

Analisa Pengaruh Waktu Inisiasi Pembakaran Terhadap Karakteristik Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Alat Tungku Minim Asap dengan Sistem Konsentrasi Asap

Didy Suharlan¹, Budi Dharma^{2,3}, Suherman^{3*}, Muchsin Harahap²

¹ Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Tanjungbalai,

Jalan Sei Raja Kota Tanjungbalai, Sumatera Utara, Indonesia

² Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Tanjungbalai,

Jalan Sei Raja Kota Tanjungbalai, Sumatera Utara, Indonesia

³ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,

Jalan Muchtar Basri Nomor 3, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

*E-mail: suherman@umsu.ac.id

Diajukan: 21-07-2023; Direvisi: 02-08-2023; Dipublikasi: 21-08-2023

Abstrak

Proses pembuatan arang secara tradisional menghasilkan rendemen yang rendah dan kandungan air yang tinggi sehingga harus dijemur dibawah panas matahari. Sebagian besar proses pembuatan arang dengan cara tradisional dilakukan dengan cara membakar secara langsung tempurung kelapa dan untuk memadamkannya menggunakan air. Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain *drum kiln* dan mensimulasikan aliran panas dari dapur pemanas menggunakan *software SOLIDWORKS*. Pada penelitian ini juga dipelajari pengaruh waktu inisiasi pembakaran tempurung kelapa pada temperatur pemanasan 450 °C terhadap rendemen arang tempurung kelapa dari waktu 2-5 jam pembakaran dan membandingkan dengan cara konvensional. Hasil penelitian menunjukkan, waktu inisiasi optimum diperoleh pada 2 jam proses yang menghasilkan rendemen sebesar 60%. Selanjutnya, proses pembakaran konvensional hanya menghasilkan rendemen 30% dengan waktu proses lebih lama yaitu 7 jam. Peningkatan lama pemanasan menurunkan kadar air dan kadar abu pada arang. Proses pembakaran dengan tungku arang minim asap dengan sistem konsentrasi asap lebih baik dibandingkan pembakaran konvensional. Kualitas arang yang dihasilkan dari pembakaran tungku minim asap dengan sistem konsentrasi asap lebih baik dibanding dengan cara tradisional. Hasil simulasi aliran panas dengan *SOLIDWORKS* diperoleh karakteristik aliran panas turbulen pada bagian dalam *drum kiln* dan bagian atas penutup luar.

Kata kunci: Tempurung kelapa; arang kelapa; tungku minim asap; *SOLIDWORKS*

Abstract

Traditionally, the process of making charcoal produces low yields and high water content, so it must be dried under the hot sun. Most of the process of making charcoal in the traditional way is done by directly burning the coconut shell and extinguishing it using water. The purpose of this research is to design a drum kiln and simulate heat flow from a furnace using *SOLIDWORKS* software. This study also studied the effect of the initiation time of burning coconut shells at a heating temperature of 450 °C on the yield of coconut shell charcoal from 2-5 hours of burning and compared it with the conventional method. The results showed that the optimum initiation time was obtained at 2 hours of processing which resulted in a yield of 60%. Furthermore, the conventional combustion process only produces 30% yield with a longer processing time of 7 hours. Increasing the heating time decreases the moisture content and ash content of the charcoal. The combustion process with a smokeless charcoal stove with a smoke concentration system is better than conventional combustion. The quality of the charcoal produced from burning a smokeless stove with a smoke concentration system is better than the traditional method. The heat flow simulation results with *SOLIDWORKS* obtained turbulent heat flow characteristics on the inside of the kiln drum and the top of the outer cover.

Keywords: Coconut shell; coconut charcoal; minimal smoke furnace, *SOLIDWORKS*

1. Pendahuluan

Teknologi pembuatan arang tempurung kelapa menggunakan alat tungku arang minim asap dengan sistem konsentrasi asap adalah suatu metode pembuatan arang yang murah dan sederhana tetapi dapat menghasilkan rendemen dan kualitas arang tempurung kelapa yang cukup tinggi dibandingkan pembakaran arang konvensional [1]. Alat tungku arang minim asap dengan sistem konsentrasi asap dapat diterapkan pada industri rumah tangga di pedesaan karena bahan konstruksi tungku dan operasi pengolahannya mudah diperoleh dengan harga yang relatif murah [2]. Selain itu

alat tungku arang minim asap dengan sistem konsentrasi asap operasi pengolahannya mudah dilakukan oleh siapa saja dan tidak memerlukan biaya besar maka cara alat tungku arang minim asap dengan sistem konsentrasi asap ini dapat dikembangkan kedalam skala industri kecil dan menengah sehingga hasil yang di dapat untuk memasok kebutuhan arang tempurung kelapa baik untuk kebutuhan industri dalam negeri maupun untuk ekspor [3-4]. Arang tempurung kelapa di Indonesia secara luas digunakan sebagai bahan bakar, makanan dan lain lain [5]. Di Indonesia pengembangan penggunaan arang tempurung kelapa sebagai bahan bakar telah diperkenalkan dengan bentuk briket arang yang dijual di toko swalayan. Produk ini diperuntukkan terutama bagi konsumen yang berpenghasilan menengah atau tinggi dan nampaknya pemanfaatan briket arang ini akan semakin meluas sehubungan dengan semakin meningkatnya kegiatan wisata alam yang memerlukan bahan bakar yang dapat dibawa dengan mudah dan praktis[6]

Arang tempurung kelapa adalah arang yang berbahan dasar tempurung kelapa. pemanfaatan arang tempurung kelapa ini ternasuk cukup strategis sebagai sektor usaha. Selain dimanfaatkan dengan dibakar secara langsung, tempurung kelapa dapat dijadikan sabagai bahan dasar briket arang [7-8]. Tempurung kelapa yang akan dijadikan arang harus dari kelapa yang sudah tua, karena lebih keras dan kandungan airnya lebih sedikit dibandingkan dari kelapa yang masih muda. Harga jual arang tempurung kelapa terbilang cukup tinggi. Karena selain berkualitas tinggi, untuk mendapatkan tempurung kelapanya juga tidak terlalu sulit dan harganya tidak mahal [9-10].

