

**VARIASI BIOBRIKET CANGKANG PALA TERHADAP
KARAKTERISTIK TERMAL SEBAGAI SUMBER
BELAJAR MATERI KALOR**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

Rahmad Fakhrollah

NIM. 180204029

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Fisika**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH**

2023/2024

**VARIASI BIOBRIKET CANGKANG PALA TERHADAP
KARAKTERISTIK TERMAL SEBAGAI SUMBER
BELAJAR MATERI KALOR**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh
Sebagai Beban Studi untuk Memproleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Tarbiyah

Oleh:

RAHMAD FAKHRULLAH

NIM. 180204029

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Prodi Pendidikan Fisika

AR - R A N I R Y

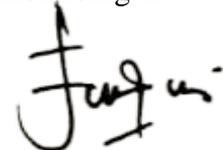
Disetujui oleh:

Pembimbing I



Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.
NIP. 197806162005012009

Pembimbing II



Fera Annisa, S.Pd., M.Sc.
NIDN. 2005018703

**VARIASI BIOBRIKET CANGKANG PALA TERHADAP
KARAKTERISTIK TERMAL SEBAGAI SUMBER
BELAJAR MATERI KALOR**

SKRIPSI

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Pendidikan Fisika

Pada Hari/Tanggal

Rabu, 20 Desember 2023 M
7 Jumadil Akhir 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua

Dr. Eng. Nur Aida, M.Si
NIP. 197806162005012009

Sekretaris

Fera Annisa, S.Pd., M.Sc
NIDN. 2005018703

Penguji 1,

Rusydi, S.T., M.Pd.
NIP. 196611111999031002

Penguji 2,

Nurhayati, S.Si., M.Si.
NIP. 198905142014032002

Mengetahui

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Darusallam, Banda Aceh



Prof. Safrul Muluk, S.Ag., M.A., M. Ed., Ph.D
NIP. 197301021997031003

16

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahmad Fakhruallah
NIM : 180204029
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan
Judul Tugas Akhir : Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal Sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

Dengan ini menyatakan bahwa penulisan ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain dan mempertanggungjawabkan atas karya ini.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu mempertanggungjawabkan atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat mempertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Banda Aceh, 20 Desember 2023

Yang menyatakan,



Rahmad Fakhruallah

ABSTRAK

Nama : Rahmad Fakhruallah
NIM : 180204029
Fakultas/Program Studi : Tarbiyah dan Keguruan/Pendidikan Fisika
Judul Tugas Akhir : Variasi Biobriket Cangkang Pala terhadap Karakteristik Termal Sebagai Sumber Belajar Materi Kalor
Pembimbing I : Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.
Pembimbing II : Fera Annisa, S.Pd., M.Sc
Kata Kunci : Biobriket Cangkang Pala, Karakteristik Termal, Materi Kalor

Penelitian ini mengeksplorasi potensi cangkang pala sebagai sumber energi alternatif dalam bentuk biobriket dan pemanfaatannya sebagai sumber belajar dalam memahami materi kalor. Penelitian ini dilatarbelakangi juga oleh kurangnya pemanfaatan cangkang pala yang kaya akan energi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui proses pembuatan biobriket arang dari limbah cangkang pala; mengetahui karakteristik biobriket yang dihasilkan; dan mengetahui respon peserta didik terhadap biobriket yang telah dikembangkan. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan fokus pada karakteristik fisik dan kimia biobriket. Hasil penelitian proses pembuatan biobriket arang dari limbah cangkang pala melewati beberapa tahapan yaitu dijemur, dibakar, dihaluskan, dicampur dengan perekat dan air, dicetak, dijemur, dan dapat digunakan. Mengungkapkan variasi karakteristik biobriket cangkang pala pada suhu karbonisasi 400°C, 450°C, dan 500°C, termasuk densitas, kadar air, kadar abu, dan nilai kalor. Persentase respon peserta didik terhadap biobriket dalam pembelajaran kalor adalah 76,25%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan briket arang dari limbah cangkang pala dapat dihasilkan sebagai energi alternatif yang memenuhi karakteristik biobriket sesuai dengan Standar Nasional Indonesia dan juga respon peserta didik terhadap biobriket yang telah dikembangkan sangat layak sebagai sumber belajar materi kalor.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala, karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal Sebagai Sumber Belajar Materi Kalor”**. Kemudian shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada baginda nabi besar Muhammad Shallallahu Alaihi Wassalam, yang telah mengubah peradaban dunia dari zaman kebodohan menjadi zaman berilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Strata satu pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Dalam proses pembuatan skripsi dari awal sampai akhir tidak lepas dari berbagai kesulitan, maka dari itu dengan bantuan beberapa pihak dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan, dukungan, bimbingan serta saran yang telah diberikan kepada saya dari berbagai pihak, khususnya kepada:

1. Bapak Prof. Safrul Muluk, S.Ag., M.A., M.Ed., Ph.D sebagai Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Wakil Dekan Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry beserta seluruh staffnya.

2. Ibu Fitriyawany, M.Pd selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika dan Sekretaris Program Studi Pendidikan Fisika Bapak Muhammad Nasir, M.Si beserta seluruh staffnya.
3. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Fera Annisa, S.Pd., M.Sc. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikiran beliau untuk membimbing penulis, serta menjadi penyemangat penulis di dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak/Ibu dosen Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan.
5. Kepada yang paling istimewa dan tercinta. Mama (Ramaidar) dan Papa (Alm. Masril) yang selalu memberikan kasih sayang, nasehat, dan dukungan serta senantiasa memberikan do'a yang tiada hentinya yang tidak dapat tergantikan oleh apapun di dunia ini. Kepada Abang (Rio Rofour Rizkianda), Kakak (Rahmadhani Putri Masdar), dan Adek (Wahyu Wira Astha Brata) yang selalu memberikan do'a dan dukungan.
6. Kepada kakak dan abang serta adek leting maupun teman-teman seperjuangan leting 2018 Pendidikan Fisika dan semua pihak yang turut mendukung.

Penulis menyadari dalam pembuatan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kelemahan, maka besar harapan untuk dapat memberikan masukan berupa kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Terakhir hanya kepada Allah Subhanahu Wata'ala penulis

berharap semoga skripsi ini dengan segala kelebihan dan kekurangan dapat bermanfaat.

Banda Aceh, 15 Maret 2023

Penulis,



Rahmad Fakhruallah



DAFTAR ISI

SAMPUL

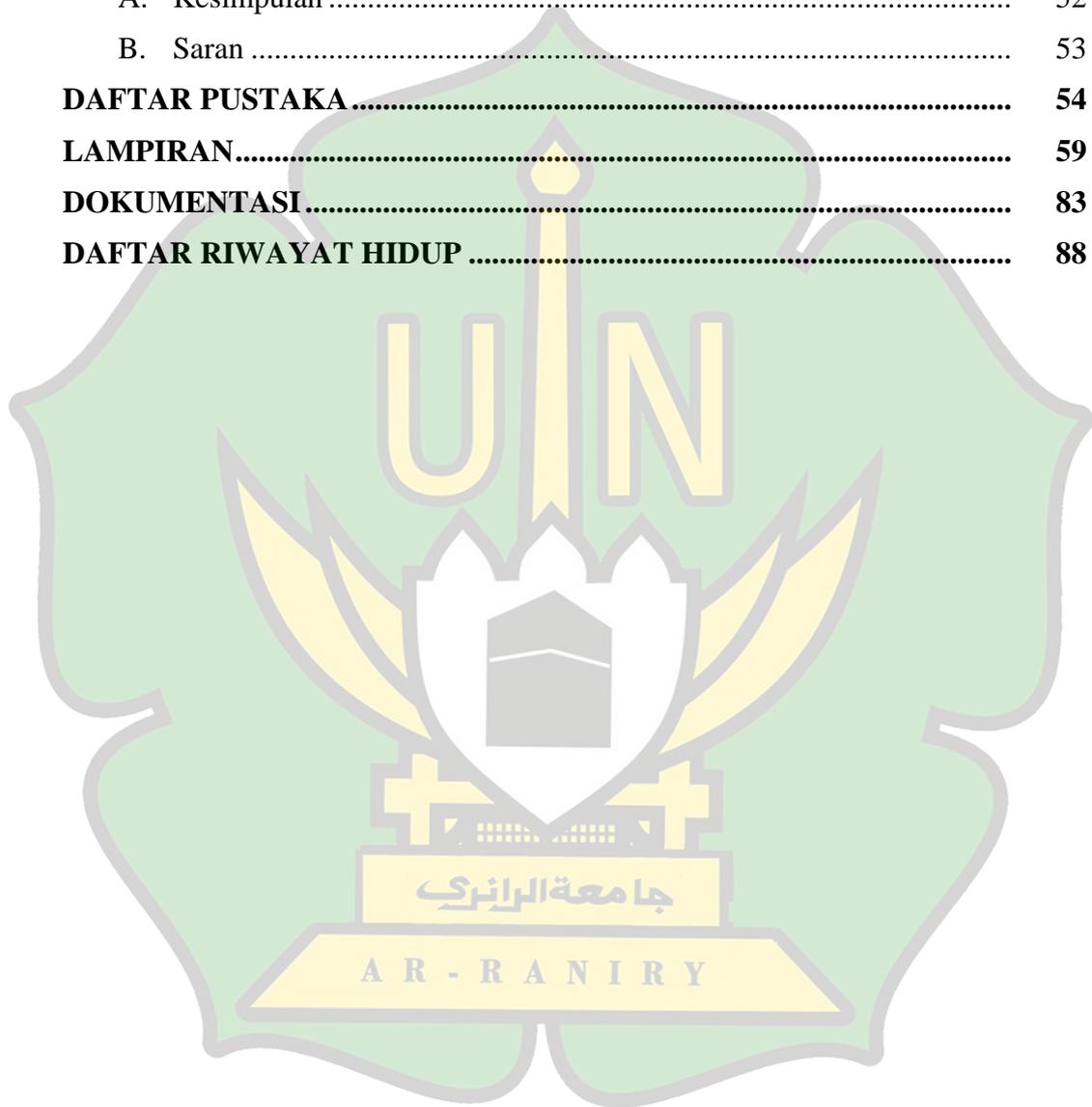
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN SIDANG

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

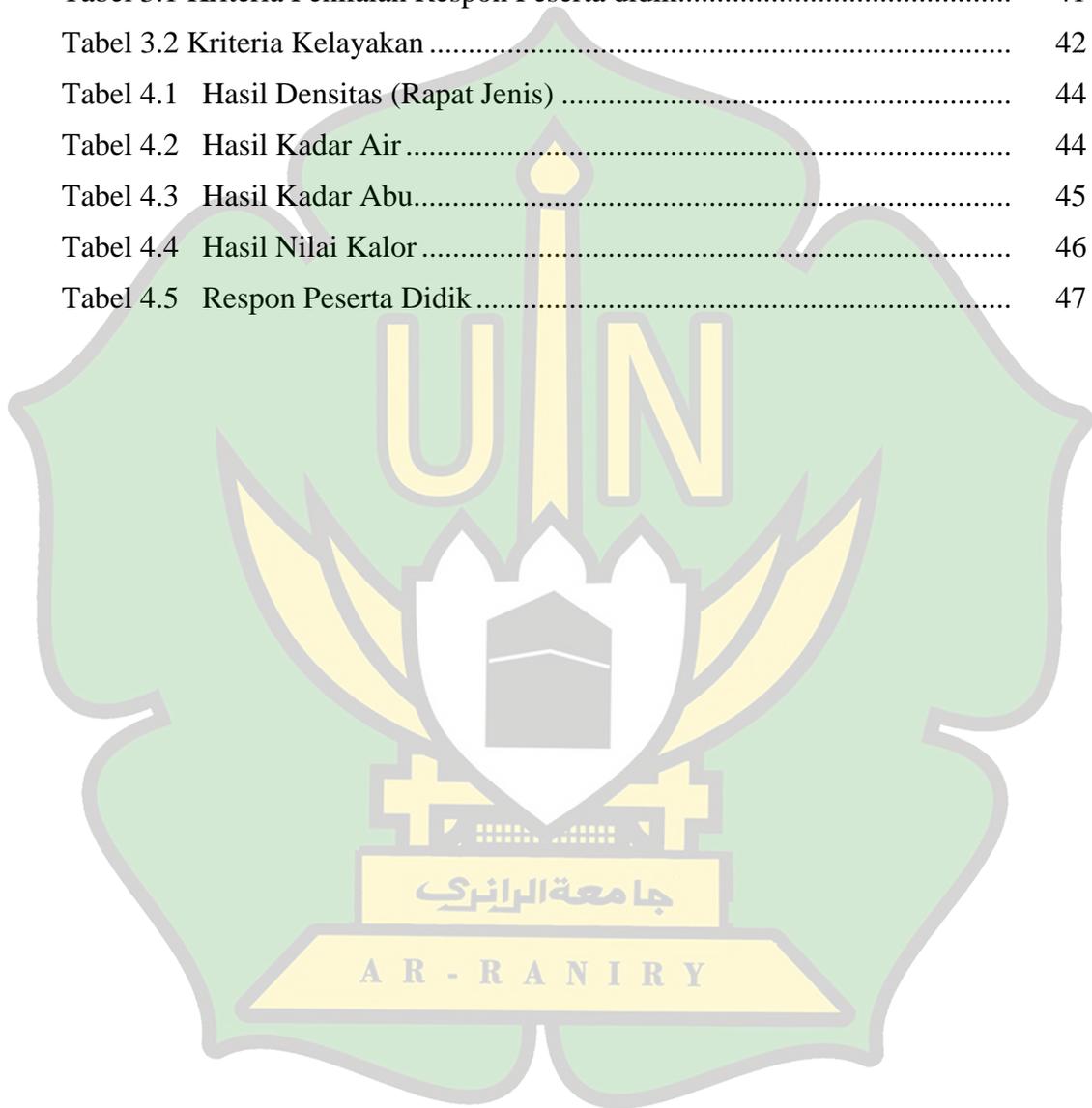
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
E. Batasan Penelitian.....	7
F. Definisi Operasional	8
BAB II LANDASAN TEORI.....	10
A. Briket.....	10
B. Biobriket	11
C. Cangkang Pala sebagai Bahan Bakar Biobriket.....	12
D. Sumber Belajar Materi Kalor.....	18
E. Penelitian Terdahulu tentang Biobriket dan Karakteristik Termal	24
BAB III METODE PENELITIAN	32
A. Rancangan Penelitian.....	32
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	32
C. Teknik Pengambilan Sampel	32
D. Alat dan Bahan.....	34
E. Prosedur Penelitian	35
F. Perhitungan	37

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	43
A. Hasil Penelitian	43
B. Pembahasan.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
A. Kesimpulan	52
B. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	59
DOKUMENTASI.....	83
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	88



