,72	18,83	0	930,720
	12:00	210,86	20173,9	1055,22	50,56	0	1055,220
	14:00	197,7	20147,1	1095,2	55,17	0	985,680
	16:00	199,92	19936,3	1015,83	56,63	0	1015,830
	18:00	235,23	19805,2	995,88	52,69	16,7	995,880
	20:00	226,49	20045,5	1145,42	85,76	16,45	1145,420
	22:00	219,98	20137,7	1169,6	78,92	27,21	1092,640
	00:00	193,74	20270,5	1142,64	48,65	8,36	1142,640
	02:00	186,21	20326,6	1037,1	49,82	7,97	933,390
	04:00	192,84	19976,4	986,34	47,64	11,6	887,710
	06:00	207,94	19752,7	928,06	79,03	0	835,250

Nilai *Reheat Spray Water Flow* yang pada waktu tertentu menunjukkan angka 0 menandakan bahwa tidak diperlukan proses penyemprotan air pada sistem reheater dalam kondisi operasi tersebut. Hal ini terjadi karena temperatur uap reheat masih berada dalam batas operasi yang diizinkan, sehingga pengendalian temperatur tambahan melalui spray water tidak diperlukan. Sebaliknya, ketika *Reheat Spray Water Flow* menunjukkan nilai tertentu, hal tersebut mengindikasikan bahwa sistem reheater memerlukan penyemprotan air untuk

mengontrol dan menjaga temperatur uap reheat agar tetap berada pada rentang operasi yang telah ditentukan. Penyemprotan air digunakan untuk mencegah temperatur uap yang terlalu tinggi, yang dapat memengaruhi keselamatan serta kinerja peralatan boiler dan turbin.

Tabel 2 Total energi output

Date and Time	Main steam Enthalpy	Feed Water Enthalpy	SH Water Enthalphy	Spray Water Enthalphy	Reheat Spray Water Enthalphy	Hot Reheat Steam Enthalphy	Cold Reheat Steam Enthalphy
kJ/kg							
02/11/2025	08:00	3408,8	1206,94	556,389	509,44	3552,19	3061,32
	10:00	3405,7	1203,93	558,054	510,248	3548,17	3060,75
	12:00	3402,25	1204,91	557,241	507,781	3543,57	3057,92
	14:00	3406,72	1208,32	557,113	509,737	3552,03	3058,35
	16:00	3401,2	1209,26	556,728	507,271	3532,75	3055,34
	18:00	3401,07	1254,24	612,072	556,001	3547,13	3097,13
	20:00	3400,28	1247,05	619,439	563,572	3540,83	3094,78
	22:00	3402,03	1252,62	618,663	564,171	3541,72	3094,52
	00:00	3399,09	1232,12	603,293	548,481	3532,34	3080,81
	02:00	3403,51	1226,84	591,089	537,211	3546,66	3073,19
	04:00	3411,44	1226,8	584,094	530,431	3546,29	3078,67
	06:00	3405,95	1243,41	613,234	557,156	3540,73	3091,73
09/11/2025	08:00	3402,61	1222,54	592,03	538,88	3538,8	3075,73
	10:00	3404,06	1234,34	611,68	560,32	3539,27	3090,36
	12:00	3405,53	1239,28	610,82	561,73	3545,24	3090,54
	14:00	3407,29	1232,33	600,54	553,48	3550,4	3082,26
	16:00	3403,33	1229,04	601,62	551,73	3546,2	3083,32
	18:00	3410,14	1243,24	622,8	569,18	3555,16	3102,67
	20:00	3405,54	1249,17	623,15	568,24	3545,15	3103,71
	22:00	3405,08	1245,06	622,33	566,7	3546,09	3097,47
	00:00	3404,92	1234,04	606,48	552,58	3541,52	3083,37
	02:00	3406,88	1226,84	607,17	553,61	3542,78	3084,73
	04:00	3399,66	1220,23	594,14	540,71	3554,68	3072,42
	06:00	3405,59	1232	606,18	552,37	3544,35	3088,12

Setelah seluruh parameter yang dibutuhkan diperoleh, dilakukan perhitungan energi input dan energi output boiler menggunakan persamaan yang telah ditentukan sebelumnya. Energi input dihitung berdasarkan konsumsi bahan bakar dan nilai kalor batubara, sedangkan energi output dihitung dari total energi yang terkandung dalam *Main Steam*, *Hot Reheat Steam*, *Cold Reheat Steam*, *Superheater Spray Water*, *Reheater Spray Water*, dan *Blowdown Steam*.