Secara umum kualitas tempurung kelapa dikatakan baik jika mempunyai ciri ciri berwarna hitam merata dan tidak mengandung kotoran [11], bagian ujung pecahan arang tempurungnya bercahaya dan bila dijatuhkan di atas lantai yang keras, pecahan kepingannya menampakkan lingkaran yang terang [12]. Bila kepingan-kepingan arang tempurung tersebut dibakar akan menimbulkan suara yang terlihat pada Gambar 1.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Tempurung kelapa dan (b) Arang tempurung kelapa [13]

Drum kiln adalah tungku pembakaran logam sederhana yang telah dimodifikasi dari drum minyak biasa melalui teknologi sederhana [14-15]. Drum memiliki tutup yang dapat dilepas dan sabuk logam yang menghubungkan tutup dengan drum. Sabuk ini memiliki sekrup yang dapat disesuaikan yang mengencangkan tutup ke drum (Gambar 2). Jenis tungku ini lebih cocok untuk produksi arang rumah tangga dengan menggunakan batang atau cabang pohon berdiameter kecil dengan ukuran diameter tidak lebih dari 10 cm [16-17].

Drum dimodifikasi dengan mengelas dudukan cerobong asap yang terbuat dari pipa logam pendek agar sesuai dengan cerobong asap berdiameter 6 cm dan panjang 1 m di sisi bawah drum. Sebuah pemanggang logam dibuat untuk mencegah kayu menyentuh bagian bawah drum dan untuk menyediakan sirkulasi udara di dalam tungku pembakaran

drum. Pintu tungku berukuran 20 x 25 x 30 cm dilas pada tutup drum yang terbuat dari logam [18]. Metode ini menggunakan drum dari logam yang tahan panas (biasanya menggunakan drum oli) untuk mengkarbonisasi arang. Metode inilah yang banyak digunakan saat ini untuk proses karbonisasi, karena biayanya yang relatif murah dan tidak terikat dengan lokasi, artinya dapat di pindahkan [11].

Disisi lain kualitas arang dari berbagai jenis sumber biomassa sebagai bahan baku briket dipengaruhi temperatur, laju pemanasan dan waktu proses pemanasan. Beberapa peneliti telah melakukan pengaruh temperatur dan waktu terhadap rendemen arang dari tempurung kelapa. Penelitian sebelumnya [17] menyebutkan temperatur optimum diperoleh pada temperatur 400 °C dan waktu pemanasan 1 jam yang menghasilkan rendemen sebesar 36-43% dan nilai kalor 6800-7100 gr/cal. Penelitian lain [19-20] melakukan simulasi dengan menggunakan metode *computational fluid dynamics* (CFD) dengan *software SOLIDWORKS* pada tabung pirolisis arang. Hasilnya menunjukkan jenis rambatan panas konveksi terjadi pada dinding reaktor dan pada bagian dasar tabung pirolisis terjadi perpindahan panas konduksi [21]. Laju dan temperatur pemanasan sangat mempengaruhi fasa padat, cair dan gas yang terbentuk pada proses pirolisis biomassa. Peneliti lain [22] memvariasikan laju pemanasan dari 15 °C/ menit-30 °C /menit dan temperatur pemanasan dari 250 °C. Hasil penelitian tersebut menunjukkan laju pemanasan optimum diperoleh pada 50 °C dan temperatur pemanasan 500 °C [22].

Pada penelitian ini dilakukan simulasi aliran panas dari tungku pemanas dengan menggunakan *software SOLIDWORKS* untuk mendapatkan informasi aliran panas keseluruhan komponen utama *drum kiln*. Selain itu waktu proses pemanggangan juga divariasikan antara 2-5 jam untuk mendapatkan rendemen arang yang paling optimum pada temperatur pemanggangan 450 °C. Pada penelitian ini juga proses pembuatan arang juga dibandingkan dengan metode konvensional [23-24].

