

SKRIPSI

**ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA PROSES PEMBAKARAN
BATOK KELAPA MENJADI ARANG**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Strata
Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat



Oleh

Hanafi Yahya
181000221201070

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**

HALAMAN PENGESAHAN

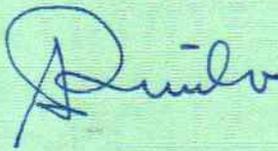
ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA PROSES PEMBAKARAN
BATOK KELAPA KELAPA MENJADI ARANG

Disusun Oleh:

HANAFI YAHYA
181000221201070

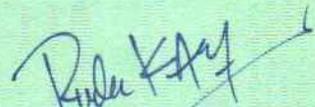
Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,



Armila, S.T., M.T.
NIDN. 1008017404

Dosen Pembimbing II,



Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T., Ph.D.
NIDN. 1023068103

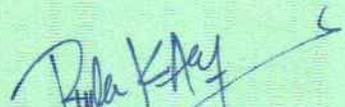
Diketahui Oleh:

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,



Masril, S.T., M.T.
NIDN. 1005057407

Ketua Program Studi
Teknik Mesin,



Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T., Ph.D.
NIDN. 1023068103

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini sudah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 31 Agustus 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

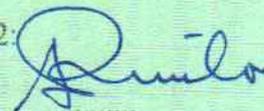
Bukittinggi, 31 Agustus 2022
Mahasiswa,



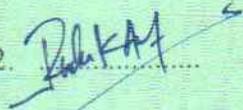
HANAFI YAHYA
181000221201070

Disetujui Tim Penguji Skripsi Tanggal 31 Agustus 2022:

1. Armila, S.T., M.T.

1. 

2. Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T., Ph.D.

2. 

3. Muchlisinalahuddin, S.T., M.T.

3. 

4. Riza Muharani, S.T., M.T.

4. 

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknik Mesin,


Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T., Ph.D.
NIDN. 1023068103

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hanafi Yahya
Tempat dan tanggal lahir : Joho, 16 Januari 2000
NIM : 181000221201070
Judul Skripsi : Analisis Perpindahan Panas Pada Proses Pembakaran Batok Kelapa Menjadi Arang.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 31 Agustus 2022
Yang membuat pernyataan

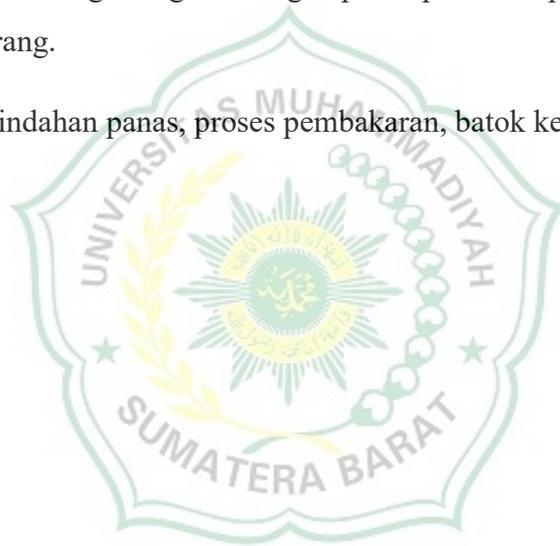


Hanafi Yahya
181000221201070

ABSTRAK

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energi pada suatu bahan karena adanya perbedaan suhu. Proses pembakaran pada batok kelapa dilakukan dengan pembakaran tidak sempurna agar tempurung kelapa tersebut menjadi arang. Tempurung dibakar secara tidak sempurna menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida, peristiwa tersebut disebut sebagai pirolisis. Proses pembakaran batok kelapa menggunakan bahan-bahan seperti batok kelapa, kayu bakar, dan minyak. Proses pengujian menggunakan alat *thermocouple* dan *stopwatch*, pengujian dibatasi dengan maksimal 25 kg batok kelapa. Tujuan dari pengujian ini untuk menghitung kehilangan panas pada saat proses pembakaran batok kelapa menjadi arang.

Kata Kunci: Perpindahan panas, proses pembakaran, batok kelapa, arang



ABSTRACT

Heat transfer is the study of energy transfer in a material due to a temperature difference. The process of burning the coconut shell is done by incomplete combustion so that the coconut shell becomes charcoal. The shell is burned imperfectly causing the complex carbon compounds not to be oxidized to carbon dioxide, the event is known as pyrolysis. The process of burning coconut shells uses materials such as coconut shells, firewood, and oil. The testing process uses a thermocouple and a stopwatch, the test is limited to a maximum of 25 kg of coconut shells. The purpose of this test is to calculate heat loss during the process of burning coconut shells into charcoal.

Keywords: Heat transfer, combustion process, coconut shell, charcoal



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

- 1 Orang tua, kakak, dan abang serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang,
- 2 Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat,
- 3 Bapak Hariyadi, S.KOM., M.KOM. Selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat,
- 4 Bapak Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin
- 5 Ibu Armila, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik,
- 6 Ibu Armila, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis,
- 7 Bapak Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
- 8 Ibu Riza Muharni, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
- 9 Bapak Muchlisinalahuddin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.

- 10 Bapak/Ibu tenaga kependidikan fakultas teknik UM Sumatera Barat.
- 11 Ari, Ajis, Kuyak, Panjang (lutfhi), Da ron, Sandi, Amaik, Bang Bro, Iseng, Arip, Ibal teman seperjuangan yang selalu saling mensupport dan teman bergadang dalam proses pembuatan skripsi.
- 12 Selanjutnya kepada rekan seperjuangan teknik mesin angkatan 18 yang selalu berjuang bersama dari awal perkuliahan sampai akhir.

Semoga semua bantuan, bimbingan dan dorongan yang telah diberikan dengan ketulusan hati menjadi amal ibadag dan semoga mendapatkan balasan pahala dari Allah SWT.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Mesin.



Bukittingi, September 2022

Penulis

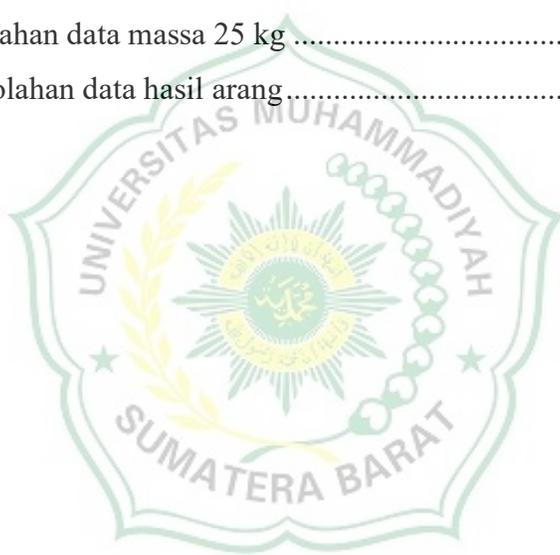
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERSETUJUAN PENGUJI	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	
<i>ABSTRACK</i>	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.2.1 Maksud.....	2
1.2.2 Tujuan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Proses Pembakaran.....	4
2.2 Perpindahan Panas	6
2.2.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi	6
2.2.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi.....	7
2.2.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi	9
2.3 Batok Kelapa	10
2.4 Arang Batok Kelapa.....	11

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN	12
3.1 Diagram Alir Perancangan.....	12
3.2 Alat/Tungku Pengujian	13
3.2.1 Tungku Pengujian	14
3.2.2 Tungku Pengujian Tampak Depan	14
3.2.3 Tungku Pengujian Tampak Samping	15
3.2.4 Tungku Pengujian Tampak Atas	16
3.3 Proses Pembakaran.....	17
3.4 Pengambilan Data	19
3.4.1 Alat.....	22
3.4.2 Bahan.....	23
BAB IV DATA DAN ANALISA	24
4.1 Data	24
4.1.1 Pengambilan Data	24
4.1.2 Pengolahan Data.....	27
4.2 Analisa	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Pengambilan data massa 15 kg	24
Tabel 4.2. Pengambilan data hasil arang.....	25
Tabel 4.3. Pengambilan data massa 20 kg	25
Tabel 4.4. Pengambilan data hasil arang.....	26
Tabel 4.5. Pengambilan data massa 25 kg	26
Tabel 4.6. Pengambilan data hasil arang.....	27
Tabel 4.7. Pengolahan data massa 15 kg.....	27
Tabel 4.8. Pengolahan data massa 20 kg	29
Tabel 4.9. Pengolahan data massa 25 kg	30
Tabel 4.10. Pengolahan data hasil arang.....	32



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Desain pembakaran batok kelapa.....	6
Gambar 2.2	Batok kelapa.....	10
Gambar 2.3	Arang tempurang kelapa	11
Gambar 3.1	Diagram alir.....	12
Gambar 3.2	Tungku pengujian 3D.....	13
Gambar 3.3	Tungku pengujian tampak depan	14
Gambar 3.4	Tungku pengujian tampak samping	15
Gambar 3.5	Tungku pengujian tampak atas.....	16
Gambar 3.6	Penimbangan bahan baku.....	17
Gambar 3.7	Pengisian bahan baku pada tabung reaktor	17
Gambar 3.9	Pengambilan data suhu awal dinding.....	19
Gambar 3.10	pengambilan data setelah proses pembakaran pada dinding.....	19
Gambar 3.11	<i>Thermocouple</i>	22
Gambar 3.12	<i>stopwatch</i>	22
Gambar 3.13	(a) Timbangan (b) jangka sorong	23
Gambar 3.14	(a) batok kelapa (b) kayu bakar (c) minyak goreng	23
Gambar 4.1	Grafik perbandingan kehilangan panas terhadap waktu pada dinding reaktor selama proses pembakaran dengan massa 15 kg	28
Gambar 4.2	Grafik perbandingan kehilangan panas terhadap waktu pada dinding reaktor selama proses pembakaran dengan massa 20 kg	29
Gambar 4.3	Grafik perbandingan kehilangan panas terhadap waktu pada dinding reaktor selama proses pembakaran dengan massa 25 kg	31
Gambar 4.4	Perbandingan berat bahan baku terhadap produksi arang.....	32

DAFTAR NOTASI

Q = laju perpindahan panas (Watt)

k = konduktifitas termal ($W/m^{\circ}C$)

A = luas Penampang (m^2)

ΔT = temperatur

ΔX = ketebalan

h = koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^{\circ}C$)

T_w = temperatur dinding ($^{\circ}C$)

T_{∞} = temperatur fluida ($^{\circ}C$)

e = emisivitas

σ = konstanta

T_1^4 = temperatur benda

T_2^4 = temperatur benda yang mengelilingi

L = luas

$$\pi = \frac{22}{7}$$

r = jari-jari

t = tinggi

Q_L = laju aliran panas

U = koefisien perpindahan panas menyeluruh

T_d = temperatur dinding

T_{ling} = temperatur lingkungan



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 menghitung parameter

Lampiran 2 tabel konduktifitas termal

Lampiran 3 gambar tektik

Lampiran 4 hasil arang batok kelapa

Lampiran 5 lembaran kartu konsultasi bimbingan skripsi

Lampiran 6 lembaran ACC



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dijuluki negara tropis yang memiliki kekayaan alam berlimpah seperti buah kelapa yang pemanfaatannya masih banyak untuk dikaji dan dikembangkan untuk dapat digunakan secara optimal[1]. Salah satu pemanfaatan buah kelapa adalah tempurung (batok) kepala, dijadikan sebagai biomassa bahan bakar berbentuk arang. Arang merupakan salah satu alternatif bahan bakar yang baik digunakan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak dan batu bara mengingat saat ini keberadaan di dunia sudah terbatas. Arang tempurung kelapa diolah menjadi briket yang digunakan keperluan rumah tangga, usaha, maupun industri. Dibandingkan dengan bahan arang, briket lebih praktis dan bersih. Pemanfaatan tempurung kelapa memiliki keuntungan yaitu penyelesaian masalah limbah tempurung kelapa bersumber dari rumah tangga dan industri yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

Saat ini pembuatan arang banyak menggunakan drum sebagai tungku pembakaran, hal ini dikarenakan terkontrolnya oksigen (O_2) yang masuk ke ruang bakar sebab kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus sedikit agar tempurung tidak habis terbakar. Penggunaan drum sebagai tempat pembakaran membuat panas di dalam ruang pembakaran mudah keluar karena sifat drum (logam) mudah menghantar panas.

