

Rancang Bangun Alat Pembakaran Minim Asap Pada Tungku Arang Dengan Sistem Konsentrasi Asap

Didy Suharlan¹, Deni Syahreiza Siagian², M. Nuh Hudawi Pasaribu³

^{1,2,3}Politeknik Tanjungbalai

E-mail: didysuharlan@ymail.com¹

Abstract. *This design aims to design a smoke-less combustion device in a charcoal stove with a smoke concentration system which is expected to minimize the smoke generated from burning coconut shell charcoal. The design implementation was carried out in the workshop of the Mechanical Engineering Study Program, Maintenance and Repair of the Tanjungbalai Polytechnic. This tool has two tubes, the inner tube is in the form of a cylinder, the overall height is 930 mm, and the diameter is 480 mm with a reactor tube capacity of 17 liters, the coconut shell is 25 kg. The outer tube is cylindrical in shape, has a height of 1200 mm and a diameter of 560 mm. This heat conducting pipe is made of stainless which is inside the 2nd tube or inner tube, this pipe has a height of 380 mm and a width of 60 mm in diameter. This pipe also has 12 holes and 1 hole at the top.*

Keywords: *Coconut Shell, Tube Pipe, Mechanical Tools Design, Polytechnic of Tanjungbalai*

Abstrak. Penelitian Rancang Bangun alat ini memiliki tujuan untuk pembakaran tanpa asap pada tungku arang dengan sistem konsentrasi asap yang diharapkan dapat meminimalisir asap yang dihasilkan dari pembakaran arang tempurung kelapa. Implementasi desain dilakukan di bengkel Program Studi Teknik Mesin Pemeliharaan dan Perbaikan Politeknik Tanjungbalai. Alat ini memiliki dua tabung, tabung bagian dalam berbentuk silinder, tinggi keseluruhan 930 mm, dan diameter 480 mm dengan kapasitas tabung reaktor 17 liter, batok kelapa 25 kg. Tabung luar berbentuk silinder, memiliki tinggi 1200 mm dan diameter 560 mm. Pipa penghantar panas ini terbuat dari bahan stainless yang berada didalam tabung ke 2 atau inner tube, pipa ini memiliki tinggi 380 mm dan lebar diameter 60 mm. Pipa ini juga memiliki 12 lubang dan 1 lubang di bagian atas.

Kata kunci: Tempurung Kelapa, Pipa Tabung, Perancangan Alat Mekanik, Politeknik Tanjungbalai.

LATAR BELAKANG

Teknologi pembuatan arang tempurung kelapa dengan kiln drum adalah suatu metode pembuatan arang yang murah dan sederhana tetapi dapat menghasilkan randemen dan kualitas arang tempurung arang tempurung kelapa yang cukup tinggi. Pengembangan teknologi pembuatan arang tempurung kelapa, memiliki keuntungan. Keuntungannya yakni memiliki kalor yang lebih tinggi, dan juga diperoleh tidak dengan merusak lingkungan, (lingkungan yang bersih). Hal ini dikarenakan arang tempurung kelapa berasal dari limbah hasil kelapa parut dan limbah produk kopra. Sedangkan arang kayu memiliki nilai kalor yang rendah, jika dibandingkan dengan arang tempurung kelapa, dan bahan baku arang kayu berasal dari jenis kayu tertentu, yang pada umumnya diperoleh dengan cara menjarah hutan.

Teknologi kiln drum ini dapat diterapkan pada industri rumah tangga di perdesaan karena bahan konstruksi drum bekas mudah diperoleh dengan harga yang relatif murah. Disamping itu apabila potensi tempurung kelapa disuatu daerah cukup besar maka cara drum ini dapat juga dikembangkan kedalam skala industri kecil atau menengah sehingga hasil arangnya dapat untuk memasok kebutuhan arang tempurung kelapa baik untuk kebutuhan industry dalam negeri maupun untuk ekspor. Desain rancang bangun tungku arang ini untuk program lingkungan sehat dengan mengurangi asap yang di timbulkan.

