
EFFICIENCY ANALYSIS OF FIRE TUBE BOILER TYPE AT REFINERY UTILITY UNIT
CENTER FOR OIL AND GAS HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT (PPSDM MIGAS) CEPU

Oleh

Aliyah Shahab¹, Sulton Amna²

^{1,2}Program Studi Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

E-mail: ¹aliyah@pap.ac.id, ²sulton@pap.ac.id

Article History:

Received: 12-02-2023

Revised: 22-02-2023

Accepted: 25-03-2023

Keywords:

Boiler, Efisiensi, Direct Method, Indirect Method

Abstract: *The boilers are covered vessels that are used to produce steam. The steam produced from this boiler generally comes from burning processes that use both gas, liquid, and solid fuel. The problems that often occur in the field are boiler machines that are not efficient properly When working systems or operating processes in the field. The efficiency of the boiler is a sum that shows a connection of supply energy getting into the boiler with the overall energy generated by the boiler. From boiler efficiency calculations using direct method is the method used to measure efficiency by measuring the output of steam relative to the heat generated by the fuel burning, this method is also known as thermal boiler efficiency and is obtained efficiency of 48,15%. While the indirect method (indirect method) is a way of measuring the efficiency of the boiler by measuring the magnitude of the unbeneficial heat (heat loss), it is most effective in the effort to find boiler energy savings potential based on heat scales and acquired boiler efficiency by 68,22%.*

PENDAHULUAN

Kegiatan sektor Industri Migas merupakan salah satu penunjang utama pembangunan nasional yaitu pemasok kebutuhan bahan bakar bagi masyarakat dan industri sekaligus penyumbang devisa bagi negara. Ada beberapa kegiatan di industri migas contohnya unit *primary*, *secondary*, *treating*, dan unit utilitas yang merupakan unit penunjang operasional pabrik, alat yang bisa kita jumpai di unit utilitas salah satunya adalah Boiler (Sajiyo, 2017). Boiler pada dasarnya adalah bejana logam dimana air dipanaskan dandiubah menjadi uap. Uap (*steam*) yaitu gas yang timbul akibat perubahan fase air (cair) menjadi fase uap (gas) dengan cara pendidihan (*boiling*). Untuk melakukan proses pendidihan diperlukan energi panas, yang diperoleh dari sumber panas, misalnya dari pembakaran bahan bakar (padat, cair, dan gas). Secara umum prinsip kerja boiler adalah mengubah air menjadi uap bertekanan, dimana uap yang dihasilkan dapat dimanfaatkan panas maupun tekanan untuk proses industri. Alat ini yang banyak dijumpai di industri migas maupun kimia, seperti unit pengolahan migas, pembangkit listrik, industri petrokimia dan sebagainya (Subagyo, 2018). Efisiensi boiler adalah sebuah besaran yang menunjukkan hubungan supply energi masuk ke dalam boiler dengan keseluruhan energi yang dihasilkan boiler. Efisiensi pembakaran boiler secara umum menjelaskan kemampuan sebuah burner

untuk membakar keseluruhan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar boiler (Sugiharto, 2019).

Pada era ini, energi memiliki peran yang sangat krusial dalam kehidupan sehari-hari bahkan di dunia industri. Kebutuhan energi dunia terus mengalami peningkatan. Menurut proyeksi Badan Energi Dunia (International Energy Agency-IEA), hingga tahun 2030 permintaan energi dunia meningkat sebesar 45% atau rata-rata mengalami peningkatan sebesar 1,6% pertahun, tidak terkecuali di Indonesia (Anonim, 2014). Kebutuhan energi terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya kegiatan pembangunan ekonomi suatu negara. Indonesia merupakan salah satu negara ekonomi berkembang yang terus melakukan kegiatan pembangunan di sektor industri.

Penelitian mengenai Analisa efisiensi boiler sudah dilakukan pada penelitian yang dibahas oleh (Tony Suryo, 2015) mengenai analisa efisiensi exergi boiler wanson pada unit kilang di PPSDM Migas Cepu, dimana pada penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penggunaan energi sebenarnya atau hasil kualitas terhadap konsumsi energi aktual dan kehilangan energi sebenarnya akibat irreversibilitas proses. Karena Boiler merupakan sumber destruksi exergi terbesar dalam suatu sistem PLTU maupun sistem plant, sehingga kesempatan dalam meningkatkan efisiensi performansi sangat besar. Semakin besar efisiensi performansi boiler maka biaya produksi terhadap konsumsi bahan bakar suatu industri semakin rendah.

