

Analisis Performa Boiler Berbahan Bakar Kombinasi Fiber Dan Cangkang Pada Boiler Takuma N-600 SA

Analysis Of Boiler Performance Using Fiber And Shell Combinations In A Takuma N-600 SA

Eli Simanjuntak¹, Muhammad Idris^{1*}, Jufrizal¹

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Sumatera Utara, Indonesia

*Corresponding author : muhammad_idris@staff.uma.ac.id

Diterima: 04-05-2023

Disetujui: 20-05-2023

Dipublikasikan: 18-05-2023

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Boiler merupakan bejana tertutup penghasil uap yang dapat mengkonversi energi kimia dari bahan bakar menjadi uap bertekanan. Uap tersebut digunakan sebagai sumber daya listrik dan untuk pengolahan buah kelapa sawit. Peneliti menggunakan metode observasi langsung untuk mengidentifikasi spesimen dan parameter. Untuk menganalisis efisiensi thermal boiler dan *Specific Fuel Consumption* (SFC) menggunakan bahan bakar *fiber* 100% dan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30%. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa menggunakan bahan bakar *fiber* 100% menghasilkan 68,1% efisiensi thermal boiler, dan diperoleh nilai SFC yaitu 13,37 kg/kWh. Penggunaan bahan bakar kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% menghasilkan 74,2% efisiensi thermal boiler, dan diperoleh nilai SFC yaitu 10,98 kg/kWh. Sehingga Efisiensi thermal boiler mengalami peningkatan sebesar 6,1% dan nilai SFC mengalami penurunan sebesar 2,39 kg/kWh. Peningkatan performa boiler dan rendahnya nilai SFC disebabkan tingginya nilai kalor pada bahan bakar kombinasi *fiber* dan cangkang yaitu 12799,343 kJ/kg dan rendahnya konsumsi bahan bakar yaitu 5492,53 kg/jam.

Kata kunci : Performa, Boiler, Fiber, Cangkang, Pabrik Kelapa Sawit.

Abstract

A boiler is a steam-producing closed vessel that can convert chemical energy from fuel into pressurized steam. The steam is used as an electrical power source and for the processing of oil palm fruit. Researchers use direct observation methods to identify specimens and parameters. To analyze the efficiency of thermal boilers and *Specific Fuel Consumption* (SFC) using 100% fiber fuel and a combination of 70% fiber and 30% shell. From the results of this study, it is stated that using 100% fiber fuel produces 68.1% thermal boiler efficiency, and an SFC value of 13.37 kg/kWh is obtained. The combined fuel use of 70% fiber and 30% shell results in 74.2% thermal boiler efficiency and an SFC value of 10.98 kg/kWh is obtained. So that the efficiency of thermal boilers has increased by 6.1% and the SFC value has decreased by 2.39 kg/kWh. The improvement in boiler performance and low SFC value is due to the high calorific value of fiber and shell combination fuel which is 12799.343 kJ/kg and low fuel consumption of 5492.53 kg/hour.

Keyword : Performance, Boiler, Fiber, Shell, Palm Oil Mill.

1. Pendahuluan

Dewasa ini populasi Penduduk meningkat 1,22% berdasarkan Badan Pusat Statistik tahun 2021 dan perkembangan dunia industri akan terus meningkat, dengan pasokan dan jumlah kebutuhan akan bahan bakar fosil juga semakin bertambah, maka penyediaan akan sumber bahan bakar dari fosil akan rendah, salah satu contoh minyak bumi akan semakin berkurang. Oleh karena itu Indonesia mempunyai perkebunan kelapa sawit yang luasnya mencapai 14,663 juta Ha pada tahun 2021. Maka peneliti memiliki ide untuk menggunakan biomassa sebagai pengganti bahan bakar fosil yang diperoleh dari hasil olahan kelapa sawit tersebut (Badan Pusat Statistik 2022).

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman budidaya penghasil minyak nabati. Selain menghasilkan CPO, kelapa sawit juga memperoleh limbah padat dan cair sisa olahan yang belum banyak digunakan secara maksimal. Diketahui bahwa 1 Ton kelapa sawit, menghasilkan limbah padat antara lain, Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebanyak 23% atau 230 kg, Serat Kelapa Sawit 13% atau 130 kg, Cangkang (*Shell*) sebanyak 6,5% atau 65 kg, Lumpur Sawit (*wet decanter solid*) 4% atau 40 kg, serta limbah cair sebanyak 50%. Dari data tersebut pemanfaatan limbah hasil olahan masih belum maksimal, khususnya Fiber dan cangkang kelapa sawit (Kamal 2018).