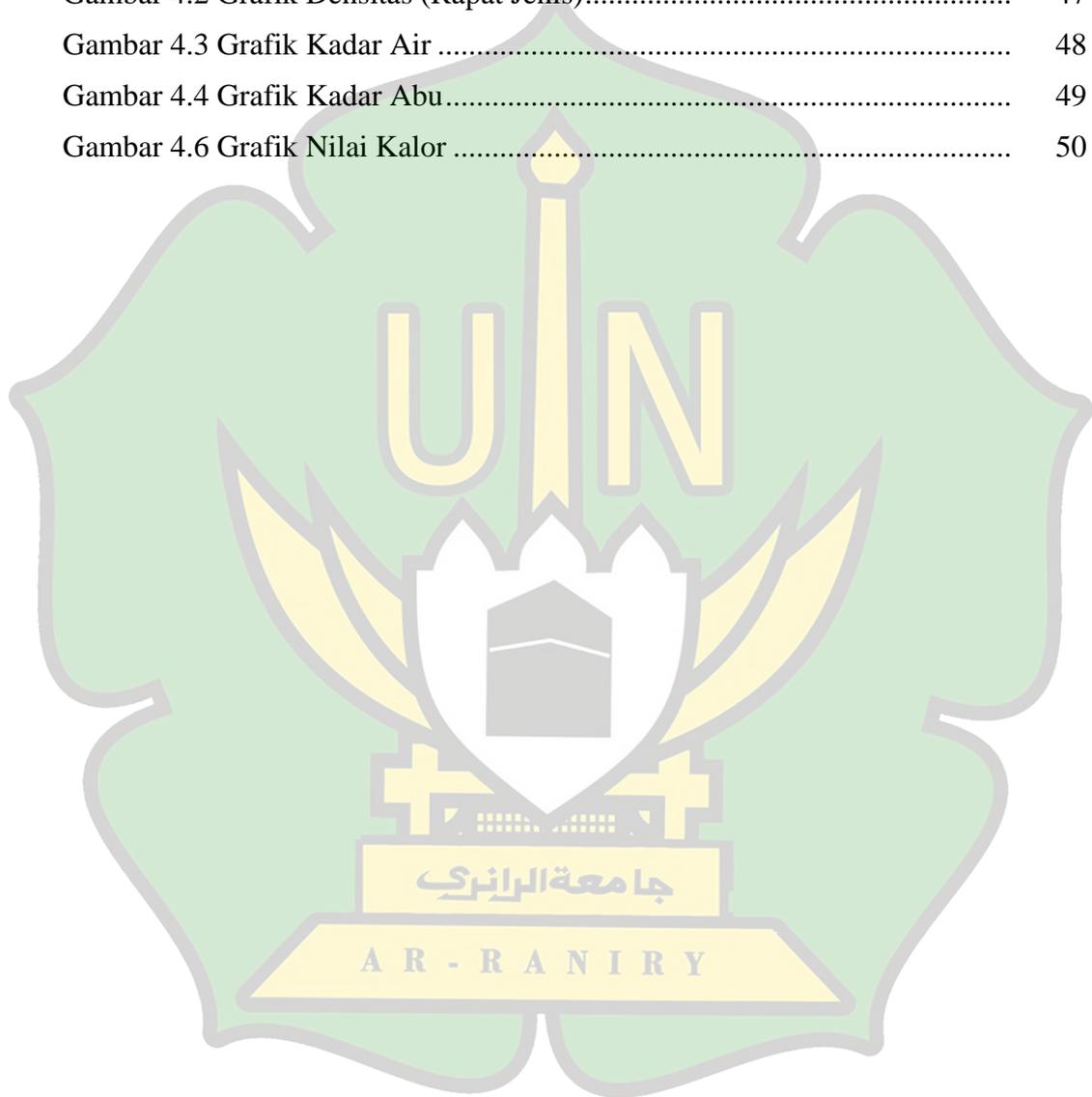
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Kualitas Briket Arang Jepang, Inggris, Amerika, dan Indonesia	28
Tabel 3.1 Kriteria Penilaian Respon Peserta didik.....	41
Tabel 3.2 Kriteria Kelayakan	42
Tabel 4.1 Hasil Densitas (Rapat Jenis)	44
Tabel 4.2 Hasil Kadar Air	44
Tabel 4.3 Hasil Kadar Abu.....	45
Tabel 4.4 Hasil Nilai Kalor	46
Tabel 4.5 Respon Peserta Didik.....	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel	33
Gambar 4.1 Briket Kubus	43
Gambar 4.2 Grafik Densitas (Rapat Jenis).....	47
Gambar 4.3 Grafik Kadar Air	48
Gambar 4.4 Grafik Kadar Abu.....	49
Gambar 4.6 Grafik Nilai Kalor	50



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Keterangan Pembimbing.....	59
Lampiran 2	Surat Izin Penelitian dari Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan	60
Lampiran 3	Surat Izin Penelitian dari Cabang Dinas Wilayah Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar	61
Lampiran 4	Surat Izin Penelitian dari Prodi Pendidikan Fisika.....	62
Lampiran 5	Surat Telah Selesai Penelitian di Laboratorium Multifungsi	63
Lampiran 6	Surat Telah Selesai Penelitian di SMA Negeri 1 Baitussalam ..	64
Lampiran 7	Instrumen Angket Respon Siswa.....	65
Lampiran 8	Respon siswa FF.....	68
Lampiran 9	Respon siswa MU.....	69
Lampiran 10	Respon siswa AL.....	70
Lampiran 11	Respon siswa MZ.....	71
Lampiran 12	Respon siswa MJ.....	72
Lampiran 13	Respon siswa NA.....	73
Lampiran 14	Respon siswa HF.....	74
Lampiran 15	Respon siswa SI.....	75
Lampiran 16	Respon siswa IA.....	76
Lampiran 17	Respon siswa RPA.....	77
Lampiran 18	Respon siswa SH.....	78
Lampiran 19	Respon siswa DF.....	79
Lampiran 20	Respon siswa R.....	80
Lampiran 21	Respon siswa RW.....	81
Lampiran 22	Respon siswa AA.....	82

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia memiliki produk unggulan berupa rempah-rempah, salah satunya yaitu pala (*Myristica fragrans*). Buah pala tersebut banyak dijumpai di kawasan Indonesia bagian timur terutama di Maluku. Maluku merupakan salah satu penghasil pala terbesar di Indonesia. Selain Maluku, Aceh juga terdapat perkebunan buah pala khususnya di daerah Aceh Selatan, dengan luas perkebunan mencapai 14.971 hektar, dimana perkebunan tersebut sudah dimanfaatkan oleh para petani sejak tahun 2014 untuk memanen buah pala. Hasil yang didapat berupa buah pala yang diolah menjadi minyak pala, manisan pala, sirup pala, dan rempah sebagai bahan tambahan untuk memasak. Produksi pala yang sangat tinggi dapat meningkatkan penghasilan dan tentunya dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat. Terdapat beberapa bagian pada buah pala yaitu dari daging buah sebanyak 77,8%, fuli sebanyak 4%, tempurung atau cangkang sebanyak 5,1% dan biji sebanyak 13,1%.¹

Hampir seluruh bagian dari buah pala dapat dimanfaatkan, begitu juga dengan cangkangnya. Namun, kebanyakan orang tidak tahu manfaat dan kegunaan cangkang pala yang dapat dijadikan sebagai arang aktif. Cangkang pala tergolong dalam kayu keras atau bahan yang keras dan tinggi akan kadar

¹ Rukmana, Suryo Purwono, dan Ahmad Taufiequrrahman Yuliansyah. 2015. Pemanfaatan Cangkang Biji Pala sebagai Briket dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol 9. No. 1. Hal 45.

hemisululosa, selulosa, serat kasar, lignin, abu dan kondensat cair berupa fenol, karbonil dan total asam.²

Cangkang pala mempunyai kandungan energi yang sangat tinggi. Nilai kalor cangkang pala ini sebesar 4340 kkal/kg, dengan nilai kalor tersebut maka tidak jauh berbeda dengan nilai kalor batu bara yaitu 4800 kkal/kg. Hal tersebut menunjukkan bahwa cangkang pala mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar misalnya dalam bentuk briket. Briket merupakan bahan bakar padat yang dibentuk dengan dimensi tertentu seperti bantal (*Oval*), sarang tawon (*Honey Comb*), silinder (*Cylinder*), telur (*Egg*), dan lain-lain.³

Briket arang merupakan teknologi alternatif yang paling mudah dan murah karena untuk memproduksinya hanya memerlukan teknologi sederhana.⁴ Briket arang adalah bahan bakar alternatif yang terbuat dari proses pembakaran bahan yang memiliki ukuran/diameter kecil atau serbuk dapat diubah menjadi berbagai bentuk briket yang disenangi masyarakat luas. Selama ini, cangkang pala yang dihasilkan sebagai limbah dari proses pengolahan pala tidak banyak dimanfaatkan dan seringkali hanya dibuang begitu saja. Padahal, jika dikelola dengan baik, cangkang pala memiliki potensi yang besar untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.⁵

² Patiung, G, A, B., Wuntu, A, D., Sangi, M, S. 2014. Penggunaan Karbon Aktif Cangkang Pala – TiO₂ untuk Fotodegradasi Zat Warna Metanil Yellow. *Jurnal Mipa Unsrat Online*. Vol 3. No. 2. Hal 139-143.

³ Brades AC., Tobing FS. 2007. Pembuatan Briket Arang dari Enceng Gondok (*Eichornia Crasipess Solm*) dengan Sagu sebagai Pengikat. UNSRI : Inderalaya, Departemen Teknik Kimia.

⁴ Afrizak Vachlepi dan Didin Suwardin. 2013. Penggunaan Biobriket sebagai Bahan Bakar Alternatif dalam Pengeringan Karet Alam. *Warta Per karetan*. Vol. 32. No. 2. Hal 65-73

⁵ Yulianingtyas, E. E. (2007). Pembuatan *Nata De Soya* dan Identifikasi Hazard serta Titik Kritis dalam Pembuatannya. (Doctoral Dissertation, Universitas Airlangga).

Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Kakerissa (2020) dengan judul “Pemanfaatan Limbah Tempurung Biji Pala sebagai Bahan Bakar Alternatif Briket Arang Biomassa”. Dalam penelitian tersebut membahas cara pembuatan briket dengan perbandingan 1:5 yang menghasilkan 5 desain briket yaitu kubus, bulat, hexagonal, silinder, dan bulat telur serta uji karakteristik termal yaitu kadar air, kadar abu, dan nilai kalor dan dinyatakan memenuhi SNI, sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif.⁶ Hal tersebut memberikan dasar yang baik untuk penelitian ini, yang akan lebih mendalam dalam memanfaatkan cangkang pala sebagai bahan baku biobriket.

Penelitian oleh Ansar dkk. (2020) dengan judul “*Karakteristik Fisik Briket Tempurung Kelapa Menggunakan Perekat Tepung Terigu*”. Penelitian tersebut membahas briket tempurung kelapa paling baik diperoleh dari perlakuan pemompaan 12 kali dengan rata-rata kekerasan 27,7 kg/cm², persentase kehancuran 18,50%, rata-rata kadar air 4,55% dan laju pembakaran 112,61 menit. Sedangkan kualitas paling rendah diperoleh pada pemompaan 4 kali dengan rata-rata kekerasan 16,5 kg/cm², persentase kehancuran 43,36%, rata-rata kadar air 7,92%, dan laju pembakaran 111,34 menit.⁷ Metode dan temuan dari penelitian tersebut bisa menjadi referensi dalam menguji dan menganalisis karakteristik dan kandungan biobriket cangkang pala dalam penelitian ini.

Penelitian oleh Muh. Arafatir, dkk (2020) dengan judul “Uji Laju Pembakaran dan Nilai Kalor Briket Wafer Sekam Padi dengan Variasi Tekanan”.

⁶ Kakerissa, A. L. (2020). Pemanfaatan Limbah Tempurung Biji Pala sebagai Bahan Bakar Alternatif Briket Arang Biomassa. *ALE Proceeding*, 3, 33-39.

⁷ Ansar, A., Setiawati, D. A., Murad, M., & Muliani, B. S. (2020). Karakteristik Fisik Briket Tempurung Kelapa Menggunakan Perekat Tepung Tapioka. *Jurnal Agritechno*, 13(1), 1–7.

Penelitian tersebut membahas briket wafer sekam padi dengan tekanan yang berbeda mempengaruhi nilai kalor, densitas, kadar air yang dihasilkan, serta laju pembakaran yang paling tinggi yang dihasilkan pada tekanan yang paling tinggi, sehingga semakin besar tekanan yang diberikan maka nilai kalor dan laju pembakaran yang dihasilkan semakin tinggi.⁸ Meski penelitian tersebut fokus pada aplikasi yang berbeda, metode dan proses yang digunakan dalam penelitian ini bisa memberikan referensi dalam proses pembuatan biobriket cangkang pala dalam penelitian ini.

Penelitian-penelitian tersebut bereksperimen terhadap pemanfaatan cangkang pala sebagai bahan baku pembuatan biobriket. Hasil dari eksperimen tersebut menunjukkan bahwa biobriket yang dihasilkan dari cangkang pala memiliki kualitas yang baik dan potensial untuk digunakan sebagai sumber energi alternatif. Namun, masih perlu penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas biobriket dari cangkang pala. Selain itu, hasil eksperimen yang telah diperoleh dapat dijadikan sumber belajar bagi peserta didik dalam memahami materi kalor.

Penelitian ini berfokus pada proses pembuatan briket arang dari limbah cangkang pala, mengetahui karakteristik biobriket yang dihasilkan dari cangkang pala, memiliki implikasi yang mendalam dalam konteks pendidikan. Kontribusi terbesar dari penelitian ini terletak pada potensinya untuk menjadi sumber belajar yang inovatif dalam pembelajaran materi kalor bagi peserta didik. Pendekatan ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang diusung oleh Jean Piaget pada awal abad ke-20. Menurut Piaget, pembelajaran bukanlah hanya tentang penerimaan

⁸ Muh. Arafatir Aljarwi, Dwi Pangga, dan Sukainil Ahzan. (2020). Uji Laju Pembakaran dan Nilai Kalor Briket Wafer Sekam Padi dengan Variasi Tekanan. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*. 6(2), 200-206.

pasif informasi, tetapi juga melibatkan konstruksi pengetahuan oleh peserta didik melalui pengalaman langsung dan interaksi dengan lingkungannya.⁹ Dalam konteks ini, penggunaan cangkang pala sebagai bahan baku untuk biobriket menciptakan pengalaman pembelajaran yang nyata dan dapat diaplikasikan.

Lebih lanjut, penelitian ini dapat membentuk pola pikir peserta didik terkait dengan konsep-konsep lingkungan dan keberlanjutan. Dengan melibatkan peserta didik dalam pemahaman lebih lanjut dengan memanfaatkan konsep lingkungan, mereka akan memiliki kesempatan untuk memahami betapa pentingnya pengelolaan sumber daya alam secara bijak dan bagaimana inovasi dapat berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan.

