*`**SINERGI** Vol. 24, No.2, pp.242-248, Oktober 2026*
DOI : http://dx.doi.org/10.31963/sinergi.v24i2.5947

Rancang Bangun Alat Pengering Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Bakar *Co-Firing* Pada Pabrik Semen dan PLTU

Adib Fawwas[1*], Dede Riswanto[2], Muhammad Anshar[3], dan Ahmad Nurul Muttaqin[4]

[1,2,3,4] Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*E-mail korespondensi: adibfawwas228@gmail.com

***Abstract**: This study aims to design and test a rotary-based drying system as a solution to reduce the moisture content of Empty Fruit Bunches (EFB) to below 20%, in accordance with industrial requirements for Co-Firing fuel. High moisture levels and the large size of EFB have become major obstacles in utilizing this palm oil waste in cement plants and coal-fired power stations. The dryer was designed with a capacity of 25 kg, using three rotating drums of 209 liters, operating at speeds of 12 rpm and 24 rpm. Heat is supplied from a combustion furnace that uses waste oil and municipal solid waste, producing hot air that is directed into the drying chamber. The continuous rotation system ensures that not only the upper surface but also the lower parts of the material are exposed to heat alternately, resulting in more uniform drying and greater shrinkage of the biomass.The measured parameters include initial and final moisture content, drying time, inlet and outlet air temperatures, and energy efficiency. The experimental results indicate that the rotary dryer successfully reduced the moisture content of EFB from 54% to 18% within 29–35 minutes, achieving the highest drying efficiency of 97.91% at 12 rpm. Tests conducted on wood sawdust and rice husk as comparison materials showed similar results, demonstrating that the system is effective for various types of biomass.*

***Keywords:** Empty Fruit Bunches (EFB); Dryer; Co-Firing.*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat pengering berbasis sistem rotary sebagai solusi untuk menurunkan kadar air pada Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dibawah 20%, sesuai dengan kebutuhan industri sebagai bahan bakar Co-Firing. Kadar air tinggi dan ukuran TKKS yang besar menjadi kendala pemanfaatan limbah kelapa sawit ini dalam industri Pabrik Semen dan PLTU. Alat ini dirancang dengan kapasitas 25 kg, menggunakan tiga slinder drum berukuran 209 Liter yang berputar dengan variasi kecepatan 12 rpm dan 24 rpm serta sumber panas dari Tungku pembakaran oli bekas dan sampah perkotaan yang nantinya menghasilkan udara panas yang kemudian udara panas tersebut di alirkan ke ruang pengeringan untuk dimanfaatkan mengeringkan bahan dengan system yang berputar secara kontinyu sehingga tidak hanya permukaan atas yang mengalami proses pengeringan, namun juga pada seluruh bagian yaitu atas dan bawah bahan secara bergantian, sehingga pengeringan yang dilakukan oleh alat ini lebih merata dan lebih banyak mengalami penyusutan. Parameter yang diukur adalah kadar air sebelum dan sesudah pengeringan, waktu pengeringan, suhu udara masuk dan suhu udara keluar ruang pengering, serta efisiensi energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat pengering rotary mampu menurunkan kadar air TKKS dari kondisi awal 54% menjadi 18% dalam waktu 29-35 menit, dengan efisiensi pengeringan tertinggi sebesar 97,91 % pada kecepatan putaran 12 rpm. Pengujian juga dilakukan pada serbuk kayu dan sekam padi sebagai bahan perbandingan dengan hasil hampir sama, menunjukkan bahwa alat efektif untuk berbagai biomassa.

Kata kunci : Tandan Kosong Kelapa Sawit **(**TKKS); Pengering; Co-Firing.

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, peningkatan pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan (EBT) merupakan bagian penting dalam kebijakan energi nasional. Kebijakan tersebut diperkuat melalui Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional yang menetapkan target bauran EBT sebesar 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% pada tahun 2050. Namun demikian, capaian pemanfaatan energi terbarukan nasional masih berada di bawah target yang telah ditetapkan, sehingga diperlukan pengembangan sumber energi terbarukan yang lebih optimal, termasuk biomassa [1].