Penelitian tentang Analisa efisiensi boiler juga dilakukan oleh (Aji, 2020) dengan jenis *fire tube boiler* menggunakan metode langsung dan tidak langsung. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah perhitungan efisiensi dikukan dengan dua metode yaitu metode langsung (Direct) dan metode tidak langsung (Indirect) serta penambahan komponen economizer pada mesin boiler fire tube. Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi dengan metode (Direct) mendapatkan nilai efisiensi 87%, sedangkan hasil perhitungan dengan metode (Indirect) 80,46%. Pada metode tidak langsung (Indirect) menambahkan komponen economizer, sehingga nilai efisiensi bertambah sekitar 12 %, Sehingga nilai total efisiensi dari metode tidak langsung (Indirect Method) adalah 92,46 %.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Pratama 2021) mengenai analisa efisiensi water tube boiler dengan metode langsung nilai efisiensi boiler selalu menurun sejak mulai awal beroperasi setiap harinya, hal ini terjadi karena pengaruh dari steam flow yang nilainya selalu berubah, dan dipengaruhi bahan bakar yang digunakan selalu meningkat sehingga boiler beroperasi kurang optimal.

Penelitian yang dilakukan (Gaol, 2015) menganalisa hubungan antara variasi tekanan superheater dengan efisiensi boiler, hubungan variasi temperature feed water dengan efisiensi boiler, hubungan variasi jumlah uap yang dihasilkan dengan efisiensi boiler, menganalisa nilai kalor bahan bakar fiber 50% + cangkang sawit 20% + kulit kayu 30%, dan menganalisa efisiensi boiler. Dari hasil analisa yang telah dilakukan maka hubungan variasi tekanan superheater dengan efisiensi boiler relatif turun, semakin tinggi tekanan superheater maka efisiensi boiler semakin rendah. Hubungan variasi temperature feed water dengan efisiensi boiler tidak konstan naik melainkan tidak teratur atau naik turun.

Dari beberapa penelitian sebelumnya maka peneliti mennganggap pentingnya menganalisa efisiensi boiler pada PPSDM Migas Cepu dengan dua metode yaitu metode langsung dan tidak langsung untuk mengetahui mana efisiensi yang lebih baik.

LANDASAN TEORI

Boiler

Boiler adalah bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan *steam* (uap). *Steam* yang dihasilkan dari boiler ini pada umumnya berasal dari proses pembakaran yang menggunakan bahan bakar gas, cair, maupun bahan bakar padat. Pembakaran dilakukan secara kontinyu di dalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar (Sugiharto, 2019). Dalam proses konversi energi, boiler memiliki fungsi untuk mengubah energi kimia yang terkandung pada bahan bakar menjadi energi panas, kemudian ditransfer ke fluida kerja. Panas yang diterima fluida di dalam boiler berasal dari proses pembakaran bahan bakar didalam ruang bakar. Kebutuhan bahan bakar boiler harus memiliki nilai kalor yang tinggi. Agar dapat mengubah air menjadi uap, dan efisiensi boiler dipengaruhi oleh nilai kalor dari pemakaian bahan bakar. (Kunarto, 2019).

Steam (uap) adalah air dalam fase gas. Hal ini dapat terjadi karena penguapan atau karena perebusan, dimana panas diterapkan sampai air mencapai enthalpy penguapan. Pada industri migas steam yang dihasilkan boiler adalah uap superheat dengan tekanan dan temperatur yang tinggi digunakan untuk proses pembangkit energi, proses di kilang, pemanasan, dan sebagainya (PPSDM, 2021).