Dengan menerapkan prinsip-prinsip pendidikan ini dalam penelitian mengenai biobriket dari cangkang pala, peserta didik dapat memahami konsep fisika materi kalor dengan penerapan aplikasi sehari-hari. Inilah kekuatan sejati dari pendidikan yang berorientasi pada aplikasi pengetahuan untuk kebaikan bersama dan masa depan yang berkelanjutan. Berdasarkan keseluruhan latar belakang diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul *"Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal Sebagai Sumber Belajar Materi Kalor."*

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dapat dirumuskan beberapa masalah utama yang menjadi fokus dalam penelitian ini, yaitu:

⁹ Marzano, Robert J. (2019). *The Art and Science of Teaching: A Comprehensive Framework for Effective Instruction*. Alexandria, Virginia, USA: ASCD Publication. Hal. 77

1. Bagaimana proses pembuatan briket arang dari limbah cangkang pala?
2. Bagaimana karakteristik biobriket yang dihasilkan dari cangkang pala?
3. Bagaimana respon peserta didik terhadap biobriket yang telah dikembangkan?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, dapat dirumuskan tujuan penelitian dalam penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengetahui proses pembuatan briket arang dari limbah cangkang pala.
2. Untuk mengetahui karakteristik biobriket yang dihasilkan dari cangkang pala.
3. Untuk mengetahui respon peserta didik terhadap biobriket yang telah dikembangkan.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat kebeberapa pihak, antara lain:

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Memberikan pemahaman dan pengetahuan yang lebih dalam mengenai proses pembuatan briket arang dari limbah cangkang pala.
 - b. Menghasilkan data dan informasi mengenai karakteristik dan kandungan biobriket dari cangkang pala yang dapat menjadi referensi untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya.
 - c. Menyediakan bukti empiris mengenai efektivitas biobriket cangkang pala

sebagai alternatif bahan bakar, yang dapat digunakan untuk advokasi dan kebijakan terkait penggunaan bahan bakar ramah lingkungan dan ekonomis.

2. Bagi Masyarakat

- a. Mendorong pemanfaatan limbah cangkang pala, yang sebelumnya kurang dimanfaatkan, menjadi produk yang bernilai ekonomi dan bermanfaat bagi masyarakat dan lingkungan.
- b. Membantu petani dan masyarakat sekitar untuk meningkatkan nilai ekonomi cangkang pala dan meningkatkan pendapatan mereka.
- c. Berkontribusi dalam upaya menjaga kelestarian lingkungan dengan memanfaatkan limbah sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

3. Bagi Sekolah dan Pendidik

- a. Membantu proses pembelajaran materi kalor.
- b. Menambah contoh kehidupan sehari-hari dalam memanfaatkan limbah sebagai proses pembelajaran.
- c. Dapat dipraktekkan dalam memahami materi kalor pada siswa.

E. Batasan Penelitian

Beberapa hal yang perlu dibatasi dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Jenis Biobriket: Penelitian ini akan fokus pada penggunaan cangkang pala sebagai bahan baku utama dalam pembuatan biobriket.

2. Variasi Biobriket: Penelitian ini akan mempertimbangkan variasi dalam komposisi bahan tambahan dalam pembuatan biobriket, seperti perekat atau bahan pengisi lainnya.
3. Karakteristik Termal: Penelitian ini akan mempelajari karakteristik termal dari biobriket yang dihasilkan, termasuk nilai kalor, kestabilan termal, konduktivitas termal, dan performa pembakaran.
4. Sumber Belajar Materi Kalor: Penelitian ini akan menguji kelayakan biobriket cangkang pala yang telah dikembangkan melalui respon peserta didik dalam memahami materi kalor untuk pendidikan atau kepentingan penelitian.
5. Metode Penelitian: Penelitian ini akan menggunakan metode eksperimen untuk membuat dan menguji biobriket, serta menganalisis data yang diperoleh.
6. Lingkup Penelitian: Penelitian ini akan dilakukan dengan fokus pada karakteristik termal biobriket yang dihasilkan dari cangkang pala, tanpa mempertimbangkan karakteristik termal dari bahan baku lainnya.

F. Definisi Operasional

Definisi operasional adalah penjelasan tentang bagaimana variabel-variabel dalam penelitian akan diukur atau diamati secara konkret. Definisi operasional memberikan panduan yang jelas tentang cara mengukur atau mengamati variabel-variabel yang diteliti agar dapat dikuantifikasi dan dianalisis secara objektif. Dalam konteks penelitian variasi biobriket cangkang pala, berikut adalah contoh definisi operasional untuk beberapa variabel yang relevan:

1. Variasi Biobriket Cangkang Pala

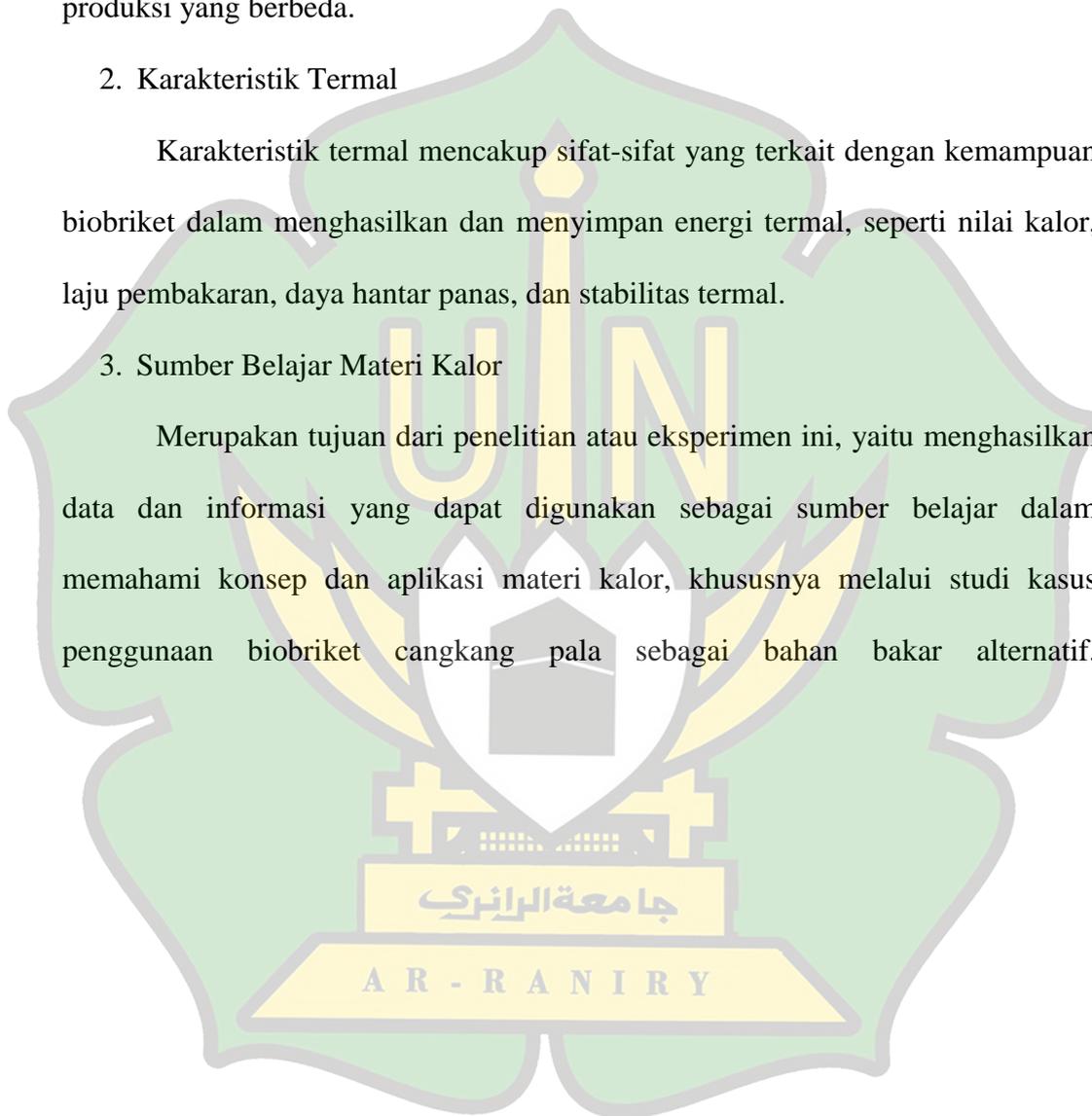
Variasi ini merujuk pada berbagai macam biobriket yang dibuat dari cangkang pala dengan menggunakan variasi komposisi, ukuran, dan teknik produksi yang berbeda.

2. Karakteristik Termal

Karakteristik termal mencakup sifat-sifat yang terkait dengan kemampuan biobriket dalam menghasilkan dan menyimpan energi termal, seperti nilai kalor, laju pembakaran, daya hantar panas, dan stabilitas termal.

3. Sumber Belajar Materi Kalor

Merupakan tujuan dari penelitian atau eksperimen ini, yaitu menghasilkan data dan informasi yang dapat digunakan sebagai sumber belajar dalam memahami konsep dan aplikasi materi kalor, khususnya melalui studi kasus penggunaan biobriket cangkang pala sebagai bahan bakar alternatif.



BAB II

LANDASAN TEORI

A. Briket

Briket adalah bahan bakar padat yang terbuat dari biomassa, atau bahan organik, yang dikompresi atau dipadatkan. Briket biasanya digunakan sebagai alternatif untuk bahan bakar kayu, batu bara, atau minyak. Bahan baku yang digunakan dalam produksi briket bisa sangat beragam, mulai dari serbuk gergaji, rumput kering, daun kering, cangkang biji-bijian, hingga limbah pertanian seperti cangkang pala.¹⁰ Produksi briket umumnya melibatkan beberapa tahap, termasuk pengumpulan dan persiapan bahan baku, pengeringan, penggilingan, dan pemadatan. Proses ini bertujuan untuk mengubah bahan baku menjadi bentuk yang lebih padat dan mudah dibakar.

Briket memiliki sejumlah keuntungan sebagai bahan bakar alternatif. Pertama, mereka biasanya lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Kedua, mereka lebih ramah lingkungan karena mereka dibuat dari bahan organik yang dapat diperbarui dan tidak melepaskan polutan berbahaya ketika dibakar. Ketiga, mereka memiliki efisiensi pembakaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu atau bahan bakar fosil.¹¹ Selain itu, penggunaan briket juga mendukung pengelolaan limbah dan penggunaan sumber daya alam secara berkelanjutan. Misalnya, cangkang pala yang biasanya dibuang atau dianggap sebagai limbah, dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat briket.

¹⁰ Mediasatika, C. E. (2021). Hemat Energi dan Lestari Lingkungan Melalui Bangunan. Penerbit Andi.

¹¹ Ibid.

Meskipun memiliki banyak keuntungan, produksi dan penggunaan briket juga memiliki beberapa tantangan. Misalnya, kualitas briket sangat tergantung pada jenis dan kualitas bahan baku yang digunakan. Selain itu, proses produksi briket memerlukan teknologi dan peralatan khusus, serta pengetahuan tentang teknik produksi briket.¹²

B. Biobriket

Biobriket merupakan jenis khusus dari briket yang dibuat seluruhnya dari bahan baku biomassa, atau material organik yang dapat diperbarui. Sama seperti briket pada umumnya, biobriket digunakan sebagai alternatif untuk bahan bakar kayu, batu bara, atau minyak. Namun, seiring dengan meningkatnya kepedulian terhadap lingkungan dan keberlanjutan, biobriket menjadi semakin populer karena sifat ramah lingkungannya yang superior.¹³ Biobriket dibuat dengan menggunakan teknik khusus dan teknologi pemadatan untuk mengubah biomassa menjadi bentuk padat dan padat. Proses ini melibatkan pengumpulan bahan baku, seperti serbuk kayu, cangkang biji-bijian, atau limbah pertanian, yang kemudian dikeringkan, digiling, dan dipadatkan.¹⁴

Keuntungan utama dari biobriket adalah bahwa mereka merupakan sumber energi yang dapat diperbarui dan berkelanjutan. Mereka dibuat dari bahan organik yang dapat diperbarui dan menghasilkan emisi karbon yang jauh lebih rendah ketika dibakar dibandingkan dengan bahan bakar fosil.¹⁵ Selain itu, biobriket juga

¹² Mediastika, C. E. (2021). Hemat Energi dan Lestari Lingkungan Melalui Bangunan. Penerbit Andi.

¹³ Rajabby, A. K. (2022). Analisis Pencampuran Bio-Briket Tongkol Jagung dan Tanah Gambut sebagai Pengganti Alternatif Bahan Bakar (Doctoral Dissertation, Universitas Nasional).

¹⁴ Ibid.

¹⁵ Ibid.

memiliki nilai kalori yang tinggi, efisiensi pembakaran yang baik, dan menghasilkan sedikit asap dan abu, menjadikannya pilihan yang lebih bersih dan efisien. Biobriket juga memainkan peran penting dalam pengelolaan limbah. Bahan baku yang digunakan dalam produksi biobriket seringkali adalah limbah atau sisa-sisa dari industri atau aktivitas pertanian, yang jika tidak digunakan dapat mencemari lingkungan.¹⁶

Produksi biobriket juga menghadapi tantangan. Misalnya, teknologi dan peralatan yang diperlukan untuk produksi biobriket dapat mahal dan sulit diakses di beberapa area, terutama di wilayah pedesaan atau miskin. Selain itu, kualitas dan konsistensi bahan baku juga dapat mempengaruhi kualitas akhir biobriket.¹⁷ Meskipun demikian, dengan penelitian dan pengembangan yang berkelanjutan, biobriket berpotensi menjadi solusi energi berkelanjutan yang efektif dan ramah lingkungan.

C. Cangkang Pala sebagai Bahan Bakar Biobriket

Cangkang pala merupakan salah satu jenis limbah biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam pembuatan biobriket. Sebagai bahan bakar, cangkang pala memiliki potensi yang signifikan karena ketersediaannya yang melimpah serta sifat-sifatnya yang dapat menghasilkan energi. Cangkang pala umumnya terdiri dari komponen organik seperti selulosa, lignin, dan hemiselulosa, yang merupakan komponen utama dalam biomassa. Komposisi kimia cangkang pala juga mengandung kadar karbon yang cukup tinggi, sehingga

¹⁶ Yones, I. (2007). Kajian Pengelolaan Sampah di Kota Ranai Ibu Kota Kabupaten Natuna Propinsi Kepulauan Riau. Universitas Diponegoro Semarang.

¹⁷ Ibid.

berpotensi menghasilkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar fosil.¹⁸

Selain ketersediaan dan komposisi kimianya, cangkang pala juga memiliki karakteristik fisik yang menguntungkan dalam pembuatan biobriket. Cangkang pala memiliki tekstur yang keras dan padat, sehingga mudah diolah menjadi briket dengan proses pemadatan dan pengikatan menggunakan bahan pengikat alami seperti pati atau lignin. Kelebihan dari penggunaan cangkang pala sebagai bahan bakar biobriket adalah dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, karena merupakan limbah dari industri pengolahan pala yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi terbarukan.¹⁹

Pemanfaatan cangkang pala sebagai bahan bakar biobriket juga memiliki potensi ekonomi yang menjanjikan. Dalam industri pengolahan pala, cangkang pala seringkali dianggap sebagai limbah yang tidak bernilai ekonomi. Namun, dengan mengolah cangkang pala menjadi biobriket, limbah tersebut dapat diubah menjadi produk yang memiliki nilai tambah. Selain itu, biobriket cangkang pala juga dapat menjadi alternatif yang lebih terjangkau secara finansial dibandingkan dengan bahan bakar fosil, sehingga dapat membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional.²⁰

Dalam konteks pembelajaran materi kalor, penggunaan cangkang pala sebagai bahan bakar biobriket juga memiliki potensi dalam memberikan sumber

¹⁸ Wijayanti, S., Prasetyo, A., & Widayat, W. (2021). Evaluasi kualitas biobriket cangkang pala berdasarkan karakteristik termal. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 10(1), 45-52.