Indonesia memiliki potensi biomassa yang besar, tetapi pemanfaatannya sebagai sumber energi masih relatif rendah. Kondisi tersebut menunjukkan adanya peluang untuk meningkatkan pemanfaatan biomassa, khususnya yang berasal dari limbah pertanian dan perkebunan. Salah satu kebijakan yang mendukung pemanfaatan biomassa adalah penggunaan biomassa sebagai bahan bakar *co-firing* pada

pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan industri semen. Kebijakan tersebut diarahkan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil, menekan emisi, serta meningkatkan kontribusi energi terbarukan dalam bauran energi nasional [2].

Salah satu sumber biomassa yang potensial adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Perkembangan industri kelapa sawit di Indonesia menghasilkan ketersediaan TKKS dalam jumlah besar. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, luas perkebunan kelapa sawit Indonesia pada tahun 2021 mencapai sekitar 14,66 juta hektar [3]. Besarnya luas perkebunan tersebut berimplikasi terhadap peningkatan jumlah limbah TKKS yang dihasilkan. Kondisi ini memberikan peluang untuk mengembangkan TKKS sebagai bahan bakar alternatif pada sistem *co-firing*, khususnya pada PLTU dan industri semen. Pemanfaatan biomassa melalui *co-firing* juga sejalan dengan upaya mengurangi ketergantungan terhadap batubara serta meningkatkan penggunaan sumber energi terbarukan [4].

TKKS merupakan salah satu residu utama dari proses pengolahan kelapa sawit dengan proporsi yang dapat mencapai sekitar 30–35% dari berat tandan buah segar. Meskipun tersedia dalam jumlah besar, pemanfaatan TKKS sebagai bahan bakar masih menghadapi beberapa kendala, terutama karakteristik fisik dan kadar air yang relatif tinggi [5]. Ukuran TKKS yang besar menyebabkan material sulit digunakan secara langsung pada sistem pembakaran, sedangkan kadar air yang tinggi dapat menurunkan kualitas bahan bakar dan meningkatkan kebutuhan energi selama proses pembakaran.

Karakteristik TKKS menunjukkan kadar air sekitar 60–65% serta kandungan mineral, termasuk kalium (K), yang relatif tinggi. TKKS juga mengandung unsur klorin yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatannya sebagai bahan bakar [6]. Oleh karena itu, proses prapengolahan diperlukan untuk meningkatkan kualitas TKKS sebelum digunakan sebagai bahan bakar *co-firing*. Tahapan tersebut meliputi pengecilan ukuran dan pengeringan untuk menurunkan kadar air sehingga diperoleh karakteristik bahan bakar yang lebih sesuai dengan kebutuhan industri.

Pengeringan merupakan salah satu tahapan penting dalam proses pemanfaatan TKKS sebagai bahan bakar. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *rotary dryer*, yaitu pengering berbentuk silinder yang berputar secara kontinu dan memungkinkan material mengalami kontak secara berulang dengan aliran udara panas. Mekanisme tersebut memungkinkan proses perpindahan panas dan massa berlangsung secara lebih merata pada material yang dikeringkan. *Rotary dryer* juga memiliki keunggulan berupa kemampuan pengoperasian secara kontinu, sehingga sesuai untuk proses pengeringan biomassa dalam jumlah besar [7].

Berdasarkan karakteristik TKKS dan kebutuhan pemanfaatannya sebagai bahan bakar *co-firing*, diperlukan sistem pengolahan yang mampu mengintegrasikan proses pengecilan ukuran dan pengeringan. Sistem tersebut diarahkan untuk menghasilkan TKKS dengan ukuran sekitar 0–3 cm dan kadar air kurang dari 20%, sehingga lebih sesuai untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif pada industri semen, seperti PT Semen Tonasa, maupun PLTU Barru. Integrasi kedua proses tersebut diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengolahan TKKS sekaligus menghasilkan bahan bakar biomassa yang lebih siap digunakan pada sistem *co-firing*.