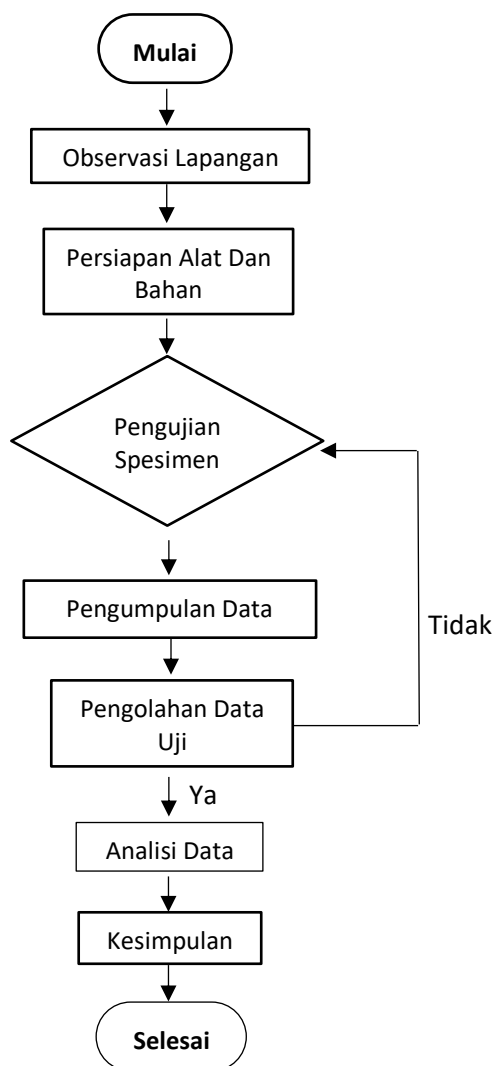
Dengan demikian, penggunaan biomassa sebagai bahan bakar boiler memunculkan masalah pada boiler tersebut, yaitu rendahnya efisiensi thermal dan tingginya nilai SFC karena sifat bahan bakar biomassa tersebut mudah habis terbakar. Berkaitan dengan masalah diatas, persoalan penting yang perlu mendapat perhatian utama adalah performa pada boiler tersebut.

Dalam hal ini peneliti akan menganalisis pengaruh penggunaan bahan bakar *fiber* 100% dan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% terhadap efisiensi thermal boiler. Untuk mengetahui pengaruh tingginya nilai SFC terhadap pengoperasian boiler, maka peneliti harus menghitung kebutuhan bahan bakar pada boiler. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan mengetahui jumlah persentase bahan bahan kombinasi untuk menghasilkan performa optimal boiler.