¹⁹ Arifin, R., Ariwahjoedi, B., & Wibowo, D. (2018). Pemanfaatan Cangkang Biji Pala Sebagai Briket untuk Pengganti Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(2), 169-174.

²⁰ Sutrisno, A., Wijayanti, E., & Hidayat, T. (2018). Karakteristik Biobriket dari Campuran Cangkang Biji Pala dan Serbuk Kayu Akasia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 9(1), 39-50.

belajar yang menarik dan relevan. Materi kalor merupakan salah satu konsep penting dalam pelajaran sains, dan penggunaan biobriket cangkang pala dapat menjadi contoh yang nyata tentang bagaimana energi dapat dihasilkan dari limbah biomassa. Dengan mempelajari karakteristik termal dari biobriket cangkang pala, siswa dapat memahami prinsip-prinsip dasar tentang perubahan energi, konduksi panas, dan pembakaran bahan bakar.²¹

1. Karakteristik Cangkang Pala

Karakteristik cangkang pala sebagai bahan bakar biobriket dapat dibagi menjadi beberapa aspek, termasuk nilai kalor, kepadatan, kelembaban, dan abu. Pemahaman yang mendalam tentang karakteristik ini penting untuk mengoptimalkan penggunaan cangkang pala sebagai bahan bakar yang efisien dan ramah lingkungan. Secara umum, cangkang pala mengandung sejumlah besar komponen organik, terutama selulosa, lignin, dan hemiselulosa.

Nilai kalor adalah salah satu karakteristik penting dari cangkang pala. Hal ini menunjukkan jumlah energi yang dapat dihasilkan dari pembakaran unit massa bahan bakar. Cangkang pala umumnya memiliki nilai kalor yang tinggi, meskipun bisa bervariasi tergantung pada jenis pala dan kondisi pertumbuhannya. Dengan nilai kalor yang tinggi, cangkang pala menjadi sumber energi yang efisien dan potensial untuk menghasilkan panas dan listrik. Kepadatan cangkang pala juga perlu diperhatikan. Kepadatan yang baik memungkinkan proses pemadatan menjadi biobriket yang lebih efisien dan menghasilkan bahan bakar yang padat dan tahan lama. Selain itu, kepadatan yang tinggi juga mempengaruhi

²¹ Rusmardi, R., Wulandari, W., & Fitriani, A. (2018). Pengaruh Jumlah Molase pada Pembuatan Biobriket Berbasis Cangkang Biji Pala sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 87-91.

transportasi, penyimpanan, dan penggunaan bahan bakar dalam sistem pemanasan atau pembangkit listrik.

Kadar kelembaban dalam cangkang pala memainkan peran penting dalam pembakaran yang efisien. Kelembaban yang tinggi dapat mengurangi efisiensi pembakaran dan meningkatkan emisi polutan. Oleh karena itu, pengeringan cangkang pala menjadi langkah penting dalam pengolahannya menjadi biobriket. Karakteristik terakhir yang perlu dipertimbangkan adalah kandungan abu dalam cangkang pala. Abu yang dihasilkan saat pembakaran bahan bakar biomassa, termasuk cangkang pala, dapat mempengaruhi efisiensi sistem pembakaran dan meningkatkan risiko kerusakan pada peralatan. Oleh karena itu, pemahaman tentang kandungan abu dalam cangkang pala penting untuk merancang sistem pembakaran yang efisien dan tahan lama.²²

2. Potensi Penggunaan Cangkang Pala sebagai Bahan Bakar Alternatif

Potensi penggunaan cangkang pala sebagai bahan bakar alternatif sangatlah signifikan. Sebagai limbah biomassa yang melimpah dari industri pengolahan pala, cangkang pala menawarkan solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam memenuhi kebutuhan energi. Salah satu keuntungan utama penggunaan cangkang pala adalah ketersediaannya yang melimpah. Dalam industri pengolahan pala, cangkang pala seringkali dianggap sebagai limbah yang tidak memiliki nilai ekonomi dan cenderung dibuang begitu saja. Namun, dengan mengolah cangkang pala menjadi bahan bakar alternatif, kita dapat memanfaatkan sumber daya yang sebelumnya terbuang tersebut. Selain ketersediaannya yang

²² Sibarani, F. A., & Tambunan, A. H. (2018). Pengaruh Waktu Pemanasan dan Tekanan Terhadap Karakteristik Fisik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala. *Jurnal Mesin, Material, dan Energi*, 2(2), 95-100.

melimpah, cangkang pala juga memiliki komposisi kimia yang menguntungkan sebagai bahan bakar. Komponen utama dalam cangkang pala seperti selulosa, lignin, dan hemiselulosa merupakan komponen organik yang dapat diubah menjadi energi melalui proses pembakaran. Kandungan karbon yang relatif tinggi dalam cangkang pala juga membuatnya memiliki potensi energi yang besar. Dengan nilai kalor yang tinggi, cangkang pala dapat digunakan sebagai sumber panas atau digunakan dalam sistem pembangkit listrik.²³

Penggunaan cangkang pala sebagai bahan bakar alternatif juga dapat membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Sebagai sumber energi terbarukan, penggunaan cangkang pala membantu dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam hal ini, cangkang pala dapat menjadi salah satu solusi dalam mengatasi masalah perubahan iklim dan pencemaran lingkungan. Penggunaan cangkang pala sebagai bahan bakar alternatif juga memiliki potensi ekonomi yang menjanjikan. Dengan mengolah limbah cangkang pala menjadi bahan bakar, kita dapat menciptakan nilai tambah dari limbah tersebut. Biobriket atau bahan bakar padat yang dibuat dari cangkang pala dapat digunakan dalam berbagai sektor industri, termasuk pemanasan rumah tangga, industri pengolahan pangan, atau sebagai bahan bakar dalam sistem pembangkit listrik. Dengan harga bahan bakar fosil yang cenderung naik, penggunaan cangkang pala sebagai bahan bakar alternatif dapat menjadi opsi yang lebih terjangkau secara finansial.²⁴

²³ Purwanto, E., Kurniawan, A., & Fajar, R. M. (2019). Karakteristik Termal Biobriket dari Campuran Limbah Kayu dan Cangkang Biji Pala. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 8(1), 9-16.

²⁴ Syafri, H., Zulfia, A., & Nasution, M. (2021). Kajian Karakteristik Fisik Biobriket dari Cangkang Biji Pala dan Serbuk Kayu Kelapa. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(1), 27-34.

Potensi penggunaan cangkang pala sebagai bahan bakar alternatif sangat menjanjikan. Dengan ketersediaan yang melimpah, komposisi kimia yang menguntungkan, dampak positif terhadap lingkungan, dan potensi ekonomi yang signifikan, cangkang pala dapat menjadi sumber energi terbarukan yang berkelanjutan. Penggunaan cangkang pala juga dapat menjadi contoh nyata tentang pemanfaatan limbah biomassa untuk memenuhi kebutuhan energi kita.²⁵

3. Biobriket sebagai Bentuk Olahan Bahan Bakar Biomassa

Biobriket merupakan salah satu bentuk olahan bahan bakar biomassa yang semakin populer sebagai alternatif bahan bakar tradisional. Biobriket adalah briket padat yang terbuat dari bahan bakar biomassa seperti serbuk kayu, sekam padi, jerami, limbah pertanian, dan dalam konteks ini, cangkang pala. Proses pembuatan biobriket melibatkan pemadatan dan pengikatan bahan bakar biomassa dengan menggunakan bahan pengikat alami seperti pati atau lignin. Biobriket memiliki beberapa keuntungan yang membuatnya menjadi pilihan yang menarik sebagai bahan bakar. Pertama, biobriket memiliki nilai kalor yang tinggi. Komposisi bahan bakar biomassa yang dikompaksi dan diikat dalam bentuk padat menghasilkan energi yang lebih efisien saat pembakaran. Selain itu, biobriket juga memberikan efisiensi termal yang lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar biomassa dalam bentuk serbuk atau pecahan, karena massa yang padat dan ukuran yang seragam.²⁶

²⁵ Darmawan, D., & Kurniawan, A. (2020). Pengaruh Jumlah Perekat Terhadap Karakteristik Fisik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala dan Serbuk Kayu. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 9(1), 9-17.

²⁶ Anjani, C., & Saleh, H. (2019). Pembuatan dan Karakterisasi Biobriket dari Cangkang Biji Pala dengan Penambahan Serbuk Karet. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 8(2), 40-48.

Keuntungan lain dari biobriket adalah kestabilan penyimpanan dan transportasinya. Dalam bentuk padat, biobriket memiliki kepadatan yang tinggi, sehingga lebih mudah dalam hal penyimpanan dan pengangkutan. Selain itu, biobriket juga memiliki kelembaban yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar biomassa dalam bentuk aslinya. Hal ini mengurangi risiko pembusukan atau kerusakan selama penyimpanan. Selanjutnya, biobriket memiliki emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Pembakaran biobriket menghasilkan emisi karbon dioksida yang lebih rendah dan kadar sulfur yang hampir nol. Dalam hal ini, penggunaan biobriket berpotensi mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kualitas udara. Selain keuntungan tersebut, biobriket juga dapat diaplikasikan dalam berbagai sistem pemanasan atau pembangkit listrik. Biobriket dapat digunakan dalam tungku rumah tangga, industri pengolahan pangan, industri perhotelan, dan sektor industri lainnya yang membutuhkan sumber energi padat. Mereka juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam pembangkit listrik skala kecil atau dalam sistem pemanas komersial.²⁷

D. Sumber Belajar Materi Kalor

Sumber belajar materi kalor berperan penting dalam proses pembelajaran yang efektif dan menyeluruh tentang konsep-konsep termal. Materi kalor merupakan bagian penting dalam pelajaran sains, yang mencakup konsep-konsep seperti suhu, kalor, perpindahan panas, perubahan fase, dan hukum

²⁷ Suryani, S., & Hidayat, T. (2018). Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Pengeringan terhadap Karakteristik Fisik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 11(1), 1-10.

termodinamika.²⁸ Dalam konteks ini, terdapat beberapa sumber belajar yang dapat digunakan untuk membantu siswa memahami materi kalor dengan lebih baik yaitu:²⁹

- a. Buku teks: Buku teks merupakan sumber belajar yang umum digunakan dalam proses pembelajaran. Buku teks yang berkualitas dan terstruktur dengan baik akan memberikan penjelasan yang jelas dan sistematis tentang konsep-konsep kalor. Buku teks juga sering menyertakan contoh-contoh yang relevan dan latihan soal untuk menguji pemahaman siswa.
- b. Materi ajar digital: Dalam era teknologi digital, terdapat berbagai sumber belajar online yang menyajikan materi kalor secara interaktif. Video pembelajaran, simulasi, dan animasi yang terkait dengan konsep-konsep termal dapat membantu siswa memvisualisasikan dan memahami dengan lebih baik. Sumber belajar digital ini dapat diakses melalui platform pembelajaran online, situs web, atau aplikasi seluler.
- c. Eksperimen dan praktikum: Eksperimen dan praktikum memainkan peran penting dalam pembelajaran materi kalor. Dalam kegiatan ini, siswa dapat secara langsung mengamati dan mengukur perubahan suhu, perpindahan panas, dan efek termal lainnya. Melalui eksperimen, siswa dapat mengalami konsep-konsep kalor secara langsung, memperoleh pengalaman praktis, dan mengembangkan keterampilan observasi serta analisis data.

²⁸ Ariyanto, A., Sutrisno, A., & Heri, H. (2018). Pembuatan Biobriket Berbasis Serbuk Kayu dan Cangkang Biji Pala. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6(1), 16-23.

²⁹ Mahfudz, M. A., & Perdana, I. (2019). Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Karakteristik Biobriket dari Campuran Cangkang Biji Pala dan Serbuk Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 11(1), 13-21.

- d. Sumber daya lingkungan sekitar: Lingkungan sekitar kita menyediakan berbagai sumber belajar materi kalor yang relevan. Contohnya, pengamatan terhadap perubahan suhu dan efek termal dalam kehidupan sehari-hari, seperti pemanasan matahari, perpindahan panas dalam sistem pendingin ruangan, atau perubahan fase dalam memasak. Siswa dapat melakukan pengamatan, menarik kesimpulan, dan menghubungkan konsep-konsep kalor dengan fenomena yang mereka alami sehari-hari.
- e. Diskusi dan penelitian: Diskusi kelompok atau penelitian mandiri dapat menjadi sumber belajar yang bermanfaat dalam memahami materi kalor. Siswa dapat berdiskusi, bertukar pendapat, dan menjelaskan konsep-konsep kalor satu sama lain. Mereka juga dapat melakukan penelitian lebih lanjut tentang topik spesifik yang berkaitan dengan materi kalor untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam.