Nilai energi input dan output yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung efisiensi boiler dengan menggunakan metode langsung (*direct method*). Perhitungan dilakukan dengan membandingkan total energi output terhadap energi input yang masuk ke dalam boiler. Hasil perhitungan ini menunjukkan kemampuan boiler dalam memanfaatkan energi termal dari proses pembakaran menjadi energi uap yang berguna untuk pembangkitan listrik.

Selanjutnya, nilai efisiensi boiler sebelum dan sesudah pengoperasian sootblower dibandingkan untuk mengetahui pengaruh operasi sootblower terhadap kinerja boiler. Dari hasil perbandingan tersebut, dapat dianalisis adanya peningkatan atau penurunan efisiensi boiler selama periode pengamatan.

Tabel 3 Efisiensi boiler

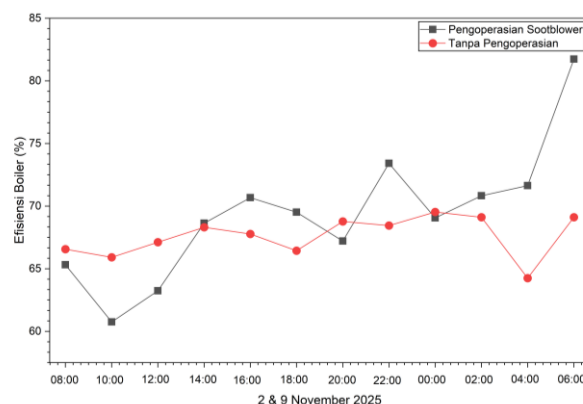
Efisiensi Boiler (%)		
Waktu	02/11/2025	09/11/2025
08:00	65,32	66,56
10:00	60,75	65,91
12:00	63,24	67,12
14:00	68,64	68,31
16:00	70,68	67,78
18:00	69,52	66,44
20:00	67,21	68,78
22:00	73,42	68,45
00:00	69,06	69,53
02:00	70,83	69,11
04:00	71,64	64,25
06:00	81,74	69,11

Tabel 3 efisiensi boiler untuk periode 2 November dan 9 November 2025 menyajikan hasil perhitungan efisiensi boiler berdasarkan data operasional aktual selama pengoperasian sootblower di Unit 4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Data tersebut menggambarkan perubahan nilai efisiensi boiler pada periode pengamatan dengan membandingkan kondisi operasi dan tidak pengoperasian sootblower.

Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh pengoperasian sootblower terhadap efisiensi boiler dengan membandingkan kondisi saat sootblower beroperasi dan tanpa sootblower. Pengamatan dilakukan setiap dua jam untuk melihat perbedaan performa boiler pada kedua kondisi. Efisiensi boiler digunakan sebagai parameter utama karena menunjukkan kemampuan boiler dalam mengubah energi panas menjadi energi uap. Pengoperasian sootblower membantu membersihkan deposit fouling dan slagging sehingga perpindahan panas menjadi lebih optimal, sedangkan tanpa sootblower akumulasi deposit dapat menurunkan performa boiler.