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energi pada suatu bahan karena adanya perbedaan suhu[2]. Perpindahan panas terjadi dari daerah bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah dan berhenti setelah kedua daerah mencapai temperatur yang sama, perbedaan temperatur merupakan syarat utama dari perpindahan panas, jika kedua daerah mempunyai temperatur yang sama maka perpindahan panas tidak akan terjadi. Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai besarnya jumlah panas yang dipindahkan antara pemberi dan penerima panas. Proses perpindahan panas merupakan laju perpindahan sebagaimana yang terjadi di dalam peralatan teknik dan proses kimia. Dengan penelitian Christian Soolany mengenai

kehilangan panas pada proses produksi arang tempurung kelapa dengan drum[3]. Penelitian ini bermaksud untuk meneliti perpindahan panas pada proses pembakaran batok kelapa menjadi arang yang dirancang oleh rekan Arie Liswardi.

1.2 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini membahas maksud dan tujuan dari analisa perpindahan untuk proses pembakaran batok kelapa menjadi arang.

1.2.1 Maksud

Penelitian ini bermaksud menganalisa perpindahan panas untuk proses pembakaran batok kelapa yang telah dirancang.

1.2.2 Tujuan

Adapun tujuan dalam analisa ini adalah mengetahui tingkat panas yang hilang pada dinding reaktor selama proses pembakaran batok kelapa menjadi arang.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah bertujuan untuk menghindari pembahasan dan tidak terarah dan penulisan lebih spesifik dalam melakukan penelitian, adapun batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini yaitu menghitung laju kehilangan panas pada proses pembakaran batok kelapa menjadi arang.

1.4 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam pemahaman mengenai isi penulisan tugas akhir, maka penelitian ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan hal hal yang akan menjadi latar belakang penulisan, maksud dan tujuan penulisan, serta batas masalah.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan menjelaskan teori-teori yang dibutuhkan dalam penulisan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang diagram alir perancangan, study literatur, alat dan bahan, proses pengambilan data, pengolahan data. analisa data, selesai.

BAB IV DATA dan ANALISA

Pada bab ini akan berisikan tentang proses pengambilan data, data yang diambil dan analisa data.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan bab penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran dari apa yang telah dibahas lebih lanjut dalam penulisan tugas akhir.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Proses Pembakaran

Pembakaran didefinisikan sebagai kombinasi secara kimiawi dari unsur oksigen dengan unsur yang mudah terbakar dari bahan bakar (reaksi oksidasi) yang berlangsung secara cepat maupun lambat pada suhu dan tekanan tertentu[4].

Pembakaran dikatakan sempurna adalah reaktan terbakar dengan oksigen menghasilkan beberapa produk. Ketika hidrokarbon terbakar dengan oksigen, maka reaksi utama akan menghasilkan karbon dioksida dan air[5]. Ketika elemen dibakar, maka produk yang dihasilkan biasanya juga berupa oksida. Karbon dibakar menghasilkan karbon dioksida, sulfur dibakar menghasilkan sulfur dioksida, dan besi dibakar menghasilkan besi oksida. Sedangkan pembakaran tidak sempurna dihasilkan bila tidak ada oksigen yang cukup untuk membakar bahan bakar sepenuhnya menjadi karbon dioksida dan air[5].

Proses pembakaran pada batok kelapa dilakukan dengan pembakaran tidak sempurna agar tempurung kelapa tersebut menjadi arang. Tempurung dibakar secara tidak sempurna menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida, peristiwa tersebut disebut sebagai pirolisis[6]. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga sebagian besar molekul karbon yang kompleks terurai menjadi karbon atau arang. Semakin rendah kadar abu, air, dan zat yang menguap maka makin tinggi pula kadar fixed karbonnya dan mutu arang tersebut juga akan semakin tinggi.

Proses pembakaran batok kelapa menjadi arang memiliki metode-metode dalam karbonisasi arang yaitu:

1. Metode konvensional

Pembuatan arang dengan cara ini di timbun merupakan cara tradisional banyak dilakukan di pedesaan dan tidak memerlukan biaya yang tinggi[7].

Bahan baku arang (batok 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. Setelah api menyala hingga bagian paling bawah, pada bagian atas kemudian ditutup dengan tanah hingga semua bagian kayu tertutup. Hal ini untuk mengurangi suplai oksigen yang masuk ke dalam ruang karbonisasi. Arang yang dihasilkan biasanya digunakan untuk bahan bakar rumah tangga.

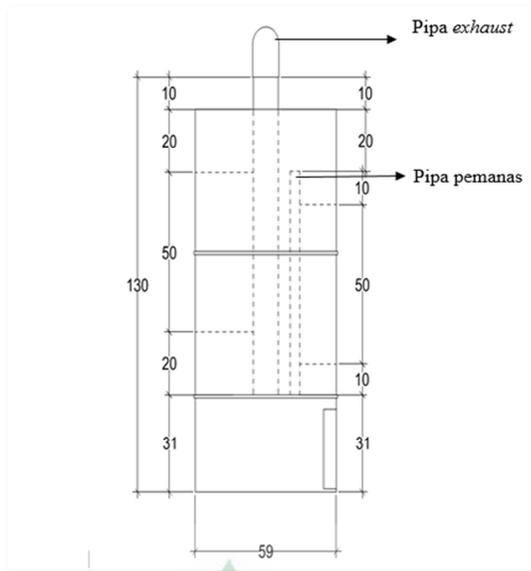
2. Metode drum

Metode ini menggunakan drum dari logam yang tahan panas (biasanya menggunakan drum oli) untuk mengkarbonisasi arang, karena biayanya yang relatif murah dan tidak terikat dengan lokasi (dapat dipindah-pindahkan). Proses Pembakaran batok kelapa menjadi arang ini umumnya digunakan untuk tujuan komersil[7]. Dengan metode drum karbonisasi dapat diamati dan diawasi melalui pengaturan udara masuk dan tidak tergantung dari cuaca pada saat itu, suhu pengarangan dapat dicapai 400-1000 dengan waktu pengolahan 2-30 jam.

3. Metode destilasi destruktif

Pembuatan arang dengan cara ini menggunakan alat yang bernama retort atau oven. Sistem pemanasan yang dilakukan di dalam atau di luar, pemanasan di dalam dilakukan dengan sirkulasi gas panas yang inert (tidak bereaksi). Suhu maksimum pengolahan sekitar 400-500°C [8].

Proses pembakaran batok kelapa menjadi arang menggunakan metode drum yang telah dirancang memiliki 2 pipa baja profil yaitu pipa pembakaran dan pipa exhaust (saluran panas) pada tungku pembakaran.



Gambar 2.1. Desain drum pembakar batok kelapa

2.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah berpindahnya energi panas dari suatu daerah ke daerah lainnya dikarenakan adanya perbedaan temperatur[9]. Dimana, energi panas berpindah dari daerah temperaturnya tinggi ke daerah temperaturnya rendah. Perpindahan panas pada umumnya dibedakan menjadi tiga cara perpindahan panas yang berbeda yaitu konduksi (hantaran), konveksi (aliran) dan radiasi (pancaran).

2.2.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Konduksi adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung[9]. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya bergabung dengan konveksi, dan dalam beberapa hal juga dengan radiasi.

Laju perpindahan panas secara konduksi menggunakan pers. 2.1.

$$q = -k \cdot A \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad \dots(2.1.)$$

dimana:

q = laju perpindahan panas (watt)

k = konduktivitas termal (W/m°C)

A = luas permukaan (m²)

ΔT = temperatur

ΔX = ketebalan

Nilai konduktivitas termal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Konduktivitas termal kebanyakan bahan merupakan fungsi suhu, dan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering kali diabaikan. Jika nilai konduktivitas termal suatu bahan semakin besar, maka semakin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Karena itu, bahan yang harga k -nya besar adalah penghantar panas yang baik, sedangkan bila k -nya kecil bahan itu kurang menghantar atau merupakan isolator.

2.2.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan dan gerakan mencampur[9]. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu rendah didalam fluida di mana mereka akan

bercampur dengan, dan memindahkan sebagian energinya pada partikel-partikel fluida lainnya.

Perpindahan panas secara konveksi antara batas benda padat dan fluida terjadi dengan adanya suatu gabungan dari konduksi dan angkutan (transport) massa. Jika batas tersebut bertemperatur lebih tinggi dari fluida, maka panas terlebih dahulu mengalir secara konduksi dari benda padat ke partikel-partikel fluida di dekat dinding. Energi yang dipindahkan secara konduksi ini meningkatkan energi di dalam fluida dan terangkut oleh gerakan fluida. Bila partikel-partikel fluida yang terpanaskan itu mencapai daerah yang temperaturnya lebih rendah, maka panas berpindah lagi secara konduksi dari fluida yang lebih panas ke fluida yang lebih dingin.

Perpindahan panas secara konveksi terjadi melalui 2 cara yaitu:

1. Konveksi bebas/alamiah (free convection)

Adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya[10]. Konveksi bebas dapat terjadi karena ada arus yang mengalir akibat gaya apung, sedangkan gaya apung terjadi karena ada perbedaan densitas fluida tanpa dipengaruhi gaya dari luar sistem. Perbedaan densitas fluida terjadi karena adanya gradien suhu pada fluida.

2. Konveksi paksaan (forced convection)

Adalah perpindahan panas yang aliran gas atau cairannya disebabkan adanya tenaga dari luar[10].

Laju perpindahan panas secara konveksi menggunakan pers. 2.2

$$Q = h \cdot A(T_2 - T_\infty) \quad \dots(2.2.)$$

dimana:

q = laju perpindahan panas konveksi (Watt)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m²°C)

A = luas penampang (m²)

T_w = temperatur dinding (°C)

T_∞ = temperatur fluida (°C)

2.2.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas tanpa perantara perpindahan panas ini terjadi antara suatu benda dengan benda lainnya yang melalui gelombang-gelombang elektromagnetik tanpa bergantung ada atau tidaknya media atau zat diantara benda yang menerima panas tersebut[9].