1. Pentingnya Pembelajaran Materi Kalor

Pembelajaran materi kalor memegang peran yang sangat penting dalam pendidikan, terutama dalam memperluas pemahaman kita tentang transfer energi dalam bentuk panas. Melalui pemahaman yang mendalam tentang konsep kalor, kita dapat memahami bagaimana energi bergerak, berubah bentuk, dan berinteraksi dengan lingkungan sekitar kita. Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering kali berhadapan dengan fenomena yang berkaitan dengan kalor. Misalnya, ketika kita memasak makanan, kita menggunakan panas untuk mengubah bahan mentah menjadi hidangan yang lezat. Pemahaman tentang transfer panas dan prinsip-prinsip kalor membantu kita dalam mengatur suhu, waktu, dan kekuatan

api yang tepat untuk memasak dengan efisien dan menghasilkan hasil yang baik. Selain itu, dalam penggunaan kendaraan, pemahaman tentang kalor memainkan peran penting dalam efisiensi penggunaan bahan bakar. Dengan memahami bagaimana mesin mengubah energi panas menjadi energi mekanik, kita dapat mengoptimalkan penggunaan bahan bakar dan mengurangi emisi yang merugikan lingkungan. Dalam dunia teknologi dan elektronik, pemahaman tentang kalor menjadi kunci dalam merancang dan mengelola peralatan yang dapat beroperasi dengan baik dan tidak mengalami overheating. Pemanasan berlebih dapat merusak komponen elektronik dan mempengaruhi kinerja perangkat. Dengan pemahaman tentang transfer panas, kita dapat mengembangkan sistem pendingin yang efisien dan memastikan peralatan berfungsi dengan baik.³⁰

Pemahaman tentang kalor juga memiliki implikasi yang sangat signifikan dalam bidang ilmiah seperti fisika, kimia, dan rekayasa. Konsep-konsep kalor adalah dasar dari banyak penemuan dan inovasi dalam berbagai bidang, termasuk pembangkitan energi, desain material, dan pengembangan teknologi baru. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang kalor menjadi landasan penting dalam mempelajari dan memahami ilmu pengetahuan. Selain itu, pembelajaran materi kalor juga memiliki manfaat kognitif yang luas. Melalui pemecahan masalah yang terkait dengan kalor, siswa akan mengembangkan keterampilan analitis, logika, dan pemikiran kritis yang sangat berharga dalam kehidupan sehari-hari maupun karier masa depan mereka. Mereka akan terbiasa dengan metode ilmiah dan pendekatan berbasis bukti dalam memecahkan masalah yang

³⁰ Sihotang, N. K., Pratiwi, A. T., & Wijaya, S. (2019). Karakteristik Fisik Biobriket dari Campuran Cangkang Biji Pala dan Serbuk Gergaji Kayu Mahoni. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 8(2), 137-145.

kompleks. Dalam era modern yang terus berkembang dengan cepat, di mana inovasi teknologi menjadi kunci keberhasilan, pemahaman tentang kalor menjadi semakin penting. Dalam menghadapi tantangan seperti perubahan iklim, krisis energi, dan perlunya pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan, pemahaman tentang kalor menjadi fondasi untuk membuat keputusan yang bijaksana dan solusi yang efektif.³¹

2. Peran Bahan Bakar Biomassa dalam Pembelajaran Materi Kalor

Peran bahan bakar biomassa dalam pembelajaran materi kalor sangat penting untuk memahami konsep transfer energi dan dampaknya terhadap lingkungan. Bahan bakar biomassa adalah bahan organik yang digunakan sebagai sumber energi, seperti serbuk kayu, jerami, limbah pertanian, dan limbah organik lainnya.³² Berikut ini adalah beberapa peran bahan bakar biomassa dalam pembelajaran materi kalor:³³

- a. Studi tentang sifat pembakaran: Bahan bakar biomassa merupakan contoh yang baik untuk mempelajari proses pembakaran. Pembakaran biomassa melibatkan transfer energi dalam bentuk panas, pemisahan dan pelepasan gas-gas, serta interaksi antara bahan bakar dan oksigen. Dengan mempelajari pembakaran biomassa, siswa dapat memahami konsep penting seperti reaksi oksidasi, energi kinetik, dan reaksi endotermik serta eksotermik.

³¹ Fadli, M. Z., & Azis, M. (2018). Karakteristik Termal Biobriket dari Campuran Serbuk Gergaji Kayu Pinus dan Cangkang Biji Pala. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 7(2), 80-88.

³² Saragih, E. H., & Susilowati, A. (2018). Pembuatan dan Karakterisasi Biobriket dari Campuran Serbuk Kayu Jati dan Cangkang Biji Pala. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 10(1), 28-37.

³³ Setiawan, A., Yudanto, A., & Hadi, Y. S. (2018). Karakteristik Fisik Biobriket dari Campuran Serbuk Kayu Pinus dan Cangkang Biji Pala. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(2), 81-89.

- b. Analisis efisiensi energi: Pemahaman tentang bahan bakar biomassa juga membantu siswa dalam menganalisis efisiensi energi. Biomassa dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan, yang menghasilkan panas untuk pemanasan, pembangkit listrik, dan proses industri lainnya. Dalam pembelajaran materi kalor, siswa dapat mempelajari bagaimana mengukur efisiensi penggunaan energi dari bahan bakar biomassa, mengoptimalkan proses pembakaran, dan merancang sistem yang lebih efisien.
- c. Dampak lingkungan: Pembakaran bahan bakar biomassa juga memberikan kesempatan untuk mempelajari dampaknya terhadap lingkungan. Ketika biomassa terbakar, emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya dapat terjadi. Pembelajaran materi kalor melibatkan pemahaman tentang pengendalian emisi dan teknologi yang digunakan untuk mengurangi dampak lingkungan. Siswa dapat belajar tentang peningkatan efisiensi pembakaran, penggunaan teknologi penangkapan dan penyimpanan karbon, serta pengurangan emisi polutan untuk mencapai pembakaran biomassa yang lebih bersih dan ramah lingkungan.
- d. Perbandingan dengan sumber energi lainnya: Studi tentang bahan bakar biomassa juga memungkinkan siswa untuk membandingkannya dengan sumber energi lainnya, seperti bahan bakar fosil dan energi terbarukan lainnya. Pembelajaran ini dapat mencakup analisis keberlanjutan, efisiensi energi, dan dampak lingkungan dari masing-masing sumber energi. Siswa dapat memahami persamaan dan perbedaan dalam konversi

energi, penggunaan sumber daya, dan dampak lingkungan untuk mempertimbangkan kebijakan energi yang lebih berkelanjutan di masa depan.

E. Penelitian Terdahulu tentang Biobriket dan Karakteristik Termal

Biobriket adalah salah satu contoh bahan bakar biomassa yang memiliki peran penting dalam pembelajaran materi kalor.³⁴ Studi kasus tentang biobriket dan karakteristik termalnya dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep transfer energi dan aplikasinya dalam konteks nyata.³⁵ Berikut ini tiga studi kasus relevan tentang biobriket dan karakteristik termal:

- a. Kandungan kalor biobriket: Dalam studi kasus ini, dapat dilakukan analisis terhadap kandungan kalor biobriket yang diproduksi dari biomassa tertentu, seperti serbuk kayu atau limbah pertanian. Kandungan kalor adalah jumlah energi yang dapat dihasilkan oleh biobriket saat dibakar. Pada studi ini, dapat dilakukan pengukuran dan perhitungan kandungan kalor menggunakan alat pengukur kalorimeter. Hasil analisis ini memberikan informasi penting tentang potensi energi yang dapat dihasilkan oleh biobriket tersebut dan membantu dalam perencanaan penggunaannya dalam sistem pemanasan atau pembangkit listrik.³⁶

³⁴ Harjanto, T., Kusuma, H., & Purwanto, A. (2020). Pengaruh temperatur pembakaran terhadap karakteristik termal biobriket cangkang pala. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(3), 123-130.

³⁵ Pranata, H., & Mufidah, S. (2021). Karakteristik Fisik Biobriket dari Campuran Cangkang Biji Pala dan Serbuk Gergaji Kayu Mahoni. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 6(1), 1-7.

³⁶ Tjitrosomo, S.S., Suyono, E.A., & Astuti, P.D. (2018). Pembuatan Biobriket Cangkang Pala Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Mekanikal*, 6(2), 89-95.

- b. Efisiensi pembakaran biobriket: Studi kasus ini melibatkan analisis efisiensi pembakaran biobriket dalam sistem pemanasan atau pembangkit listrik. Efisiensi pembakaran mengacu pada seberapa efisien biobriket dapat menghasilkan energi panas saat dibakar. Melalui pengujian dan pemantauan pembakaran biobriket dalam sistem yang ditentukan, dapat dihitung efisiensi termal sistem tersebut. Faktor-faktor seperti desain sistem, kondisi operasional, dan kualitas biobriket akan mempengaruhi efisiensi pembakaran. Studi ini memberikan wawasan tentang performa sistem yang menggunakan biobriket sebagai bahan bakar dan membantu dalam pengembangan teknologi yang lebih efisien.³⁷
- c. Analisis emisi dari pembakaran biobriket: Studi kasus ini fokus pada analisis emisi yang dihasilkan oleh pembakaran biobriket. Saat biomassa terbakar, emisi gas rumah kaca, partikel, dan polutan lainnya dapat terjadi. Melalui pengambilan sampel gas dan partikel saat pembakaran biobriket, dapat dilakukan analisis komposisi dan konsentrasi emisi yang dihasilkan. Studi ini memberikan pemahaman tentang dampak lingkungan dari penggunaan biobriket sebagai bahan bakar. Informasi ini dapat digunakan untuk mengembangkan teknologi pengendalian emisi yang lebih efektif dan memastikan penggunaan biobriket yang lebih bersih dan ramah lingkungan.³⁸

³⁷ Prasetya, A., Zulkarnain, A., & Purnomo, C.W. (2018). Pengaruh variasi komposisi biobriket cangkang pala terhadap karakteristik termal. *Jurnal Energi Terbarukan*, 7(2), 65-72.

³⁸ Sitorus, F.T., Gunawan, A., & Daud, R. (2019). Analisis karakteristik termal biobriket cangkang pala dengan variasi kadar air. *Jurnal Teknik Energi*, 8(1), 10-15.

1. Keterkaitan Antara Karakteristik Termal dan Pembelajaran Materi

Kalor

Karakteristik termal suatu bahan atau material memiliki keterkaitan yang erat dengan pembelajaran materi kalor. Ketika mempelajari materi kalor, salah satu aspek yang penting adalah pemahaman tentang perubahan suhu dan perpindahan energi panas antara objek atau bahan. Karakteristik termal suatu bahan, seperti konduktivitas termal, kapasitas kalor, dan koefisien ekspansi termal, memengaruhi bagaimana bahan tersebut merespons perubahan suhu dan mentransfer energi panas. Misalnya, konduktivitas termal adalah kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan panas. Dalam pembelajaran materi kalor, pemahaman tentang konduktivitas termal penting karena bahan dengan konduktivitas termal yang tinggi akan mentransfer energi panas dengan lebih efisien dibandingkan dengan bahan yang konduktivitas termalnya rendah. Ini berarti bahwa bahan dengan konduktivitas termal tinggi akan memiliki perubahan suhu yang lebih cepat atau mentransfer energi panas secara lebih efisien.³⁹

Kapasitas kalor juga merupakan karakteristik termal yang penting dalam pembelajaran materi kalor. Kapasitas kalor mengacu pada jumlah energi panas yang dibutuhkan atau dilepaskan oleh suatu bahan untuk mengalami perubahan suhu tertentu. Dalam pembelajaran materi kalor, pemahaman tentang kapasitas kalor membantu kita memahami berapa banyak energi panas yang diperlukan atau dilepaskan saat melakukan perubahan suhu pada bahan tertentu. Hal ini berhubungan dengan konsep perubahan suhu, hukum kekekalan energi, dan

³⁹ Maulina, R., & Saleh, H. (2020). Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Tempurung Kelapa pada Karakteristik Fisik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 9(2), 40-49.

perpindahan energi panas antara objek. Selain itu, koefisien ekspansi termal juga memiliki keterkaitan dengan pembelajaran materi kalor. Koefisien ekspansi termal menggambarkan seberapa besar perubahan dimensi suatu bahan ketika mengalami perubahan suhu. Dalam pembelajaran materi kalor, pemahaman tentang koefisien ekspansi termal membantu kita memahami bagaimana suatu bahan mengembang atau menyusut saat dipanaskan atau didinginkan. Hal ini penting dalam konteks perancangan struktur atau perangkat yang terlibat dalam perubahan suhu, seperti jembatan, bangunan, dan kabel listrik.⁴⁰

2. Variasi Biobriket Cangkang Pala dan Karakteristik Termal

Variasi biobriket cangkang pala dan karakteristik termal, fokus utama adalah mengamati bagaimana perubahan komposisi atau variabel pada proses pembuatan biobriket cangkang pala mempengaruhi karakteristik termal dari produk tersebut. Karakteristik termal yang diamati meliputi konduktivitas termal, kapasitas kalor, dan faktor lain yang berkaitan dengan transfer energi panas pada biobriket. Variasi dilakukan dalam pembuatan biobriket cangkang pala, seperti perbedaan rasio bahan baku, ukuran partikel, atau kadar air yang digunakan. Setelah pembuatan biobriket, dilakukan pengujian karakteristik termal menggunakan metode-metode yang sesuai. Misalnya, konduktivitas termal dapat diukur menggunakan alat pengukur konduktivitas termal yang standar, sedangkan

⁴⁰ Rosyid, A. N., & Kurniawan, A. (2021). Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Terhadap Karakteristik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala dan Serbuk Kayu Mahoni. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 10(1), 18-27.

kapasitas kalor dapat diukur dengan menggunakan alat pengukur kapasitas kalor.⁴¹

Karakteristik termal disini memiliki standar kualitas untuk mencapai kualitas yang optimal sehingga dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Berikut tabel standar kualitas briket arang dari beberapa Negara.⁴²

Tabel 2. 1 Standar Kualitas Briket Arang Jepang, Inggris, Amerika, dan Indonesia

Sifat	Standar Mutu			
	Jepang	Inggris	USA	SNI
Kadar Air (%)	6 s/d 8	3,6	6,2	< 8
Kadar Abu (%)	3 s/d 6	5,9	8,3	< 8
Kadar Zat Terbang (%)	15 s/d 30	16,4	19 – 24	< 15
Kadar Karbon Terikat (%)	60 s/d 80	75,3	60	> 77
Kerapatan (gr/cm ³)	1 – 1,2	0,46	1	> 0,44
Kuat Tekan (kg/cm ²)	60 – 65	12,7	62	50
Nilai Kalor (cal/gr)	6000 s/d 7000	7300	6500	> 5000

Sumber : Mangkau, dkk (2011)

Tabel 2.1 diatas merupakan dasar membandingkan kualitas briket yang dihasilkan. Standar kualitas briket Indonesia untuk kerapatan lebih dari 0,44 gr/cm³, untuk kadar air kurang dari 8%, untuk kadar abu kurang dari 8%, untuk nilai kalor lebih dari 5000 cal/gr. Apabila nilai yang tidak sesuai dengan standar kualitas briket Indonesia yang diatas, maka briket arang memiliki kualitas tidak bagus.

⁴¹ Wahyuni, W., & Dewi, D. K. (2019). Pengaruh Penambahan Perikat terhadap Karakteristik Fisik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala dan Serbuk Kayu Akasia. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 8(2), 16-24.

⁴² Muh. Arafatir Aljarwi, Dwi Pangga, & Sukainil Ahzan. (2020). Uji Laju Pembakaran dan Nilai Kalor Briket Wafer Sekam Padi dengan Variasi Tekanan. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*. 6(2), 200-206.

3. Keunggulan dan Keterbatasan Penggunaan Biobriket dalam Pembelajaran

Penggunaan biobriket dalam pembelajaran memiliki sejumlah keunggulan yang dapat memberikan manfaat dalam konteks pembelajaran materi kalor. Namun, juga perlu diperhatikan beberapa keterbatasan yang perlu diatasi.⁴³ Berikut adalah penjelasan mengenai keunggulan dan keterbatasan penggunaan biobriket dalam pembelajaran:

Keunggulan penggunaan biobriket dalam pembelajaran:⁴⁴

- a. Sumber energi terbarukan: Biobriket terbuat dari bahan biomassa, seperti cangkang pala, serbuk kayu, atau limbah pertanian. Penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif memanfaatkan sumber energi terbarukan, mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan berpotensi mengurangi emisi gas rumah kaca.
- b. Ramah lingkungan: Biobriket memiliki tingkat emisi yang lebih rendah daripada bahan bakar fosil, sehingga membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan biobriket dapat memberikan pemahaman pada siswa mengenai pentingnya sumber energi terbarukan dan keberlanjutan lingkungan.
- c. Sumber belajar praktis: Biobriket dapat digunakan sebagai sumber belajar yang praktis dalam pembelajaran materi kalor. Sifatnya yang padat, mudah digunakan, dan memiliki karakteristik termal tertentu

⁴³ Purnomo, C. W., Nurfina, A. N., & Fudholi, A. (2019). Optimisasi Karakteristik Biobriket Cangkang Kelapa Sawit dengan Variasi Laju Pemanasan dan Tekanan Kompaksi. *Jurnal Fisika: Seri Konferensi*, 1371(1), 012035.