Bahan baku utama yang digunakan pada alat boiler berasal dari air yang sudah diolah di water treatment dan udara dari lingkungan sekitar, akan tetapi perkembangan penelitian saat ini sudah banyak menggunakan bahan-bahan lain untuk bahan baku boiler. Salah satu penelitian terbaru adalah campuran bahan bakar yang digunakan pada pabrik pembangkit tenaga uap PT. Sentosa Prima Agro yaitu *fiber* dan *shell* dimana campuran bahan bakar tersebut dapat mempengaruhi nilai efisiensi boiler. *fiber* dan *shell* merupakan sisa hasil dari proses kempa dan perebusan kelapa sawit pada pabrik dimana dapat dijadikan sebagai bahan bakar pada boiler untuk perebusan kelapa sawit. Analisa efisiensi boiler yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode langsung dengan data yang diambil langsung dari pabrik pembangkit tenaga uap PT. Sentosa Prima Agro, dengan menggunakan bahan bakar campuran *fiber* 70% dan *shell* 30%. (Ginangjar, 2019). Senada dengan penelitian yang dilakukan Ginangjar pada PT. Sentosa Prima Agro, pada penelitian yang dilakukan (Jatmiko, dkk, 2022) nilai kalor bahan bakar campuran *fiber* 70% dan cangkang 30% memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 4604,7 Cal/g. Nilai efisiensi boiler tertinggi yang dihasilkan sebesar 53,9 % menggunakan bahan bakar cangkang 100 %, efisiensi menggunakan bahan bakar *fiber* 100 % sebesar 51 % dan nilai efisiensi boiler terendah yang dihasilkan sebesar 49,5 % dengan menggunakan bahan bakar campuran 70 % *fiber* dan 30 % cangkang.

Prinsip Kerja Boiler

Boiler pada prinsipnya dibagi menjadi 2 yaitu boiler pipa api (*Fire Tube Boiler*) dan boiler pipa air (*Water Tube Boiler*). Pada boiler pipa api, gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan boiler ada didalam shell untuk dirubah menjadi uap. Boiler pipa api digunakan untuk menghasilkan uap dengan kapasitas kecil sekitar 12 ton/jam dengan tekanan steam rendah sampai sedang (s.d 18 Kg/cm²F atau sekitar 250 psi). Pada boiler jenis ini nyala api dan gas panas diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar untuk mentransfer panasnya. Gas panas dilewatkan melalui pipa-pipa disekitar dinding luar yang dikelilingi oleh air atau uap yang telah terbentuk. Boiler pipa air (*Water Tube Boiler*) adalah boiler yang menghasilkan uap dengan tekanan dan kapasitas yang besar. Boiler jenis ini mempunyai tekanan kerja diatas 18 Kg/cm²F atau sekitar 250 psi dan kapasitas diatas 12 Ton/Jam.

Perawatan Boiler adalah suatu kegiatan yang sangat penting dalam *maintenance*. Untuk memelihara atau menjaga boiler dan melakukan perbaikan atau penggantian peralatan yang diperlukan agar boiler bisa dioperasikan kembali sesuai dengan yang direncanakan. Adapun yang menjadi tujuan dari perawatan suatu boiler dalam proses produksi adalah untuk menekan kerugian akibat kerusakan boiler, dengan biaya yang rendah diharapkan mendapat hasil yang tinggi. (Yudi, 2017).

Prinsip penting dalam boiler adalah proses pembakaran, dimana pembakaran sendiri adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar yang menghasilkan kalor. Pembakaran yang sempurna akan dapat mengubah seluruh energi yang memungkinkan pada bahan bakar. Akan tetapi pada kenyataannya pembakaran sempurna dengan efisiensi 100% sangat sulit tercapai akibat kerugian (Loss) pada instrumen pendukung (Ristyanto, 2017).

Jenis-jenis Boiler

Jenis boiler secara umum dibagi menjadi dua, diantaranya yaitu :

1. Water Tube Boiler

Water Tube Boiler atau dinamakan boiler pipa air karena fluida yang mengalir dalam pipa adalah air, sedangkan yang diluar pipa adalah gas panas (hasil pembakaran), membawa energi panas untuk di transferkan ke pipa air. Boiler pipa air yang sangat modern dirancang dengan kapasitas steam diatas 10.000 kg/jam (10 ton/jam), dengan tekanan yang sangat tinggi (lebih dari 100 Bar).