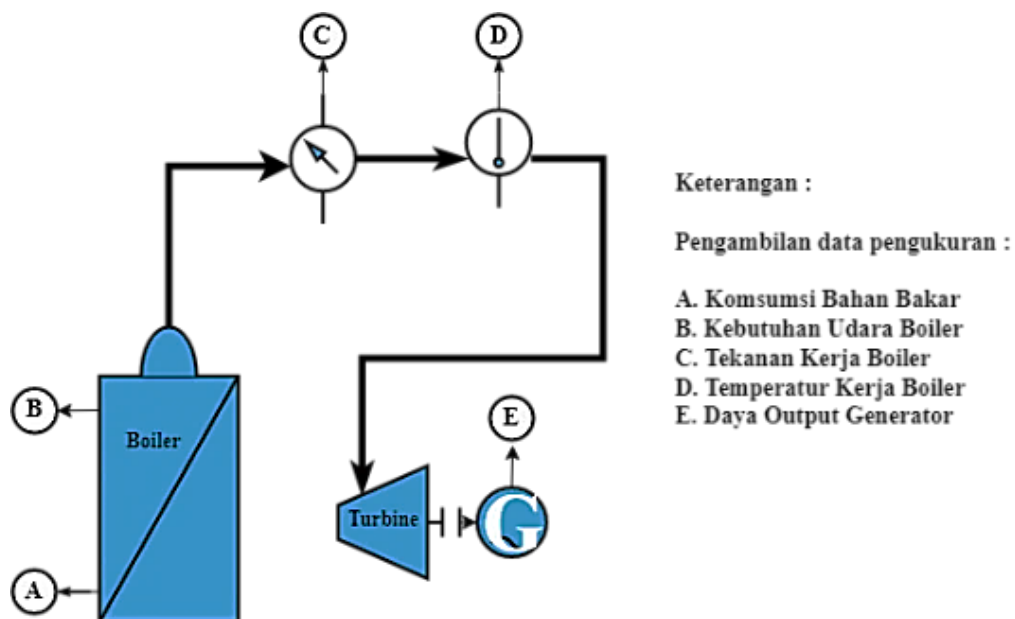
2. Metode Penelitian

Tempat dilaksanakannya penelitian ini di PTPN II PKS Pagar Merbau, Jalan Lubuk Pakam, Sumberejo, Deli Serdang, Sumatera Utara. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : Boiler, Alat ukur tekanan (*pressure gauge*), Alat ukur temperatur (*temperature gauge*), Conveyor bahan bakar, *Siding fuel valve*, *Fiber*, dan Cangkang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu observasi langsung guna memperoleh data-data dari setiap parameter.

Parameter yang akan diukur yaitu Tekanan uap boiler, Temperatur uap boiler, Daya output generator. Alur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui perbandingan kebutuhan bahan bakar, kebutuhan kalor boiler, panas yang diserap *furnace*, kebutuhan udara *furnace*, efisiensi thermal boiler, dan SFC. Pencatatan nilai pengukuran parameter dilakukan pada 4 titik, *Temperature gauge* untuk mengukur temperatur uap didalam boiler dan untuk mengukur temperature air umpan boiler, *Pressure Gauge* untuk mengukur tekanan uap kerja pada boiler, *Steam flow gauge* untuk mengukur laju aliran uap boiler.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Lokasi titik pengambilan data

Analisis data untuk memperoleh efisiensi boiler digunakan persamaan sebagai berikut :

1. Kebutuhan bahan bakar

Banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan boiler untuk menghasilkan steam dengan kondisi optimal yang akan digunakan untuk proses pengolahan, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{fuel} = \frac{m_u \times (h_2 - h_1)}{\eta_b \times LHV} \quad (1)$$

2. Kebutuhan kalor boiler

Kebutuhan kalor boiler yaitu panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar didalam *furnace*. Tingginya nilai kalor pembakaran yang dihasilkan pada *furnace* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini (Djokosetyardjo 2003) :

$$Q = m_u \times \Delta h \quad (2)$$

3. Panas yang diserap furnace

Panas yang diserap *furnace* yaitu panas yang diterima *furnace* pada saat proses pembakaran secara konveksi. Panas yang diserap furnace dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (Muin 1988) :

$$Q_f = W_{fuel} \times LHV \times \eta_f \quad (3)$$

4. Kebutuhan udara furnace

Untuk mendapatkan pembakaran optimal dari bahan bakar dibutuhkan penambahan udara sebesar aktual dapat diperoleh dengan persamaan dibawah ini (Djokosetyarjo 1989) :

$$U_{act(total)} = U_{act} \times W_{fuel} \quad (4)$$

5. Efisiensi thermal boiler

Efisiensi thermal boiler yaitu perbandingan antara konsumsi panas dengan suplai panas, adapun rumus untuk mencari efisiensi boiler yaitu sebagai berikut (Muzaki and Mursadin 2019) :

$$\eta_b = \frac{m_u \times (h_2 - h_1)}{LHV \times W_{fuel}} \times 100 \% \quad (5)$$