Disisi lain pembuatan arang tempurung kelapa, dilakukan masih dengan cara tradisional, dan ada yang menggunakan drum. Cara pembuatan arang tempurung kelapa dengan cara tradisional, dilakukan dengan cara tempurung kelapa, ditumpuk-tumpuk, dan dibakar pada tempat terbuka, bara hasil pembakaran tersebut disirami dengan air, selanjutnya bara yang telah menjadi arang dijemur guna membebaskan air dari arang tersebut.

KAJIAN TEORITIS

A. Tempurung Arang Kelapa

Tempurung arang kelapa yaitu sebuah arang yang dibuat dari bahan dasar tempurung kelapa. Pemanfaatan arang tempurung kelapa ini termasuk cukup strategis sebagai sektor usaha. Hal ini di karenakan banyak masyarakat yang jarang memanfaatkan tempurung atau batok kelapanya. Selain dimanfaatkan dengan dibakar langsung, arang

tempurung kelapa biasanya diolah lebih lanjut menjadi briket dan hingga saat ini digunakan oleh masyarakat untuk keperluan rumah tangga, usaha maupun industri(Ycaza & Barre, 2018).

Tempurung arang kelapa kebanyakan hanya dianggap sebagai limbah industri pengolahan kelapa, ketersediaannya yang melimpah dianggap masalah lingkungan, namun renewable, dan murah. Padahal arang tempurung kelapa ini masih dapat diolah lagi menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi yaitu sebagai karbon aktif atau arang aktif. Salah satu produk yang bernilai ekonomi yang dibuat dari tempurung kelapa adalah arang aktif. Tempurung ini sangat cocok untuk dijadikan bahan baku dari karbon aktif karena memiliki kandungan selulose, hemiselulose, dan lignin. Karbon aktif memegang peranan yang penting baik sebagai bahan baku maupun sebagai bahan pembantu pada proses industri dalam meningkatkan kualitas atau mutu produk yang dihasilkan, seperti pada industri pengolahan air minum, industri gula, industri obat-obatan dan masih banyak lagi penggunaan karbon aktif yang terlihat pada gambar 1 di bawah ini(El-batrawy, 2019; Khusaini et al., 2021) .



Gambar 1. Tempurung Arang Kelapa

Teknologi pembuatan arang tempurung kelapa dengan kiln drum adalah suatu metode pembuatan arang yang murah dan sederhana tetapi dapat menghasilkan randemen dan kualitas arang tempurung arang tempurung kelapa yang cukup tinggi. Pengembangan teknologi pembuatan arang tempurung kelapa, memiliki keuntungan (Hartoyo, 1990). Keuntungannya yakni memiliki kalor yang lebih tinggi, dan juga diperoleh tidak dengan merusak lingkungan, (lingkungan yang bersih) (Dare et al., 2021). Hal ini dikarenakan arang tempurung kelapa berasal dari limbah hasil kelapa parut dan limbah produk kopra(Rahmat & Suharjadinata, 2022). Sedangkan arang kayu

memiliki nilai kalor yang rendah, jika dibandingkan dengan arang tempurung kelapa, dan bahan baku arang kayu berasal dari jenis kayu tertentu, yang pada umumnya diperoleh dengan cara menjarah hutan(Mopoung & Udeye, 2017; Yusuf et al., 2023).

Disisi lain pembuatan arang tempurung kelapa, dilakukan masih dengan cara tradisional, dan ada yang menggunakan drum (Lubwama et al., 2021). Cara pembuatan arang tempurung kelapa dengan cara tradisional, dilakukan dengan cara tempurung kelapa, ditumpuk-tumpuk, dan dibakar pada tempat terbuka, bara hasil pembakaran tersebut disirami dengan air, selanjutnya bara api yang telah menjadi arang dijemur guna membebaskan air dari arang tersebut (Bello et al., 2015).

Teknologi kiln drum ini dapat diterapkan pada industri rumah tangga di perdesaan karena bahan konstruksi drum bekas mudah diperoleh dengan harga yang relatif murah. Disamping itu apabila potensi tempurung kelapa disuatu daerah cukup besar maka cara drum ini dapat juga dikembangkan kedalam skala industri kecil atau menengah sehingga hasil arangnya dapat untuk memasok kebutuhan arang tempurung kelapa baik untuk kebutuhan industry dalam negeri maupun untuk ekspor. Desain rancang bangun tungku arang ini untuk program lingkungan sehat dengan mengurangi asap yang di timbulkan(Amponsah et al., 2022; Intara et al., 2021; Odesola et al., 2019).