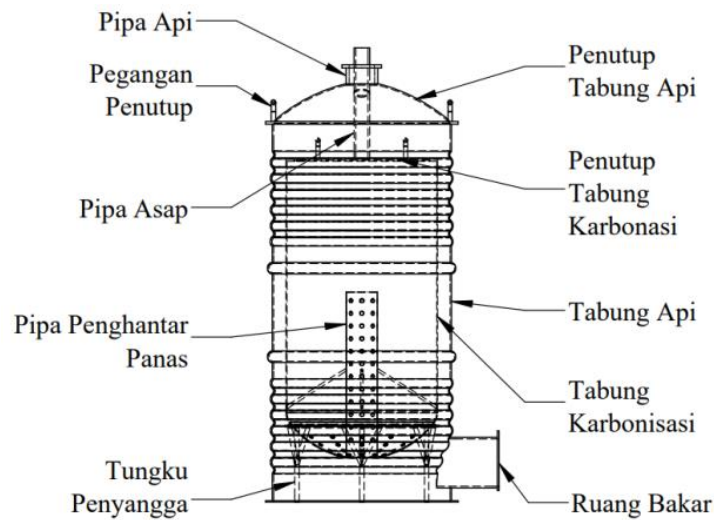
2. Material dan metodologi

Penelitian ini menggunakan 2 kegiatan utama yaitu proses perancangan alat dan simulasi menggunakan *SOLIDWORKS* dan selanjutnya dilakukan proses pembuatan *drum kiln* untuk proses pengarangan tempurung kelapa. Proses pembuatan *drum kiln* dilakukan dengan proses pemotongan dan penyambungan dengan menggunakan pengelasan. Pengambilan data kuantitatif penelitian dilakukan dengan melakukan proses pemanasan atau pirolisis terhadap tempurung kelapa pada temperatur 450 °C dengan memvariasikan waktu pemanasan untuk mendapatkan rendemen yang paling optimum.

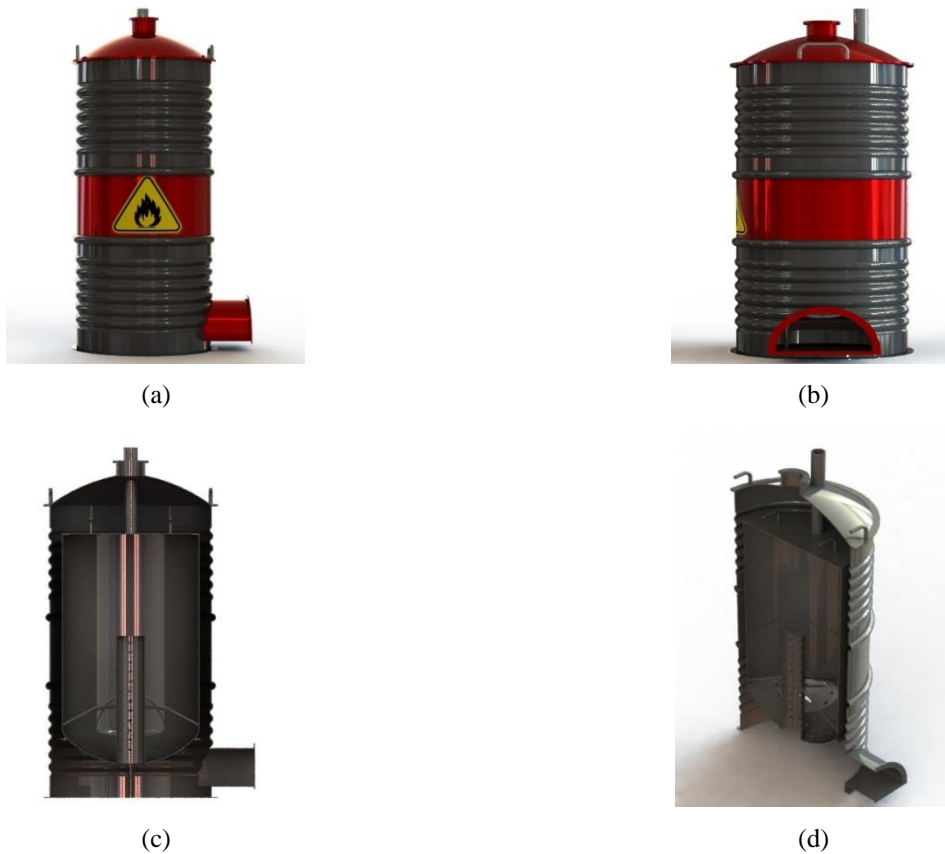
2.1. Perancangan *drum kiln*

Perancangan *drum kiln* ini dimulai dengan membuat desain komponen-komponen utama menggunakan *software AutoCAD* dan sistem analisis waktu inisiasi pembakaran tempurung arang kelapa menggunakan *SOLIDWORKS*. Adapun bagian-bagian utama dari *drum kiln* sebagaimana dijelaskan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Hasil dari perancangan tungku minim asap dengan sistem konsentrasi asap dapat dilihat pada Gambar 3. Perancangan dilakukan dengan bantuan *software AutoCAD* dan *SOLIDWORKS* sehingga diperoleh desain yang sesuai. Gambar 3(a) menunjukkan desain drum kiln tampak depan dimana pada bagian luar drum dilengkapi penutup dan cerobong asap. Pada bagian bawah drum luar diberikan lubang untuk memasukkan biomassa sebagai bahan untuk memanaskan tempurung yang nantinya ditempatkan didalam drum kiln bagian dalam (Gambar 3(b)).



