

Pengaruh Variasi Proses Pirolisis Terhadap Nilai Kalor Biopellet Berbahan Baku Sabut Kelapa

Alfi Ferizqo Munawar

Universitas Tidar

Korespondensi penulis: alfiferizqo24@gmail.com

Sigit Mujiarto

Universitas Tidar

E-mail: sigitmujiarto@untidar.co.id

Sigit Joko Purnomo

Universitas Tidar

E-mail: Sigitjoko@untidar.ac.id

Alamat: Jl. Kapten Suparman No.39, Potrobangsari, Kec. Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah 56116

Abstract. *Biopellets can be used as a heat generator in private homes and small businesses. Biopellets are made by compressing and molding with adhesive. Based on this composition, it shows that coconut fiber has the potential to be used as biopellet charcoal fuel. However, the calorific value of coconut fiber is still relatively low. The way to increase the calorific value of coconut fiber is through the pyrolysis process. The advantage is also that it reduces the water content of the product, making it less likely to absorb moisture from the air. One use of charcoal produced from the pyrolysis process of coconut fiber as household or industrial fuel is as biopellets. The method used in this research is an experimental method on the effect of variations in the temperature of the pyrolysis process made from coconut fiber in making biopellets to determine the effect of variations in pyrolysis temperature, namely 300°C, 350°C and 400°C on the calorific value, the effect of variations on fixed carbon, and burning rate of coconut fiber biopellets which can be used as an alternative energy source.*

Keywords: *Coconut fiber, pyrolysis process, biopellets, new renewable energy.*

Abstrak. Biopellet dapat digunakan sebagai pembangkit panas di rumah pribadi dan usahakecil. Biopellet dibuat dengan cara dikompres dan dicetak dengan perekat. Berdasarkan komposisi tersebut menunjukkan bahwa sabut kelapa berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar arang biopellet. Namun nilai kalori sabut kelapa masih tergolong rendah cara untuk meningkatkan nilai kalori sabut kelapa adalah melalui proses pirolisis. Tujuan dari proses pirolisis adalah untuk meningkatkan nilai kalor biomassa dengan perlakuan panas pada suhu antara 300°C, 350°C dan 400°C dan tekanan atmosfer tanpa adanya oksigen. Dengan melepaskan komponen-komponen mudah menguap yang terkandung dalam biomassa dan mengembalikan sisa karbon, nilai kalor biomassa meningkat, sehingga menghasilkan pembakaran yang bersih dengan asap yang lebih sedikit. Keuntungannya juga adalah mengurangi kadar air pada produk, sehingga kecil kemungkinannya untuk menyerap kelembapan dari udara. Salah satu pemanfaatan arang yang dihasilkan dari proses pirolisis serabut kelapa sebagai bahan bakar rumah tangga atau industri adalah sebagai biopellet. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen pengaruh variasi temperatur proses pirolisis berbahan baku sabut kelapa dalam pembuatan biopellet untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pirolisis yaitu 300°C, 350°C dan 400°C terhadap nilai kalor, pengaruh variasi terhadap *fixed carbon*, dan laju pembakaran pada biopellet sabut kelapa yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif.

Kata kunci: Sabut kelapa, proses pirolisis, biopellet, energi baru terbarukan.

LATAR BELAKANG

Biopellet menjadi salah satu jenis bahan bakar yang padat berbahan dasar limbah dengan ukuran yang relatif lebih kecil dibandingkan briket. Biopellet dapat digunakan sebagai pembangkit panas di rumah pribadi dan usaha kecil. Biopellet dibuat dengan cara dikompres dan dicetak dengan perekat. Bahan tambahan perekat tepung tapioka merupakan bahan yang umum digunakan pada produksi biopellet karena mudah didapat, relatif sangat murah, dan dapat menciptakan kekuatan perekat kering yang tinggi. Jumlah lem tidak boleh terlalu banyak, karena terlalu banyak lem akan meningkatkan kadar air biopellet. Hal ini mengurangi nilai biopellet yang akan dibakar.

Limbah sabut kelapa adalah sisa berupa sekam, sekam, dan tempurung yang tertinggal pada saat kelapa muda dikupas. Biasanya limbah ini dibakar atau dibuang begitu saja oleh para petani kelapa padahal, sampah mempunyai nilai ekonomi bila dikelola secara optimal. Sabut kelapa mengandung 29,4% lignin, 26,6% selulosa, 0,1% nitrogen, 8% air, dan 0,5% abu (Paskawati et al. 2017). Limbah sabut kelapa mempunyai difusivitas termal yang baik dan dapat digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan arang. Hal ini disebabkan tingginya kandungan selulosa dan lignin pada limbah sabut kelapa. Ada banyak manfaat menggunakan limbah sebagai bahan bakar. Salah satunya adalah meningkatkan efisiensi energi, karena sampah memiliki kandungan energi yang tinggi.