B. Metode Karbonisasi Arang

Sampai saat ini ada beberapa metode yang digunakan untuk proses karbonisasi arang secara sederhana, yaitu :

1. Earth Pit Kiln

Pembuatan arang dengan metode ini merupakan cara yang paling sederhana, dimana bahan baku arang (kayu atau tempurung kelapa) diletakkan di dalam tanah yang terlebih dahulu telah digali sampai ketinggian rata dengan tanah kemudian di atasnya diberi daun-daun kering sebagai pemicu nyala api yang terlihat pada gambar 2 dibawah ini. Setelah api menyala hingga bagian paling bawah, pada bagian atas kemudian ditutup dengan tanah hingga semua bagian kayu tertutup(Fathussalam et al., 2019; Mohd Mokhtar et al., 2022).



Gambar 2. Earth Pit Kiln

2. Drum kiln

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 (dapat dipindah-pindahkan) yang terdapat pada gambar 3 dibawah ini (Hartoyo, 1990; Putra et al., 2022; Soolany & Fadly, 2020).



Gambar 3. Drum kiln

3. Brick kiln

Metode ini menggunakan proses karbonisasi arang ruang pembakaran yang terbuat dari tanah liat atau batu bata yang dibuat sedemikian rupa membentuk ruang pembakaran kemudian bahan baku arang dimasukkan ke dalamnya dan dibakar. Metode ini memiliki keuntungan panas pembakaran yang tinggi pada gambar 4 dibawah ini (Ridwan, 2012).



Gambar 4. Brick kiln

4. *Brick kiln (Drum Kiln dengan reverse draught)*

Metode karbonisasi ini hampir sama dengan drum kiln yaitu menggunakan silinder dari logam tahan panas hanya saja terdapat cerobong yang letaknya pada bagian bawah tabung (Jayanti et al., 2020). Dengan maksud untuk mengurangi besarnya draft yang diakibatkan oleh aliran udara dan gas sisa pembakaran. Metode karbonisasi ini biasa digunakan untuk skala besar paa gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Brick kiln (Drum Kiln dengan reverse draught)

METODE PENELITIAN

Adapun metode penelitian yang dilakukan dengan beberapa tahapan penelitian ini diuraikan sebagai berikut :

1. Software aplikasi Auto Cad

AutoCAD banyak dimanfaatkan hampir di seluruh bidang rekayasa (engineering) karena memiliki banyak keunggulan. Berikut ini adalah keunggulan dari AutoCAD antara lain:

- a. Kecepatan, yaitu AutoCAD mampu menyajikan gambar yang sama dalam waktu yang lebih cepat karena tidak perlu menggambar ulang melainkan hanya mengkopi dari gambar yang telah ada. Sehingga dengan kelebihan ini, kamu dapat mengerjakan proyek gambar secara bersama-sama atau dalam satu kelompok.
- b. Kerapian, yaitu program AutoCAD mampu memberikan hasil yang rapi karena kamu dapat mencetak gambar tersebut setelah gambar selesai. Berbeda dengan gambar teknik yang dikerjakan secara manual, di mana gambar tersebut akan tersentuh oleh tangan secara terus-menerus sehingga sangat rentan mengalami kerusakan.
- c. Efisien, disebut efisien karena gambar yang telah kamu kerjakan dapat disimpan dalam harddisk ataupun alat penyimpanan lain sehingga jika sewaktu-waktu data
- d. gambar tersebut dibutuhkan, dapat dilanjutkan atau dicetak ulang.
- e. Ketepatan, yaitu dengan menggunakan AutoCAD gambar yang dihasilkan dapat dibuat setepat-tepatnya karena CAD dapat membuat gambar lebih terlihat realistis (Bantu et al., 2018; Intara et al., 2021; Januar, 2022; Mohd Mokhtar et al., 2022; Odesola et al., 2019; Suherman et al., 2022; Tahir et al., 2020)..

2. Design dan Performace

Desain produk meliputi perhitungan dari :

- a. Rumus Volume Tabung Dalam

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

Keterangan :

V = Volume tabung (m^3).