Gambar 2. Desain rancangan gambar *drum kiln* dengan menggunakan *AutoCAD*



Gambar 3. Desain *drum kiln* (a) Tampak depan, (b) Tampak samping kanan, (c) Potongan tampak depan dan (d) Potongan tampak samping kanan

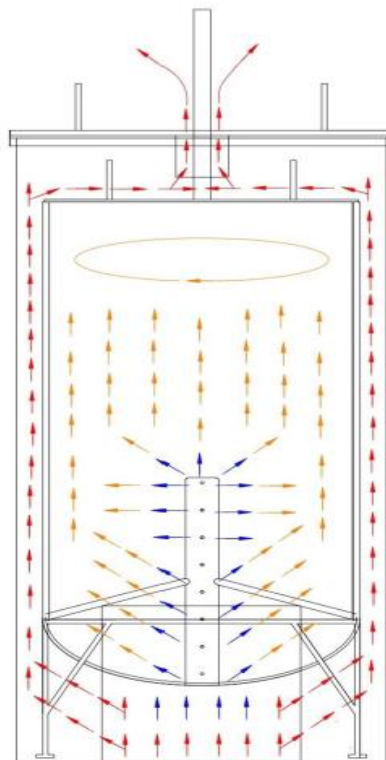
Cerobong asap diletakkan pada di tengah-tengah dari *drum kiln* dalam, disisi bagian bawah pipa berukuran 3 *inchi* ditempatkan pada bagian alas yang berlubang dan ditumpu oleh penyangga yang dipasangkan pada bagian ujung bawah dinding (Gambar 3(c)). Gambar 3(d) menunjukkan potongan *drum kiln* yang menerangkan sisi bagian kanan dimana pada bagian bawah dari *drum kiln* ini diberikan dudukan.

2.2. Proses pembuatan *drum kiln*

Drum kiln bagian dalam bervolume 168.20 cm³ mampu menampung 20 kg batok kelapa dibuat dari plat baja yang di-roll. Penutup *drum kiln* bagian dalam dibuat dengan memotong plat baja berbentuk bulat sesuai dengan ukuran diameter tabung bagian dalam. Penyangga disambungkan dengan pipa berukuran 3 *inchi* yang telah dilubang berukuran 1/6 *inchi* sekelilingnya dengan menggunakan bor tangan, pemberian lubang ini bertujuan untuk mengalirkan panas yang bersumber dari dapur. Dudukan *drum kiln* bagian dalam baja *hollow* berdiameter 480 mm dan tinggi 266 mm dipasang pada bagian bawah tabung dalam sebagai dudukan tabung dalam. Drum pada bagian luar dengan tinggi 1200 mm dan diameter 560 mm terbuat dari plat baja yang di-roll, selanjutnya proses penyambungan dilakukan dengan menggunakan metode pengelasan *shielded metal arc welding* (SMAW). Bagian atas *drum kiln* pada bagian luar diberikan penutup berdiameter 237 mm. Pemegang disambungkan pada penutup dengan panjang 160 mm dan tinggi 75 mm. Cerobong dengan diameter 25.4 mm dan tinggi 351 mm dipasang pada bagian penutup luar.

2.3. Prinsip kerja mesin

Tempurung kelapa diletakkan pada bagian tabung karbonisasi berbahan baja tahan karat seri 304 yang ditempatkan sedemikian rupa dan disangga oleh rangka baja. Panas untuk proses pengarangan diperoleh dari pembakaran biomassa yang diletakkan pada bagian bawah ruang bakar. Panas dari proses pembakaran biomassa akan menyebarkan keseluruhan dinding dan bagian atas ruang silinder melalui celah antara tabung pertama dan kedua. Selain itu panas dari bagian ruang bakar juga masuk melalui lobang pada pipa sehingga terjadi pengarangan pada tempurung kelapa. Tabung bagian dalam ini memiliki penutup bagian atas yang rapat sehingga panas yang di dalam *drum kiln* terperangkap di dalam sehingga proses pengarangan berlangsung, sehingga asap yang dihasilkan dari pembakaran didalam tabung kedua akan terkonsentrasi hanya didalam tabung tersebut. Adapun ilustrasi aliran panas dari ruang bakar diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi aliran panas *drum kiln*

2.4. Perhitungan *drum kiln*

a. Rumus volume tabung dalam

Perhitungan volume tabung bagian dalam dapat dihitung menggunakan Persamaan (1),

$$v = \pi \times r^2 \times t \quad (1)$$

dimana v merupakan volume tabung dalam dengan satuan mm^3 , r dan t masing-masing adalah jari-jari tabung dan tinggi tabung dengan satuan mm . Diketahui diameter tabung kedua 480 mm dan tinggi tabung 930 mm . Volume tabung dinyatakan dalam Persamaan (2),

$$v = 3.14 \times (240 \text{ mm})^2 \times (930 \text{ mm}) = 1.682 \times 10^8 \text{ mm}^3 = 0.1682 \text{ m}^3 \quad (2)$$

b. Berat jenis

Rapat massa adalah besarnya massa benda yang terkandung dalam setiap volume benda. Untuk menghitung densitas tempurung kelapa digunakan Persamaan (4), dimana ρ adalah berat jenis 25 kg tempurung kelapa, m merupakan massa tabung sebesar 245.25 kg dan v merupakan volume tabung yang telah dihitung sesuai dengan Persamaan (2).