Laju perpindahan panas secara radiasi menggunakan pers. 2.3.

$$Q_r = eA\sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad \dots(2.3.)$$

dimana:

q_r = laju perpindahan panas radiasi (watt)

e = emisivitas

A = luas permukaan (m²)

σ = konstanta

$$5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

T_1^4 = temperatur benda (K)

T_2^4 = temperatur benda yang mengelilingi (K)

2.3 Batok Kelapa

Batok kelapa merupakan bagian dari buah kelapa yang paling keras dibandingkan dengan bagian kelapa lainnya, berat tempurung kelapa ini sekitar (15 sampai 19) % dari berat keseluruhan buah kelapa, sedangkan ketebalannya sekitar 3 sampai 5 mm[11]. Tempurung kelapa memiliki sifat difusi termal yang baik dibandingkan dengan bahan lain seperti kayu sehingga menjadikannya memiliki peluang besar sebagai bahan bakar pengganti.

Kualitas batok kelapa yang memenuhi syarat untuk dijadikan arang adalah kelapa yang benar benar tua, keras, masih utuh dan dalam keadaan kering. Untuk pembuatan arang kelapa yang benar benar berkualitas, tempurung kelapa harus bersih dan terpisah dari sabutnya, sedangkan untuk mengetahui kualitas yang baik dari arang batok kelapa, pembakarannya menghasilkan arang yang tampak sangat hitam mengkilat, utuh, keras dan mudah dipatahkan.



Gambar 2.2. Batok Kelapa

2.4 Arang Kelapa

Arang kelapa adalah arang yang dibuat dengan cara karbonisasi dari tempurung atau batok kelapa. Pada proses pembakaran tempurung kelapa yang terdiri dari karbohidrat yang sangat kompleks, akan menyebabkan suatu rentetan reaksi yaitu peruraian secara termal serta menimbulkan panas sebagai hasil peruraian dari bermacam-macam struktur molekul. Pada suhu 275°C , lingo selulosa tempurung kelapa mulai melepaskan H_2O dan gas CO_2 , disamping itu juga terbentuk arang dan metana. Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang.

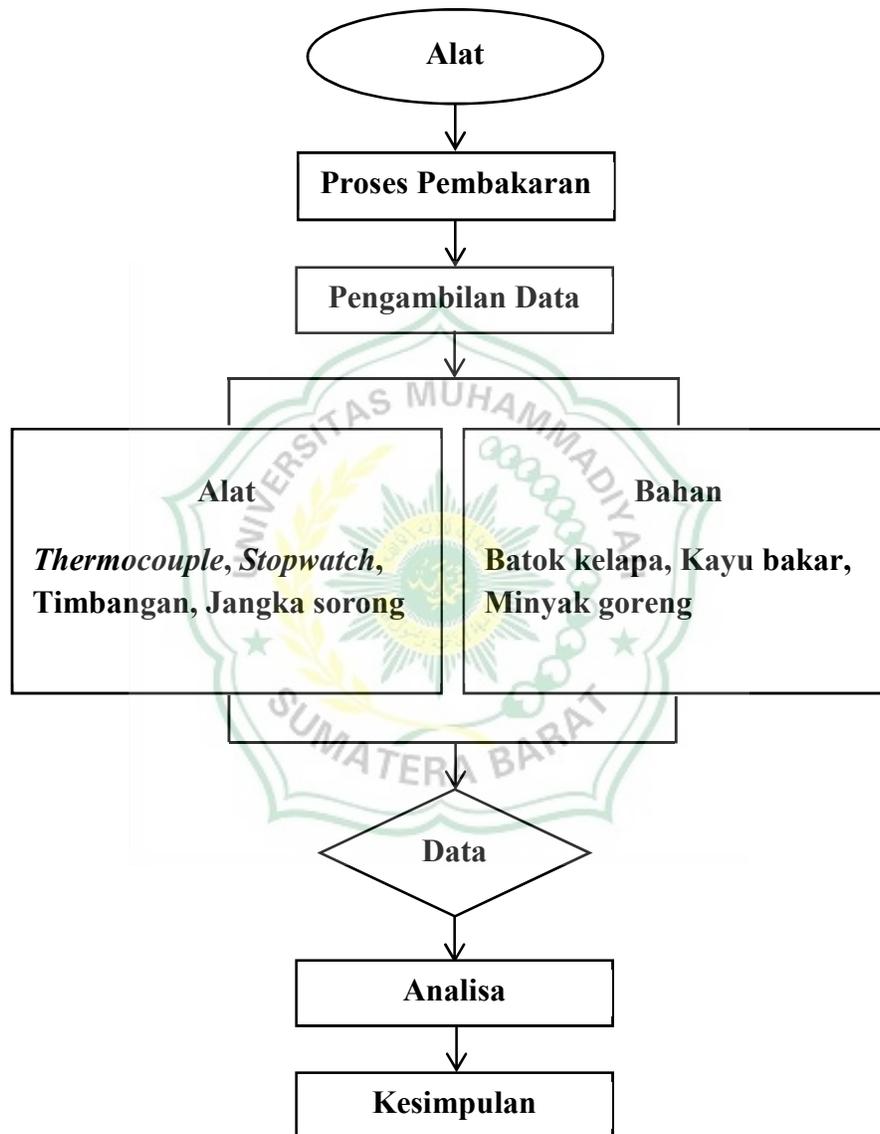
Pemanfaatan arang tempurung kelapa ini termasuk cukup strategis sebagai sektor bidang usaha. Hal ini karena jarang masyarakat yang memanfaatkan tempurung kelapanya. Tempurung kelapa yang akan dijadikan arang harus tempurung kelapa yang sangat benar benar tua, karena lebih padat dan kandungan airnya yang lebih sedikit dari pada tempurung kelapa muda, dan harga jual arang tempurung kelapa terbilang cukup tinggi (mahal).