= Phi (3,14)

r = Jari-jari tabung (m).

t = Tinggi tabung (m)

- b. Rumus Perhitungan Berat Jenis

$$w = m \cdot g \quad (2)$$

Keterangan:

w = Berat benda ($kg \cdot m/s^2$ atau N).

m = Massa benda (kg).

g = Percepatan gravitasi (m/s^2).

- c. Rumus Perpindahan Panas Secara Konduksi

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{k.A.\Delta T}{L} \quad (3)$$

Keterangan :

H = Laju perpindahan kalor (J/s atau Watt).

Q = Kalor (J atau Kal).

t = Waktu (sekon).

K = Konduktivitas termal (W/mK).

A = Luas penampang (m^2).

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}C$ atau K)

L = Panjang logam pengantar.

- d. Rumus Perpindahan Panas Secara Konveksi

$$H = \frac{Q}{t} = h.A.\Delta T \quad (4)$$

Keterangan :

H = Laju perpindahan kalor (J/s atau Watt).

Q = Kalor (J atau Kal).

t = Waktu (sekon).

H = Koefisien konveksi termal.

A = Luas penampang (m^2).

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}C$ atau K)

- e. Rumus Perpindahan Panas Secara Radiasi

$$P = \frac{Q}{t} = e\sigma AT^4 \quad (5)$$

Keterangan :

P = Daya radiasi (W atau J/s).

Q = Energi berupa kalor (J).

t = waktu (s).

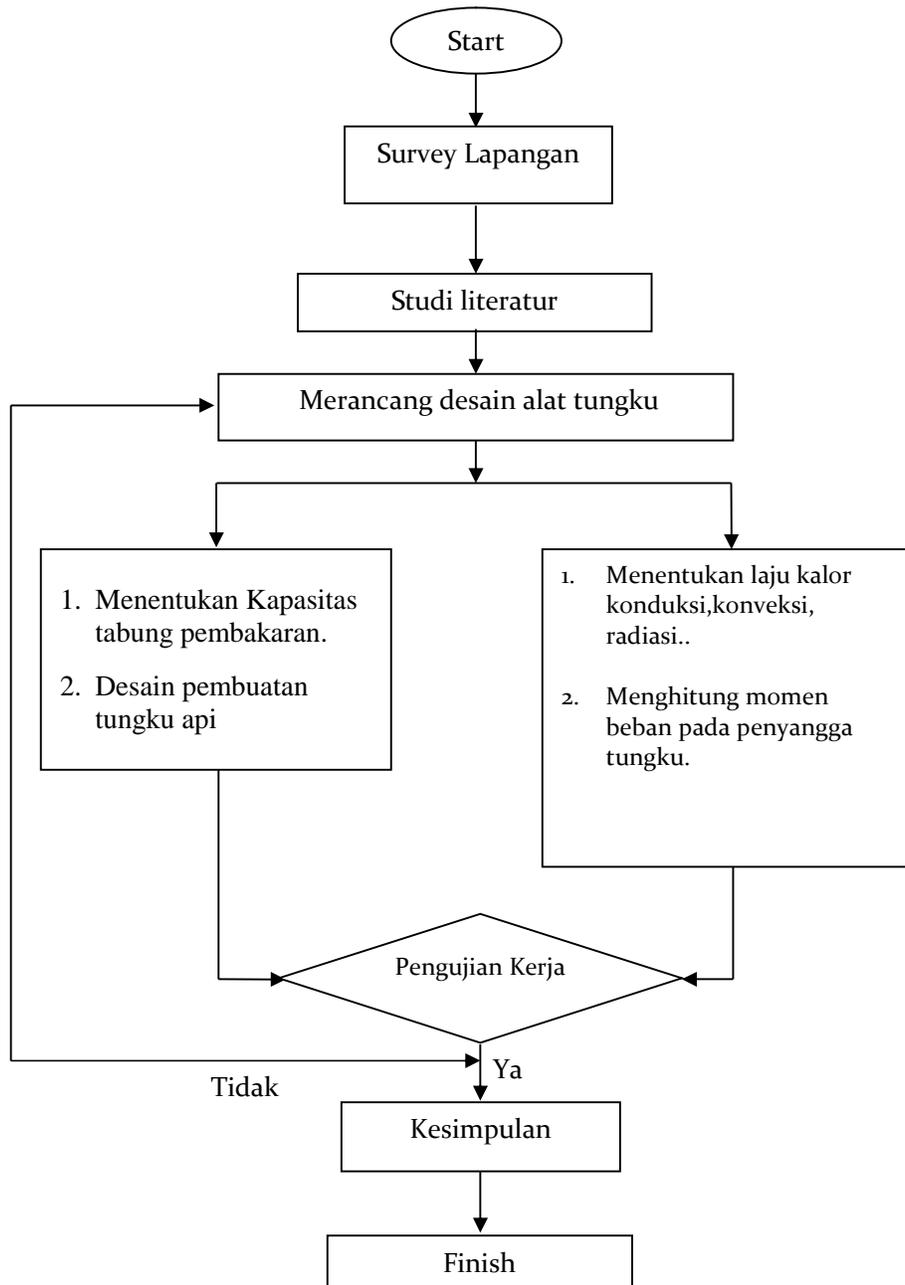
e = Emisivitas benda (e = 1 untuk benda hitam).