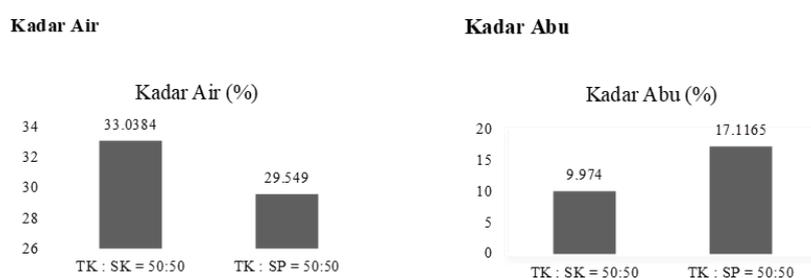
Berdasarkan komposisi tersebut menunjukkan bahwa sabut kelapa berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar arang biopellet. Namun nilai kalori sabut kelapa masih tergolong rendah cara untuk meningkatkan nilai kalori sabut kelapa adalah melalui proses pirolisis. Tujuan dari proses pirolisis adalah untuk meningkatkan nilai kalor biomassa dengan perlakuan panas pada suhu antara 300°C, 350°C dan 400°C dan tekanan atmosfer tanpa adanya oksigen. Dengan melepaskan komponen-komponen mudah menguap yang terkandung dalam biomassa dan mengembalikan sisa karbon, nilai kalor biomassa meningkat, sehingga menghasilkan pembakaran yang bersih dengan asap yang lebih sedikit.

KAJIAN TEORITIS

(Asri et al. 2022) melakukan penelitian mengenai sekam padi yang dibuat menjadi biopellet dengan Perekat kanji dengan konsentrasi berbeda : 2,5%, 5%, 7,5%, 12,5% adonan yang sudah dibentuk dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder dan ditekan menggunakan pompa hidrolik. Biopellet yang telah dibentuk menjadi silinder dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam, kemudian dimasukkan ke dalam desikator hingga dingin selama 1 jam. Kami kemudian mengukur sifat mudah terbakar (nilai kalor), kandungan

karbon tetap/*fixed carbon* content, abu, kadarair, dan tingkat kandungan mudah menguap. Berdasarkan penelitian ini, sifat terbaik dari segi sifat termal biopellet terdapat pada konsentrasi 5%.

Berdasarkan hasil penelitian, data analisis kelembaban membantu menentukan persentase kelembaban yang terkandung dalam biopellet, sedangkan analisis abu membantu menentukan sisa pembakaran biopellet, dan persentase bahan mudahmenguap. Penurunan berat badan pada saat pemanasan biopellet, kandungan karbon tetap untuk menentukan parameter kualitas bahan bakar, dan nilai karbon untuk menentukan kualitas biopellet ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbedaan kadar air, abu briket campuran tempurung kelapa, sabut kelapa, dan sekam padi oleh (Vegatama 2022).

Karakteristik kadar air dari kedua perbedaan di atas menunjukkan bahwa kadarair campuran tempurung kelapa dan sekam padi sebesar 29,5490%, lebih rendah dibandingkan perbedaan pada tempurung kelapa dan sabut kelapa dengan perolehan sekitar 33,0384%. Hal ini dikarenakan kadar air sabut kelapa relatif lebih tinggi berbanding dengan sekam padi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen pengaruh variasi temperatur proses pirolisis berbahan baku sabut kelapa dalam pembuatan biopellet untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pirolisis yaitu 300°C, 350°C dan 400°C terhadap nilai kalor, pengaruh variasi terhadap *fixed carbon*, dan laju pembakaran pada biopellet sabut kelapa yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Berikut merupakan urutan proses pembuatan proses pirolisis arang sabut kelapa, yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Proses pembuatan bioarang

Adapun peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu: unit alat pirolisator, termometer, timbangan digital, gas LPG 3 kg, ember, laptop, unit alat bom calorimeter, unit alat *Thermogravimetric Analysis (TGA)*, unit alat laju pembakaran. Sedangkan untuk bahan yang dipakai pada penelitian ini yaitu limbah sabut kelapa, tepung tapioka dan airaquades.

Tahapan Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu tahap pembuatan bioarang sabut kelapa, pembuatan biopellet, pengujian nilai kalor, pengujian proximate analysis, dan laju pembakaran. Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Terpadu, Universitas Tidar untuk proses pembuatan bioarang sabut kelapa. Sedangkan pengujian nilai kalor, pengujian proximate analysis, dan laju pembakaran dilakukan di Laboratorium Teknologi Indonesia, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

1. Variabel Bebas

Variabel ini disebut variabel pengaruh, karena memiliki fungsi mempengaruhi variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu dengan variasi temperatur pirolisis: 300°C, 350°C dan 400°C.