Gambar 2.3. Arang tempurung kelapa

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

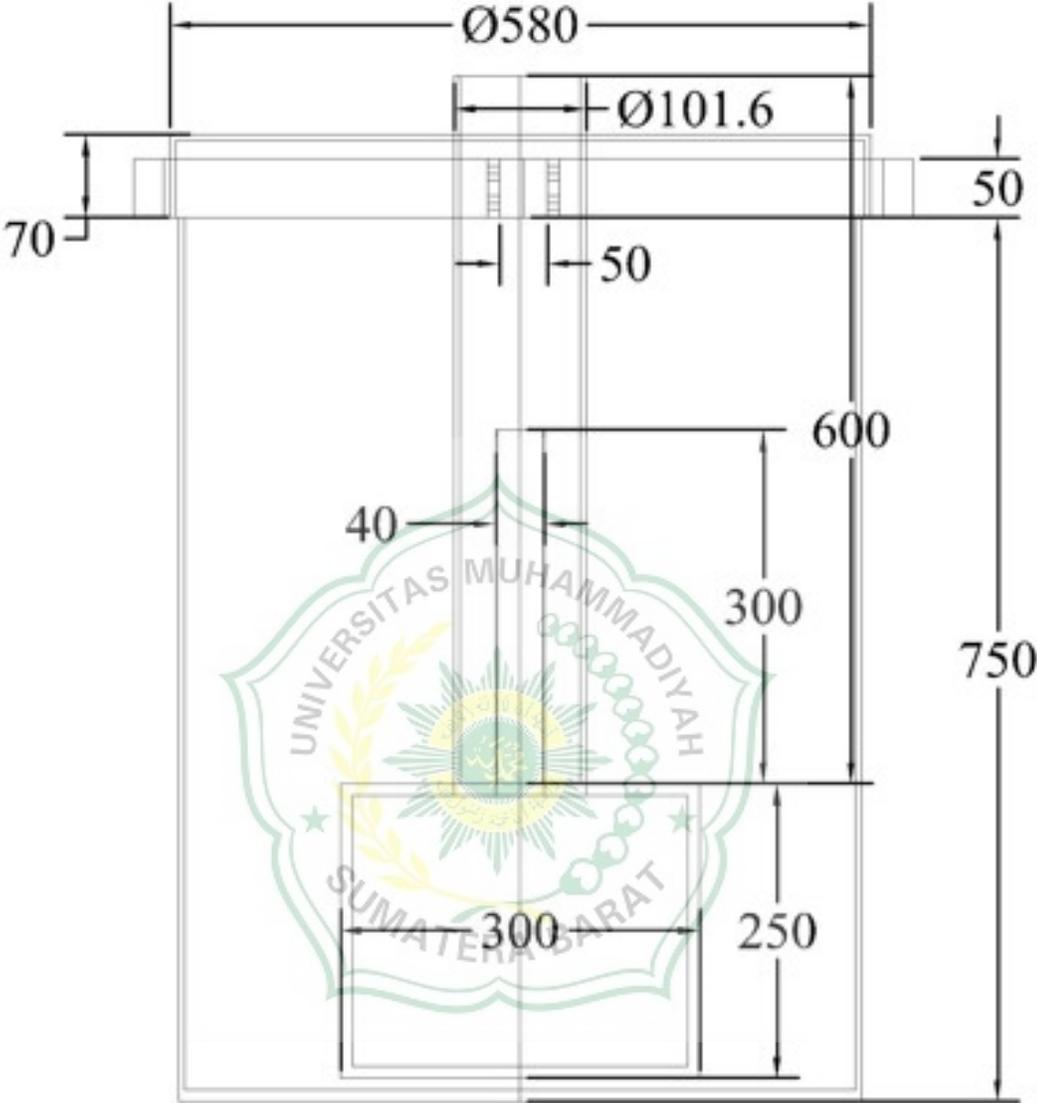
3.2 Alat/Tungku Pengujian

3.2.1 Tungku Pengujian



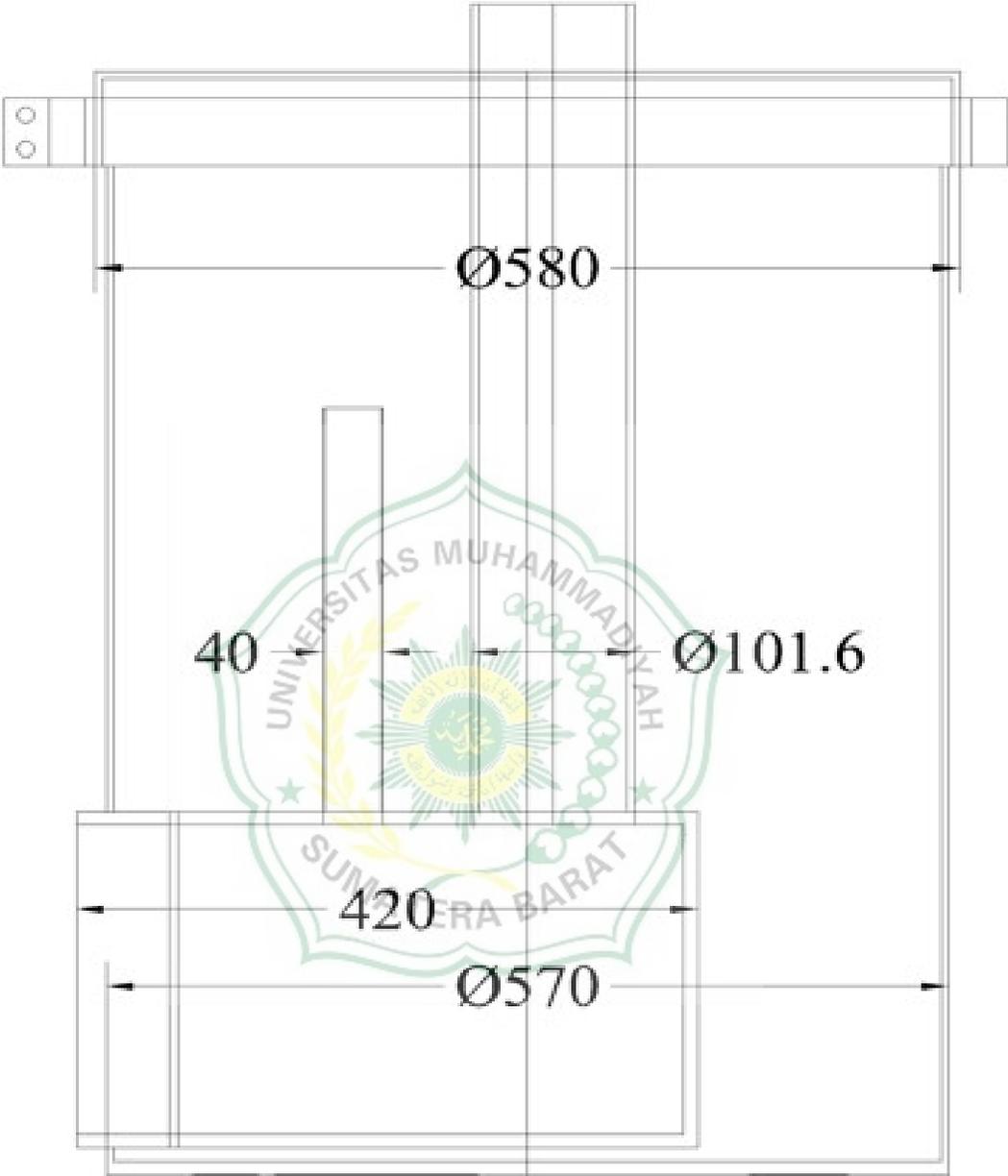
Gambar 3.2. Tungku pengujian 3D

3.2.2 Tungku Pengujian Tampak Depan



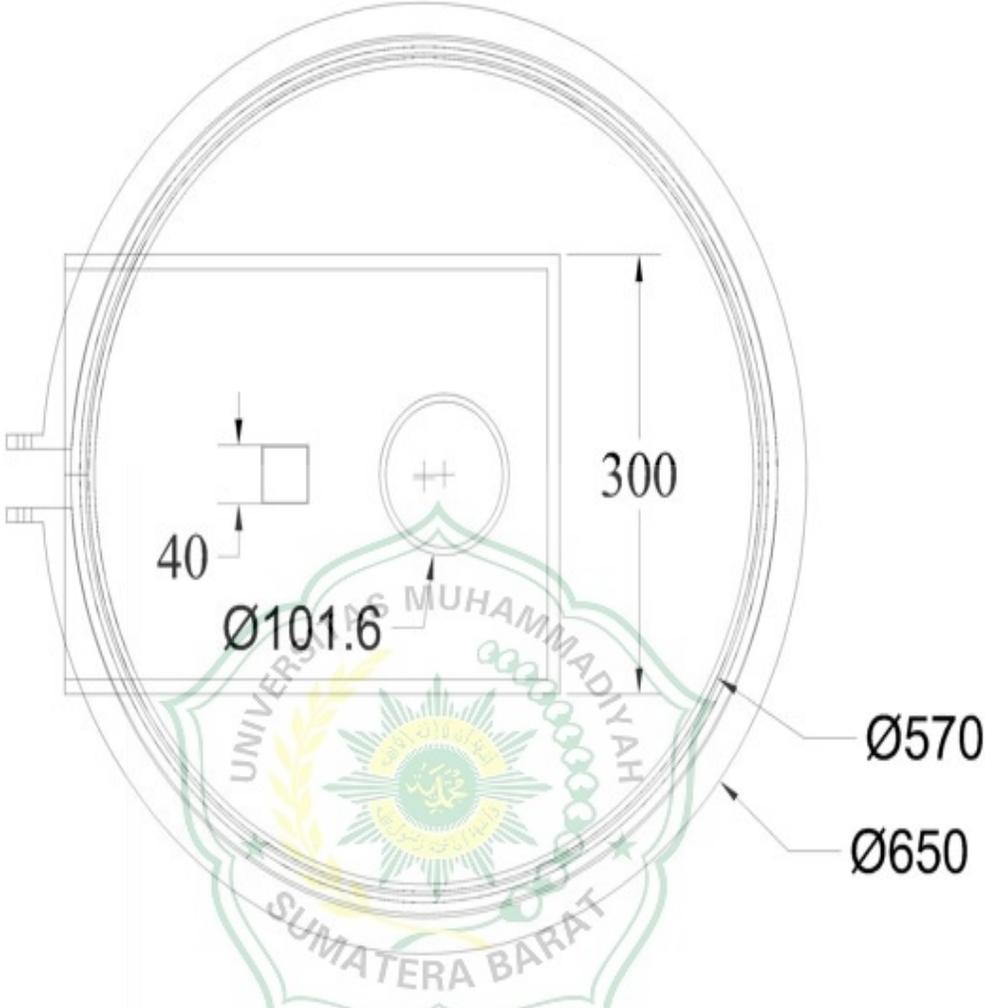
Gambar 3.3. Tungku pengujian tampak depan

3.2.3 Tungku Pengujian Tampak Samping



Gambar 3.4. Tungku pengujian tampak samping

3.2.4 Tungku Pengujian Tampak Atas



Gambar 3.5. Tungku pengujian tampak atas

3.3 Proses Pembakaran

Pembakaran batok kelapa menjadi arang dilakukan dengan tahapan antara lain:

1. Penyiapan set reaktor pembakaran batok kelapa yang terdiri dari bak penampung batok kelapa, penutup reaktor tempat keluarnya asap pembakaran, dan bagian terakhir klem (pengunci) penutup reaktor.
2. Penimbangan bahan baku (batok kelapa) seberat 15 kg, 20 kg, dan 25 kg.



Gambar 3.6. Penimbangan bahan baku

3. Bahan baku dimasukkan ke dalam bak penampung (tabung reaktor).



Gambar 3.7. Pengisian bahan baku pada tabung reaktor

4. Pemasangan tutup reaktor.
5. Penguncian tutup reaktor.
6. Melakukan pembakaran di ruang bakar menggunakan biomassa kayu dengan pemicu api minyak goreng.
7. Pemasangan alat pengukur suhu (*thermocouple*) pada tiap titik pengukuran reaktor pembakaran batok kelapa.
8. Melakukan pengukuran suhu setiap 15 menit selama proses pembakaran batok kelapa.
9. Melakukan pengamatan pada reaktor pembakaran batok kelapa apabila asap yang keluar menipis, maka pembakaran telah selesai.



3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data pada proses pembakaran batok kelapa menjadi arang untuk membandingkan kehilangan panas dengan hasil karbonisasi batok kelapa menjadi arang .

1. Pengambilan data pada suhu awal dinding



Gambar 3.8. Pengambilan data suhu awal pada dinding

2. Pengambilan data setelah proses pembakaran pada dinding



Gambar 3.9. Pengambilan data setelah proses pembakaran pada dinding

Adapun parameter-parameter dalam pengambilan data pembakaran batok kelapa menjadi arang antara lain yaitu:

a. Luas penampang reaktor

Untuk menghitung luas permukaan pada reaktor dilakukan pengukuran pada luas penampang tabung reaktor dan luas penampang ruang pembakaran (balok) digunakan persamaan.

1) Luas penampang pada tabung reaktor

Untuk mencari luas penampang pada tabung reaktor menggunakan pers. 3.1.

$$L = 2 \cdot \pi r \cdot (r + t) \quad \dots(3.1.)$$

dimana:

L = luas penampang (**m²**)

$$\pi = \frac{22}{7}$$

r = jari-jari (**m**)

t = tinggi (**m**)

2) Luas penampang pada ruang pembakaran

Untuk mencari pada ruang pembakaran menggunakan pers. 3.2.

$$L = 2 \cdot ((p \cdot l) + (p \cdot t) + (l \cdot t)) \quad \dots(3.2.)$$

dimana:

L = luas penampang (**m²**)

p = panjang (**m**)

l = lebar (**m**)

t = tinggi (**m**)

b. Luas selimut tabung reaktor

Untuk menghitung luas selimut tabung reaktor pembakaran batok kelapa menggunakan pers. 3.3.

$$L = 2\pi \cdot r \cdot t \quad \dots(3.3.)$$

Keterangan:

L = luas penampang (m^2)

$$\pi = \frac{22}{7}$$

r = jari-jari (m)

t = tinggi (m)

c. Kehilangan panas

Kehilangan panas terjadi pada dinding tabung reaktor, perhitungan laju aliran panas dapat dihitung dalam pers. 3.4

$$Q_L = U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \quad \dots(3.4.)$$

Keterangan:

Q_L = laju aliran panas (W)

U = koefisien perpindahan panas menyeluruh ($W/m^{\circ}C$)

A = luas permukaan dinding (m^2)

T_d = temperatur dinding ($^{\circ}C$)

T_{ling} = temperatur lingkungan ($^{\circ}C$)

d. Rendemen

Rendemen adalah persentase produk yang didapatkan dari membandingkan berat awal dengan berat akhir. Untuk menghitung rendemen menggunakan pers. 3.5

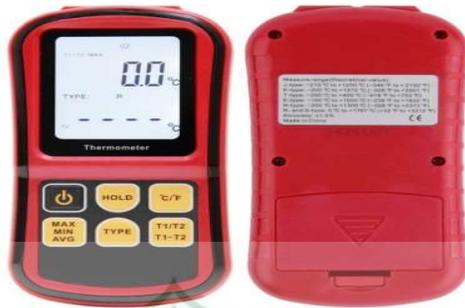
$$\text{rendemen} = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100 \quad \dots(3.5.)$$

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat dan bahan pada proses pembakaran batok kelapa menjadi arang antara lain:

3.4.1 Alat

1. *Thermocouple*

Thermocouple berfungsi untuk mengukur suhu pembakaran dan suhu lingkungan pada saat proses pembakaran batok kelapa menjadi arang.



Gambar 3.10. *Thermocouple*

2. *Stopwatch*

Stopwatch berfungsi untuk menghitung waktu pada saat proses pembakaran batok kelapa menjadi arang.



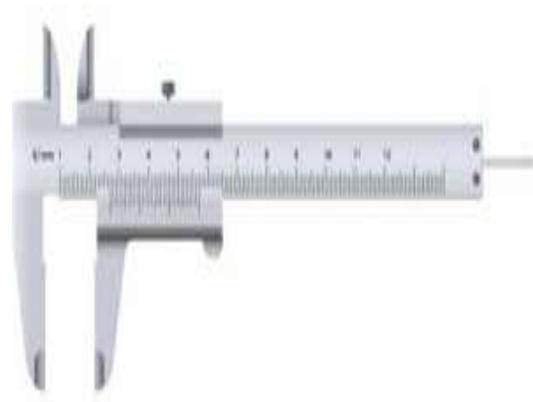
Gambar 3.11. *Stopwatch*

3. Timbangan dan jangka sorong

Berfungsi untuk mengukur berat bahan baku dan ketebalan dinding reaktor.