Pengembangan alat pengolahan dan pengeringan TKKS menjadi relevan sebagai salah satu upaya meningkatkan nilai guna limbah kelapa sawit. Selain mengurangi permasalahan limbah biomassa, pengolahan tersebut berpotensi menghasilkan bahan bakar alternatif yang dapat mengurangi penggunaan batubara dan mendukung peningkatan pemanfaatan EBT. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada rancang bangun alat pengering tandan kosong kelapa sawit untuk menghasilkan bahan bakar biomassa yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi *co-firing* pada industri semen dan PLTU.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahap Dasar Perancangan Mesin

Pada tahap ini, penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dan pengumpulan beberapa referensi yang berkaitan dengan penelitian, Tujuan dari tahapan ini untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai alat yang akan dikembangkan, dengan mempertimbangkan berbagai parameter yang di peroleh dari hasil studi awal, setelah seluruh tahapan persiapan selesai, Penelitian dilanjutkan ke tahap berikutnya dengan Teknik Analisa data sebagai berikut

Untuk menentukan Laju pengeringan (ṁ) pada bahan maka digunakan persamaan sebagai berikut [8]:

$$\dot{m} = \frac{m_1 - m_2}{t} \quad (1)$$

dimana : ṁ adalah laju pengeringan (kg/s), m_1 adalah massa bahan sebelum dikeringkan (kg), m_2 adalah massa bahan setelah dikeringkan (kg), dan t adalah waktu pengeringan (s).

Selanjutnya untuk menentukan kalor yang diterima ruang pengering dengan menggunakan biomassa sampah dapat di tentukan dengan persamaan berikut [8].

$$Q_{in} = m \times CV \text{ Sampah} \quad (2)$$

Dimana : Q_{in} adalah kalor yang diterima ruang pengering (kJ), m adalah massa sampah yang digunakan(kg), dan *CV* Sampah adalah *Calorific Value* / Nilai kalor (kJ/kg)

Selanjutnya untuk menentukan energi yang di uapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9].

$$Q_{out} = Q_1 + Q_2 \quad (3)$$

Untuk menghitung kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan air bahan Q_1 digunakan persamaan:

$$Q_1 = m_1 - m_2 \times hfg \quad (4)$$

Dimana: Q_1 adalah kalor yang digunakan untuk menguapkan air dalam bahan (kJ), m_1 adalah massa bahan awal sebelum dikeringkan (kg), m_2 adalah massa bahan akhir setelah dikeringkan (kg), dan hfg adalah panas penguapan (kJ/kg).

~~Dan~~ untuk menghitung kalor yang digunakan untuk memanaskan bahan Q_2 menggunakan persamaan

$$Q_2 = (m_1 - m_2).\ C_p.(T_1 - T_2) \quad (5)$$

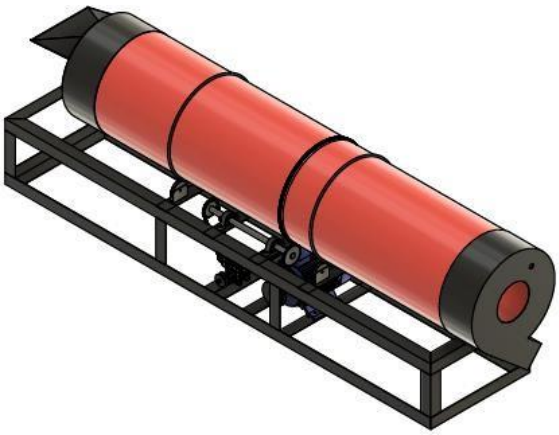
dimana : Q_2 adalah kalor yang digunakan untuk memanaskan bahan (kJ), m_1 adalah massa bahan awal sebelum dikeringkan (kg), m_2 adalah massa bahan akhir setelah dikeringkan (kg), cp adalah kapasitas panas jenis udara (kJ/ kg·°C), T_1 adalah suhu udara yang masuk (°C), dan T_2 adalah suhu udara yang keluar (°C). Selanjutnya untuk menetukan efisiensi pengering dapat digunakan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} \text{ x } 100\% \quad (6)$$