2. Variabel Terikat

Variabel ini mempengaruhi variabel lain, karenanya juga disebut variabel yang dipengaruhi atau variabel terpengaruhi. Variabel terikat pada penelitian ini massa

bahan baku 1000 gram. Dengan pengujian *analysis proximate*, nilai kalor, nilai laju pembakaran yang dihasilkan oleh biopellet, dan waktu proses pengarangannya dari proses pirolisis pada sabut kelapa.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol menafsirkan dengan variabel yang dapat dikendalikan oleh moderator. Terdapat variabel moderator itu sendiri ialah variabel yang berfungsi untuk ikut mempengaruhi sehingga variabel terikat tidak terpengaruh oleh faktor-faktor lain yang tidak termasuk dalam penelitian terhadap pengaruh variabel bebas. Variabel kontrol disebut perbandingan hasil penelitian eksperimen yang dilakukan. Variabel kontrol dalam penelitian adalah limbah sabut kelapa, waktu yang digunakan proses pirolisis 120 menit, kadar perekat 15% dan sabut kelapa yang telah dikeringkan selama ± 3 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen Temperatur 300°C

Temperatur dari awal proses hingga mencapai titik temperatur yang diinginkan yaitu 300°C dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan mencapai 65 menit dengan rata-rata kenaikan temperatur $\pm 10^\circ\text{C}$ - 15°C per menit, setelah temperatur mencapai 300°C maka lama waktu proses menjadi 120 menit waktu keseluruhan proses pirolisis. Kenaikan temperatur pada menit ke 66 mencapai 305°C, dikarenakan alat yang digunakan untuk proses pirolisis sabut kelapa ini tidak dapat dikontrol secara otomatis dengan temperatur yang tetap, maka terjadi kenaikan maupun penurunan temperatur yang tidak tetap, maka dari itu ditetapkan ranges temperatur yaitu $+10^\circ\text{C}$ di setiap variabel temperatur yang ditentukan. Cara menjaga temperatur agar tetap atau beradaptasi pada ranges yang ditetapkan dengan cara mengatur keran selang LPG.

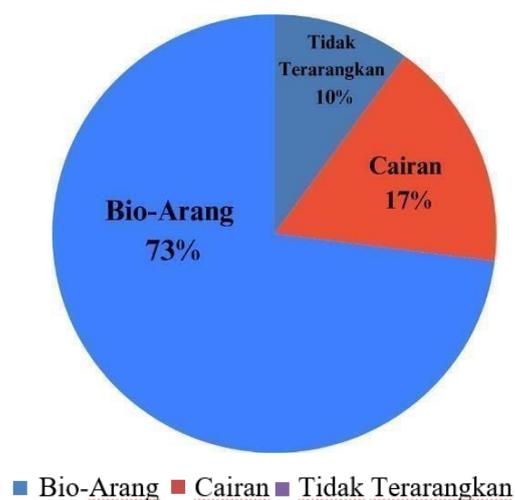


Gambar 3. Distribusi produk T300°C

Gambar 3 menunjukkan rata-rata produk yang dihasilkan pada proses pirolisis sabut kelapa dengan bahan baku sebanyak ± 1 kg dengan lama keseluruhan proses selama 120 menit yaitu, untuk sabut kelapa yang menjadi arang ataupun telah melewati proses dekomposisi mencapai 600 gram setara dengan 60% dari berat bahan baku, sedangkan ada padatan atau sabut kelapa yang belum melewati proses dekomposisi tetapi sudah melewati masa pengeringan tersisa 300 gram setara dengan 30%. Menurut (Khusaini et al. 2021) Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas pirolisis biomassa umumnya berlangsung pada rentang suhu 300°C sampai dengan 600°C . Untuk produk sampingan *bio-oil* dan tar menunjukkan 10% setara dengan 0,1 liter.

Eksperimen Temperatur 350°C

Pada proses pengamatan saat proses berlangsung pengambilan data kenaikan temperatur dicatat setiap 1 menit dari awal proses hingga akhir proses, dimana laju kenaikan temperatur dijaga agar tidak keluar dari zona temperatur pirolisis yang sudah ditentukan yaitu 350°C . Temperatur dari awal proses hingga mencapai titik temperatur yang diinginkan yaitu 350°C dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan mencapai 77 menit, setelah temperatur mencapai 350°C maka temperatur akan dikontrol agar tetap pada temperatur 350°C kemudian akan ditahan selama 43 menit untuk waktu tinggal yang sudah ditetapkan sebagai variabel tetap. Waktu keseluruhan proses pirolisis T350 berjalan selama 120 menit dikarenakan alat yang digunakan untuk proses pirolisis sabut kelapa ini tidak dapat dikontrol secara otomatis dengan temperatur yang tetap, maka terjadi kenaikan maupun penurunan temperatur yang tidak tetap, maka dari itu ditetapkan ranges temperatur yaitu $+20^{\circ}\text{C}$ di setiap variabel temperatur yang ditentukan.