(a)



(b)

Gambar 3.12. (a) Timbangan, (b) jangka sorong

3.4.2 Bahan

Adapun bahan yang dilakukan selama penelitian adalah batok kelapa, kayu, minyak goreng, dan korek api.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.13. (a) batok kelapa, (b) kayu bakar, (c) minyak goreng

BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1 Data

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan panas proses pembakaran batok kelapa menjadi arang. Proses pengambilan data menggunakan *thermocouple* pada dinding tabung reaktor sebanyak 3 kali pengujian dengan massa batok kelapa 15 kg, 20 kg, dan 25 kg.

4.1.1 Pengambilan Data

1. Pengambilan data dengan massa batok kelapa 15 kg
 - a. Pengambilan data temperatur

Tabel 4.1. Pengambilan data massa 15 kg

Waktu (menit)	Temperatur dinding (°C)	Temperatur lingkungan (°C)
0	40	32
15	52	36
30	58	32
45	62	33
60	63	33
75	69	35
90	74	33
105	79	33
120	76	31
135	75	31
150	72	31

Berdasarkan tabel 4.1. proses pembakaran ini menggunakan bahan baku (batok kelapa) yang mengandung kadar air (basah), pembakaran ini membutuhkan waktu 150 menit dengan massa 15 kg, temperatur dinding tertinggi yang diperoleh adalah 79 °C, sedangkan temperatur dinding terendah 52°C.

b. Pengambilan data hasil arang

Tabel 4.2. Pengambilan data hasil arang

Waktu (menit)	Massa (kg)	Hasil (kg)
150	15	6

2. Pengambilan data dengan massa batok kelapa 20 kg

a. Pengambilan data temperatur

Tabel 4.3. Pengambilan data massa 20 kg

Waktu (menit)	Temperatur dinding (°C)	Temperatur lingkungan (°C)
0	39	31
15	43	33
30	45	33
45	51	34
60	54	34
75	62	36
90	68	40
105	63	35
120	58	34

Berdasarkan tabel 4.3. proses pembakaran ini menggunakan bahan baku (batok kelapa) yang mengandung sedikit kadar air (kering), pembakaran ini membutuhkan waktu 120 menit dengan massa 20 kg, temperatur dinding tertinggi yang diperoleh adalah 68°C, sedangkan temperatur dinding terendah 52°C.

b. Pengambilan data hasil arang

Tabel 4.4. Pengambilan data hasil arang

Waktu (menit)	Massa (kg)	Hasil (kg)
120	20	9

3. Pengambilan data dengan massa balok kelapa 25 kg

a. Pengambilan data temperatur

Tabel 4.5. Pengambilan data massa 25 kg

Waktu (menit)	Temperatur dinding (°C)	Temperatur lingkungan (°C)
0	29	27
15	43	32
30	49	32
45	54	33
60	58	34
75	62	34
90	67	35
105	73	36
120	75	36
135	71	35
150	69	34

Berdasarkan tabel 4.5. proses pembakaran ini menggunakan bahan baku (batok kelapa) yang mengandung sedikit kadar air (kering), pembakaran ini membutuhkan waktu 150 menit dengan massa 25 kg, temperatur dinding tertinggi yang diperoleh adalah 75°C, sedangkan temperatur dinding terendah 43°C.

b. Pengambilan data hasil arang

Tabel 4.6. Pengambilan data hasil arang

Waktu (menit)	Massa (kg)	Hasil (kg)
150	25	12

4.1.2 Pengolahan Data

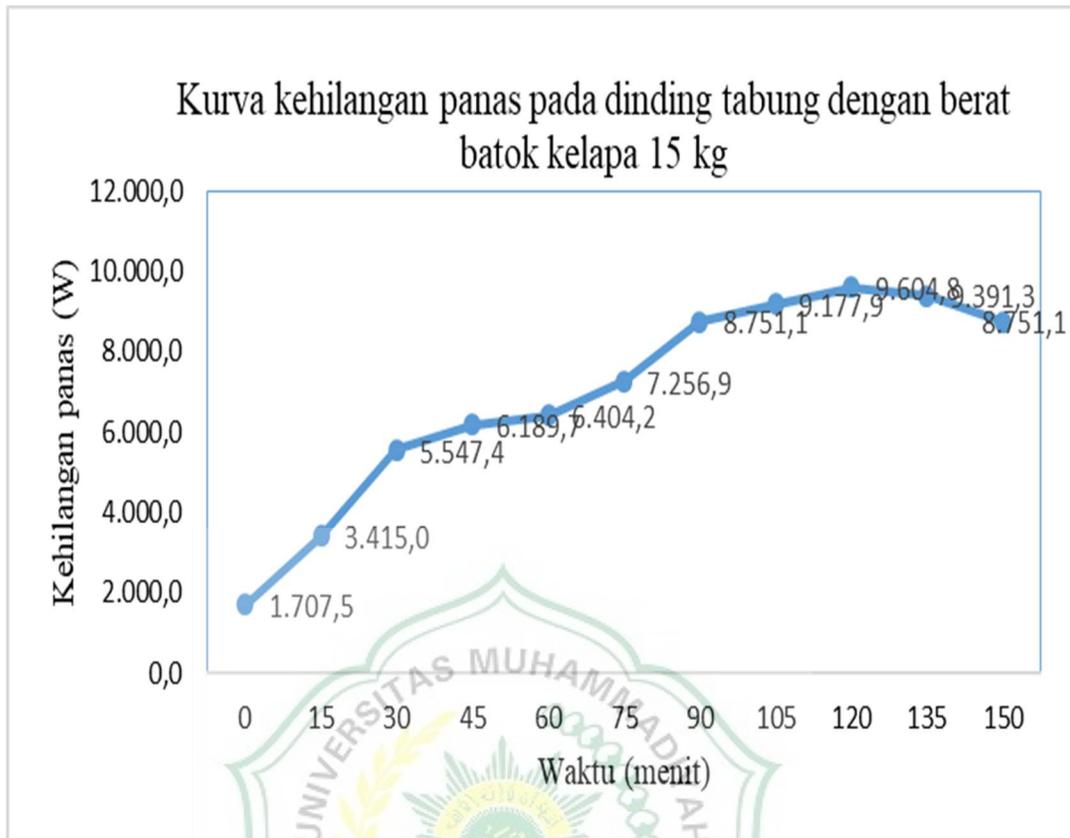
Pengolahan data dilakukan untuk mencari kehilangan panas pada dinding reaktor, berikut hasil pengolahan data:

1. Pengolahan data massa batok kelapa

a. Pengolahan data massa 15 kg

Tabel 4.7. Pengolahan data massa 15 kg

Waktu (menit)	Kehilangan panas (W)
0	1.707,5
15	3.415,0
30	5.547,4
45	6.189,7
60	6.404,2
75	7.256,9
90	8.751,1
105	9.177,9
120	9.604,8
135	9.391,3
150	8.751,1
Jumlah	76.196,9



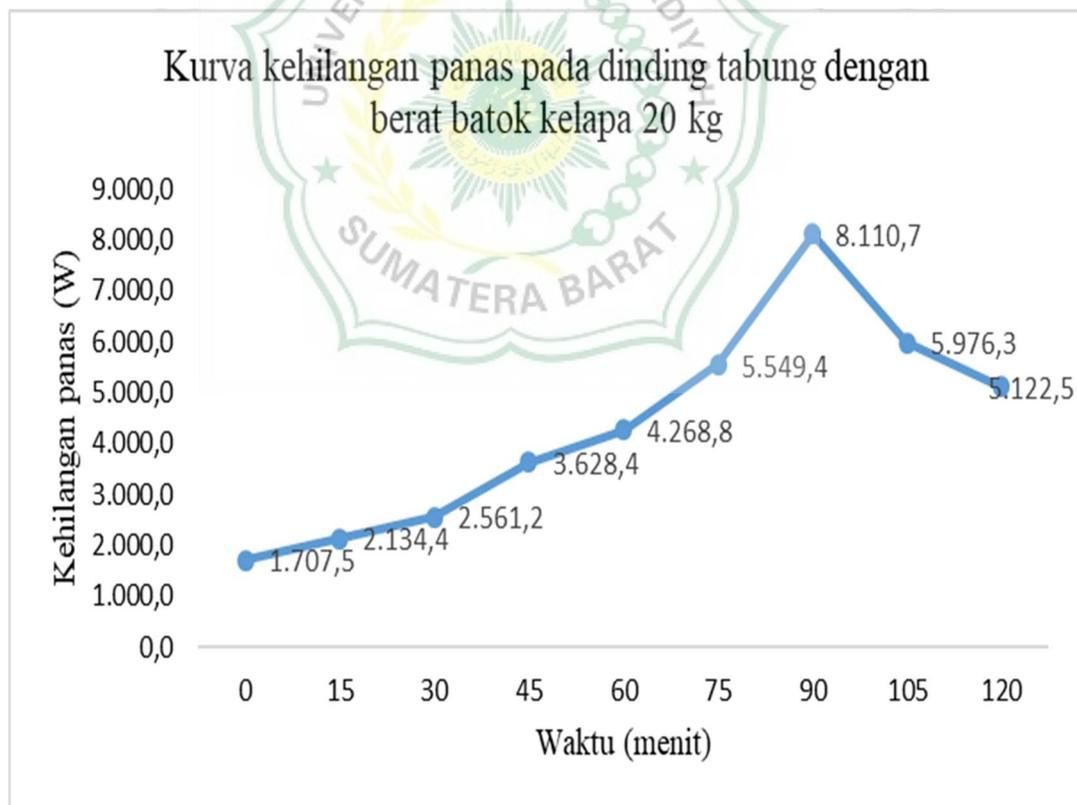
Gambar 4.1 Grafik perbandingan kehilangan panas terhadap waktu pada dinding reaktor selama proses pembakaran dengan massa 15 kg.