= konstanta Stefan-Boltzmann.

A = luas permukaan (m^2).

T = Suhu (Kelvin).

3. Diagram Alir Proses Rancang Bangun

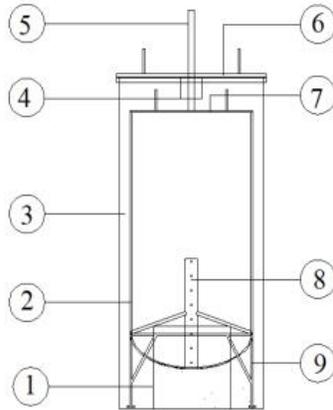


Gambar 6. Diagram Alir Rancang Bangun

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rancangan Struktural

Bahan, bentuk, dan ukuran merupakan faktor penting pada proses perancangan tungku arang. Rancangan ini terdiri dari tabung luar serta ruang pembakaran, tabung dalam, penyangga, pipa stainless, tutup tabung luar, tutup drum dalam, pipa pada tutup drum dalam dan bagian luar. Pada gambar 7 di bawah ini di desain dengan menggunakan aplikasi AutoCad.

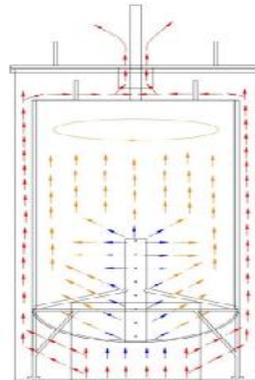


Gambar 7. Desain alat

Pada gambar 7 diatas diuraikan dapat diuraikan pada Tabel 1 dibawah ini :

No	Bagian Alat	Bahan Material	Fungsi
1	Ruang Bakar	Drum oil	Sebagai penopang atau peyangga tabung dalam
2	Tabung Dalam	Drum oil	Sebagai menjaga api dari ruang pembakaran agar dapat menghantarkan panas ke dinding drum dalam.
3	Tubung Luar	Drum oil	Sebagai tempat untuk mengarangkan bahan baku.
4	Cerobong Asap Tabung Dalam	Pipa besi	Sebagai alas untuk tabung dalam.
5	Cerobong Api	Pipa besi	Sebagai penghantar api pembakaran di tabung dalam.
6	Tutup Tabung Luar	Drum oil	Sebagai penutup tabung luar .
7	Tutup Tabung Dalam	Drum oil	Sebagai penutup tabung dalam.
8	Pipa Penghantar Panas	Pipa stainless	Berfungsi untuk pembuangan asap hasil pembakaran di ruang bakar.
9	Penyangga	Besi beton Ts 280	Berfungsi untuk pembuangan asap hasil pengarangkan di tabung di dalam dan tempat untuk melihat asap pengarangkan.