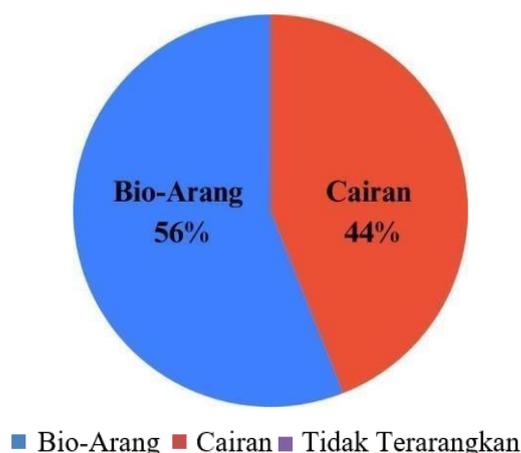


Gambar 4. Distribusi produk T350°C

Gambar 4 menunjukkan rata-rata produk yang dihasilkan pada proses pirolisis sabut kelapa dengan bahan baku sebanyak ± 1 kg dengan lama keseluruhan proses selama 120 menit yaitu, untuk sabut kelapa yang menjadi arang ataupun telah melewati proses dekomposisi mencapai 730 gram setara dengan 73% dari berat bahan baku, sedangkan ada padatan atau sabut kelapa yang belum melewati proses dekomposisi atau tidak terjadi proses pengarangan tetapi sudah melewati masa pengeringan yaitu seberat 100 gram setara dengan 10%, namun pengujian produk yang akan diuji *proximate analysis* dan bom kalori adalah sabut kelapa yang sudah menjadi arang pada temperatur 350°C. Untuk produk sampingan *Bio-oil* dan tar menunjukkan berat sebesar 17% setara dengan 0,17 liter dan sisanya meliputi gas yang tidak terkondensasi, tar, kondensat dan lainnya.

Eksperimen Temperatur 400°C

Proses eksperimen T400 dilakukan dengan cara memproses sabut kelapa secara pirolisis dengan temperatur 400°C, kemudian diberi waktu karbonisasi selama 120 menit sesuai dengan variabel dan prosedur yang sudah ditentukan. Temperatur selama proses sabut kelapa T400, proses pirolisis sabut kelapa membutuhkan waktu 90 menit untuk mencapai titik temperatur yang diinginkan yaitu 400°C. Kemudian temperatur ditahan dan dikontrol agar sesuai dengan waktu tinggal yang telah ditetapkan, rata-rata lama proses keseluruhan proses pirolisis sabut kelapa dengan temperatur 400°C membutuhkan waktu 120 menit, menit ke 92 mencapai 410°C, dikarenakan alat yang digunakan untuk proses pirolisis sabut kelapa ini tidak dapat dikontrol secara otomatis dengan temperatur yang tetap, maka terjadi kenaikan maupun penurunan temperatur yang tidak tetap, maka dari itu ditetapkan ranges temperatur yaitu +10°C di setiap variabel temperatur yang ditentukan.



Gambar 5. Distribusi produk T400°C

Gambar 5 menunjukkan rata-rata produk yang dihasilkan pada proses pirolisis sabut kelapa dengan bahan baku sebanyak ± 1 kg dengan lama keseluruhan proses selama 120 menit yaitu, untuk sabut kelapa yang menjadi arang ataupun telah melewati proses dekomposisi mencapai 560 gram setara dengan 56% dari berat bahan baku, sedangkan untuk proses pirolisis dengan temperatur 400°C tidak ada bahan baku yang tidak menjadi arang. Untuk produk sampingan *bio-oil* dan tar menunjukkan 44% setara dengan 0,44 liter, sisanya meliputi gas yang tidak terkondensasi, tar, kondensat dan lainnya. Nilai yang tidak dapat dihitung tersebut seperti produk yang lengket pada separator ataupun yang tidak dapat dikondensasi.

1. Konsumsi bahan bakar proses pirolisis

Bahan bakar pada penelitian ini menggunakan gas LPG dengan isi bersih 3 kilogram. Konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh seberapa lamanya proses pirolisis berlangsung, dan bisa juga dipengaruhi oleh besar kecilnya keran yang dibuka saat mengontrol temperatur agar tetap berada pada temperatur yang diinginkan yaitu 300°C , 350°C , dan 400°C . Konsumsi bahan bakar untuk proses pirolisis dengan variasi temperatur dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Konsumsi bahan bakar proses pirolisis

Nama	Pengujian1	Pengujian2	Pengujian3	rata-rata	satuan	g/menit
Sabut Kelapa 300°C	0,5	0,5	0,5	0,5	Kg	11,9
Sabut Kelapa 350°C	0,6	0,6	0,65	0,62	Kg	13,77
Sabut Kelapa 400°C	0,96	0,82	0,85	0,88	Kg	15,43

Tabel 1 menunjukkan konsumsi bahan bakar yang digunakan pada saat pengujian, dimana data dicatat dengan kata pengujian dan satu angka di belakangnya menunjukkan jumlah pengulangan pada proses pirolisis.