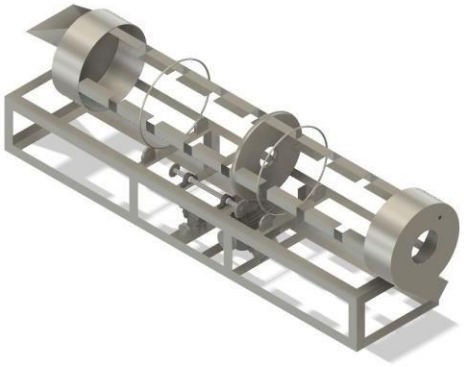
dimana : Ƞ adalah efisensi pengering (%), Q_{in} adalah kalor yang masuk ke ruang pengering(kJ), dan Q_{out} adalah kalor yang terbuang(kJ).

B. Metode Perancangan Alat Pengering

Alat yang dirancang adalah Alat pengering tandan kosong kelapa sawit untuk dijadikan bahan bakar pada pembangkit listrik. Terdiri dari komponen yang disusun dari 3 drum dengan kapasitas 200 liter sebagai silinder rotary atau sebagai tempat pengering, kemudian motor listrik sebagai penggerak poros putar, dan hasil cacahan akan dimasukkan ke ruang pengering untuk di keringkan, Adapun desain dari alat pengering sebagai berikut :



Gambar 1. Mesin Pengering TKKS



Gambar 2. Bagian dalam mesin Pengering TKKS

Adapun tahapan perancangan alat pengering TKKS ini adalah sebagai berikut:
1. Menentukan kapasitas kerja alat (25 kg hasil pengering < 20 %)
2. Menentukan standar pengeringan.
3. Membuat desain alat pengering : rangka alat, rumah silinder.
4. Melakukan persiapan alat dan bahan yang akan di gunakan pada pembuatan alat pengering.
5. Menentukan bahan rangka alat pengering menggunakan besi siku 7 mm.
6. Menentukan bahan rumah selinder pengering dengan menggunakan 3 drum pertamina 200 L dengan ketebalan 1 mm.
7. Mengadakan semua alat dan bahan yang dibutuhkan.

C. Metode Pembuatan Alat

Setelah proses perancangan selesai, maka akan dilanjutkan dengan proses pembuatan masing-masing komponen yang di perlukan. Langkah-langkah yang dikerjakan pada masing-masing rangkaian rancang bangun adalah sebagai berikut :
1. Menyiapkan semua alat yang dibutuhkan.
2. Pembuatan rangka yang diawali oleh pemotongan besi menggunakan gerinda dan pengelasan menggunakan mesin las listrik.
3. Penyambungan tiga drum menjadi satu dan pembuatan dudukan rotary sesuai bentuk yang sudah di rancang.
4. Pembuatan dan pemasangan adukan yang ada pada bagian dalam drum sebagai penggerak TKKS.
5. Pemasangan atau pembuatan cerobong masukan dan cerobong keluaran pengering.
6. Pemasangan motor listrik.
7. Pemasangan komposisi transmisi motor dan drum
8. Inspeksi dan pengujian alat.
9. Selesai.

D. Metode Pegujian kinerja Alat

Dalam tahap pengujian ini dipastikan komponen-komponen mesin sudah terpasang dengan benar agar dalam pengujian tidak ada komponen yang tidak berfungsi dengan baik. Adapun tahapan pengujian yang akan dilakukan yang kemudian didasarkan pada penilitian sebelumnya tentang mesin pengering rotary [10] sebagai berikut :
1. Menghubungkan motor ke sumber listrik agar mesin dapat beroprasi.
2. Memastikan tungku pengering sudah hidup dan pengering sudah mendapat suplai uap dari tungku pengering.
3. Setelah memastikan mesin sudah berjalan dengan baik selanjutnya menunggu TKKS, Serbuk Kayu dan Sekam Padi, masuk ke ruang pengering
4. Sebelum TKKS, Serbuk Kayu dan Sekam Padi, masuk ke ruang pengering terlebih dahulu dilakukan