6. Konsumsi spesifik bahan bakar

Konsumsi spesifik bahan bakar merupakan daya listrik yang dapat di bangkitkan oleh banyaknya bahan bakar dalam menghasilkan daya listrik. Konsumsi Spesifik Bahan Bakar dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Ginanjari 2019) :

$$SFC = \frac{W_{fuel}}{kWh} \quad (6)$$

3. Hasil dan Pembahasan

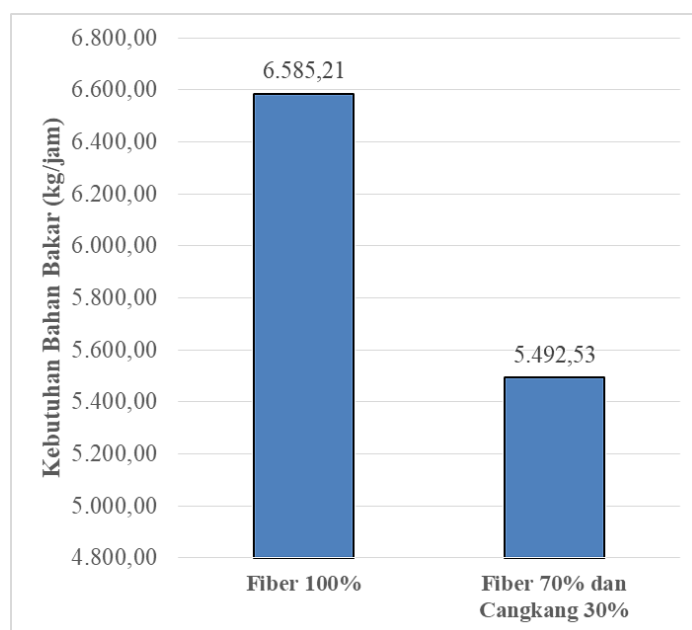
Bahan bakar *fiber* 100% menghasilkan efisiensi thermal boiler yaitu 78%. Nilai SFC yaitu 12,55 kg/kWh. Bahan bakar kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% menghasilkan efisiensi thermal boiler yaitu 83%. Nilai SFC yaitu 10,32 kg/kWh, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian

Parameter	<i>Fiber</i> 100%	<i>Fiber</i> 70% dan Cangkang 30%	Selisih	Satuan
Kebutuhan Bahan Bakar (W_{fuel})	6.585,21	5.492,53	1.092,68	kg/jam
Kebutuhan Kalor Boiler (Q)	48.437,84	52.163,20	3.735,36	MJ/jam
Panas Yang Diserap <i>Furnance</i> (Q_f)	48.439,78	52.162,87	3.723,09	MJ/jam
Kebutuhan Udara <i>Furnance</i> ($U_{act(total)}$)	36.509,51	32.592,95	3.916,56	kg/jam
Efisiensi Thermal Boiler (η_b)	68,1	74,2	6,1	%
SFC	13,37	10,98	2,39	kg/kWh

1. Perbandingan kebutuhan bahan bakar

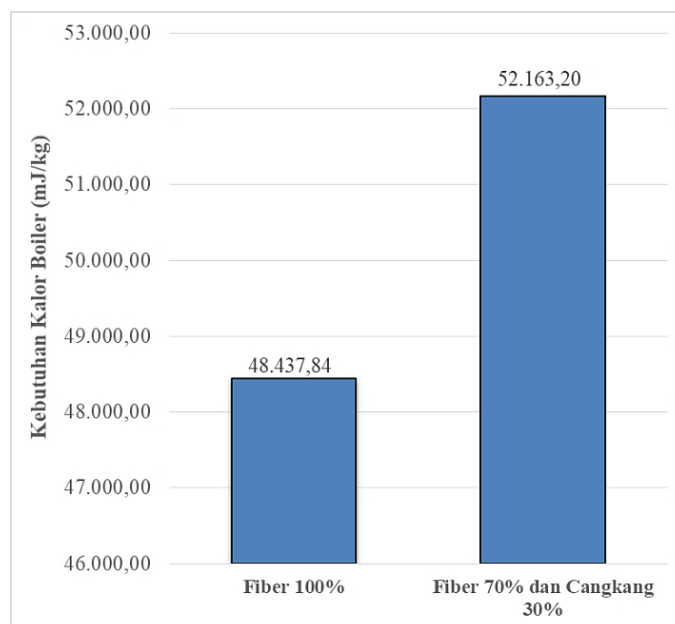
Grafik perbandingan kebutuhan bahan bakar (W_{fuel}) dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini :

**Gambar 3.** Grafik perbandingan kebutuhan bahan bakar

Pada Gambar 3 dapat dilihat perbandingan kebutuhan bahan bakar menggunakan *fiber* 100% dan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30%. Jumlah bahan bakar *fiber* 100% yaitu sebanyak 6.585,21 kg/jam, sedangkan jumlah bahan bakar menggunakan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% yaitu 5.492,53 kg/jam, terdapat penurunan kebutuhan bahan bakar sebesar 1.092,68 kg/jam. Penurunan kebutuhan bahan bakar dikarenakan bentuk atau wujud cangkang padat dan tingginya nilai kalor pada bahan bakar kombinasi *fiber* dan cangkang.