2. Fire Tube Boiler

Fire Tube Boiler sering juga disebut boiler pipa api. Pada fire tube boiler, produk gas panas (hasil pembakaran) mengalir melalui pipa-pipa boiler yang dikelilingi oleh air. Uap dihasilkan oleh panas yang dipindahkan melalui dinding pipa ke air yang mengelilinginya. Gas panas (hasil pembakaran) di dalam pipa mentransfer panasnya ke air, oleh karena itu semakin panas gas nyala semakin besar jumlah panas yang dipindahkan, dengan kapasitas maksimum 6 ton/jam dan tekanan $\pm 12 \text{ kg/cm}^2$. Fire tube boiler dapat menggunakan bahan bakar minyak, gas, atau bahan bakar padat.

Transfer Panas pada Boiler

Panas yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar dan udara, yaitu berupa api (menyala) dan gas uap (tidak menyala) dipindahkan kepada air, uap maupun udara melalui bidang yang dipanaskan (heating surface) pada suatu instalasi boiler (ketel uap) dengan 3 cara, yaitu :

a. Perpindahan Panas secara Konduksi (Perambatan) Konduksi adalah pertukaran energi dengan interaksi langsung antara molekul zat yang mengandung perbedaan suhu, atau dari benda padat yang satu ke benda padat yang lain karena persinggungan fisik (kontak fisik/menempel). Benda panas adalah gas hasil pembakaran bahan bakar sedangkan benda dingin adalah tube boiler yang berisi atau yang dikelilingi air umpan. Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konduksi adalah hukum Fourier. Hukum Fourier dinyatakan dengan (White, 1984):

$$q_k = -k A \frac{dT}{dx} \text{ atau } q_k A = -k dT$$

Dimana :

T = suhu, $^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)

x = jarak/tebal dinding, m (ft)

A = luas dinding (luas perpindahan panas), $m^2(ft^2)$ k = konduktivitas termal, $W/m.^{\circ}C$ ($Btu/h.ft.^{\circ}F$) (konstanta proporsionalitas)

qk = laju perpindahan panas konduksi, Watt (Btu/h)

$qk A$ = laju perpindahan panas per satuan luas (heat flux) $A W/m^2$ (Btu/h)

b. Perpindahan Panas Secara Konveksi (Aliran) Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang dilakukan oleh molekul-molekul suatu fluida (cairan ataupun gas), panas dapat dipindahkan dari satu titik ke titik lain melalui pergerakan zat. Misalnya, uap panas mentransfer panasnya ke tabung, dimana panas yang diserap dipindahkan ke fluida yang mengalir melalui tabung, disebagian besar desain ketel ini adalah air dan uap. Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konveksi adalah hukum Newton. Hukum Newton dinyatakan dengan (White, 1984) :

$$q_c = h_c A (T_w - T_s) \text{ atau } q_c A = h_c (T_w - T_s)$$

Dimana :

T = suhu, $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

T_w = suhu air umpan, $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

T_s = suhu produksi uap, $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

A = luas permukaan, m^2 (ft^2)

h_c = koefisien perpindahan panas konveksi (convection heat transfer), $W/m^2.^{\circ}C$ ($Btu/h.ft^2.^{\circ}F$) (konstanta proporsionalitas)

q_c = laju perpindahan panas konveksi, Watt (Btu/h) $q_c A$ = laju perpindahan panas per satuan luas (heat flux) W/m^2 ($Btu/h.ft^2$)

c. Perpindahan Panas Secara Radiasi (Pancaran) Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas antara suatu benda ke benda lainnya dengan cara melalui gelombang-gelombang elektromagnetik tanpa tergantung ada tidaknya media atau zat diantara benda yang menerima pancaran panastersebut. Penyerapan panasradiasi menaikkan suhu dapur boiler dan memang dapat mempengaruhi panas banyak bagian yang lain dalam boiler, akan tetapi daerah tube/pipa boiler yang paling terkena banyak sinar panas.

$$qr = \epsilon \sigma AT^4$$

Dimana :

ϵ = emisivitas

T = suhu absolut benda,

K ($^{\circ}R$) A = luas permukaan, m^2 (ft^2)

qr = laju perpindahan panas radiasi, Watt (Btu/h)

Efisiensi Boiler

Efisiensi boiler adalah sebuah besaran yang menunjukkan hubungan antara supply energi masuk kedalam boiler dengan energi keluaran yang dihasilkan oleh boiler. Efisiensi pembakaran boiler secara umum menjelaskan kemampuan sebuah burner untuk membakar keseluruhan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar boiler. Efisiensi boiler dihitung dari jumlah bahan bakar yang tidak terbakar secara bersamaan dengan jumlah udara sisa pembakaran (excess air). Untuk mendapatkan efisiensi pembakaran yang tinggi, burner dan ruang bakar boiler harus di desain seoptimum mungkin. Di sisi lain perbedaan jenis bahan

bakar juga mempengaruhi efisiensi pembakaran. Diketahui bahwa bahan bakar cair seperti solar dan residu menghasilkan efisiensi pembakaran yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar padat seperti batu bara.