2. Produk Biopellet

Biopellet merupakan salah satu jenis bahan bakar padat yang berbahan dasar limbah biomassa dan ukurannya lebih kecil dibandingkan briket. Biopellet mempunyai kepadatan dan kesamaan ukuran yang lebih baik dibandingkan biobriket. Biopellet mempunyai ukuran, bentuk, kepadatan, kepadatan, kelembaban tinggi, dan nilai kalor yang seragam. Karena proses pembuatannya, bahan bakar padat ini memiliki diameter

6 mm hingga 8 mm dan panjang 8 mm hingga 10 mm.



Gambar 6. Biopellet

3. Hasil pengujian *Proximate Analysis*

Pengujian *proximate analysis* dilakukan di Laboratorium Teknik CV Teknologi Indonesia, Pada pengujian *proximate analysis* pada produk arang menggunakan Standar Nasional Indonesia SNI 8021 : 2014, dimana pada sekali pengujian menggunakan 1 sampel biopellet aktif.

Data hasil pengujian *proximate analysis* biopellet arang sabut kelapa yang meliputi kadar air, kadar abu, *volatile matter* dan juga *fixed carbon* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Proximate Analysis*

No	Sampel	Kadar air(%)	Kadar Abu (%)	Volatile Matter (%)	Fixed Carbon (%)
1	Sabut Kelapa T300	11.66	6.64	23.69	58,01
2	Sabut Kelapa T350	10.92	7.07	20.09	61,92
3	Sabut Kelapa T400	10.35	7.65	16.68	65,32

4. Hasil pengujian Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan salah satu parameter penting dalam kualitas bahan bakar. Nilai kalor adalah jumlah energi yang terlepas pada saat bahan bakar terbakar dengan sempurna. Pada Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian *bomb calorimeter* yang dilakukan di Laboratorium Teknik CV Teknologi Indonesia menggunakan peralatan *Automatic calorimeter* - K88890.

Tabel 3. Nilai kalor biopellet Sabut Kelapa

No	Jenis Sampel	Nilai Kalor(kal/gr)
1	Sabut Kelapa 300°C	5594
2	Sabut Kelapa 350°C	5813
3	Sabut Kelapa 400°C	6005

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa sabut kelapa dengan temperatur 300°C menunjukkan hasil 5594 kal/gr setara dengan 23405 J/gr. Pada sabut kelapa dengan temperatur 350°C terjadi kenaikan terhadap hasil dari proses pirolisis dengan temperatur 300 yaitu sebesar 5813 kal/gr setara dengan 24321 J/gr, selisih kenaikan nilai kalor pada temperatur 300°C dengan 350°C terjadi perbedaan yang tidak signifikan yaitu 219 kal/gr,. Hasil *bomb calorimeter* pada eksperimen pirolisis temperatur 350°C menunjukkan nilai sebesar 6005 kal/gr setara dengan 25124 J/gr. Jika dibandingkan dengan 3 eksperimen tersebut maka pengujian dengan temperatur 400°C memiliki nilai kalor paling tinggi mencapai 6005 kal/gr, sedangkan temperatur 300°C memiliki nilai kalor paling rendah dibandingkan dengan eksperimen dengan temperatur 350°C dan 400°C, selisih nilai kalor pada temperatur 400°C sebagai yang tertinggi dan 300°C sebagai terendah.

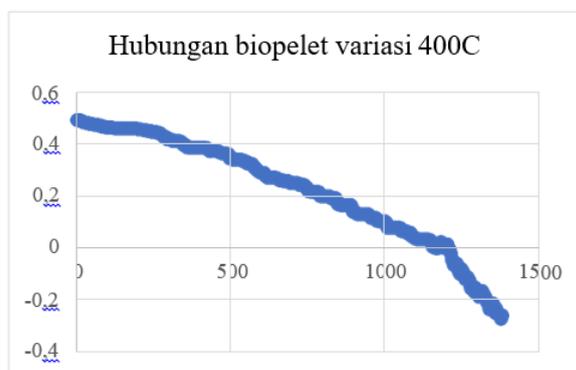
5. Hasil pengujian laju pembakaran

Tabel 4. Hasil uji laju pembakaran

No	Jenis Sampel	Berat Biopellet Terbakar (gram)	Lama Nyala (detik)	Laju Pembakaran (gr/detik)	Temperatur Maksimum (°C)
1	T300	0,61	1115	0,01512	445,7
2	T350	0,48	1276	0,01334	510,1
3	T400	0,49	1195	0,01127	563,7