Dari tabel 4.7. kehilangan panas total proses pembakaran batok kelapa dengan massa 15 kg pada dinding reaktor adalah 76.196,9 W. Dari gambar 4.1. kehilangan panas tertinggi diperoleh pada waktu 120 menit pengujian sebesar 9.604,8 W. Sedangkan kehilangan panas terendah diperoleh pada waktu 15 menit sebesar 3.415 W. Panas yang hilang pada dinding reaktor cenderung meningkat, namun pada 135 menit pengujian panas menurun sebesar 9.391,3 W sampai 8.751,1 W.

b. Pengolahan data massa 20 kg

Tabel 4.8. Pengolahan data massa 20 kg

Waktu (menit)	Kehilangan panas (W)
0	1.707,5
15	2.134,4
30	2.561,2
45	3.628,4
60	4.268,8
75	5.549,4
90	8.110,7
105	5.976,3
120	5.122,5
Jumlah	39.059,2



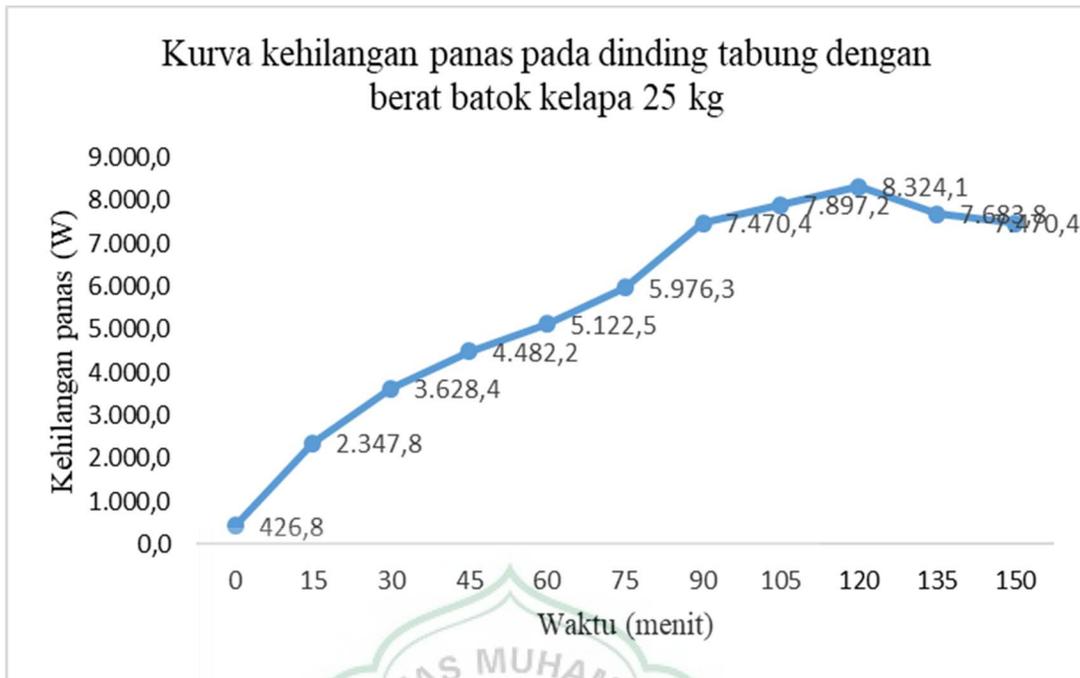
Gambar 4.2. Grafik perbandingan kehilangan panas terhadap waktu pada dinding reaktor selama proses pembakaran dengan massa 20 kg.

Dari tabel 4.8. kehilangan panas total proses pembakaran batok kelapa dengan massa 20 kg pada dinding reaktor adalah 39.059,2 W. Dari gambar 4.2. kehilangan panas tertinggi diperoleh pada waktu 90 menit pengujian sebesar 8.110,7 W, sedangkan kehilangan panas terendah diperoleh pada menit 15 sebesar 2.13,4 W. Panas yang hilang pada dinding reaktor cenderung meningkat, namun pada waktu 105 menit pengujian kehilangan panas menurun sebesar 5.976,3 sampai 5.122,5 W.

c. Pengolahan data massa 25 kg

Tabel 4.9. Pengolahan data massa 25 kg

Waktu (menit)	Kehilangan panas (W)
0	426,8
15	2.347,8
30	3.628,4
45	4.482,2
60	5.122,5
75	5.976,3
90	7.470,4
105	7.897,2
120	8.324,1
135	7.683,8
150	7.470,4
Jumlah	60.829,9



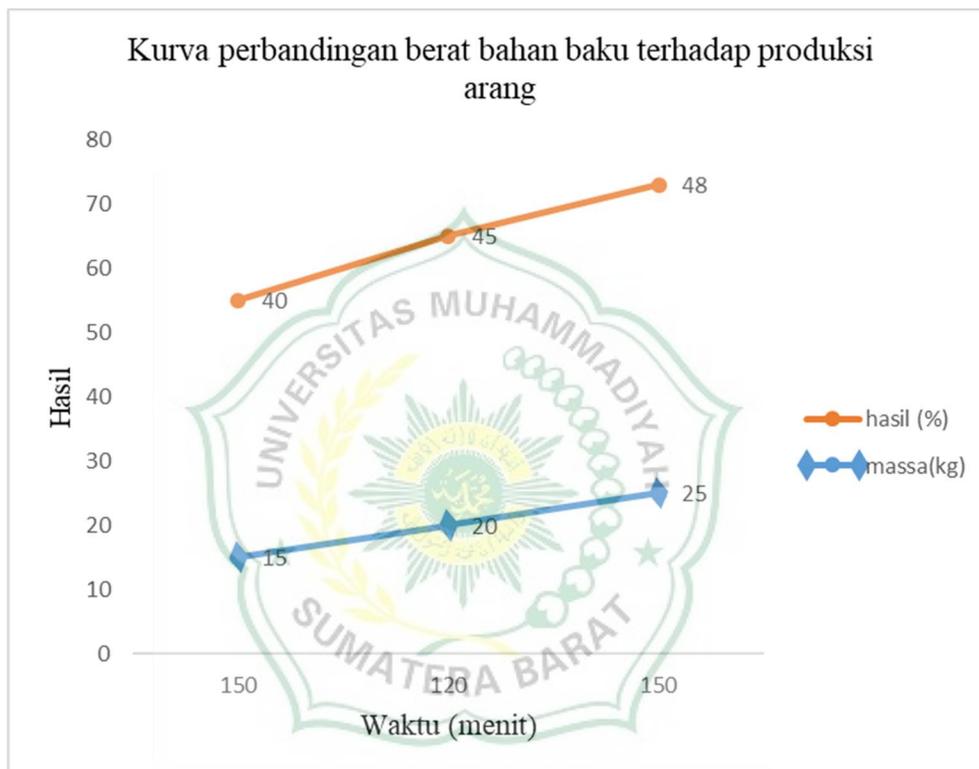
Gambar 4.3. Grafik perbandingan kehilangan panas terhadap waktu pada dinding reaktor selama proses pembakaran dengan massa 25 kg.

Dari tabel 4.9. kehilangan panas total proses pembakaran batok kelapa dengan massa 25 kg pada dinding reaktor adalah 60.829,9 W. Dari gambar 4.3. kehilangan panas tertinggi diperoleh pada waktu 120 menit pengujian sebesar 8.324,1 W, sedangkan kehilangan panas terendah diperoleh pada waktu 15 menit pengujian sebesar 2.347,8 W. Panas yang hilang pada dinding reaktor cenderung meningkat, namun pada waktu 135 menit pengujian kehilangan panas menurun sebesar 7.683,8 W sampai 7.470,4 W.

2. Pengolahan data hasil arang dengan massa 15 kg, 20 kg, dan 25 kg

Tabel 4.10. Pengolahan data hasil arang.

Percobaan	Massa (kg)	Hasil (kg)	Rendemen (%)
1	15	6	40
2	20	9	45
3	25	12	48



Gambar 4.4. Perbandingan berat bahan baku terhadap produksi arang.

Hasil arang tertinggi diperoleh pada massa batok kelapa 25 kg sebesar 12 dengan rendemen 48% dengan waktu yang dibutuhkan untuk pembakaran selama 150 menit, sedangkan hasil arang terendah diperoleh pada massa batok kelapa 15 kg sebesar 40% kadar arang dengan waktu yang dibutuhkan untuk pembakaran selama 150 menit. Dilihat dari gambar 4.4. hasil arang yang terbaik terletak pada massa 25 kg dan pengujian massa 15 kg dengan massa 25 kg memiliki waktu yang sama, hal ini disebabkan batok kelapa yang bermassa 15 kg mengandung kadar air (basah) sedangkan batok kelapa yang bermassa 25 kg mengandung kadar air yang lebih rendah (kering).



4.2 Analisa

Berdasarkan hasil pengujian kehilangan panas pada dinding reaktor dengan massa batok kelapa 15 kg didapat kehilangan panas total sebesar 76.196,9 W kehilangan panas ini diakibatkan oleh dinding reaktor yang tidak memiliki isolator. Menurut gambar 4.1., kehilangan panas cenderung naik namun pada waktu 135 menit panas menurun 9.391,3 W sampai 8.751,1 W, yang diakibatkan oleh menurunnya suhu panas pada ruang pembakaran.

Pengujian kehilangan panas pada dinding reaktor dengan massa batok kelapa 20 kg didapat kehilangan panas total sebesar 39.059,2 W dapat dilihat pada tabel 4.8., kehilangan panas ini diakibatkan oleh dinding reaktor yang tidak memiliki isolator. Menurut gambar 4.2., kehilangan panas ini cenderung naik namun pada waktu 105 menit panas menurun 5.976,3 W sampai 5.122,5 W yang diakibat oleh menurunnya suhu panas pada ruang pembakaran.

Pengujian kehilangan panas pada dinding reaktor dengan massa batok kelapa 25 kg didapat kehilangan panas total sebesar 60.829,9 W dapat dilihat pada tabel 4.9., kehilangan panas diakibatkan oleh dinding reaktor yang tidak memiliki isolator. Menurut gambar 4.3., kehilangan panas ini cenderung naik namun pada waktu 135 menit panas menurun 7.683,8 W sampai 7.470,4 W yang diakibatkan oleh menurunnya suhu panas pada ruang pembakaran.

Pembakaran batok kelapa dengan massa 15 kg menggunakan jenis batok kelapa basah (mengandung kadar air), pembakaran ini menghasilkan arang sebesar 40% dengan lama waktu pembakaran 150 menit. Pembakaran batok kelapa massa 20 kg menggunakan jenis batok kelapa kering (rendah kadar air), hasil arang dari pembakaran ini sebesar 45% dengan lama waktu pembakaran 120 menit. Pembakaran batok kelapa dengan massa 25 kg menggunakan jenis batok kelapa kering (rendah kadar air), hasil arang dari pembakaran ini sebesar 48% dengan lama waktu pembakaran 150 menit. Berdasarkan pengujian didapat bahwasanya pembakaran dengan massa 25 kg adalah hasil yang optimal dengan kadar arang 48%. hal ini dibandingkan dengan massa batok kelapa 15 kg dan 25 kg.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Proses pembakaran batok kelapa ini dilakukan 3 percobaan, percobaan 1 massa batok kelapa 15 kg dengan batok kelapa basah, percobaan 2 massa batok kelapa 20 kg dengan batok kelapa kering, dan percobaan 3 massa batok kelapa 25 kg dengan batok kelapa kering. Pengujian ini menggunakan *thermocouple* untuk mengukur suhu pada dinding tabung reaktor.