Faktor yang mempengaruhi efisiensi boiler adalah tekanan superheater, temperatur air umpan, temperatur uap, jumlah uap yang dihasilkan, jumlah konsumsi bahan bakar, dan nilai kalor pembakaran bahan bakar. Boiler mempunyai peranan penting dalam proses produksi uap, sering kali efisiensi kualitas kerja boiler diabaikan padahal peningkatan efisiensi boiler sangat penting guna mendapatkan output yang baik. (Pesulima, 2017).

METODE PENELITIAN

Perhitungan Efisiensi Boiler

Perhitungan efisiensi boiler tipe fire tube dilakukan dengan metode langsung (Direct Method) dan Metode tidak langsung (Indirect Method). Efisiensi metode secara langsung (Direct Method) :

$$\eta_{Boiler} = \frac{Ws \times (hs - hw)}{Wf \times HH} \times 100\%$$

Dimana :

WS = Jumlah produksi Steam (kg/jam)

hs = Entalpi uap keluar boiler (kcal/kg)

hf = Entalpi air umpan pengisi ketel (kcal/kg)

WF = Jumlah kebutuhan bahan bakar (kg/jam)

HHV = Nilai kalor pembakaran tinggi (kcal/kg)

Efisiensi metode tidak langsung (Indirect Method):

$$\eta_{Boiler} = \frac{Q_{masuk}}{1 - Q_{loss}} \times 100\%$$

Dimana :

$Q_{loss} = Q_A + Q_B + Q_C + Q_D + Q_E + Q_F + Q_G$

$Q_{masuk} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$

Untuk mengkoreksi perhitungan nilai kalori bahan bakar yang mengandung air, ash dan sulfur digunakan persamaan berikut :

$$Q_p = Q_p - 0,01Q_p \%H_2O + \% ash + \% S + X \% S - Y (\%H)$$

Dimana :

Q_p = Net heat of combustion pada tekanan konstan persatuan kuantitas pada bahan bakar minyak yang mengandung air, ash, dan sulfur.

Q_p = Net heat of combustion at constant pressure (atmospheric)

$\%ash$ = presentase dari ash

$\%H_2O$ = presentase dari air

%S = presentase dari sulfur
X,Y = nilai konstan tergantung satuan yang dipakai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Boiler yang digunakan pada unit utilitas kilang PPSDM Migas Cepu memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tipe : Fire Tube (pipa api)

Kapasitas : 6 Ton/jam

Tekanan Operasi : 10 bar

Tekanan Maksimal : 12 Bar

Temperatur Steam : Minimum 200°C pada P = 4 Kg/cm²

Bahan bakar : Heavy Fuel Oil

Tabel 1. Neraca Panas Boiler

Panas Masuk	Panas Keluar
Q1 = 196.049.085.306,007	QA = 148.797.949.220,919
Q2 = 322.807.871,070	QB = 0
Q3 = 18.976,63	QC = 987.448.400.822,765
Q4 = 0	QD = 295.349.781.769,5
Q5 = 107.707.977.527.912	QE = 129.244.711,104
	QF = 2.789.672.513.929,08
	QG = 106.276.585.292.205
107.708.311.143.793	107.708.311.143.793

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi boiler di dapatkan hasil 48,15% menggunakan metode langsung (Direct Method) digunakan untuk menghitung besarnya steam yang dihasilkan dibagi dengan panas hasil pembakaran bahan bakar. Sedangkan untuk metode tak langsung (Indirect Method) dengan menghitung besarnya panas yang tidak bermanfaat (heat loss) di dapatkan hasil sebesar 68,22%. Efisiensi berdasarkan desain sebesar 85% dimana hasil perhitungan yang didapat masih dibawah standar, penyebab terjadinya penurunan efisiensi karena maintenance tidak tentu yang menyebabkan terjadinya kerak dibagian tube boiler, seharusnya maintenance dilakukan secara rutin untuk menjaga efisiensi agar tidak menurun.