2. Prinsip Kerja dari Alat Tungku Arang Dengan System Konsentrasi Asap



Gambar 8. Rancangan sirkulasi kinerja Alat Tungku Arang Dengan System Konsentrasi Asap

Prinsip kerja alat pada gambar diatas dapat diuraikan bahwa pembakaran yang terjadi pada ruang bakar akan menyebarkan api dan panas melalui celah antara tabung pertama dan kedua sampai ke atas, api juga masuk melalui lobang pada alas tabung kedua untuk membakar tempurung kelapa atau bahan baku yang digunakan. Tabung ke 2 ini memiliki tutup yang rapat (vacum) sehingga panas yang didalam juga akan terperangkap di dalam untuk mengarangkan bahan baku, sehingga asap yang dihasilkan dari pembakaran didalam tabung kedua akan terkonsentrasi (terfokus) hanya didalam tabung tersebut.

3. Perhitungan

a. Rumus Volume Tabung Dalam

Perhitungan Volume Tabung Dalam sebagai berikut;

$$V = \pi r^2 \times t$$

Diketahui diameter tabung kedua 480 mm, dan tinggi tabung 930 mm.

Radius nya adalah $480 : 2 = 240$ mm atau 24 centimeter.

Tinggi nya adalah 930 mm atau 93 centimeter.

Maka :

$$V = \pi r^2 \times t$$

$$\begin{aligned} V &= 3,14 \times 24^2 \times 93 \\ &= 168,20 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

b. Berat Jenis

Rapat massa adalah besarnya massa benda yang terkandung dalam setiap volume benda.

$$\text{Maka : } \rho = \frac{M}{V} = \frac{245,25 \text{ N}}{168,20 \text{ cm}^3} = 1,458 \text{ kg/m}^3.$$

Berat jenis 25 kg tempurug kelapa = $1,458 \text{ kg/m}^3$.

Kapasitas tabung *reaktor* = 25 kg.

$$\text{tempurung kelapa} = 1,458 \text{ kg/m}^3.$$

$m_{reaktor} = 25$ kg.

$$\text{Maka : } V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{25 \text{ kg}}{1,458 \text{ kg/m}^3} = 0,017 \text{ m}^3$$

Karena 1 m^3 adalah 1000, maka

$$: 0,017 \times 1000 = 17 \text{ liter.}$$

c. Perpindahan Panas Secara Konduksi

Rumusnya sebagai berikut :

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L}$$

Keterangan :

H = Laju perpindahan kalor (J/s atau Watt).

Q = Kalor (J atau Kal).

t = Waktu (sekon).

k = Konduktivitas termal (W/mK).

A = Luas penampang (m^2).

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}C$ atau K).

L = Panjang logam pengantar.

Diketahui :

$$\Delta T = 450^{\circ}C - 30^{\circ}C = 420^{\circ}C$$

$$A = 18,08 \text{ m}^2$$

$$L = 800 \text{ mm} = 0,8 \text{ m}$$

Maka :

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L}$$

$$= \frac{Q}{t} = \frac{0,05298 \cdot 18,08 \cdot 420}{0,8}$$

$$= \frac{420,30}{0,8} = 502,8 \text{ J/s}$$

d. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Rumusnya sebagai berikut :

$$H = \frac{Q}{t} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Keterangan :

H = Laju perpindahan kalor (J/s atau Watt).

Q = Kalor (J atau Kal).

t = Waktu (sekon).

h = Koefisien konveksi termal.

A = Luas penampang (m^2).

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$ atau K).

Untuk mendapatkan nilai koefisien konveksi termal (h) dapat menggunakan rumus sebagai berikut : $h = 0,664 \times \frac{k}{L} ReL^{0,5} Pr^{0,333}$

Keterangan :

k = Konduktivitas termal (W/mK).

L = Panjang pelat (m).

Re = Bilangan Reynold.

Pr = Bilangan Prandtl.

Untuk mendapatkan nilai Re dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Re = \frac{vL}{\mu}$$

Keterangan :

v = Kecepatan fluida (m/s).

L = Panjang pelat (m).