Berdasarkan hasil data dari pengujian maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Kehilangan panas tertinggi dengan massa batok kelapa 15 kg diperoleh pada waktu 120 menit pengujian sebesar 9.604,8 W sedangkan kehilangan panas terendah diperoleh pada 15 menit sebesar 3.415 W, dengan kadar arang 40%.
2. Kehilangan panas tertinggi dengan massa batok kelapa 20 kg diperoleh pada waktu 90 menit pengujian sebesar 8.110,7 W sedangkan kehilangan panas terendah diperoleh pada 15 menit sebesar 2.13,4 W dengan kadar arang 45%.
3. Kehilangan panas tertinggi dengan massa batok kelapa 25 kg diperoleh pada waktu 120 menit pengujian sebesar 8.324,1 W sedangkan kehilangan panas terendah diperoleh pada waktu 15 menit pengujian sebesar 2.347,8 W dengan kadar arang 48%.
4. Salah satu penyebab kehilangan panas adalah tidak adanya isolator pada dinding reaktor yang telah dibuat.
5. Hasil kadar arang tertinggi sebesar 48% dengan lama pengujian selama 150 menit.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, menyarankan yaitu:

1. Menyarankan agar dikemudian hari ada generasi mahasiswa yang memodifikasi dinding reaktor, agar terminimalisirnya kehilangan panas yang keluar melalui dinding reaktor.
2. Melakukan pembakaran batok kelapa dengan jenis batok kelapa yang sama (basah/kering) dan kapasitas yang sama.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Budi, “Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Bahan Komponen Kandungan Sifat termal,” vol. 14, no. C, pp. 25–29, 2011.
- [2] M. Iswanda, “Analisis Perpindahan Panas pada Dinding Ruang Bakar Ketel Uap Dengan Kapasitas 45 TON/JAM,” 2021.
- [3] C. Soolany, “Analisis Kehilangan Panas pada Proses Produksi Arang Tempurung Kelapa Dengan Drum Kiln,” vol. 10, no. 2006, pp. 121–127, 2017.
- [4] S. M. Janosik, “Proses Pembakaran,” *NASPA J.*, vol. 42, p. 1, 2005.
- [5] id.wikipedia, “Pembakaran,” *id.wikipedia.org*, 2021.
- [6] B. Riset, I. Manado, and J. D. No, “Tungku Pembakaran Termodifikasi Coconut Shell Charcoal Processing Process Using a Modified Combustion Furnace,” vol. 11, no. 2, pp. 83–92, 2019.
- [7] R. Pedia, “Beberapa Metode Pembuatan Arang,” *radenpedia.com*, 2019. <https://www.radenpedia.com/2019/02/beberapa-metode-pembuatan-arang.html> (accessed Aug. 19, 2022).
- [8] Aucla, “BAB II,” *Ayan*, vol. 8, no. 5. p. 55, 2019.
- [9] Asmawati, “Analisis Kehilangan Energi (Energy Losses) pada Proses Pembuatan Arang Sekam Padi Menggunakan Alat Biochar,” 2017.
- [10] Z. N. Damarani, “Pengaruh Kecepatan Fluida Panas terhadap Bilangan Nusselt dan Reynold pada Heat Exchanger Tipe Shell and Tube (The Effect of Hot Fluid Flow Velocity to Determine The Nusselt and Reynold Number of Shell and Tube Heat Exchanger),” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., pp. 10–27, 2016.

- [11] Y. B. Yokasing, E. T. Kosat, A. Abdullah, and A. Pangalinan, “Rancang Bangun Teknologi Pembuatan Arang Tempurung Kelapa Cacahan Design And Technology Development To Made Shredded The Chopped of Coconut Shell,” vol. 3, no. 2, pp. 6–11, 2020.



Lampiran 1 menghitung parameter

1. Menghitung luas permukaan tabung

Diketahui:

$$\text{Diameter} = 57 \text{ cm} = 0,57\text{m}$$

$$\text{Jari-jari} = 28,5 \text{ cm} = 0,285\text{m}$$

$$\text{Tinggi} = 75 \text{ cm} = 0,75\text{m}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \pi r (r + t) \\ &= 2 \frac{22}{7} 0,285(0,285 + 0,75) \\ &= 1,79 (1,03) \\ &= 1,84 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Diketahui:

$$\text{Panjang} = 42 \text{ cm} = 0,42 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 ((p \cdot l) + (p \cdot t) + (l \cdot t)) \\ &= 2((0,43 \cdot 0,3) + (0,42 \cdot 0,25) + (0,3 \cdot 0,25)) \\ &= 2(0,126 + 0,105 + 0,075) \\ &= 2(0,306) \\ &= 0,612 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas seluruh permukaan tabung

$$\begin{aligned} L &= L_{PT} - L_{PB} \\ &= 1,84 - 0,612 \\ &= 1,228 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Menghitung luas selimut tabung

$$\begin{aligned} L &= 2\pi \cdot r \cdot t \\ &= 2 \frac{22}{7} \cdot 0,285 \cdot 0,75 \\ &= 1,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. Menghitung kehilangan panas

a. Menghitung kehilangan panas massa 15 kg

Diketahui:

$$U = 116 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$\mathbf{A = 1,84 \text{ m}^2}$$

1) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 0 menit

Diketahui: $T_d = 40^{\circ}\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 32^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(40 - 32) \\ &= 213,44 (8) \\ &= 1.707,5 \text{ W} \end{aligned}$$

2) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 15 menit

Diketahui: $T_d = 52^{\circ}\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 36^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(52 - 36) \\ &= 213,44 (16) \\ &= 3.415,0 \text{ W} \end{aligned}$$

3) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 30 menit

Diketahui: $T_d = 58^{\circ}\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 32^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(58 - 32) \\ &= 213,44 (26) \\ &= 5.547,4 \text{ W} \end{aligned}$$

- 4) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 45 menit

Diketahui: $T_d = 62^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 33^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(62 - 33) \\ &= 213,44 \text{ (29)} \\ &= 6.189,7 \text{ W} \end{aligned}$$

- 5) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 60 menit

Diketahui: $T_d = 63^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 33^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(63 - 33) \\ &= 213,44 \text{ (30)} \\ &= 6.404,2 \text{ W} \end{aligned}$$

- 6) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 75 menit

Diketahui: $T_d = 69^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 35^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(69 - 35) \\ &= 213,44 \text{ (34)} \\ &= 7.256,9 \text{ W} \end{aligned}$$

- 7) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 90 menit

Diketahui: $T_d = 74^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 33^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(74 - 33) \\ &= 213,44 \text{ (41)} \\ &= 8.751,1 \text{ W} \end{aligned}$$

- 8) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 105 menit

Diketahui: $T_d = 79^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 33^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(79 - 33) \\ &= 213,44 \text{ (43)} \\ &= 9.177,9 \text{ W} \end{aligned}$$

- 9) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 120 menit

Diketahui: $T_d = 76^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 31^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(76 - 31) \\ &= 213,44 \text{ (45)} \\ &= 9.604,8 \text{ W} \end{aligned}$$

- 10) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 135 menit

Diketahui: $T_d = 75^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 31^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(75 - 31) \\ &= 213,44 \text{ (44)} \\ &= 9.391,3 \text{ W} \end{aligned}$$

- 11) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 150 menit

Diketahui: $T_d = 72^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 31^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(72 - 31) \\ &= 213,44 \text{ (41)} \\ &= 8.751,1 \text{ W} \end{aligned}$$

b. Menghitung kehilangan panas massa 20 kg

Diketahui:

$$U = 116 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$A = 1,84 \text{ m}^2$$

1) Kehilangan panas menggunakan massa 20 kg dalam 0 menit

$$\text{Diketahui: } T_d = 39^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{link}} = 31^{\circ}\text{C}$$

$$Q_L = U \cdot A (T_d - T_{\text{link}})$$

$$= 116 \cdot 1,84(39 - 31)$$

$$= 213,44 \text{ (8)}$$

$$= 1.707,5 \text{ W}$$

2) Kehilangan panas menggunakan massa 20 kg dalam 15 menit

$$\text{Diketahui: } T_d = 43^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{link}} = 33^{\circ}\text{C}$$

$$Q_L = U \cdot A (T_d - T_{\text{link}})$$

$$= 116 \cdot 1,84(43 - 33)$$

$$= 213,44 \text{ (10)}$$

$$= 2.134,4 \text{ W}$$

3) Kehilangan panas menggunakan massa 20 kg dalam 30 menit

$$\text{Diketahui: } T_d = 45^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{link}} = 33^{\circ}\text{C}$$

$$Q_L = U \cdot A (T_d - T_{\text{link}})$$

$$= 116 \cdot 1,84(45 - 33)$$

$$= 213,44 \text{ (12)}$$

$$= 2.561,2 \text{ W}$$

- 4) Kehilangan panas menggunakan massa 20 kg dalam 45 menit

Diketahui: $T_d = 51^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 34^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(51 - 34) \\ &= 213,44 \text{ (17)} \\ &= 3.628,4 \text{ W} \end{aligned}$$

- 5) Kehilangan panas menggunakan massa 20 kg dalam 60 menit

Diketahui: $T_d = 54^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 34^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(54 - 34) \\ &= 213,44 \text{ (20)} \\ &= 4.268,8 \text{ W} \end{aligned}$$

- 6) Kehilangan panas menggunakan massa 20 kg dalam 75 menit

Diketahui: $T_d = 62^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 36^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(62 - 36) \\ &= 213,44 \text{ (26)} \\ &= 5.549,4 \text{ W} \end{aligned}$$

- 7) Kehilangan panas menggunakan massa 20 kg dalam 90 menit

Diketahui: $T_d = 68^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 40^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(68 - 40) \\ &= 213,44 \text{ (38)} \\ &= 8.110,7 \text{ W} \end{aligned}$$

- 8) Kehilangan panas menggunakan massa 20 kg dalam 105 menit

Diketahui: $T_d = 63^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 35^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(63 - 35) \\ &= 213,44 (28) \\ &= 5.976,3 \text{ W} \end{aligned}$$

- 9) Kehilangan panas menggunakan massa 20 kg dalam 120 menit

Diketahui: $T_d = 58^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 34^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(58 - 34) \\ &= 213,44 (24) \\ &= 5.122,5 \end{aligned}$$

- c. Menghitung kehilangan panas massa 15 kg

Diketahui:

$$U = 116 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$A = 1,84 \text{ m}^2$$

- 1) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 0 menit

Diketahui: $T_d = 29^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 27^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(29 - 27) \\ &= 213,44 (2) \\ &= 426,8 \text{ W} \end{aligned}$$

- 2) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 15 menit

Diketahui: $T_d = 43^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 32^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(43 - 32) \\ &= 213,44 \text{ (11)} \\ &= 2.347,8 \text{ W} \end{aligned}$$

- 3) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 30 menit

Diketahui: $T_d = 49^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 32^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(49 - 32) \\ &= 213,44 \text{ (17)} \\ &= 3.628,4 \text{ W} \end{aligned}$$

- 4) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 45 menit

Diketahui: $T_d = 54^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 33^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(54 - 33) \\ &= 213,44 \text{ (21)} \\ &= 4.482,2 \text{ W} \end{aligned}$$

- 5) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 60 menit

Diketahui: $T_d = 58^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 34^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(58 - 34) \\ &= 213,44 \text{ (24)} \\ &= 5.122,5 \text{ W} \end{aligned}$$

- 6) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 75 menit

Diketahui: $T_d = 62^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 34^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(62 - 34) \\ &= 213,44 (28) \\ &= 5.976,3 \text{ W} \end{aligned}$$

- 7) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 90 menit

Diketahui: $T_d = 67^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 35^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(67 - 35) \\ &= 213,44 (32) \\ &= 7.470,4 \text{ W} \end{aligned}$$

- 8) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 105 menit

Diketahui: $T_d = 73^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 36^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(73 - 36) \\ &= 213,44 (37) \\ &= 7.897,2 \text{ W} \end{aligned}$$

- 9) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 120 menit

Diketahui: $T_d = 75^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 36^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(75 - 36) \\ &= 213,44 (39) \\ &= 8.324,1 \text{ W} \end{aligned}$$

- 10) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 135 menit

Diketahui: $T_d = 71^\circ\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 35^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(71 - 35) \\ &= 213,44 \text{ (36)} \\ &= 7.683,8 \text{ W} \end{aligned}$$