⁴⁴ Utomo, D. W., Nurfina, A. N., & Fudholi, A. (2019). Karakteristik Biobriket Cangkang Kelapa Sawit dengan Perekat yang Berbeda. *Jurnal Fisika: Seri Konferensi*, 1371(1), 012033.

memungkinkan siswa untuk mempelajari transfer energi panas, perubahan suhu, dan konsep lainnya secara langsung.

- d. Variasi komposisi: Biobriket dapat dibuat dengan variasi komposisi bahan baku, seperti cangkang pala dengan bahan tambahan tertentu. Hal ini memungkinkan eksperimen dalam pembelajaran untuk memahami bagaimana perubahan komposisi bahan dapat mempengaruhi karakteristik termal biobriket dan efisiensi transfer panas.

Keterbatasan penggunaan biobriket dalam pembelajaran:⁴⁵

- a. Ketersediaan bahan baku: Ketersediaan biomassa untuk pembuatan biobriket dapat menjadi keterbatasan, terutama di daerah yang tidak memiliki sumber biomassa yang melimpah. Hal ini dapat mempengaruhi penggunaan biobriket sebagai sumber belajar dalam pembelajaran materi kalor.
- b. Kualitas bahan baku: Kualitas bahan baku biomassa, seperti cangkang pala, dapat bervariasi. Variabilitas ini dapat mempengaruhi karakteristik termal dan performa biobriket yang dihasilkan. Dalam pembelajaran, perlu diperhatikan pemilihan bahan baku yang baik untuk memastikan hasil yang konsisten.
- c. Pembakaran dan emisi: Meskipun biobriket memiliki emisi yang lebih rendah daripada bahan bakar fosil, tetap ada potensi emisi gas beracun saat pembakaran. Oleh karena itu, penggunaan biobriket dalam

⁴⁵ Daryanto, A., Raharjo, T. J., Sudaryanto, Y., & Hadiyanto, H. (2017). Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Karakteristik Biochar Cangkang Kelapa Sawit sebagai Energi Terbarukan. *Energy Procedia*, 105, 3672-3677.

pembelajaran harus dilakukan dengan pengawasan yang tepat untuk mengurangi paparan siswa terhadap gas beracun.

- d. Pembatasan teknologi: Penggunaan biobriket mungkin membutuhkan peralatan khusus, seperti tungku atau kompor tertentu, untuk pembakaran yang efisien dan aman. Pembatasan teknologi ini dapat membatasi penggunaan biobriket dalam lingkungan pembelajaran yang terbatas pada peralatan yang tersedia.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

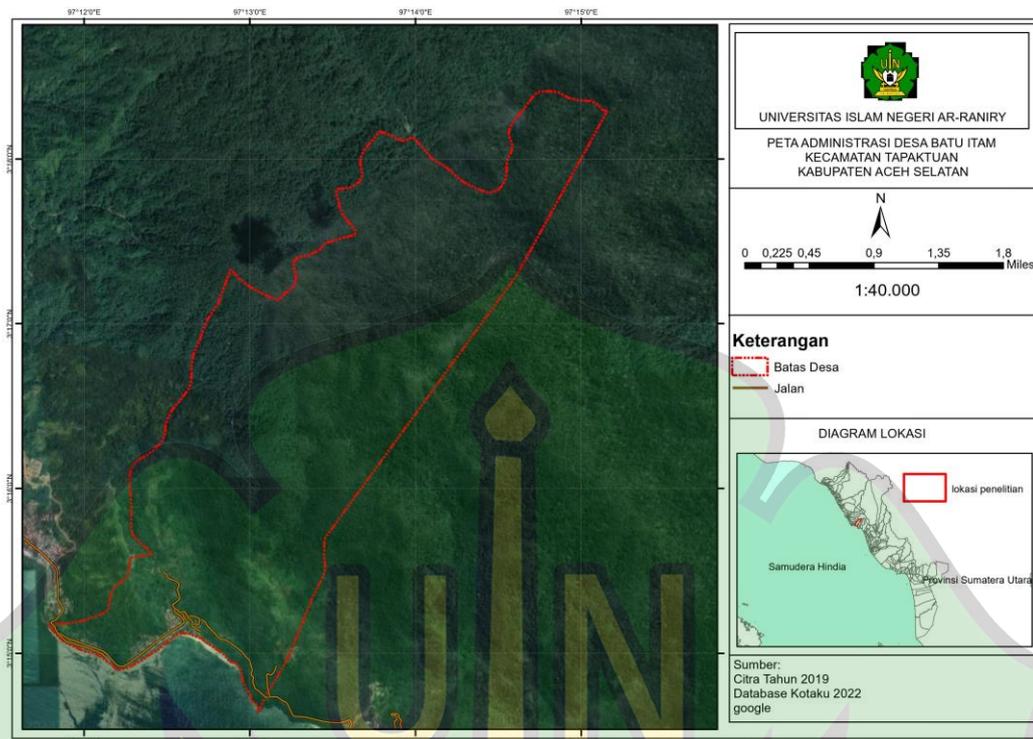
Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Melalui pendekatan kuantitatif, penelitian ini akan berfokus pada pengumpulan data numerik dan statistik untuk mengukur dan menganalisis karakteristik, kandungan, dan efektivitas pemanfaatan biobriket cangkang pala sebagai alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan dan ekonomis. Dalam rancangan ini, variabel-variabel tertentu akan dimanipulasi dan pengukuran dilakukan untuk melihat dampaknya terhadap hasil biobriket yang dihasilkan.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat dilaksanakannya penelitian ini yaitu pada Maret s.d Desember 2023 di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Hasil eksperimen dijadikan sebagai sumber belajar di SMA Negeri 1 Baitussalam, Aceh Besar.

C. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Purposive Sampling*, dimana pemilihan sampel didasarkan pada karakteristik tertentu. Sampel yang diambil adalah cangkang pala yang telah tua dan kering, memiliki warna coklat kehitaman dan tidak memiliki cacat fisik. Pengambilan sampel ini dilakukan di Desa Batu Itam, Kecamatan Tapaktuan, Kabupaten Aceh Selatan.



Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Desa Batu Itam dipilih sebagai lokasi pengambilan sampel karena dikenal sebagai salah satu pusat penjualan pala di Aceh Selatan. Waktu pengambilan sampel ditentukan pada musim panen pala, dimana ketersediaan cangkang pala diperkirakan lebih banyak. Peneliti memilih dan mengambil sampel cangkang pala yang memenuhi kriteria.

Setelah proses pengambilan sampel selesai, sampel disimpan dalam wadah yang sesuai dan dibawa ke laboratorium untuk proses pengolahan dan pengujian selanjutnya. Selama proses pengangkutan, peneliti memastikan untuk menjaga sampel agar tetap dalam kondisi baik dan menghindari kerusakan yang dapat mempengaruhi kualitas dari sampel tersebut. Dengan metode ini, diharapkan sampel yang diperoleh dapat mewakili karakteristik umum cangkang pala yang ada di Aceh Selatan dan relevan untuk penelitian ini.

Peserta didik kelas XI di SMA Negeri 1 Baitussalam Aceh Besar juga dijadikan sampel untuk melihat respon terhadap kelayakan hasil eksperimen yang telah diperoleh.

D. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

- a. Timbangan analitik
- b. Timbangan analog
- c. Blender
- d. Wadah pengaduk
- e. Cetakan briket
- f. Ayakan 45 mesh
- g. Tungku/oven
- h. Furnace
- i. Bomb kalorimeter
- j. Cawan porselin
- k. Sendok
- l. Stopwatch
- m. Desikator

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- a. Cangkang pala : $\pm 4,5$ Kg
- b. Tepung tapioka : ± 1 Kg

c. Air : secukupnya

E. Prosedur Penelitian

Prosedur ini melibatkan tahapan pengumpulan sampel, pengolahan sampel menjadi biobriket, dan pengujian sifat fisika dan kimia biobriket.

1. Pengumpulan Sampel

Pengumpulan sampel, peneliti memilih cangkang pala yang tua dan kering dengan warna coklat kehitaman, serta tanpa cacat fisik. Peneliti melakukan proses pengumpulan dengan teliti untuk mendapatkan sampel yang representatif. Setelah proses pengumpulan selesai, sampel disimpan dalam wadah yang sesuai dan dibawa ke laboratorium untuk proses pengolahan dan pengujian selanjutnya. Penyimpanan dan pengangkutan sampel dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan keaslian dan kualitas sampel tetap terjaga.

2. Pengolahan Sampel

a. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang disiapkan adalah cangkang pala. Pada proses ini bahan dikumpulkan dan dibersihkan dari kotoran atau material tidak berguna yang dapat mempengaruhi kualitas dari sampel yang akan digunakan untuk di keringkan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kandungan air. Bahan akan di keringkan di bawah sinar matahari selama 3 jam.

b. Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi atau pengarangan untuk bahan cangkang pala akan dikarbonisasi menggunakan furnace. Proses pengarangan ini menggunakan suhu 400°C, 450°C, 500°C, dalam waktu 90 menit, dengan masing-masing suhu dengan

berat cangkang pala sebesar 1,5 Kg. Kemudian cangkang pala yang sudah dikarbonisasi didinginkan selama 1 jam menggunakan desikator.

c. Proses Penumbukan

Proses penumbukan arang dilakukan dengan menggunakan blender. Kemudian arang cangkang pala diayak menggunakan ayakan ukuran 45 mesh.

d. Pencampuran Bahan Perikat dan Bahan Utama

Bahan perekat yang digunakan dalam pembuatan briket arang adalah campuran dari tepung tapioka dan air panas. Bahan baku yang sudah halus akan digunakan sebanyak 100 gram, kemudian dicampurkan dengan perekat tepung tapioka sebanyak 50% dari berat total arang. Setelah tercampur, masukkan air panas secukupnya ke dalam bahan yang sudah dicampur tadi dan diaduk sampai kalis.

e. Pencetakan

Hasil adonan briket dimasukkan ke dalam cetakan yang berbentuk kubus dengan tinggi 3 cm, kemudian ditekan dan dikeluarkan dari cetakan.

f. Pengeringan

Hasil cetakan briket arang dijemur di bawah terik matahari selama 3 hari hingga mendapatkan kadar air terendah. Proses pengeringan kadar air merupakan proses untuk meminimalisir kadar air dalam briket. Hal ini dikarenakan dalam proses pengeringan briket terjadi pengurangan massa karena briket yang baru di cetak masih banyak mengandung air, sehingga perlu dikeringkan agar tidak mengganggu besar kadar kalor tersebut.

3. Pengujian Karakteristik Biobriket

Pengujian sifat fisika dan kimia biobriket menjadi bagian penting dalam penelitian ini. Ini dilakukan untuk menentukan karakteristik biobriket yang dihasilkan dari cangkang pala dan menilai potensinya sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Pengujian yang dilakukan adalah untuk mencari nilai kalor, kadar air, kadar abu, serta kepadatan biobriket.

Pengujian kadar kalor biobriket menggunakan alat bomb calorimeter. Ini bertujuan untuk menentukan jumlah energi yang dapat dihasilkan oleh biobriket ketika dibakar. Energi tersebut umumnya disimpan dalam ikatan kimia senyawa karbon (seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin) dalam cangkang pala dan dilepaskan saat pembakaran. Pengujian kadar abu biobriket menggunakan oven. Ini bertujuan untuk mengetahui limbah abu yang dihasilkan setelah briket mengalami proses pembakaran. Selanjutnya, pengujian kadar air biobriket menggunakan oven. Ini bertujuan jika kadar air yang tinggi akan menurunkan nilai kalor dan laju pembakara. Kemudian pengujian kepadatan biobriket melibatkan pengukuran massa dan volume biobriket, dengan kemudian menghitung rasio antara massa dan volume untuk mendapatkan kepadatan. Kepadatan biobriket dapat mempengaruhi kecepatan pembakaran dan efisiensi energi yang dihasilkan.

F. Perhitungan

Penelitian ini, menggunakan berbagai perhitungan untuk menganalisis dan mengevaluasi data yang diperoleh. Berikut ini adalah jenis perhitungan yang dilakukan:

1. Perhitungan Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah energi panas maksimum yang ditimbulkan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut. Nilai kalor biobriket dihitung dengan menggunakan bomb calorimeter, sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kalor yang dihasilkan saat suatu bahan terbakar. Perhitungan ini memungkinkan kita untuk mengetahui berapa banyak energi yang bisa didapatkan dari biobriket saat digunakan sebagai bahan bakar.

Pada dasarnya, *bomb calorimeter* bekerja dengan membakar sampel biobriket di dalam suatu lingkungan tertutup (*bomb*) dan mengukur perubahan suhu di dalam bejana berisi air yang mengelilingi "*bomb*". Nilai kalori dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Q = mc \times \Delta T$$

Keterangan :

Q : energi yang dihasilkan (dalam Joule),

C : kapasitas kalorimeter (dalam Joule/°C), dan

ΔT : perubahan suhu (dalam °C) selama pembakaran.

Kapasitas kalorimeter umumnya ditentukan melalui kalibrasi, menggunakan sampel dengan nilai kalor yang sudah diketahui. Setelah mendapatkan Q, nilai kalor biobriket (dalam Joule/gram atau kalori/gram) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Nilai kalor} = \frac{Q}{m}$$

Berdasarkan rumus diatas diketahui bahwa m adalah massa sampel biobriket yang dibakar (dalam gram). Melalui perhitungan ini, kita bisa mengetahui seberapa efisien biobriket sebagai sumber energi.

2. Perhitungan Kerapatan

Kerapatan biobriket menjadi parameter penting dalam penelitian ini karena mempengaruhi kecepatan pembakaran dan efisiensi energi yang dihasilkan. Kerapatan biobriket dihitung dengan menggunakan rumus densitas atau rapat jenis, yaitu:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan :

ρ : massa jenis biobriket (dalam Kg/m³ atau gr/cm³),

m : massa biobriket (dalam Kg atau gr), dan

V : volume biobriket (dalam m³ atau cm³).

Massa biobriket dapat diukur dengan menggunakan timbangan digital dengan akurasi tinggi. Sementara volume biobriket dihitung berdasarkan dimensi fisiknya (panjang, lebar, dan tinggi) jika berbentuk persegi panjang, atau diameter dan tinggi jika berbentuk silinder. Dengan mengetahui kepadatan biobriket, peneliti dapat mengevaluasi seberapa baik cangkang pala telah dikonversi menjadi biobriket dan juga berpotensi untuk mengevaluasi efisiensi pembakaran biobriket tersebut.