μ = Viskositas Kinematis (m^2/s).

$$\text{Maka : } Re = \frac{vL}{\mu}$$

$$Re = \frac{(5\text{ m/s})(0,93)}{3,261 \times 10^{-5}}$$
$$= \frac{4,65}{3,261 \times 10^{-5}} = 1425943$$

Maka dapat ditentukan nilai (h) sebagai berikut :

$$h = 0,664 \times \frac{k}{L} ReL^{0,5} Pr^{0,333}$$

$$h = 0,664(50,15 \times 10^{-3})(1425943^{0,5})(0,6948^{0,333})/0,93$$
$$= 37 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Maka nilai konveksi nya adalah :

$$H = \frac{Q}{t} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\frac{Q}{t} = 37 \times 18,08 \times 420$$
$$= 280,963 \text{ J/s}$$

e. Perpindahan Panas Secara Radiasi

$$P = \frac{Q}{t} = e\sigma AT^4$$

$$e = 0,57$$

$$A = 18,08$$

$$\text{Maka : } P = \frac{Q}{t} = e\sigma AT^4$$

$$P = \frac{Q}{t} = (0,57)(5,67 \cdot 10^{-8})(18,08)(693)^4$$
$$= 134,76 \text{ J/s}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil Rancangan Dan Kinerja Alat Pembakaran Minimum Asap Pada Bahan Bakar Arang Dengan Sistem Konsentrasi Asap dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (1). Alat pembakaran tanpa asap tersebut memiliki tabung reaktor atau tabung karbonasi arang dengan kapasitas silinder 25 kg dengan volume 168,20 cm³ yang setara dengan 17 liter berat tempurung kelapa 25 kg. Dengan sistem pembakaran yang kompleks sistem pembakaran pada komponen tungku di dalam ruang bakar, sehingga tabung reaktor mendapatkan reaksi laju perpindahan panas berupa konduksi sebesar (502,8 J/s), konveksi sebesar (280,963 J/s), radiasi dari (134,76 J/s). (2). Hasil desain pada analisis kekuatan rangka penyangga tabung reaktor dapat disimpulkan bahwa beban penyangga maksimum lebih besar dari berat tabung reaktor, yaitu 600 kg/(cm)², sangat aman untuk menopang beban berat tabung reaktor. tabung reaktor yang beratnya hanya 30 kg.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Perawatan Dan Perbaikan yang telah memberikan banyak inspirasi untuk penelitian ini. Tujuan dari pengembangan rancang bangun alat pembakaran tanpa asap pada tungku arang dengan sistem yang bertujuan untuk meningkatkan kreatifitas dosen dan mahasiswa Politeknik Tanjungbalai

DAFTAR REFERENSI

- Amponsah, S. K., Asare, H., Okyere, H., Owusu-Asante, J. O., Minkah, E., & Ketemepi, H. K. (2022). Performance Characterization of a Locally Developed Fish Smoke-Drying Kiln for Charcoal and Briquette. *Journal of Agricultural Science*, 14(11), 43. <https://doi.org/10.5539/jas.v14n11p43>
- Bantu, A. A., Nuwagaba, G., Kizza, S., & Turinayo, Y. K. (2018). Design of an Improved Cooking Stove Using High Density Heated Rocks and Heat Retaining Techniques. *Journal of Renewable Energy*, 2018, 9620103. <https://doi.org/10.1155/2018/9620103>
- Bello, S. R., Onilude, M. A., & Adegbulugbe, T. A. (2015). Design and Performance Evaluation of Supplemental Air Supplied Charcoal Stove. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*, 54(July), 1–10. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ilcpa.54.1>
- Dare, F., Christopher, O., & Okusanya, M. (2021). Impact of Improved Smoking Kiln Design on Hygiene and Timeliness of Drying of Smoked Fish. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 02(01), 133–155. <https://doi.org/10.46592/turkager>
- El-batrawy, O. A. (2019). Air Quality around Charcoal Making Kilns and the Potential Health Hazards. *International Journal of Environment*, 180–188. <https://doi.org/10.36632/ije/2019.8.4.4>
- Fathussalam, M., Putranto, A., Argo, B., Harianti, A., Oktaviani, A., Puspaningarum, F., & Putri, S. (2019). Rancang Bangun Mesin Produksi Asap Cair Dari Tempurung Kelapa Berbasis Teknologi Cyclone-Redistillation. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 7, 148–156. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i2.113>
- Hartoyo, N. H. (1990). Pembuatan Arang Rendemen Tinggi Dari Tempurung Kelapa Dengan Kiln Drum. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol 7, No 4 (1990): Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 134–138. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/jphh.1990.7.4.134%20-%20138>
- Intara, Y. I., Budiyanto, Caniago, Z., & Aldo, R. (2021). Development of Type Drum Kiln to Make Charcoal and Wood Vinegar for The Utilization of Coconut Shell Waste. *Proceedings of the International Seminar on Promoting Local Resources for Sustainable Agriculture and Development (ISPLRSAD 2020)*, 13(Isplrsad 2020), 413–419. <https://doi.org/10.2991/absr.k.210609.064>
- Januar, J. (2022). Design of a Light Intensity Regulator with Remote Control for Incandescent Lamps. *Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam LLDikti Wilayah 1 (JUMPA)*, 2(2), 94–101. <https://doi.org/10.54076/jumpa.v2i2.228>
- Jayanti, T. A. D., Sudarmanto, A., & Faqih, M. I. (2020). Cold Smoking Equipment Design of Smoked Fish Products with Closed Circulation Using Temperature and Concentration Monitoring System Based on Arduino Uno. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 846(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/846/1/012025>