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{245.25 \text{ kg}}{0.1682 \text{ m}^3} = 1458 \text{ kg/m}^3 \quad (3)$$

Kemudian untuk mencari nilai volume tempurung kelapa dalam tabung digunakan Persamaan (4)

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{25 \text{ kg}}{1458 \text{ kg/m}^3} = 0.017 \text{ m}^3 = 17 \text{ liter} \quad (4)$$

c. Perpindahan panas secara konduksi

Perhitungan laju perpindahan konduksi dari dinding bagian bawah dan samping *drum kiln* bagian dalam ke tempurung kelapa dapat digunakan Persamaan (5), dimana $H_{konduksi}$ merupakan laju perpindahan kalor secara konduksi dengan satuan J/detik , Q merupakan kalor dengan satuan J dan t merupakan waktu dengan satuan detik. Nilai k merupakan konduktivitas termal sebesar 0.05298 W/m.K , L adalah panjang logam pengantar yaitu 0.8 m , A merupakan luas penampang sebesar 18.08 m^2 dan ΔT merupakan selisih suhu antara *drum kiln* yaitu 450 $^\circ\text{C}$ dengan lingkungan luar sebesar 30 $^\circ\text{C}$ diperoleh nilai selisih suhu sebesar 420 $^\circ\text{C}$.

$$H_{konduksi} = \frac{Q}{t} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L} = \frac{(0.05298 \text{ W/m.K})(18.08 \text{ m}^2)(220 \text{ }^\circ\text{C})}{0.8 \text{ m}} = 502.886 \text{ J/detik} \quad (5)$$

d. Perpindahan panas secara konveksi

Perpindahan panas konveksi ($H_{konveksi}$) yang terjadi yang mengalir dari dinding *drum kiln* bagian dalam ke tempurung kelapa dapat menggunakan Persamaan (6), dimana h merupakan nilai konduktivitas termal konveksi tempurung kelapa dengan satuan W/m.K diperoleh dari Persamaan (7). Keterangan pada Persamaan (7) dimana Re

merupakan nilai bilangan *Reynolds* dan *Pr* merupakan bilangan *Prandtl* dengan nilai 0.6948. Nilai *V* pada Persamaan (7) menunjukkan kecepatan fluida (m/s) dengan nilai 5 m/s, *L* menunjukkan panjang pelat (m) dan nilai μ merupakan viskositas kinematis (m²/s)

$$H_{konveksi} = \frac{Q}{t} = h \cdot A \cdot \Delta T \quad (6)$$

$$h = 0.664 \cdot \frac{k}{L} \cdot Re^{0.5} \cdot Pr^{0.33} \quad (7)$$

Nilai *Re* dihitung dengan Persamaan (8), dimana *V* menunjukkan kecepatan fluida (m/s) dengan nilai 5 m/s, *L* menunjukkan panjang pelat sebesar 0.93 m dan nilai μ merupakan viskositas kinematis sebesar 3.261×10^{-5} m²/s. Hasil perhitungan diperoleh nilai bilangan *Re* sebesar 1425943.

$$Re = \frac{(V \cdot L)}{\mu} \quad (8)$$

Hasil perhitungan Persamaan (7) dapat dilihat pada Persamaan (9),

$$h = 0.664 \cdot \frac{50.15 \times 10^{-3} \text{ W/m.K}}{0.93 \text{ m}} \cdot (1425943)^{0.5} \cdot (0.6948)^{0.33} = 37 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad (9)$$

Perpindahan konveksi yang terjadi dapat dilihat pada Persamaan (10),

$$H_{konveksi} = \frac{Q}{t} = h \cdot A \cdot \Delta T = 37 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 18.08 \text{ m}^2 \cdot 420 \text{ °C} = 280.963 \text{ J/detik} \quad (10)$$

e. Perpindahan panas secara radiasi

Perpindahan panas radiasi terjadi dari pembakaran biomassa pada bagian bawah dapur pemanas ke dinding bagian bawah *drum kiln* bagian dalam. Besar perpindahan panas radiasi dapat dihitung dengan persamaan (11), dimana *P* merupakan laju perpindahan panas radiasi (J/detik), *Q* adalah kalor (J), *t* adalah waktu (detik), *e* merupakan parameter koefisien emisivitas dengan nilai 0.57, σ adalah nilai konstanta *Stefan* sebesar 5.67×10^{-8} W/m².K⁴, *A* adalah luas penampang daerah yang terkena radiasi sebesar 18.08 m² dan *T* merupakan suhu mutlak sebesar 693 K.

$$P = \frac{Q}{t} = e\sigma AT^4 = 0.57 \times 5.67 \cdot 10^{-8} \times 18.08 \text{ m}^2 \times (693 \text{ K})^4 = 134.76 \text{ J/s} \quad (11)$$

2.5. Inisiasi waktu pembakaran pada nilai rendemen

Pada pembakaran tempurung kelapa membutuhkan suhu yang tinggi di dalam drum pembakaran. Setelah tempurung kelapa dimasukkan ke dalam *drum kiln*, suhu mulai naik hingga 450 °C. Suhu pemanasan di dalam tabung menjadi penentu proses pirolisis atau pengarangan tempurung kelapa. Disisi lain waktu pengarangan juga sangat menentukan rendemen arang yang dihasilkan. Adapun waktu pembakaran dan temperatur pembakaran tempurung kelapa diuraikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian inisiasi waktu pembakaran dan temperatur pemanasan

No	Waktu pembakaran (Jam)	Bahan baku (kg)	Suhu (°C)
1	2	20	450
2	3	20	450
3	4	20	450
4	5	20	450

Untuk menghitung rendemen arang yang dihasilkan dari variasi waktu proses pada temperatur pemanasan 450 °C dapat digunakan persamaan (12), dimana R merupakan nilai rendemen arang, j adalah jumlah hasil pembakaran (kg) dan b adalah bahan baku (kg)

$$R = \frac{j}{b} \times 100\% \quad (12)$$

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil rendemen dari pembakaran arang tempurung kelapa