Analisis Perbandingan Efisiensi Boiler



Gambar 2 Efisiensi Boiler Terhadap Pengoperasian Sootblower

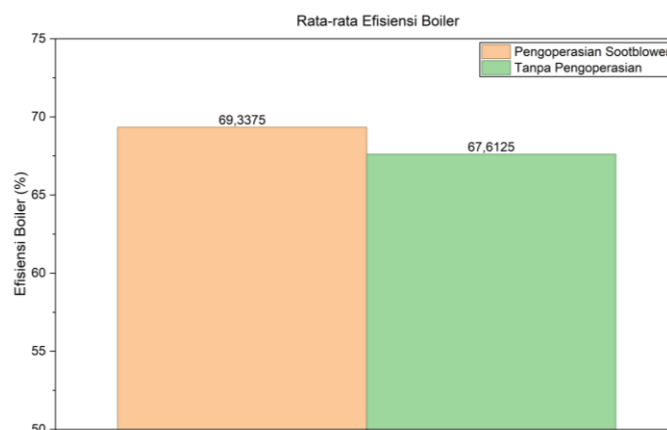
Berdasarkan Gambar 2, perbandingan efisiensi boiler pada kondisi dengan pengoperasian sootblower tanggal 2 November 2025 dan tanpa pengoperasian sootblower tanggal 9 November 2025 menunjukkan adanya

perbedaan pola perubahan efisiensi boiler. Pada kondisi tanpa pengoperasian sootblower, efisiensi boiler cenderung berada pada kisaran 64–69% tanpa menunjukkan peningkatan yang signifikan. Kondisi tersebut dapat berkaitan dengan keberadaan deposit *fouling* dan *slagging* pada permukaan perpindahan panas. Deposit tersebut dapat membentuk lapisan penghambat perpindahan panas sehingga mengurangi efektivitas penyerapan panas oleh fluida kerja dan berpotensi menurunkan efisiensi boiler [4]. Hal ini sejalan dengan penelitian Dwiaji dan Utama [5] yang menunjukkan bahwa pola pengoperasian sootblower berkaitan dengan perubahan efisiensi boiler akibat proses pembersihan deposit pada permukaan perpindahan panas.

Pada kondisi dengan pengoperasian sootblower, efisiensi boiler mengalami penurunan dari 69,52% pada pukul 18:00 menjadi 67,21% pada pukul 20:00. Penurunan ini terjadi selama periode pengoperasian sootblower dan dapat dikaitkan dengan penggunaan uap sebagai media pembersih, sehingga sebagian energi uap dimanfaatkan untuk proses sootblowing. Namun, setelah pengoperasian sootblower selesai, efisiensi boiler meningkat menjadi 73,42% pada pukul 22:00 dan mencapai nilai tertinggi sebesar 81,74% pada pukul 06:00. Peningkatan tersebut mengindikasikan adanya perbaikan kondisi perpindahan panas setelah deposit pada permukaan pemanas berkurang. Secara teoritis, berkurangnya deposit akan menurunkan hambatan termal sehingga perpindahan panas dari gas hasil pembakaran menuju fluida kerja menjadi lebih efektif. Hasil ini sejalan dengan penelitian Fajri dan Arizona [6] serta Fachrezi et al. [7], yang menunjukkan bahwa pengoperasian sootblower dapat meningkatkan penyerapan energi panas pada permukaan pemanas boiler melalui pembersihan deposit.

Secara keseluruhan, grafik menunjukkan bahwa pengoperasian sootblower menyebabkan penurunan efisiensi sementara selama proses pembersihan, namun memberikan peningkatan efisiensi yang lebih tinggi setelah proses selesai, sehingga sootblower terbukti efektif dalam meningkatkan performa boiler.