3. Perhitungan Kadar Abu

Menentukan jumlah abu yang tertinggal dalam pembakaran briket menjadi abu dengan menggunakan energi panas. Sampel briket diambil sebagai berat awal

- (a), sampel dimasukkan ke dalam cawan yang telah di timbang berat kosongnya
 (b). Kemudian dimasukkan di dalam furnace dan dipanaskan sampai pada suhu 750°C selama 2 jam. Selanjutnya didinginkan dan dimasukkan ke dalam desikator. Kemudian di timbang sebagai berat (c).

$$kadar\ abu\ (\%) = \left(\frac{c - b}{a} \right) \times 100\%$$

Keterangan

- a : massa sampel (gram)
 b : massa cawan kosong (gram)
 c : massa cawan + massa abu setelah difurnace (gram)

4. Perhitungan Kadar Air

Kadar air dalam biobriket dapat dihitung menggunakan metode pengeringan oven. Sampel briket diambil sebagai berat awal (m_1), sampel dimasukkan ke dalam cawan yang telah di timbang berat kosongnya (m_2). Kemudian dimasukkan di dalam oven dan dipanaskan sampai pada suhu 105°C selama 1 jam setengah. Selanjutnya didinginkan dan dimasukkan ke dalam desikator. Kemudian di timbang sebagai berat (m_3).

$$kadar\ air\ (\%) = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_1} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

- m_1 : massa biobriket sebelum dikeringkan (dalam gram)
 m_2 : massa biobriket ditambah massa cawan kosong (dalam gram)
 m_3 : massa biobriket setelah dioven ditambah massa cawan kosong (dalam gram)

5. Perhitungan Uji Kelayakan

Biobriket yang telah diperoleh akan diuji kelayakan dalam aspek komponen kelayakan media, kelayakan penyajian, & kelayakan pengembangan. Uji tersebut diperoleh dari penilaian respon peserta didik. Adapun kriteria penilaian respon peserta didik adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Kriteria Penilaian Respon Peserta didik

Skor	Keterangan
1	Sangat Kurang Menarik
2	Kurang Menarik
3	Menarik
4	Sangat Menarik

Selanjutnya data yang diperoleh dengan instrumen pengumpulan data dianalisis dengan menggunakan teknik analisis persentase sesuai rumus yang telah ditentukan.

Menghitung skor rata-rata dari setiap aspek yang dinilai yaitu dengan persamaan berikut ini.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

Dimana: \bar{x} =Skor rata-rata penilaian oleh para ahli

$\sum x$ =Jumlah Skor

N= Jumlah Pertanyaan

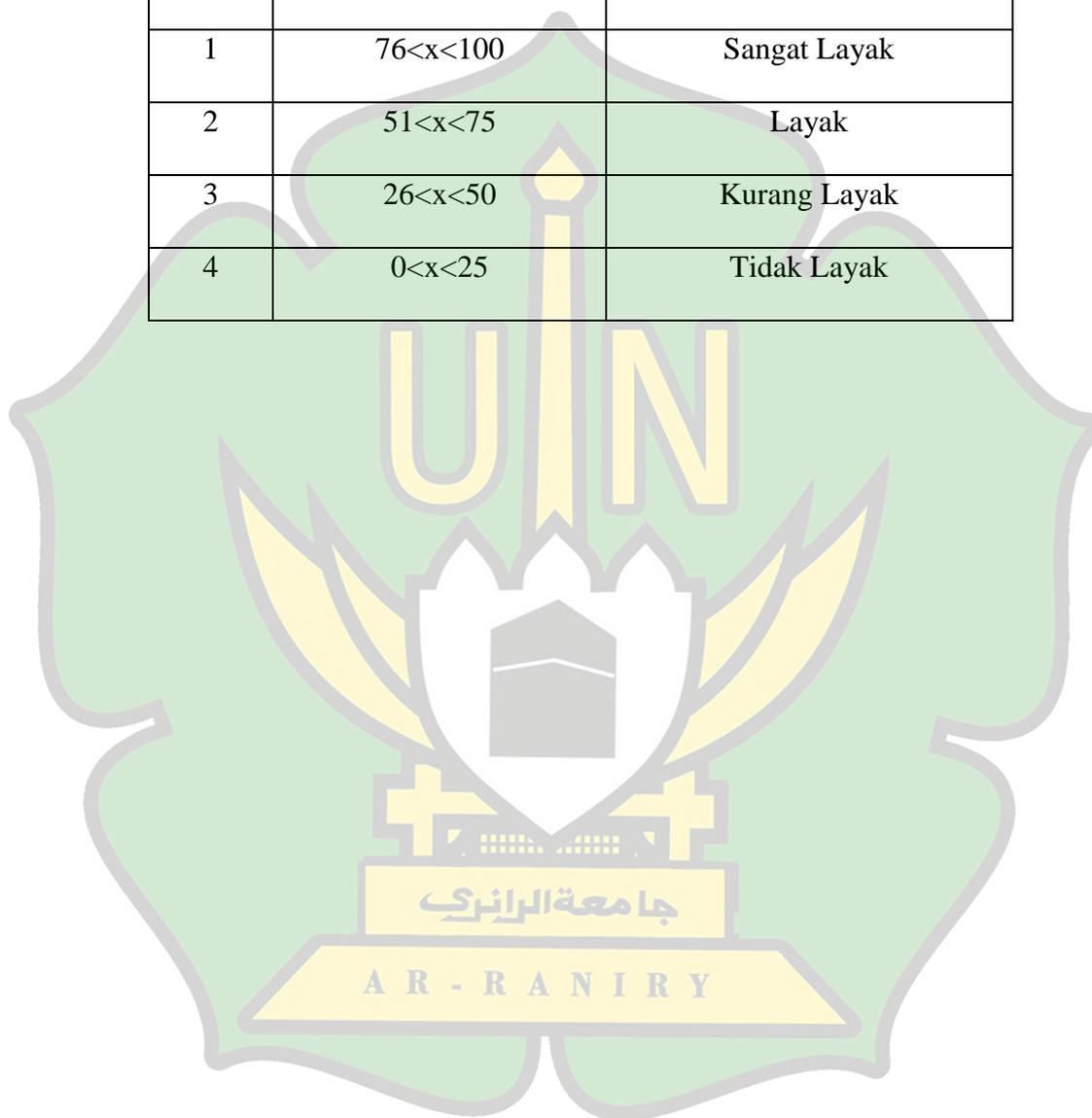
Untuk menghitung persentasenya sebagai berikut.

$$\text{Persentase Kelayakan} = \frac{\text{Rata - rata keseluruhan aspek}}{\text{Skor tertinggi penilaian}} \times 100\%$$

Sementara untuk mencocokkan penilaian tersebut dengan kelayakannya adalah seperti tabel di bawah ini.

Tabel 3.2 Kriteria Kelayakan

No	Nilai	Keputusan
1	$76 < x < 100$	Sangat Layak
2	$51 < x < 75$	Layak
3	$26 < x < 50$	Kurang Layak
4	$0 < x < 25$	Tidak Layak



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Karakteristik Biobriket cangkang pala

Biobriket cangkang pala yang diperoleh dari penelitian ini menggunakan bahan dasar cangkang pala dan tepung kanji sebagai perekat sehingga kedua bahan dicampur dan dicetak dengan cetakan yang berbentuk kubus dengan variasi suhu karbonisasi 400°C, 450°C, 500°C selama 90 menit. Bentuk briket kubus terlihat seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Briket Kubus

Briket arang kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 3 hari untuk pengerasan briket arang. Untuk mengetahui karakteristik briket arang yang dihasilkan, perlu dilakukan pengujian seperti densitas (rapat jenis), kadar air, kadar abu, dan kadar kalor. Berikut hasil uji briket arang dari cangkang pala yang telah dilakukan.

a. Analisis Densitas (Kerapatan Jenis)

Densitas (rapat jenis) suatu zat adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dan dinyatakan dalam bentuk massa persatuan volume. Sehingga dengan

adanya densitas memiliki pengaruh signifikan terhadap laju pembakaran. Nilai densitas dari briket arang cangkang pala dapat dilihat dalam tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Densitas (Rapat Jenis)

No	Suhu karbonisasi (°C)	Massa Briket (gr)	Volume (cm ³)	Rapat Jenis (gr/cm ³)
1	400	26,655	27	0,987
2	450	32,418	27	1,201
3	500	35,058	27	1,298

Densitas briket cangkang pala yang diperoleh berkisar antara 0,987 gr/cm³ - 1,298 gr/cm³. Briket cangkang pala yang dihasilkan memiliki nilai densitas terendah adalah pada sampel briket dengan suhu karbonisasi 400°C. Sedangkan nilai densitas tertinggi adalah pada sampel briket dengan suhu karbonisasi 500°C.

b. Analisis Kadar Air

Kadar air merupakan jumlah kandungan air yang terdapat dalam briket. Hasil uji kadar air dari briket arang cangkang pala yang telah dioven dengan suhu pengovenan 105°C selama 1 jam setengah dan dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Kadar Air

No	Suhu karbonisasi (°C)	Massa sampel awal (gr)	Massa cawan kosong (gr)	Massa cawan + sampel sebelum pengovenan (gr)	Massa cawan + sampel setelah pengovenan (gr)	Kadar air (%)
1	400	26,655	47,507	74,162	72,106	7,71
2	450	32,418	39,469	71,887	69,468	7,46
3	500	35,058	30,198	65,256	62,655	7,41

Kadar air briket cangkang pala yang diperoleh berkisar antara 7,41% - 7,71%. Briket cangkang pala yang dihasilkan memiliki kadar air terendah adalah pada sampel briket dengan suhu karbonisasi 500°C. Sedangkan kadar air tertinggi adalah pada sampel briket dengan suhu karbonisasi 400°C.

c. Analisis Kadar Abu

Kadar abu merupakan zat sisa dari pembakaran suatu bahan organik. Hasil uji kadar abu dari briket arang cangkang pala yang telah dibakar di dalam furnace dengan suhu 750°C selama 2 jam dan dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Kadar Abu

No	Suhu karbonisasi (°C)	Massa sampel awal (gr)	Massa cawan kosong (gr)	Massa cawan + sampel sebelum di furnace (gr)	Massa cawan + sampel setelah di furnace (gr)	Kadar abu (%)
1	400	34,689	46,474	81,163	49,147	7,70
2	450	44,453	46,089	90,542	49,896	8,56
3	500	33,421	46,695	80,122	49,170	7,40

Kadar abu briket cangkang pala yang diperoleh berkisar antara 7,40% - 8,56%. Briket cangkang pala yang dihasilkan memiliki kadar abu terendah adalah pada sampel briket dengan suhu karbonisasi 500°C. Sedangkan kadar abu tertinggi adalah pada sampel briket dengan suhu karbonisasi 450°C.

d. Analisis Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah energi panas maksimum yang ditimbulkan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut. Uji nilai kalor dari briket arang yang dihasilkan dari suhu karbonisasi 400°C, 450°C, 500°C dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Nilai Kalor

No	Suhu karbonisasi (°C)	massa sampel (gr)	Massa kapsul kosong (gr)	Massa sampel + kapsul (gr)	Hasil Analisis bomb kalorimeter (cal)	Nilai Kalor (cal/gr)
1	400	0,47	0,13	0,60	6881,63	14641,76
2	450	0,53	0,12	0,65	6441,91	12154,54
3	500	0,44	0,14	0,58	6757,91	15358,88

Nilai kalor briket cangkang pala yang dihasilkan berkisar antara 12154,54 cal/gr – 15358,88 cal/gr. Briket cangkang pala yang dihasilkan memiliki nilai kalor terendah adalah pada sampel briket dengan suhu karbonisasi 450°C. Sedangkan nilai kalor tertinggi adalah pada sampel briket dengan suhu karbonisasi 500°C.

2. Kelayakan briket arang sebagai sumber belajar materi kalor

Kelayakan variasi biobriket cangkang pala terhadap karakteristik termal sebagai sumber belajar materi kalor dilakukan pengujian terhadap respon peserta didik. Respon peserta didik bertujuan untuk mengetahui kelayakan biobriket yang telah dikembangkan dalam memahami materi kalor.

Validator terdiri dari 15 orang peserta didik kelas XI Mia 1 SMA Negeri 1 Baitussalam, yaitu: (1) IA (2) MJ (3) FF (4) MM (5) AL (6) HF (7) NA (8) MU (9) SIR (10) RPA (11) DF (12) SH (13) RW (14) R (15) AA. Data hasil validasi variasi biobriket cangkang pala terhadap karakteristik termal sebagai sumber belajar materi kalor oleh peserta didik dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Respon Peserta Didik

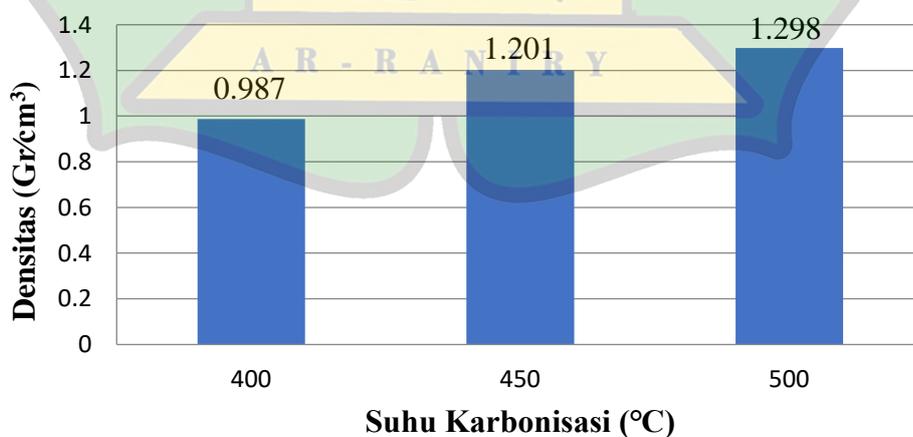
Validator	Penilaian Kriteria				Skor Total	N	%	%rata-rata	Kriteria
	1	2	3	4					
1	3	3	3	3	12	16	75	76.25	sangat layak
2	4	2	1	3	10	16	62.5		
3	3	3	4	4	14	16	87.5		
4	3	1	4	1	9	16	56.25		
5	3	3	3	3	12	16	75		
6	3	3	4	3	13	16	81.25		
7	3	3	3	3	12	16	75		
8	3	3	3	3	12	16	75		
9	3	3	3	3	12	16	75		
10	3	3	3	3	12	16	75		
11	4	3	4	3	14	16	87.5		
12	4	2	4	4	14	16	87.5		
13	4	2	4	4	14	16	87.5		
14	2	3	3	3	11	16	68.75		
15	4	3	3	2	12	16	75		

Sumber : Data respon peserta didik di SMA Negeri 1 Baitussalam (tahun 2023)