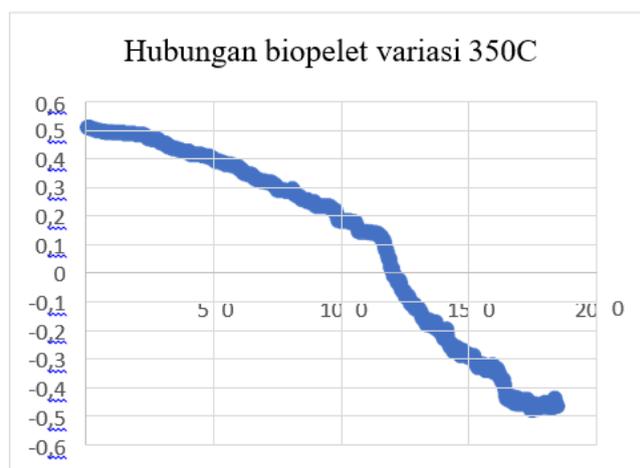
Berdasarkan hasil uji laju pembakaran pada tabel 4 menunjukkan bahwa laju pembakaran paling cepat berada pada sampel T300, dimana laju pembakaran pada sampel T300 mencapai 0,01512 gram/detik dengan lama nyala mencapai 1115 detik, kemudian untuk sampel T350 memiliki nilai laju pembakaran sebesar 0,01334 gram/detik dengan lama nyala api selama 1276 detik, dan untuk T400 memiliki nilai laju pembakaran sebesar 0,01127 gram/detik dengan lama nyala api selama 1195 detik.

Dapat dilihat dari tabel 4.4 bahwa semakin tinggi temperatur proses pirolisis maka biopellet yang dihasilkan akan mengalami laju pembakaran yang semakin lambat, maka semakin cepat laju pembakaran akan mempengaruhi lama nyala api yang akan semakin cepat, hal ini berkaitan dengan temperatur yang dihasilkan oleh biopellet tersebut.



Gambar 7. Uji pembakaran biopellet T400°C

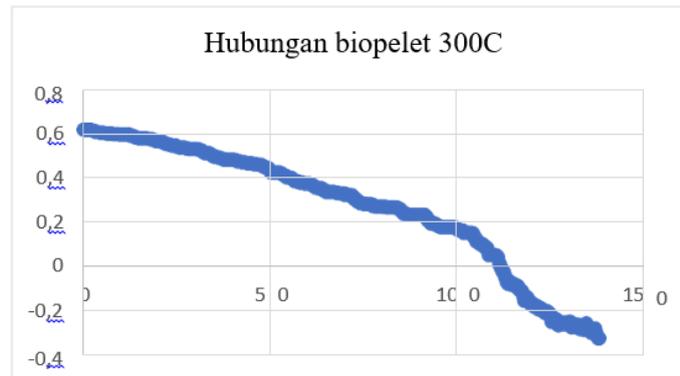
Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa temperatur nyala api maksimum pada T400 mencapai 563,7°C pada waktu 18 menit kemudian turun secara perlahan hingga kembali ke titik temperatur lingkungan. Ketika waktu sudah lebih dari 20 menit akan tetapi massa sudah terbakar habis akan terjadi minus (-) dikarenakan dari alat uji yang hanya dapat diatur dengan waktu bukan dari massa yang terkondisikan.



Gambar 8. Uji pembakaran biopellet T350°C

Pada Gambar 8 dapat dilihat laju uji pembakaran sampel bahan bakar T350 yang menunjukkan temperatur nyala api maksimum mencapai nilai 510,1°C pada waktu 21 menit kemudian turun secara perlahan hingga pada menit 19 massa bahan bakar terus

turun hingga temperatur lingkungan. Ketika waktu sudah lebih dari 20 menit akan tetapi massa sudah terbakar habis akan terjadi minus (-) dikarenakan dari alat uji yang hanya dapat diatur dengan waktu bukan dari massa yang terkondisikan.



Gambar 9. Uji pembakaran biopelet T300°C

Pada Gambar 9 menunjukkan grafik hasil uji pembakaran T300, dimana dapat dilihat temperatur maksimum dari pengujian T300 mencapai 445,7°C, pada pengujian ini terjadi naik turun temperatur dikarenakan abu pada bahan bakar tetap melekat pada bahan bakar saat terjadi pembakaran, pada T300 menunjukkan pada waktu 18 menit massa bahan bakar sudah tidak lagi menunjukkan penurunan dikarenakan bahan bakar sudah tidak ada lagi yang dapat dibakar atau hanya menyisakan abu bekas pembakaran. Ketika waktu sudah lebih dari 20 menit akan tetapi massa sudah terbakar habis akan terjadi minus (-) dikarenakan dari alat uji yang hanya dapat diatur dengan waktu bukan dari massa yang terkondisikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian tentang pemanfaatan sabut kelapa yang di pirolisis dengan variasi temperatur 300°C, 350°C dan 400°C telah berhasil dilaksanakan. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Variasi temperatur pirolisis yaitu memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kalor biopelet sabut kelapa dengan nilai tertinggi 6005 kal/gram pada T400°C.
2. Variasi temperatur pirolisis memberikan pengaruh terhadap peningkatan kadar *fixed carbon* biopelet sabut kelapa dengan nilai tertinggi 65,32% dan memberikan pengaruh penurunan kadar air dengan nilai terendah 10.35% pada T400°C.
3. Variasi temperatur pirolisis yaitu memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai laju

pembakaran biopelet sabut kelapa dengan nilai terendah 0,01127 gram/detik pada T400°C.