Analisis Rata-Rata Efisiensi Boiler



Gambar 3 Rata-Rata Efisiensi Boiler

Berdasarkan Gambar 3 grafik rata-rata efisiensi boiler, terlihat adanya perbedaan efisiensi antara kondisi dengan pengoperasian sootblower dan tanpa pengoperasian sootblower. Nilai rata-rata efisiensi boiler saat pengoperasian sootblower sebesar 69,34%, sedangkan pada kondisi tanpa pengoperasian sebesar 67,61%. Hal ini menunjukkan bahwa pengoperasian sootblower mampu meningkatkan efisiensi boiler sebesar sekitar 1,73%. Peningkatan efisiensi tersebut menunjukkan bahwa sootblower berperan dalam membersihkan deposit *fouling* dan *slagging* yang menempel pada permukaan tube boiler. Berkurangnya deposit tersebut menyebabkan hambatan perpindahan panas menurun, sehingga proses transfer panas dari gas pembakaran ke air/steam menjadi lebih optimal. Sebaliknya, pada kondisi tanpa pengoperasian sootblower, akumulasi deposit pada permukaan perpindahan panas menyebabkan penurunan efektivitas transfer panas, sehingga energi panas hasil pembakaran tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal dan efisiensi boiler menjadi lebih rendah. Selaras dengan penelitian yang dilakukan Yuliani et al. [4] yang menjelaskan bahwa *fouling* dan *slagging* dapat menghambat perpindahan panas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengoperasian sootblower berpengaruh terhadap efisiensi boiler Unit 4 PLTU X. Selama proses *sootblowing* pada pukul 18:00–20:00, efisiensi boiler mengalami penurunan sementara akibat penggunaan *auxiliary steam* sebagai media pembersih, kemudian meningkat setelah proses *sootblowing* selesai karena berkurangnya deposit *fouling* dan *slagging* yang menghambat perpindahan panas. Rata-rata efisiensi

boiler dengan pengoperasian sootblower sebesar 69,34%, lebih tinggi dibandingkan kondisi tanpa pengoperasian sootblower sebesar 67,61%, dengan selisih sebesar 1,73 poin persentase. Dengan demikian, pengoperasian sootblower berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi dan performa termal boiler.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dosen Pembimbing Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T., Ibu Arifia Ekayuliana, S.T., M.T., Serta Pembimbing Industri Saya yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan saran yang baik dan membangun. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada seluruh pihak yang ambil bagian dalam penyusunan jurnal ini.

REFERENSI

- [1] M. Arfiansyah and A. Hiendro, "ANALISIS PENGARUH OVERHAUL TERHADAP EFISIENSI TERMAL PLTU BENGKAYANG 2 × 50 MW," 2023.
- [2] S. M. Pamungkas and D. Rusirawan, "Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap: Tinjauan Pustaka Sistematis," vol. 05, no. 02, pp. 103–116, 2025.
- [3] Riana Marieta, "ANALISA KUALITAS BATUBARA TERHADAP EFISIENSI PEMBAKARAN PADA BOILER UNIT 1 PLTU SURALAYA, MERAK, BANTEN," *JURNAL EKSTATA KEBUMIHAN*, vol. 1, Nov. 2020, doi: <https://e-journal.trisakti.ac.id/index.php/jek/issue/view/926>.
- [4] I. Yuliyani, indriyani, and Indrayana Muna, "Evaluasi Indeks Slagging, Fouling Pada Boiler Batubara Jenis Lignit dan Bituminus," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 3, pp. 299–310, Dec. 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- [5] Y.C. Dwiaji and D.M. Utama, "ANALISIS EFISIENSI BOILER TERHADAP POLA PENGOPERASIAN SOOTBLOWER DI PLTU SURALAYA," *Jurnal Simentrik*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: <https://doi.org/10.31959/js.v10i1.359>.
- [6] F. Fajri and R. Arizona, "Studi pengaruh pengoperasian soot blower terhadap energi panas yang diserap superheater pada unit 2 PLTU tenayan," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia (JTMI)*, vol. 17, no. 2, 2022.
- [7] Muhammad Rifqi Fachrezi, Agus Sukandi, and Arifia Ekayuliana, "ANALYSIS OF THE EFFECT OF SOOTBLOWER OPERATION ON THE RATE OF HEAT ENERGY ABSORBED BY THE SUPERHEATER AT UNIT 2 PLTU PELABUHAN RATU," *sntm*, vol. 14, no. 2, pp. 1416–1422, May 2025.
- [8] American Society of Mechanical Engineers (ASME), *Steam Generating Unit, ASME PTC 4.1- 1964*. New York: ASME, 1999.
- [9] Hartono, *METODOLOGI PENELITIAN*, 1st ed. Pekanbaru: ZANAFI PUBLISHING, 2019.
- [10] M. Habibuddin, M. Anshar, and F. Firman, "Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Direct dan Indirect pada PLTU Jenepono 2×135 MW," *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 22, no. 1, pp. 132–142, Sep. 2024, doi: 10.31963/sinergi.v22i1.5002.