pengukuran kadar air.
5. Mengamati bacaan temperatur dalam silinder melalui sensor temperatur yang telah di pasang.
6. Selanjutnya melakukan proses pengeringan kemudian mengamati durasi waktu yang di butuhkan hingga TKKS, Serbuk Kayu dan Sekam Padi, keluar dari cerobong keluaran.
7. Mengamati putaran silinder dengan mengukur berapa putaran yang dihasilkan.
8. Melakukan hasil pengukuran kadar air TKKS, Serbuk Kayu dan Sekam Padi, sesudah pengeringan.
9. Setelah pengujian dilakukan, motor penggerak dimatikan.
10. Kemudian bersihkan mesin dan alat-alat lainnya yang digunakan selama proses pengujian di lakukan**.**

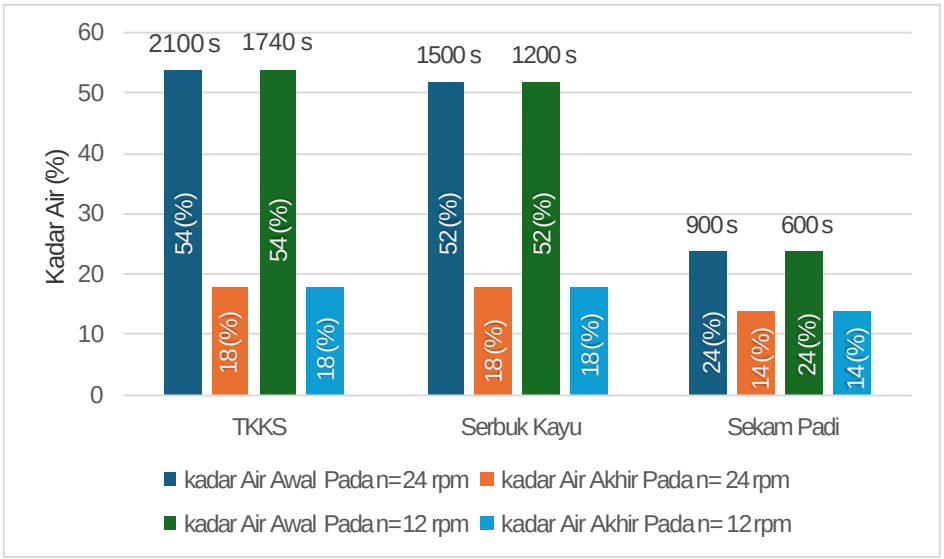
E. Parameter Yang diukur

Tahap Saat Proses pengambilan data pada tahap pengujian "alat pengering tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan bakar pada Pabrik Semen dan PLTU", maka terdapat beberapa parameter yang perlu di catat yaitu sebagai berikut :

1. Waktu Pengering TKKS, Serbuk Kayu dan Sekam Padi,
2. Kapasitas pengering
3. Temperatur ruang pengering
4. Kadar air TKKS, Serbuk Kayu dan Sekam Padi, sebelum dan sesudah dikeringkan
5. Hasil pengeringan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