Saran

Adapun saran yang diambil dari penelitian proses pirolisis sabut kelapa adalah untuk penelitian selanjutnya yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Waktu tinggal dijadikan variabel terikat (tidak ditetapkan).
2. Interval temperatur yang konsisten.
3. Kadar perekat harus sedikit mungkin.
4. Perlakuan untuk menurunkan kadar abu agar sesuai SNI 8021:2014
5. Variasi tekanan pencetakan biopelet.
6. Proses pemindahan arang dipercepat agar tidak ada udara masuk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “PENGARUH VARIASI PROSES PIROLISIS TERHADAP NILAI KALOR BIOPELET BERBAHAN BAKU SABUT KELAPA”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Teknik Mesin S1 dan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Penulisan skripsi ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas Rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi dengan baik dan benar.
2. Dr. Ir. Gito Sugiyanto, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tidar.
3. Trisma Jaya Saputra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Tidar.
4. Sri Hastuti, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin S1 Universitas Tidar.
5. Ikhwan Taufik, S.Pd., M.Eng., selaku Pembimbing akademik.
6. Dr. Sigit Mujiarto, S.T., M.Eng., selaku Pembimbing I.
7. Ir. Sigit Joko Purnomo, S.T., M.T., selaku Pembimbing II.
8. Segenap jajaran dosen dan karyawan Teknik Mesin yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam hal teknis di lapangan dan masukan terhadap penyusunan

laporan skripsi ini.

9. Kedua orang tua, kakak perempuan, dan saudara-saudara serta keluarga, yang banyak memberikan bantuan moril, materiel, arahan, dan selalu mendoakan keberhasilan serta pengorbanan selama ini yang telah diberikan.
10. Abang-abang S1 Teknik Mesin terutama (Awaf Wirajaya S.T., Dwi Guna Pahlawan S.T., Tasya Rizki Anggraini S.T., Irfan Surya Ramadhan S.T., Junaidi Rohman S.T.) yang sudah memberikan saya arahan dan dibimbing sehingga saya paham dan mengerti dalam penulisan skripsi saya supaya lebih terarah dan lebih baik lagi dalam penulisan skripsi.
11. Tidak lupa juga saya mengucapkan terima kasih kepada teman-teman kontrakkansaya yang sudah banyak membantu dan memberikan saran masukan dalam penulisan skripsi saya.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara tidak langsung membantu sepenuhnya dalam penulisan laporan skripsi ini.
13. Penulis menyadari bahwa penulisan laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kemajuan ilmu pengetahuan di masa mendatang akhir kata penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

DAFTAR REFERENSI

- Al Qadry, M. G., Saputro, D. D., & Widodo, R. D. (2023). Karakteristik dan uji pembakaran biopellet campuran cangkang kelapa sawit dan serbuk kayu sebagai bahan bakar alternatif terbarukan. *Jurnal Inovasi Mesin*, 5(1), 21–29.
- Asri, A., & Sari, Y. P. (2022). Evaluasi pencernaan bahan kering bahan organik dan protein kasar kombinasi jerami padi dan *Tithonia* fermentasi secara in-vitro. *Jurnal Peternakan Mahaputra*, 3(2), 99-107.
- Barus, K. E., Munir, A. P., & Panggabean, S. (2017). Pembuatan briket dari sekam padi dengan kombinasi batubara. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 5(2), 397-401.
- Basu, P. (2018). *Biomass gasification, pyrolysis and torrefaction: Practical design and theory*. Academic Press.
- Caturwati, N. K., Sudrajat, A., Haryanto, H., Pinem, M. P., & Reza, R. (2017). Energi dan mesin konversi energi. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1).
- Dewi, R. P., Arnandi, W., Purnomo, S. J., & Saputra, T. J. (2019). Pengaruh variasi konsentrasi perekat terhadap kadar fixed carbon dan volatile matter bricket arang. Dalam *Prosiding SNST ke-3 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim* (hal. 45–50).