2. Perbandingan kalor yang dibutuhkan boiler

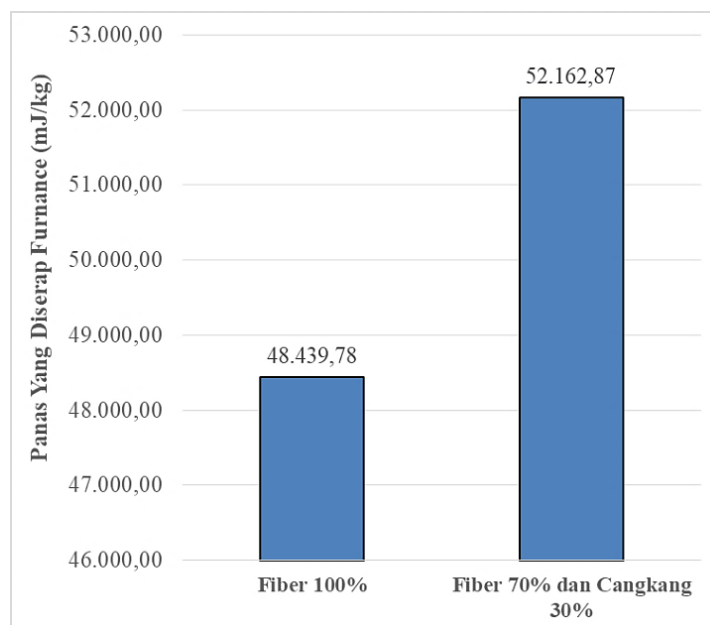
Grafik perbandingan kalor yang dibutuhkan boiler dapat dilihat pada Gambar 4. Pada Gambar 4 dapat dilihat perbandingan kebutuhan kalor boiler menggunakan bahan bakar *fiber* 100% dan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30%. Jumlah kebutuhan kalor boiler menggunakan *fiber* 100% yaitu 48.437,84 MJ/jam, sedangkan kebutuhan kalor boiler menggunakan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% yaitu 52.163,20 MJ/jam, terdapat peningkatan kebutuhan kalor boiler yaitu 3.735,36 MJ/jam disebabkan oleh massa uap yang dihasilkan harus lebih tinggi sehingga membutuhkan kalor yang lebih tinggi.



Gambar 4. Grafik perbandingan kebutuhan kalor boiler

3. Perbandingan panas yang diserap *furnance*

Grafik perbandingan panas yang diserap *furnance* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini :

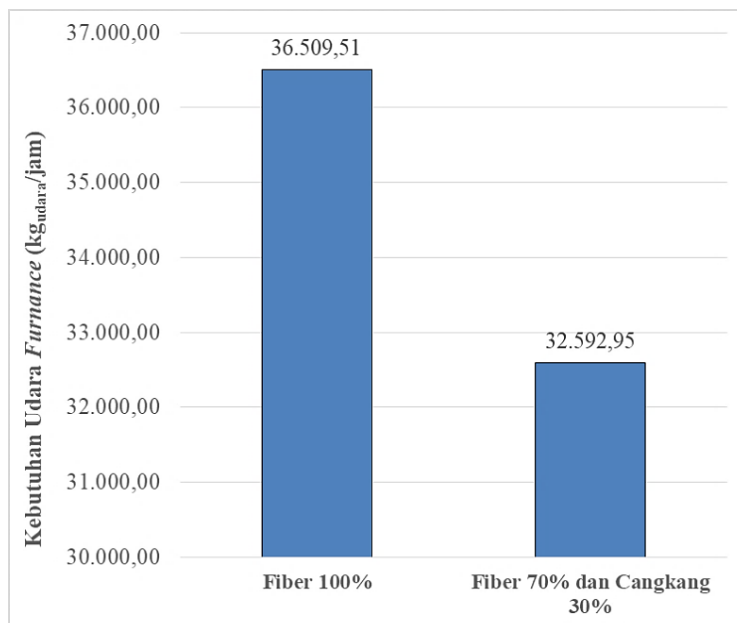


Gambar 5. Grafik perbandingan panas yang diserap *furnace*

Pada Gambar 5 dapat dilihat perbandingan panas yang diserap *furnace* menggunakan bahan bakar *fiber* 100% dan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30%. Jumlah panas yang diserap *furnace* menggunakan *fiber* 100% yaitu 4.839,78 MJ/jam, sedangkan menggunakan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% yaitu 52.162,87 MJ/jam. Panas yang diserap *furnace* mengalami peningkatan sebesar 7.723,09 MJ/jam disebabkan oleh nilai kalor bahan bakar kombinasi lebih tinggi dibandingkan bahan bakar *fiber* 100% dan juga dipengaruhi jumlah bahan bakar yang dibutuhkan boiler.

4. Perbandingan kebutuhan udara *furnace*

Grafik perbandingan kebutuhan udara *furnance* dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini :

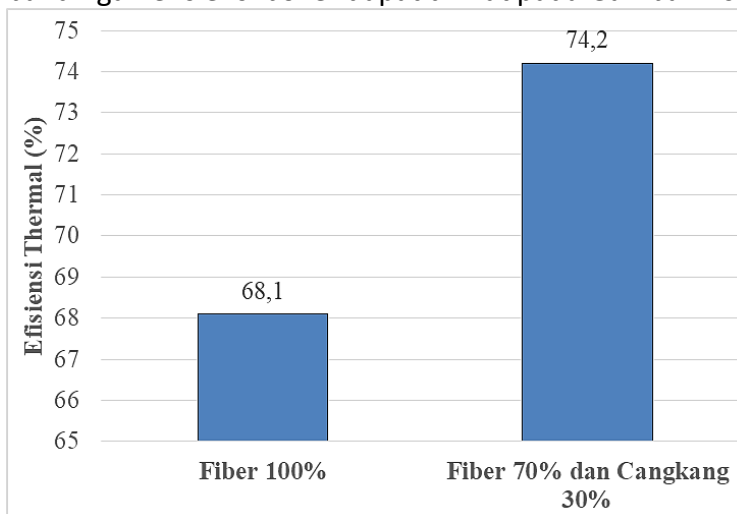


Gambar 6. Grafik perbandingan kebutuhan udara *furnace*

Pada Gambar 6 dapat dilihat perbandingan kebutuhan udara *furnance* menggunakan bahan bakar *fiber* 100% dan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30%. Jumlah kebutuhan udara pembakaran menggunakan *fiber* 100% yaitu 36.509,51 kg_{udara}/jam, sedangkan menggunakan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% yaitu 32.592,95 kg_{udara}/jam. Kebutuhan udara *furnance* mengalami penurunan sebesar 3.916,56 kg_{udara}/jam disebabkan oleh penurunan jumlah kebutuhan bahan bakar. Rendahnya massa bahan bakar yang masuk ke *furnance* akan membutuhkan udara semakin rendah, dan juga sebaliknya.

5. Perbandingan efisiensi thermal boiler

Grafik perbandingan efisiensi boiler dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut :

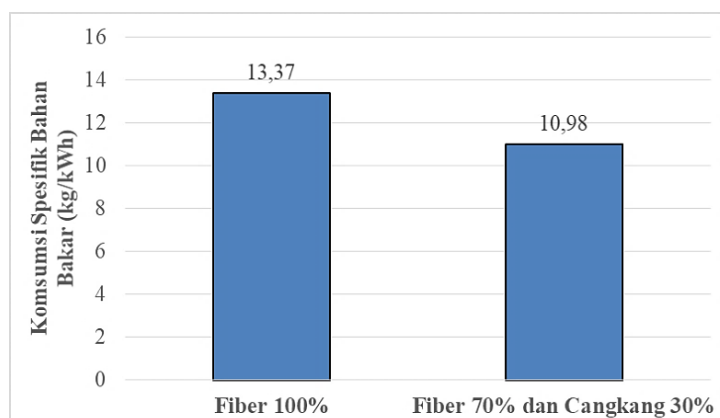


Gambar 7. Grafik Perbandingan Efisiensi Thermal

Pada Gambar 7 dapat dilihat perbandingan efisiensi thermal boiler menggunakan bahan bakar *fiber* 100% dan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30%. Efisiensi thermal pada boiler menggunakan *fiber* 100% yaitu 68,1%, sedangkan menggunakan *fiber* 70% dan cangkang 30% yaitu 74,2%. Efisiensi thermal boiler mengalami peningkatan sebesar 6,1% disebabkan oleh meningkatnya kapasitas uap boiler, meningkatnya nilai kalor bahan bakar, dan rendahnya konsumsi bahan bakar. Nilai kapasitas uap boiler menggunakan *fiber* 100% yaitu : 19.000 kg/jam, dengan nilai kalor bahan bakar *fiber* yaitu : 10.639,523 kJ/kg, dan jumlah konsumsi bahan bakar yaitu : 6.585,21 kg/jam. Nilai kapasitas uap boiler menggunakan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% yaitu : 20.000 kg/jam, dengan nilai kalor bahan bakar 12.799,343 kJ/kg, dan konsumsi bahan lebih rendah yaitu : 5.429,53 kg/jam. Peningkatan efisiensi tidak terlalu signifikan dikarenakan banyaknya faktor lain yang mempengaruhi efisiensi thermal boiler, contoh salah satunya yaitu pipa-pipa air boiler tertutup oleh kerak hasil pembakaran.

6. Perbandingan SFC

Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini :



Gambar 8. Grafik Perbandingan SFC

Pada Gambar 8 dapat dilihat perbandingan SFC dengan penggunaan daya rata-rata yaitu 500 kWh menggunakan bahan bakar *fiber* 100% dan menggunakan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30%. SFC menggunakan *fiber* 100% yaitu 13,37 kg/kWh, sedangkan menggunakan kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% yaitu 10,98 kg/kWh. SFC mengalami penurunan yaitu sebesar 2,39 kg/kWh disebabkan nilai kalor kombinasi bahan bakar *fiber* dan cangkang lebih tinggi dan kebutuhan bahan bakar boiler yang lebih rendah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang sudah dilaksanakan pada boiler Takuma N-600 SA di Pabrik Kelapa Sawit PTPN II Pagar Merbau, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Bahan bakar *fiber* 100% menghasilkan efisiensi thermal boiler 68,1% dengan kebutuhan bahan bakar 6.585,21 kg/jam. Kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% menghasilkan 74,8% dengan kebutuhan bahan bakar 5.429,53 kg/jam. Efisiensi thermal meningkat 5% saat menggunakan bahan bakar kombinasi.
2. Nilai SFC dengan rata-rata penggunaan daya 500 kWh, untuk menghasilkan daya tersebut membutuhkan 13,37 kg/kWh dengan bahan bakar *fiber* 100%, dan membutuhkan bahan bakar kombinasi *fiber* 70% dan cangkang 30% sebanyak 10,98 kg/kWh.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. 2022. *Catalog : 1101001*. Edited by Direktorat Diseminasi Statistik. *Statistik Indonesia 2022*. Badan Pusat Statistik.
- Djokosetyardjo. 2003. *Ketel Uap Cetakan Kelima*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Djokosetyarjo, M.J. 1989. *Ketel Uap*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Ginangjar, T. 2019. "Analisa Kebutuhan Bahan Bakar Boiler Dengan Melakukan Uji Kalori Pada Pabrik Kelapa Sawit Pt. Sentosa Prima Agro." *Jurnal Mahasiswa Prodi Teknik Mesin*.
- Kamal, Netty. 2018. "Karakterisasi Dan Potensi Pemanfaatan Limbah Sawit." *Itenas Library*.
- Muin, Syamsir A. 1988. *Pesawat-Pesawat Konversi Energi I*. Jakarta: Rajawali.
- Muzaki, Imam, and Aqli Mursadin. 2019. "Analisis Efisiensi Boiler Dengan Metode Input–Output Di Pt. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. Unit Banjarmasin." *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*.