Dari hasil perhitungan efisiensi boiler metode yang digunakan memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu, 1. Metode langsung a. Kelebihannya hanya membutuhkan sedikit perhitungan dan tidak memerlukan asumsi nilai untuk kerugian tak terukur b. Kekurangannya tidak mampu menunjukkan potensi penyebab inefisiensi dan harus menggunakan metode tak langsung untuk menilai tingkat keakuratan perhitungan.

Metode tak langsung a. Kelebihannya perhitungan analisa gas buang dan temperatur

gas buang dapat dilakukan dengan akurat, dapat diketahui sumber kerugian terbesar, tingkat eror perhitungan relatif rendah. b. Kekurangan membutuhkan perhitungan lebih banyak dari pada metode langsung. Steam yang dihasilkan oleh boiler digunakan untuk kebutuhan proses pengolahan di kilang PPSDM Migas Cepu, seperti untuk kolom stripper, atomizing fuel di furnace, dan heater di tangki residu.

Hal yang senada juga terlihat pada penelitian yang dilakukan oleh (Yolanda dkk 2017) dimana pada penelitian mengenai analisis efisiensi boiler menggunakan metode langsung didapatkan kesimpulan analisis terhadap efisiensi boiler hasil perhitungan yakni sebesar 46 %. Penurunan nilai efisiensi boiler dikarenakan kandungan karbon, hidrogen, belerang dalam bahan bakar yang tidak terbakar sempurna. Faktor lingkungan juga mengakibatkan penurunan efisiensi boiler yang dikarenakan abu terbang dan abu dalam tidak terbakar sempurna. Kehilangan panas karena abu terbang dan abu dasar (bottom ash) bersumber dari alami sumber batubara, semakin tinggi kandungan abu, zat yang mudah menguap dan lengas makin banyak abu terbang dan abu dasar yang dihasilkan.

Begitu pula pada penelitian yang dilakukan pada analisis efisiensi boiler di PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Banjarmasin dengan metode input-output. Berdasarkan hasil analisis efisiensi boiler pada kondisi komisioning dengan kondisi operasional masing-masing sebesar 88,51% dan 79,32%, mengalami penurunan efisiensi sebesar 9,19%. Salah satu faktor penyebabnya, yaitu kebersihan dari permukaan tube pada boiler. Salah satu analisa faktor menurunnya efisiensi boiler adalah disebabkan oleh faktor kebersihan dari permukaan pipa pada boiler, sangat berpengaruh terhadap proses perpindahan panas / heat transfer, karena apabila adanya kotoran maupun kerak pada pipa boiler dan pengendapan (fouling), akan berakibat pada proses perpindahan panas / heat transfer akan berkurang sehingga laju perpindahan panas pun akan menurun, dan juga akan berpengaruh terhadap tingginya nilai temperatur gas buang yang mempengaruhi besarnya kerugian – kerugian panas lainnya pada boiler. (Muzaki, 2019).

KESIMPULAN

Pada penelitian Analisa boiler tipe fire tube di PPSDM Migas Cepu Jawa Tengah ini dapat disimpulkan bahwa dari perhitungan ini didapatkan efisiensi boiler, yaitu sebesar 48,15% menggunakan direct method dan menggunakan indirect method di dapat sebesar 68,22% . Efisiensi berdasarkan desain sebesar 85% dimana hasil perhitungan yang didapat masih dibawah standar, penyebab terjadinya penurunan efisiensi karena pengaruh aliran bahan bakar dan steam yg dihasilkan, kebutuhan udara excess, panas hilang lalui dinding dan maintenance tidak tentu yang menyebab terjadinyakerak dibagian tube boiler, seharusnya maintenace dilakukan secara rutin untukmenjaga efisiensi agar tidak menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdillah, Aji Kharisma. Budiman, Arif, 2020, Perhitungan Efisiensi Mesin Boiler Jenis Fire Tube Menggunakan Metode Direct dan Indirect untuk Produk Butiran – Butiran Pelet. Universitas Gunadarma.
- [2] B, Pesulima. Sitepu, Tekad, 2017, Analisa Efisiensi Water Tube Boiler Berbahan Bakar Fiber Dan Cangkang Di Palm Oil Mill Dengan Kapasitas 45 Ton Tbs/Jam. Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