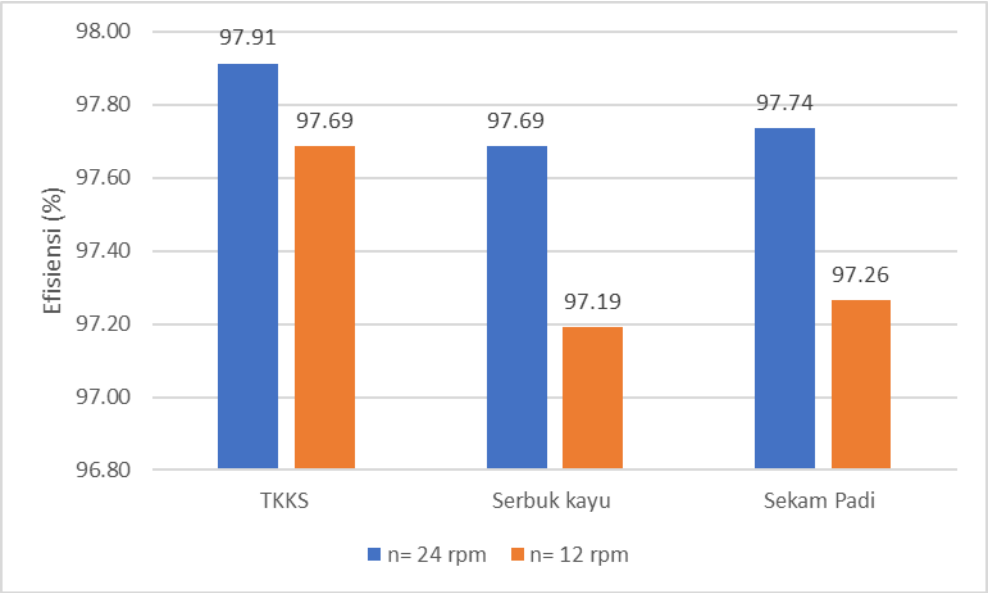
Setelah dilakukan Pengujian dan pengambilan data Rancang Bangun Alat Pengering Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Co-firing pada Pabrik Seman dan PLTU yang kemudian pengujian ini dilakukan di lingkungan Politekeknik Negeri Ujung Pandang dan tidak hanya penggunaan TKKS sebagai bahan uji, Penggunaan bahan seperti Serbuk Kayu dan Sekam Padi sebagai bahan perbandingan untuk mengetahui krakterisitik dari masing-masing bahan tersebut, maka di peroleh hasil pengukuran yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3. Grafik hubungan antara persentase kadar air terhadap waktu bahan pengujian (TKKS, Serbuk kayu & Sekam padi).

Berdasarkan Gambar 3, hubungan antara persentase kadar air terhadap waktu pengeringan dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), Serbuk Kayu, dan Sekam Padi pada dua kecepatan putaran

yang berbeda (24 rpm dan 12 rpm). Secara umum, terlihat bahwa kecepatan putaran 12 rpm lebih efisien secara waktu untuk ketiga bahan, karena menghasilkan waktu pengeringan total yang lebih singkat (misalnya, 1740 detik untuk TKKS pada 12 rpm dengan 2100 detik pada 24 rpm), meskipun kadar air akhirnya relatif sama untuk setiap bahan. Jenis bahan sangat memengaruhi waktu pengeringan, Sekam Padi membutuhkan waktu paling singkat (900-600 detik) karena kadar air awal yang rendah dan struktur yang lebih mudah kering, sedangkan TKKS dan Serbuk Kayu membutuhkan waktu yang jauh lebih lama (1740-2100 detik) karena kadar air awal yang tinggi dan kemungkinan densitas bahan yang lebih besar ataupun karakterisitik bahan yang punya sifat dalam menyimpan air lebih tinggi sehingga dapat kita simpulak bahwa hubungan antara waktu pengeringan dengan putaran adalah terbalik, di mana putaran yang lebih rendah (12 rpm) memberikan waktu tinggal (*residence time*) yang lebih optimal di dalam alat pengering, sehingga mempercepat pencapaian kadar air akhir.



Gambar 4. Grafik hubungan efisiensi dengan putaran terhadap bahan pengujian (TKKS, Serbuk kayu & Sekam padi).