- Erwin Junary, J. P. Pane, & N. Herlina. (2015). Pengaruh suhu dan waktu karbonisasi terhadap nilai kalor dan karakteristik pada pembuatan bioarang berbahan baku pelepah aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2), 46–52.
- Herlambang, S. (2020). Prosiding seminar nasional fakultas pertanian UPN 'Veteran' Yogyakarta 2020. *Prosiding Seminar Nasional*, 372–373.
- Hidayati, B., Baiti, & Sumarna, H. (2019). Prototipe pengering bahan baku dan produk biopellet ditinjau dari energi H₂O yang teruapkan ke udara. *Jurnal PETRA*, 6(2), 29–33.
- Huseini, A., Ulfa, A. M., & Sulaimansyah, S. (2018). Analisis proksimat, kandungan sulfur dan nilai kalor dalam penentuan kualitas batubara. *Indonesian Journal of Engineering (IJE)*, 1(2), 85–94.
- Iriany, R., Hasibuan, R., Novita, D., & Ummah, N. M. (2023). Pengaruh komposisi bahan baku dan ukuran partikel terhadap kualitas biobriket dari cangkang buah karet dan ranting kayu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 12(1), 1–8.
- Jerami, A., Abstrak, & Sebelum, C. (2023). C. Sebelum dilakukan pirolisis, jerami padi dianalisis FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat didalamnya. *Jurnal*, 8*(3), 167–172.
- Khusaini, F., Ridwan, R., Ridhuan, K., & Irawan, D. (2021). Pengaruh jumlah pipa udara pada reaktor pembakaran pirolisis terhadap hasil arang dan asap cair. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2(2), 106–114.
- Kuncoro, A. H. (2017). Uji potensi pembuatan briket bioarang dari ladek sebagai bahan bakar alternatif. *Al Jazari Journal of Mechanical Engineering*, 2(2), 22–34.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2015). *Biochar for environmental management: Science, technology and implementation*. Routledge.
- Lestari, L., Hasan, E. S., & Risna, R. (2017). Pengaruh tekanan dan ukuran partikel terhadap kualitas briket arang cangkang coklat. *Jurnal Aplikasi Fisika*, 13(2), 1-8.
- Mardiatmoko, G., & Mira, A. (2018). *Gun Mardiatmoko*. Ambon: Badan Penerbit Fakultas Pertanian Universitas Pattimura.
- Nurhilal, O., & Suryaningsih, S. (2018). Pengaruh komposisi campuran sabut dan tempurung kelapa terhadap nilai kalor biobriket dengan perekat molase. *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 2(1), 8-14.
- Onchieku, J. M., Chikamai, B. N., & Rao, M. S. (2012). Optimum parameters for the formulation of charcoal briquettes using bagasse and clay as binder. *European Journal of Sustainable Development*, 1(3), 477.
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi biomassa sebagai sumber energi terbarukan. *Journal of Electrical Technology*, 5(2), 88–92. <https://www.dosenpendidikan>.
- Paskawati, Y. A., Susyana, A., Antaresti, & Retnoningtyas, E. S. (2010). Pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan baku pembuatan kerta komposit alternatif. *Widya*

Teknik, 9(1), 12–21.

- PERMANADEWI, E. F., & INGGRIANI, P. (2020). TA: Pengaruh jumlah bahan perekat, suhu, dan waktu operasi pada pembuatan bahan bakar padat dari limbah budidaya jamur (LOG) dengan proses torefaksi. (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung).
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). Pyrolysis combustion process with biomass type and characteristics of the liquid smoke produced. *Turbo*, 8(1), 69–78.
- Saparudin, S., & Nurchayati. (2015). The effect of pyrolysis temperature variation to levels of yield and calorific value of the mixture rice husk briquettes – chicken manure. *Dinamika Teknik Mesin*, 5(1), 16–24.
- Seminar, P., & Apta, N. (2016). Digital digital repository repository Universitas Universitas Jember Jember SEBAGAI BAHAN BAKAR RUMAH TANGGA Digital digital repository repository Universitas Universitas Jember Jember. (C), 233–234.
- Sinta Rismayani, S., & Tayibnapi, A. S. (2011). Pembuatan bio-briket dari limbah sabut kelapa dan bottom ash. *Arena Tekstil*, 26(1).
- Suhartoyo, Y., Kristiawan, Y., et al. (2020). Pemanfaatan limbah biomassa menjadi sumber energi alternatif. *Jurnal Crankshaft*, 3(2), 23–28.
- Sulistio, Y., et al. (2020). Pengaruh torefaksi dengan reaktor counter-flow multi-baffle (COMB) dan electric furnace terhadap pelet kayu jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Jurnal Sylva Lestari*, 8(1), 65–76.
- Vegatama, M. R. (2022). Perbandingan nilai kalor biobriket dengan variasi komposisi bahan baku limbah biomassa. *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 14(2), 77–83.
- Yuniarti, Y., Ariyani, D., & Megawati, E. (2019). Pengaruh heating rate terhadap karakteristik nilai kalor limbah kulit buah nipah (*Nypa fruticans* (Thunb.) Wurmb) pada proses slow pirolisis. *Petrogas: Journal of Energy and Technology*, 2(2), 62–68.