- [3] Daeng, Yudi Polewangi , Gayi, Vira Sani, 2017, Analisis Sistem Perawatan Boiler di PT. Dewa Rencana Perangin-Angin.
- [4] Edi, Jatmiko Siswanto¹ dan Generousdi, 2022, Analisis Efisiensi Water Tube Boiler Berbahan Bakar Fiber Dan Cangkang Sawit di PT Dhamasraya Palma Sejahtera, Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jambi.
- [5] Ginanjar T, (2019). Analisa kebutuhan bahan bakar boiler dengan melakukan uji kalori pada pabrik kelapa sawit PT. Sentosa Prima Agro. Jurnal, Teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
- [6] Gaol, Dosma Putra Lumban, (2015). “Analisa Efisiensi Water Tube Boiler Berbahan Bakar Fiber Cangkang Sawit Dan Kulit Kayu Menggunakan Metode Langsung”. Skripsi. Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera utara.
- [7] Hasibuan, H. C, (2013). “Analisa Pemakaian Bahan Bakar Dengan Melakukan Pengujian Nilai Kalor Terhadap Performansi ketel Uap Tipe Pipa Air Dengan Kapasitas Uap 60 Ton/Jam”. Jurnal e-Dinamis. Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera utara.
- [8] Hidayanto, S, (2016). “Analisis Performa Water Tube Boiler Kapasitas 115 Ton/Jam Di Pt. Pertamina Refinery Unit-Vi Balongan-Indramayu”. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [9] Hilman,Wisnu. 2017. Evaluasi Kinerja Boiler Wanson di Unit Utilitas Kilang PPSDM Migas Cepu. Cepu : STEM Akamigas.
- [10] Kern, Donald Q. 1965. Process Heat Transfer. International Student Edition. McGraw – Hill Book Company New York.
- [11] Kunarto, (2019). “Analisa Efisien Boiler Pabrik Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Bahan Bakar Fibre Dan Cangkang”. Universitas Bandar Lampung.
- [12] Maulana, K. Lukman. Burhanuddin, F. Sanjaya, A. S, (2016). Analisa Efisiensi Water Tube Boiler Berbahan Bakar Fiber dan Cangkang di Palm Oil Mill Kapasitas 60 Ton Tbs/Jam dengan Menggunakan Chemicalogic Steamtab Companion Version 2.0. Chemica Volume 3, No 2. Program Studi Teknik Kimia, Universitas Mulawarman. Samarinda.
- [13] Migas, PPSDM. 2021. Pelatiham Teknik Operasi Crude Distiling Unit. Cepu : PPSDM Migas
- [14] Mukti, Nizya Pratama. Danial, Taufiqurrahman Muhammad, 2021, Analisa Efisiensi Water Tube Boiler dengan Menggunakan Metode Langsung. Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tanjungpura.
- [15] Muzaki, Imam. Mursadin, Aqli, 2019, Analisis Efisiensi Boiler dengan Metode Input-Output di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. UNIT BANJARMASIN.
- [16] Nelson, WL. 1969. Petroleum Refinery Engineering. Fourt Edition, McGraw –Hill Book Company New York
- [17] Pravitasaria, Y. Mariana, B. M. Muhlasah, N. M, (2017). “Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Langsung”.
- [18] Sajiyo. 2017. Pemeliharaan Boiler Modul I dan Modul II. Badak LNG
- [19] Subagyo, Rachmat. 2018, Sistem Pembangkit dan Turbin Uap. Banjarbaru : Universitas Lambung Mangkurat
- [20] Sugiharto, Agus. 2020. Perhitungan Efisiensi Boiler dengan Menggunakan Metode secara Langsung pada Boiler Pipa Api. Cepu : PPSDM Migas Cepu
- [21] Tony MSK. Suryo U., iswantoEko S, (2015), Analisa Efisiensi Exergi Boiler Wanson III

pada Unit Kilang di PPSDM Migas Cepu.

- [22] Wahyudi, B, (2019). "Analisis Efisiensi Turbin Uap Terhadap Kapasitas Listrik Pembangkit". Universitas Medan Area Medan.