Berdasarkan Gambar 4. Efisiensi pengeringan untuk ketiga bahan (TKKS, serbuk kayu, dan sekam padi) pada dua variasi putaran (24 rpm dan 12 rpm) menunjukkan hasil yang relatif serupa. TKKS pada 24 rpm mencatat efisiensi tertinggi sebesar 97,91%, diikuti sekam padi 97,74% dan serbuk kayu 97,69%. Perbedaan nilai antara 24 rpm dan 12 rpm pada masing-masing bahan sangat kecil sehingga tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja sistem. Secara umum, seluruh percobaan berada pada kisaran efisiensi sekitar 97%, menandakan bahwa energi panas yang masuk telah dimanfaatkan secara optimal untuk proses pengeringan dengan kehilangan energi ke lingkungan yang sangat minimal.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pengering berbasis *rotary dryer* yang dirancang mampu menurunkan kadar air tandan kosong kelapa sawit (TKKS) secara efektif melalui pemanfaatan udara panas dari tungku pembakaran berbahan bakar oli bekas dan sampah perkotaan yang dialirkan ke ruang pengering. Mekanisme putaran pada ruang pengering memungkinkan bahan mengalami pengadukan secara kontinu sehingga proses perpindahan panas berlangsung lebih merata. Pengujian menunjukkan bahwa kadar air TKKS dapat diturunkan dari sekitar 54% menjadi 18% setelah proses pengeringan selama 29–35 menit, sehingga telah mencapai kadar air di bawah 20% yang ditetapkan sebagai target kebutuhan bahan bakar *co-firing* pada PLTU dan industri semen. Pengujian terhadap serbuk kayu dan sekam padi juga menunjukkan bahwa alat mampu menghasilkan bahan dengan kadar

air di bawah 20%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem pengering yang dikembangkan memiliki kemampuan yang baik dalam mengolah TKKS dan biomassa lainnya sebagai bahan bakar alternatif untuk mendukung pemanfaatan biomassa pada aplikasi *co-firing*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Renewable Energy Indonesia. (2024). Kebijakan Energi Terbarukan Dan Kedudukan Energi Terbarukan di Indonesia Saat Ini. Kebijakan Energi Terbarukan | Renewable Energy Indonesia),

[2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 12, Tahun 2023 Tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Biomassa Sebagai Campuran Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Online. Https://Jdih.Esdm.Go.Id/Common/Dokumen-External/Permen Esdm Nomor 12 Tahun 2023.Pdf

[3] Lubis, M. I., Andasuryani, & Irsyad, F. (2020). Rancang Bangun Pencacah Limbah Tandan Kosong Sawit (Elaeis Guineensis Jacq). 2(2), 43–48.

[4] Og indonesia. 2024. Tekan emisi dan berdayakan masyarakat. (online), (https://www.ogindonesia.com/2024/10/tekan-emisi-dan-berdayakan-masyarakat.html?utm_source.), diakses 25 november 2025

[5] Salmina. (2017). Studi Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Oleh Masyarakat Di Jorong Koto Sawah Nagari Ujung Gading Kecamatan Lembah Melintang. 3(2), 33–40. Https://Doi.Org/10.22202/Js.V3i2.1604

[6] Nabila, R. A., Yerizam, M., & Purnamasari, I. (2023). Laju Perpindahan Panas Konduksi Dan Konveksi Pada Pengeringan Pulp Campuran "Tkks" Dan Pelepah Pisang Dalam Tray Dryer. Jurnal Pendidikan Tambusai, 7(3), 24891–24903.

[7] Nugroho, F. A. (2018). Rancang Bangun Dan Pengujian Rotary Dryer Idf (Induced Draft Fan) Variasi Mass Flow Rate Dan Waktu Pengeringan. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

[8] Ningsi, S., & Mahenra, Dirga. M. (2024). Rancang Bangun Alat Pengering Hasil Pertanian Sistem Hybrid Menggunakan Energi Surya Dan Biomassa Skripsi. Politeknik Negeri Ujung Pandang.

[9] Rezeky, S. M. N., Tamrin, Warji, & Lanya, B. (2013). Uji Kinerja Alat Pengering Tipe Batch Skala Lab Untuk Pengeringan Gabah Dengan Menggunakan Bahan Bakar Sekam Padi. Teknik Pertanian, 2(3), 161–172.

[10] Effendy, S., Syarif, A., Rendi Setiady, R., & Anjas Abdul Kholik, M. (2018). Kajian Prototipe Rotary Dryer Berdasarkan Kecepatan Putaran Silinder Pengering Dan Laju Alir Udara Terhadap Efisiensi Thermal Pengeringan Biji Jagung. Jurnal Kinetika.