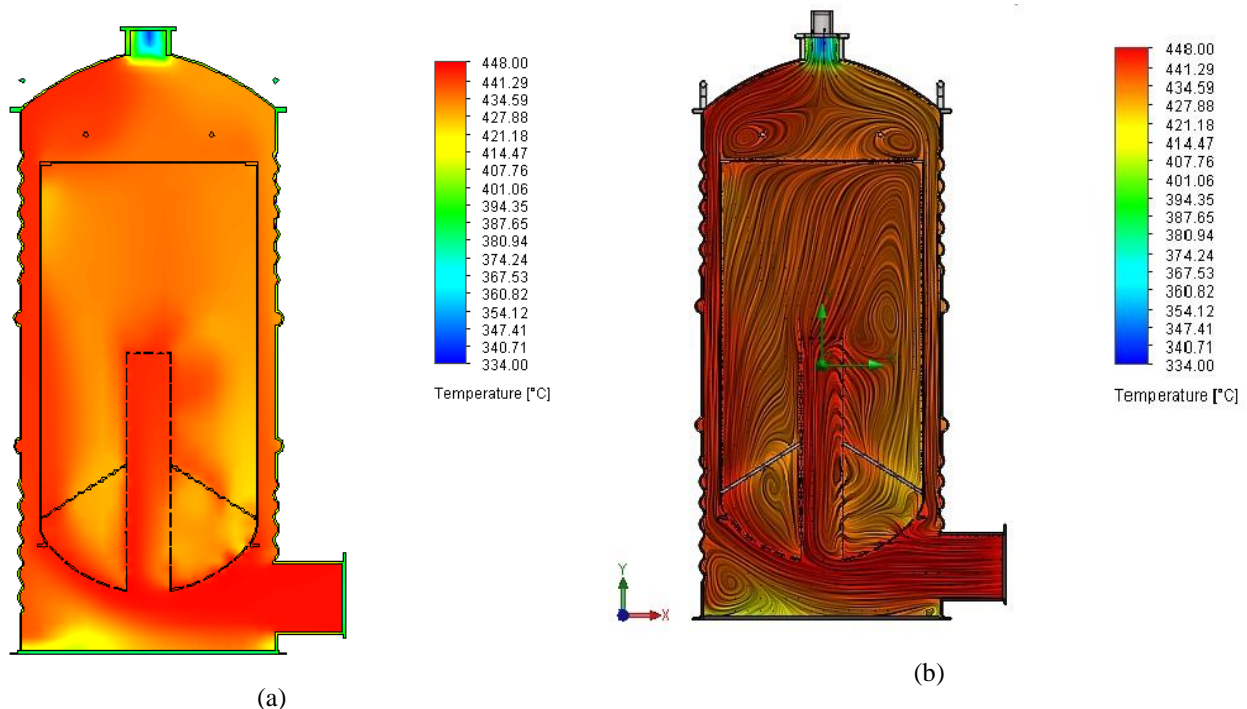
Hasil pengujian inisiasi waktu pembakaran dan suhu pemanasan dengan parameter pada Tabel 1, disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat bahwa peningkatan waktu pembakaran mengakibatkan penurunan rendemen arang yang dihasilkan, rendemen optimum diperoleh pada waktu pembakaran 2 jam yaitu menghasilkan arang sebanyak 12 kg yang apabila dinyatakan dalam bentuk persentase menghasilkan rendemen sebesar 60%. Peningkatan waktu pembakaran 3, 4 dan 5 jam masing-masing menghasilkan masing-masing rendemen sebesar 42.5%, 37.5% dan 32.5%. Rendemen terendah diperoleh pada waktu pembakaran selama 5 jam yaitu sebesar 32.5% (6.5 kg). Hasil penelitian ini lebih tinggi dibanding dengan dua hasil penelitian sebelumnya [7-8], dimana masing-masing menghasilkan rendemen sebesar 30% dan 50%. Studi yang pernah dilakukan peneliti lain [22], menyebutkan bahwa waktu optimum adalah 1 jam pada suhu 250 °C dengan rendemen sebesar 39% dan laju pemanasan 15 °C/ menit.

Tabel 2. Hasil pengujian inisiasi waktu pembakaran dan temperatur

No	Pembakaran (Jam)	Bahan baku (kg)	Suhu (°C)	Hasil Arang (kg)	Rendemen (%)
1	2	20	450	12	60
2	3	20	450	8.5	42.5
3	4	20	450	7.5	37.5
4	5	20	450	6.5	32.5

3.2. Hasil simulasi pembakaran tempurung kelapa

Hasil simulasi proses pengarangan tempurung tempurung kelapa dengan menggunakan tungku arang sistem konsentrasi asap menggunakan *software SOLIDWORKS* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.