- 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, 106–114. <https://doi.org/10.24127/armatur.v2i2.1450>
- Lubwama, M., Yiga, V. A., Ssempijja, I., & Lubwama, H. N. (2021). Thermal and mechanical characteristics of local firewood species and resulting charcoal produced by slow pyrolysis. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01840-z>
- Mohd Mokhtar, N., Bappu, M., Fazli, W., Wilson, L., Thorairajoo, J., Yunus, N., Ramli, R., & Hadi, M. (2022). Design, Fabrication and Performance Evaluation of Charcoal Barbecue with Air Ventilation System. *Journal of Agricultural Science*, 14(11), 237–247. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2890-1_24
- Mopoung, S., & Udeye, V. (2017). Characterization and Evaluation of Charcoal Briquettes Using Banana Peel and Banana Bunch Waste for Household Heating. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(2), 353–365. <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2017.353.365>
- Odesola, I. F., Ige, E. O., & Yunus, I. O. (2019). Design and Performance Evaluation of Energy Efficient Biomass Gasifier Cook Stove Using Multi Fuels. *Journal of Energy Research and Reviews*, October, 1–7. <https://doi.org/10.9734/jenrr/2019/v3i430103>
- Putra, N. E., Aris, Y., & Novi Munti, S. (2022). Rancang Bangun Kompor Biomassa sebagai Kompor Ramah Lingkungan. *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 5(1), 55–67. <https://doi.org/10.31004/jutin.v5i1.9789>
- Rahmat, B., & Suharjadinata, R. (2022). Design Of Coconut Fruit-Coat Charcoal Briquette-Presser And Its Product Characterization. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 11, 45–48.
- Ridwan, A. (2012). Rancang Bangun Tungku Biomassa Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan Pada Tungku Tradisional Masyarakat Berbahan Bakar Kayu. *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 3(1), 69–78. <https://doi.org/10.37859/jp.v3i1.151>
- Soolany, C., & Fadly, F. (2020). Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Tungku Drum Kiln Pada Proses Produksi Arang Kulit Durian Sebagai Alternatif Bahan Bakar. *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6, 34. <https://doi.org/10.32832/ame.v6i2.3259>
- Suherman, S., Anwar, M. K., Hariyanto, A., Harahap, M., Syahputra, S. A., & Sai'in, A. (2022). Pengaruh Jenis Adonan terhadap Jumlah Cacat Produksi Pakan Ikan Bentuk Pellet Kapasitas Produksi 26 kg/jam. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(3), 369–380. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32497/jrm.v17i3.3294>
- Tahir, M., Salengke, S., Mrsalim, Metusalach, & Caesarendra, W. (2020). Performance of smokehouse designed for smoking fish with the indirect method. *Processes*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/pr8020204>
- Ycaza, S. R., & Barre, J. T. (2018). Charcoal briquettes from dried mango leaves (DML) - an alternative solid fuel source. *Ciencia*, 37, 13–24.

Yusuf, M., Witdarko, Y., Pamungkas, W., Parjono, P., & Suryadi, S. (2023). Characteristics of Charcoal Briquettes from Rice Husk Waste with Compaction Pressure Variations as an Alternative Fuel. *Journal of Ecological Engineering*, 24(4), 237–243. <https://doi.org/10.12911/22998993/159966>