11) Kehilangan panas menggunakan massa 15 kg dalam 150 menit

Diketahui: $T_d = 69^{\circ}\text{C}$

$$T_{\text{link}} = 34^{\circ}\text{C}$$

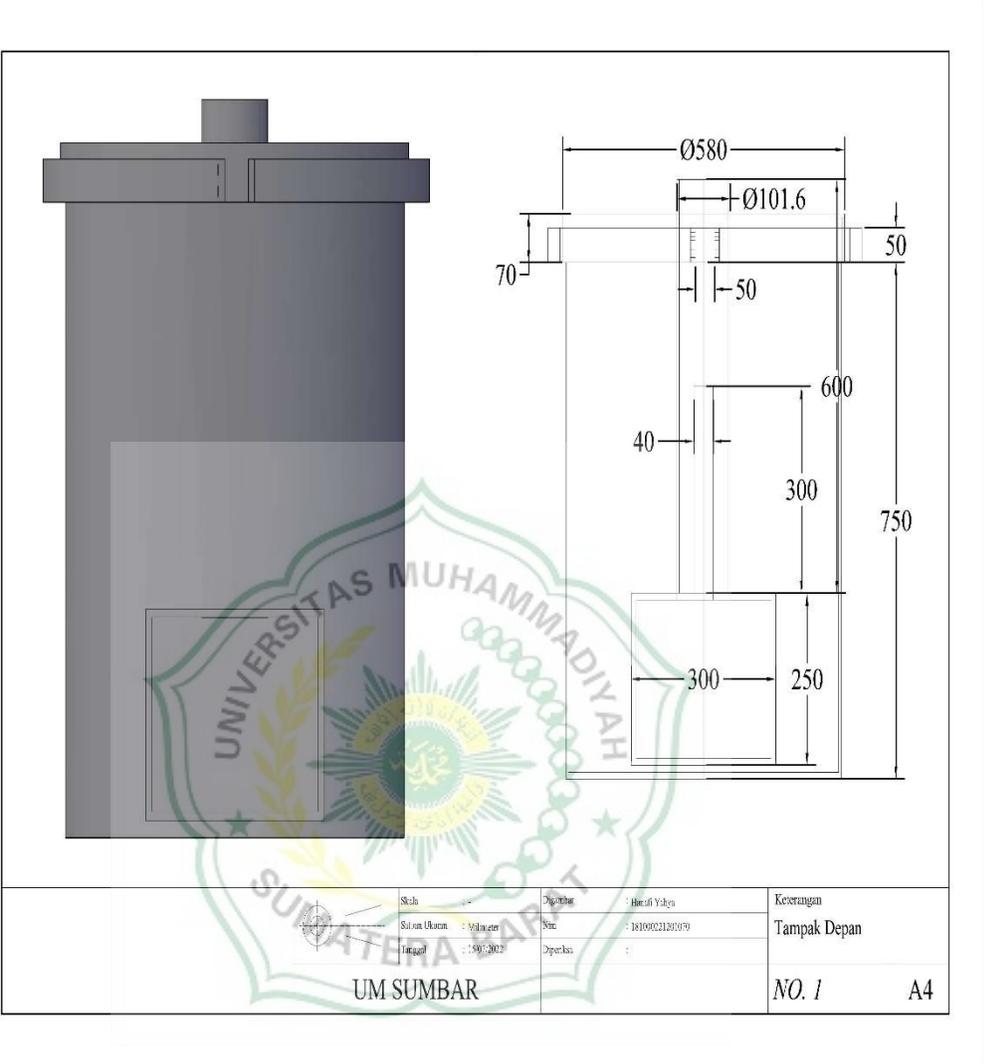
$$\begin{aligned} Q_L &= U \cdot A (T_d - T_{\text{link}}) \\ &= 116 \cdot 1,84(69 - 34) \\ &= 213,44 \text{ (35)} \\ &= 7.470,4 \text{ W} \end{aligned}$$

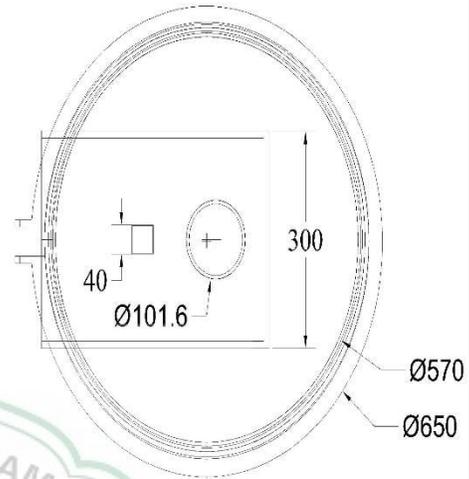
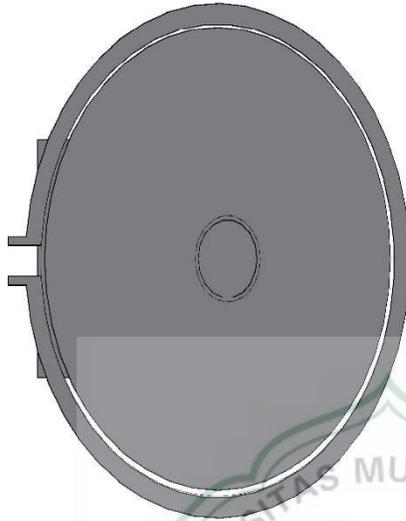


Lampiran 2 tabel konduktifitas termal

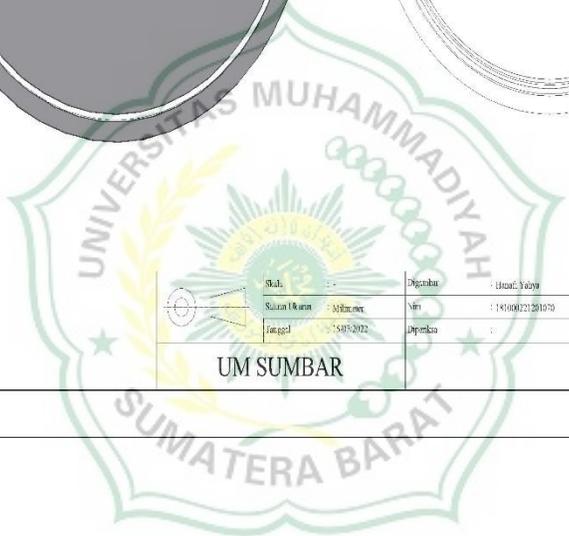
Bahan	k(W/m°C)	Bahan	k(W/m°C)
Logam		Bukan logam	
Perak	410	Kuarsa	41,6
Tembaga	385	Magnesit	4,15
Alumunium	202	Marmar	2,08-2,94
Nikel	93	Batu pasir	1,83
Besi	73	Kaca	0,78
Baja karbon	43	Kayu	0,08
Timbal	35	Wol kaca	0,038
Baja krom-nikel	14,3	Karet	0,2
Emas	314	Kertas	0,166
Seng	116		
Zat Cair		Gas	
Air raksa	8,21	Hidrogen	0,175
Air	0,556	Helium	0,141
Amonia	0,54	Udara	0,024
Minyak lumas SAE 50	0,147	Uap air jenuh	0,0206
Freon	0,73	Karbondioksida	0,0146

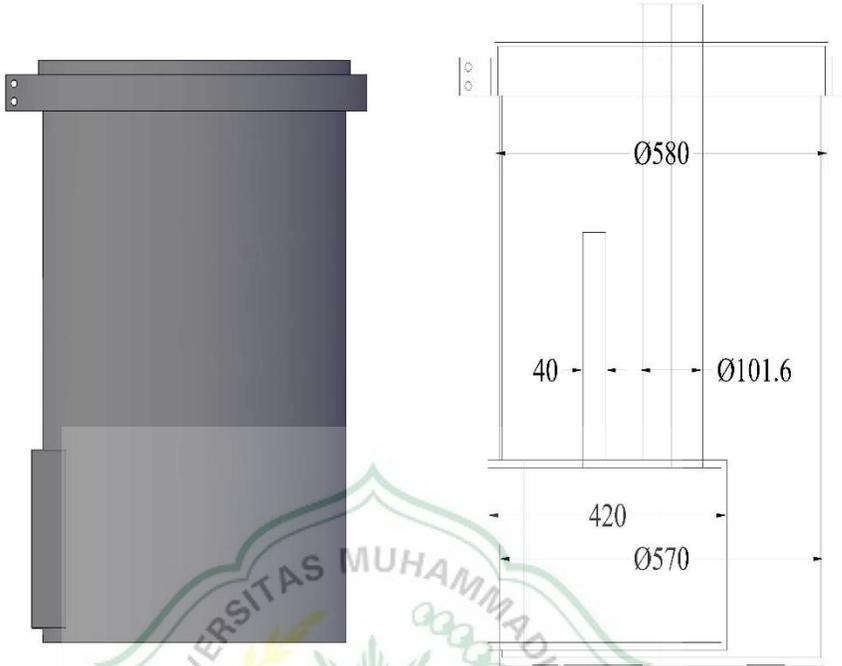
Lampiran 3 gambar teknik





	Skala : Satuan Ukuran : Tanggal :	Disusun : NIM : Diperiksa :	Disusun : NIM : Diperiksa :	Keterangan : Tampak Atas
UM SUMBAR			NO. 2	A4





Skala	Dibuat	Dimensi	Unit
Sifat Ukur	Nr	Nr	181002212070
Tanggal	Desain		

Keterangan	
Tampak Samping	
NO. 3	A4

UM SUMBAR



Lampiran 4 hasil arang batok kelapa



Lampiran 5 lembaran kartu konsultasi bimbingan skripsi



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aar Kuning No. 1 Bukit Tinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

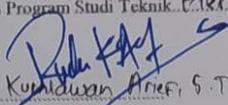
Nama Mahasiswa	Hanari Yahya
NIM	181000021801070
Program Studi	Teknik Mesin
Pembimbing I	Amila, S.T., M.T.
Pembimbing II	Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T., Ph.D.
Judul	Analisis Perpindahan Panas Pada Proses Pembakaran Batok Kelapa Mengadi Arang

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	5/Juni/22	Bab I → Perbaiki M & T		
2.	10/Juni/22	Oke Bab I, Lanjut bab 2		
3.	15/Juni/22	Materi bab 2 diperbaiki, ditam-		
4.		bahkan materi tgg Per-pan		
5.	30/Juni/22	Bab III Perbaiki		
6.	6/ Juli 22	Bab III Penjelasan Proses peman-		
7.		lain data lebih diulasikan		
8.	15/Juli/22	Lanjut bab 4, Tambahkan Perhitungan		
9.	5 Agustus/22	oke bab 1,2,3,4, Bab 5 edit		
10.	20/Agust/22	ACC Seminar hasil		

Catatan:

1. Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftaran seminar.
2. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin


Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T., Ph.D.

NIDN. 1023068103

Lampiran 6 lembaran ACC

SKRIPSI

ANALISIS PERPINDAHAN PANAS ^{PADA} UNTUK PROSES PEMBAKARAN
BATOK KELAPA MENJADI ARANG

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

ACC SEM-HAS
23/8/22 *Ruho*
Pembimbing I



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2022