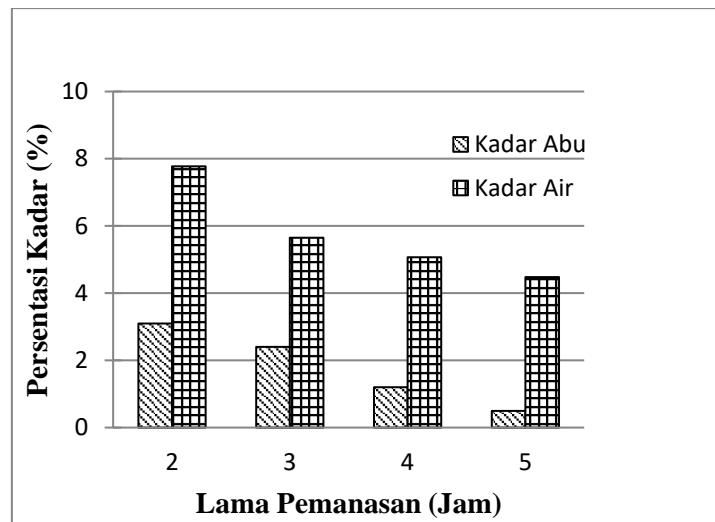


Gambar 7. Hasil simulasi proses pengarangn dengan menggunakan *SOLIDWROKS*

Aliran panas mengalir dari bagian ruang bakar ke bagian atas melalui celah dinding tabung bagian dalam dan luar. Temperatur dari dinding dalam drum kiln terlihat dari warna hasil simulasi, dimana sebagian besar dinding dalam *drum kiln* berwarna merah dimana menunjukkan temperatur dinding antara 421 °C – 448 °C, kecuali pada bagian penutup atas yang dekat cerobong asap menunjukkan temperatur yang lebih rendah berkisar antara 334 °C -360 °C (Gambar 7(a)). Aliran panas dari dapur pemanas mengalir kedalam tabung bagian dalam dan pada sisi tabung bagian luar. Aliran panas masuk kedalam tabung bagian dalam mengalir melalui pipa berdiameter 2 *inchi* yang diberikan lubang pada sekelilingnya yang menyebabkan aliran turbulen. Disisi lainnya terlihat aliran turbulen juga tampak pada bagian penutup atas dekat dengan cerobong (Gambar 7(b)).

3.3. Kadar air dan kadar abu

Gambar 8 menunjukkan hubungan antara lama waktu pemanasan terhadap kadar air dan kadar abu pada arang tempurung kelapa. Peningkatan lama waktu pemanasan dari (2, 3, 4 dan 5 jam) pada tempurung kelapa secara signifikan menurunkan kadar air dan kadar abu. Kadar air dan kadar abu tertinggi diperoleh pada waktu pemanasan 2 jam yaitu masing-masing 7.775% dan 3.1% sedangkan kadar air terendah diperoleh pada waktu pemanasan dengan waktu 5 jam proses yaitu dengan kadar air dan kadar abu masing-masing sebesar 4.482 % dan 0.5%. Hasil yang peroleh sedikit berbeda dengan penemuan peneliti lain [25], dimana diperoleh hasil optimum pada lama waktu pemanasan selama 3 jam yaitu menghasilkan kadar air dan kadar abu lebih rendah yaitu masing-masing 2.75% 2.70% pada temperatur pemanasan 450 °C, akan tetapi hanya menghasilkan rendemen yang jauh lebih rendah yaitu 30.10%.



Gambar 8. Hubungan lama waktu pemanasan terhadap persentase kadar air dan kadar abu

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu ditemukan rendemen yang paling optimum diperoleh sebesar 60% dengan waktu proses pemanasan selama 2 jam dan suhu 450 °C, dimana menghasilkan arang sebanyak 12 kg dari 20 kg tempurung kelapa yang diproses. Proses pengarangan dengan cara tradisional hanya menghasilkan arang sebanyak 6 kg yang menghasilkan rendemen 30% dengan waktu proses yang lebih lama (7 jam). Peningkatan waktu proses pemanasan 3 jam, 4 jam dan 5 jam menurunkan rendemen arang yaitu masing masing sebesar 42,5%, 37,5% dan 32,5%. Simulasi aliran panas dan perbedaan temperatur pemanasan pada beberapa bagian dari Drum kiln dengan menggunakan SOLIDWORK, ditemukan temperatur pada bagian drum bagian dalam dan samping sekitar 612 °C – 680 °C sedangkan pada bagian penutup dan cerobong asap sebesar 364 °C -590 °C. Arang yang diproduksi dengan menggunakan menggunakan alat tungku minim asap dengan sistem konsentrasi asap telah memenuhi standard SNI 06-3730-1995.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Politeknik Tanjungbalai yang telah membantu dalam pembiayaan penelitian ini dengan nomor Kontrak 01/KTRK/UPPM/ POLTAN/2022 tahun 2022.

Daftar Pustaka

- [1] A. D. Arafah and S. S. Harsono, Analysis the effect of coconut shell charcoal mixed doses and adhesive in characteristics jamu dregs briquettes. Berk. Sainstek. 2021; 9(4), p. 179.
- [2] T. A. D. Jayanti, A. Sudarmanto, and M. I. Faqih, Cold smoking equipment design of smoked fish products with closed circulation using temperature and concentration monitoring system based on arduino uno. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2020; 846(1).
- [3] B. Rahmat and Suhardjadinata, Design of coconut fruit-coat charcoal briquette-presser and its product characterization. Int. J. Sci. Technol. Res. 2022; 11(01), p. 44–48.
- [4] H. Hasan, S. Gunawan, R. Silaban, F. I. S. H. Sinaga, and J. P. Simanjuntak, An experimental study of liquid smoke and charcoal production from coconut shell by using a stove of indirect burning type. J. Phys. Conf. Ser., 2022; 2193(1).

- [5] D. G. H. Adoe, Gusnawati, dan N. Ernanto, Analisis pengaruh temperatur pada metode pirolisis dari sampah plastik PP (Polypropylene) terhadap kapasitas dan kuantitas minyak pirolisis. *J. Penelit. Enj.* 2020; 24(2), p. 177–181.
- [6] S. H. Abbas dan B. Tjiroso, Desain dan pembuatan alat destilasi asap cair (liquid smoke). *Patria Artha Technol. J.* 2021; 5(1), pp. 41–44.
- [7] Z. ilmi, Azis, P. Rizki, M. Harahap, M. Pasaribu dan S. Suherman, Pelatihan pembuatan arang dan asap cair di koperasi pertanian berkah abadi jaya desa lubuk cuik. *Semin. Nas. Univ. Muhammadiyah Semarang*, 2022; 5(2), p. 1553–1564.
- [8] I. Fredrika, Y. Polii, dan A. Sirun, Pembuatan alat untuk memproduksi arang tempurung kelapa secara pirolisis, *J. Mas. Nipake.* 2021; 1,(1), p. 32–38, 2021.
- [9] E. Styani, A. Maimulyanti, A. R. Prihadi, F. A. R. Putri, dan F. Puspita, Pemanfaatan limbah tempurung kelapa dari industri virgin coconut oil (VCO) menjadi briket arang di IKM PT. Sangkara Kota Bogor, *J. Pengabd. Masy. AKA*, 2023; 2(2), pp. 53–59.
- [10] M. H. Makaruku, V. L. Tanasale, dan N. Goo, Pemanfaatan limbah tempurung kelapa menjadi briket arang sebagai bahan bakar alternatif di Desa Kamarian Kecamatan Kairatu Kabupaten Seram Bagian Barat, *HIRPONO J. Pengabd. Masy.* 2022; 2,(2), p. 148–157.
- [11] P. Suwandono, N. R. Ismail, dan M. N. Majid, Pengaruh temperatur pada tar dan api pirolisis minyak jelantah, *Prosiding pada Conf. Innov. Appl. Sci. Technol. (CIASTECH 2020)*; 2020. pp. 657–664.
- [12] Sudding and Jamaluddin, “The processing of coconut shell based on pyrolysis technology to produce renewable energy sources. *Prosiding of Int. Conf. Math. Sci. Technol. Educ. their Appl*; October 2016, pp. 498–510.
- [13] F. S. T. Silaban, Analisis Thermal Pada Reaktor Pirolisis Bio-Arang. *Indonesia: Universitas Medan Area*; 2022, pp. 1-66.
- [14] M. Muharnif, S. A. Syaputra, M. Harahap, dkk. Review mesin pengiris keripik singkong untuk home industri. *Atds Saintech J. Eng.* 2021; 2(2), pp. 29–37.
- [15] J. Han, Y. Choi, and J. Kim, Development of the process model and optimal drying conditions of biomass power plants. *ACS Omega.* 2020; 5(6), pp. 2811–2818.
- [16] D. Suharlan, D. S. Siagian, dan M. N. H. Pasaribu, Rancang bangun alat pembakaran minim asap pada tungku arang dengan sistem konsentrasi asap. *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.* 2023; 2(2), pp. 35–52.
- [17] N. K. Caturwati, E. Suhendi, dan E. Prasetyo, Pengaruh temperatur dan waktu pyrolisis terhadap nilai kalor briket tempurung kelapa sawit. *Tek. J. Sains dan Teknol.* 2014; 10(2), pp. 162,.
- [18] S. Suherman, M. K. Anwar, A. Hariyanto, M. Harahap, S. A. Syahputra, dan A. Sai'in, Pengaruh jenis adonan terhadap jumlah cacat produksi pakan ikan bentuk pellet apasitas produksi 26 kg/jam. *Jurnal Rekayasa Mesin.* 2022; 17(3), pp. 369–380, 2022.
- [19] F. D. Saputro, I. Syafa'at, dan T. Priangkoso, Studi rambatan panas pada pemodelan pirolisator kapasitas 20 liter menggunakan computational fluid dynamics. *J. Ilm. Momentum.* 2019; 15(2), pp. 162–166.
- [20] O. A. Ortiz, G. I. Suárez, and A. Nelson, Dynamic simulation of a pilot rotary kiln for charcoal activation. *Comput. Chem. Eng.* 2005; 29(8), pp. 1837–1848, 2005.
- [21] R. M. Sari, S. Gea, B. Wirjosentono, S. Hendrana, and Y. A. Hutapea, Improving quality and yield production of coconut shell charcoal through a modified pyrolysis reactor with tar scrubber to reduce smoke pollution. *Polish J. Environ. Stud.* 2020; 29(2), pp. 1815–1824.

- [22] Fauzan, Pengaruh efek parameter pirolisis terhadap yield asap cair dan arang pada proses pirolisis cangkang kemiri dengan reaktor pipa api. Prosiding dari Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Jakarta; November 2015, pp. 1–4.
- [23] M. M. Hasan, M. G. Rasul, M. I. Jahirul, and M. M. K. Khan, Modeling and process simulation of waste macadamia nutshell pyrolysis using Aspen Plus software. *Energy Reports*. 2022; 8, pp. 429–437.
- [24] A. Alnouss, P. Parthasarathy, H. R. Mackey, T. Al-Ansari, and G. McKay, Pyrolysis study of different fruit wastes using an Aspen Plus Model. *Front. Sustain. Food Syst.* 2021; 5, pp. 1–8.
- [25] R. Hasibuan and H. M. Pardede, Pengaruh suhu dan waktu pirolisis terhadap karakteristik arang dari tempurung kelapa. *J. Tek. Kim. USU*. 2023; 12(1), pp. 46–53.