B. Pembahasan

1. Karakteristik Biobriket cangkang pala

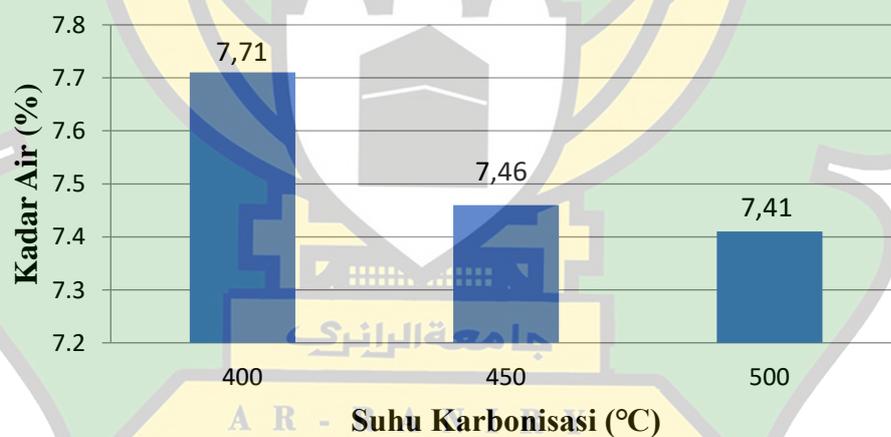
a. Analisis Densitas (Rapat Jenis)



Gambar 4.2 Grafik Densitas (Rapat Jenis)

Berdasarkan gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa pada suhu karbonisasi 400°C, 450°C, 500°C memiliki nilai densitas (rapat jenis) yang dihasilkan berbeda. Nilai densitas yang paling tinggi dengan suhu karbonisasi 500°C adalah 1,298 gr/cm³, selanjutnya suhu karbonisasi 450°C adalah 1,201 gr/cm³, dan yang paling rendah dengan suhu karbonisasi 400°C adalah 0,987 gr/cm³. Dari hasil penelitian di atas diketahui nilai densitas briket cangkang pala yang paling tinggi yaitu pada suhu karbonisasi 400°C, ini disebabkan karena penambahan massa bahan yang semakin banyak untuk membuat briket yang mempunyai volume yang sama. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi maka semakin tinggi pula nilai densitas (rapat jenis) pada briket cangkang pala.

b. Analisis Kadar Air

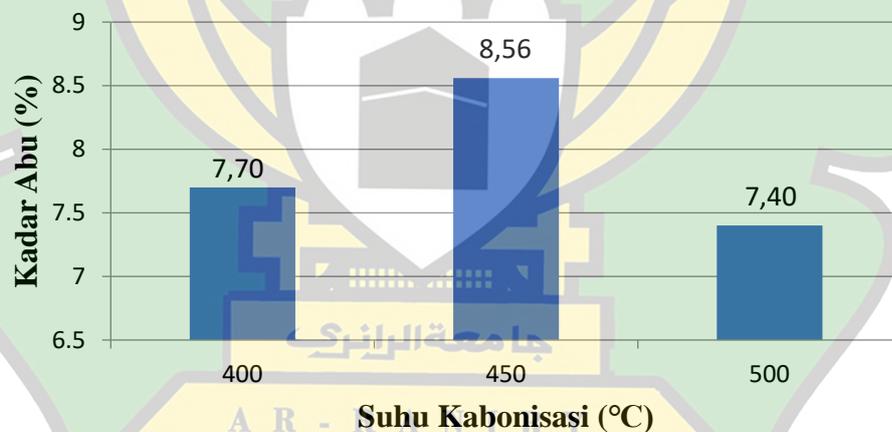


Gambar 4. 3 Grafik Kadar Air

Berdasarkan gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa pada suhu karbonisasi 400°C, 450°C, 500°C memiliki kadar air yang dihasilkan berbeda. Nilai kadar air yang paling tinggi dengan suhu karbonisasi 400°C adalah 7,71%, selanjutnya suhu karbonisasi 450°C adalah 7,46%, dan yang paling rendah dengan suhu karbonisasi

500°C adalah 7,41%. Dari hasil penelitian di atas diketahui nilai kadar air briket cangkang pala yang paling rendah yaitu pada suhu karbonisasi 400°C yaitu 7,41%, ini disebabkan karena pada campuran antara tepung kanji dengan cangkang pala yang suhu karbonisasinya tinggi, memiliki densitas (rapat jenis) yang lebih kuat akan menyebabkan kadar air pada sampel berkurang. Hal ini dapat diartikan bahwa campuran antara tepung kanji dengan cangkang pala yang suhu karbonisasinya tinggi memiliki densitas (rapat jenis) yang lebih kuat maka semakin rendah pula nilai rasio kadar air pada briket cangkang pala. Nilai rasio kadar air briket cangkang pala sesuai dengan standar kualitas briket nasional (SNI) yaitu kadar air tidak melebihi 8%.

c. Analisis Kadar Abu

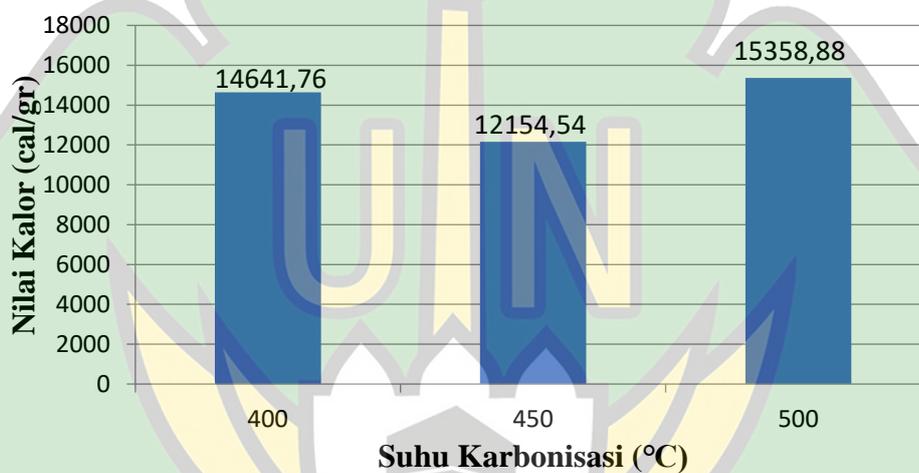


Gambar 4. 4 Grafik Kadar Abu

Berdasarkan gambar 4.4 diatas dapat dilihat bahwa pada suhu karbonisasi 400°C, 450°C, 500°C memiliki kadar abu yang dihasilkan berbeda. Nilai kadar abu yang paling tinggi dengan suhu karbonisasi 450°C adalah 8,56%, selanjutnya suhu karbonisasi 400°C adalah 7,70%, dan yang paling rendah dengan suhu karbonisasi 500°C adalah 7,40%. Dari hasil penelitian di atas diketahui nilai kadar abu briket

cangkang pala yang paling rendah yaitu pada suhu karbonisasi 500°C, ini disebabkan karena semakin tinggi kadar karbonnya. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi maka semakin rendah pula rasio kadar abu pada briket cangkang pala. Nilai rasio kadar abu briket cangkang pala sesuai dengan standar kualitas briket nasional (SNI) yaitu kadar air tidak melebihi 8%.

d. Analisis Nilai Kalor

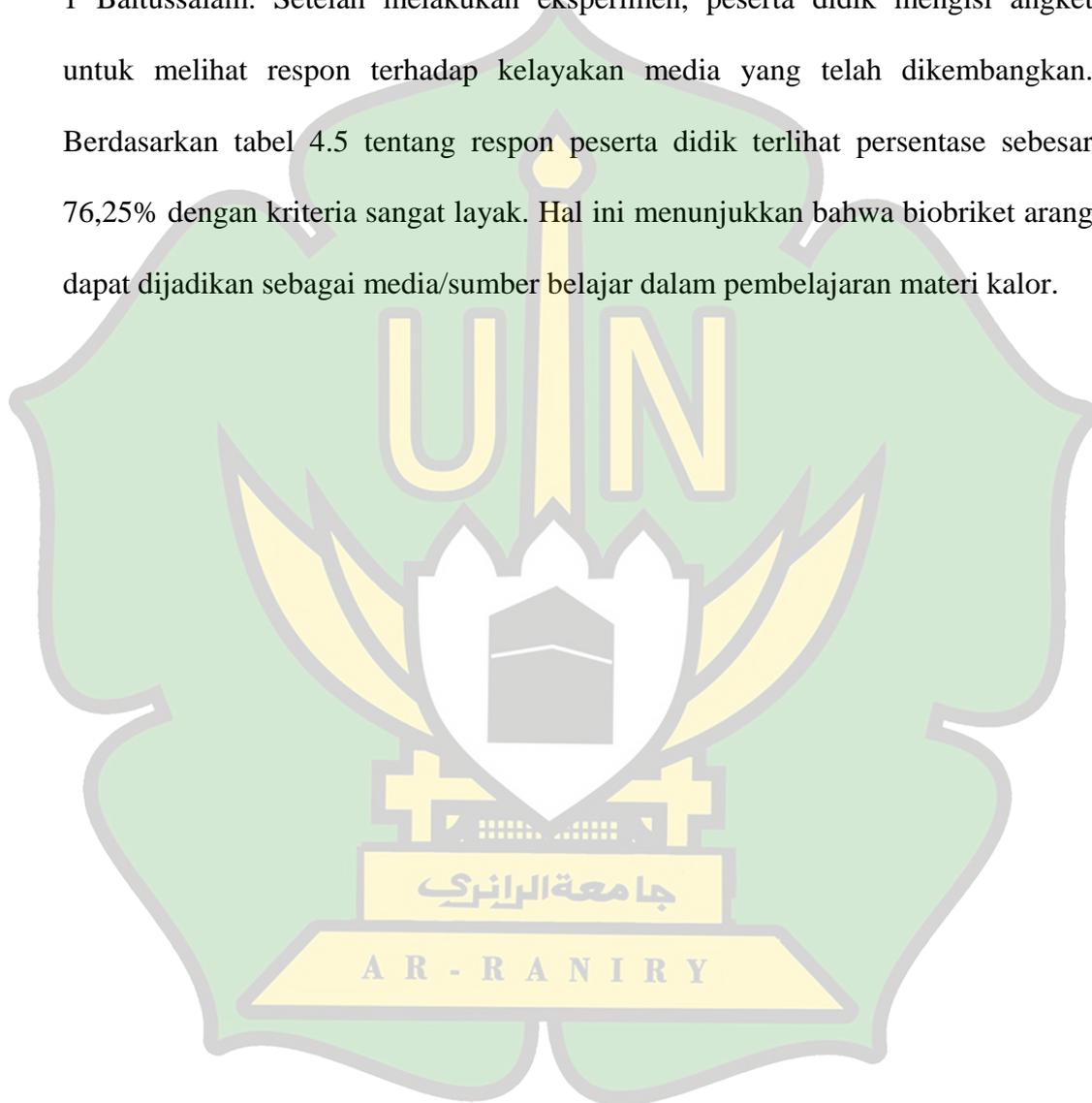


Gambar 4.5 Grafik Nilai Kalor

Berdasarkan gambar 4.5 diatas dapat dilihat bahwa pada suhu karbonisasi 400 , 450 , 500 memiliki nilai kalor yang dihasilkan berbeda. Nilai kalor yang paling tinggi dengan suhu karbonisasi 500 adalah 15358,88 cal/gr, selanjutnya suhu karbonisasi 400 adalah 14641,71 cal/gr, dan yang paling rendah dengan suhu karbonisasi 450 adalah 12154,54 cal/gr. Dari hasil penelitian di atas diketahui nilai kalor briket cangkang pala yang paling tinggi yaitu pada suhu karbonisasi 500 adalah 15358,88 cal/gr. Dalam hal ini semakin tinggi nilai kalor, semakin baik pula kualitas arang.

2. Kelayakan briket arang sebagai sumber belajar materi kalor

Variasi briket arang yang telah diuji selanjutnya dieksperimenkan sebagai sumber belajar materi kalor yang diterapkan kepada peserta didik di SMA Negeri 1 Baitussalam. Setelah melakukan eksperimen, peserta didik mengisi angket untuk melihat respon terhadap kelayakan media yang telah dikembangkan. Berdasarkan tabel 4.5 tentang respon peserta didik terlihat persentase sebesar 76,25% dengan kriteria sangat layak. Hal ini menunjukkan bahwa biobriket arang dapat dijadikan sebagai media/sumber belajar dalam pembelajaran materi kalor.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dari variasi biobriket cangkang pala terhadap karakteristik termal sebagai sumber belajar materi kalor dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses pembuatan briket arang dari limbah cangkang pala dapat dilakukan dengan cara, dikumpulkan cangkang pala lalu dibersihkan dari material yang tidak berguna. Kemudian cangkang pala dijemur di bawah sinar matahari, setelah 30 menit cangkang pala dikarbonisasi dengan cara di bakar menggunakan furnace, setelah dibakar 90 menit cangkang pala didiamkan selama 1 jam menggunakan desikator. Kemudian cangkang pala dihaluskan menggunakan blender, setelah itu cangkang pala yang sudah halus dimasukkan ke dalam wadah dan dicampurkan tepung kanji 50% dari cangkang pala yang sudah halus itu. Kemudian dimasukkan air panas ke dalam wadah tersebut dan diaduk sampai kalis, setelah adonan yang sudah kalis masukkan ke dalam cetakan briket arang yang berbentuk kubus, lalu ditekan. Setelah ditekan briket arang di keluarkan dari cetakan dan dipotong sesuai ukuran yang diinginkan, kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 3 hari. Setelah 3 hari briket arang dapat digunakan.
2. Karakteristik dari biobriket arang yang dihasilkan dari cangkang pala yang sudah di eksperimenkan di laboratorium sebagai berikut. Densitas (rapat jenis)

0,987 gr/cm³ untuk suhu karbonisasi 400°C, 1,201 gr/cm³ untuk suhu karbonisasi 450°C, dan 1,298 gr/cm³ untuk suhu karbonisasi 500°C. Persentase kadar air 7,41% untuk suhu karbonisasi 500°C, 7,46% untuk suhu karbonisasi 450°C, dan 7,73% untuk suhu karbonisasi 400°C. Persentase kadar abu 7,40% untuk suhu karbonisasi 500°C, 7,93% untuk suhu karbonisasi 400°C, dan 8,56% untuk suhu karbonisasi 450°C. Nilai kalor 12154,54 cal/gr untuk suhu karbonisasi 450°C, 14641,76 cal/gr untuk suhu karbonisasi 400°C, 15358,88 cal/gr untuk suhu 500°C.

Dengan kata lain semua briket arang cangkang pala dengan perbandingan suhu karbonisasi yang dihasilkan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-623-2000 sehingga dapat dijadikan energi alternatif yang bisa digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

3. Persentase respon peserta didik terhadap biobriket yang telah dikembangkan dalam pembelajaran materi kalor adalah 76,25% atau sangat layak.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah diperoleh maka penulis memberikan saran untuk selanjutnya adalah :

1. Dalam hal pembuatan biobriket arang dari cangkang pala ini perlu diperhatikan airnya yang tidak terlalu banyak, daya tekan pada cetakan arang agar produk briket arang tidak mudah pecah saat diangkat dan dipindahkan.
2. Untuk sumber belajar berikutnya, agar dikembangkan lagi metode pembelajaran berbasis eksperimen.

DAFTAR PUSTAKA

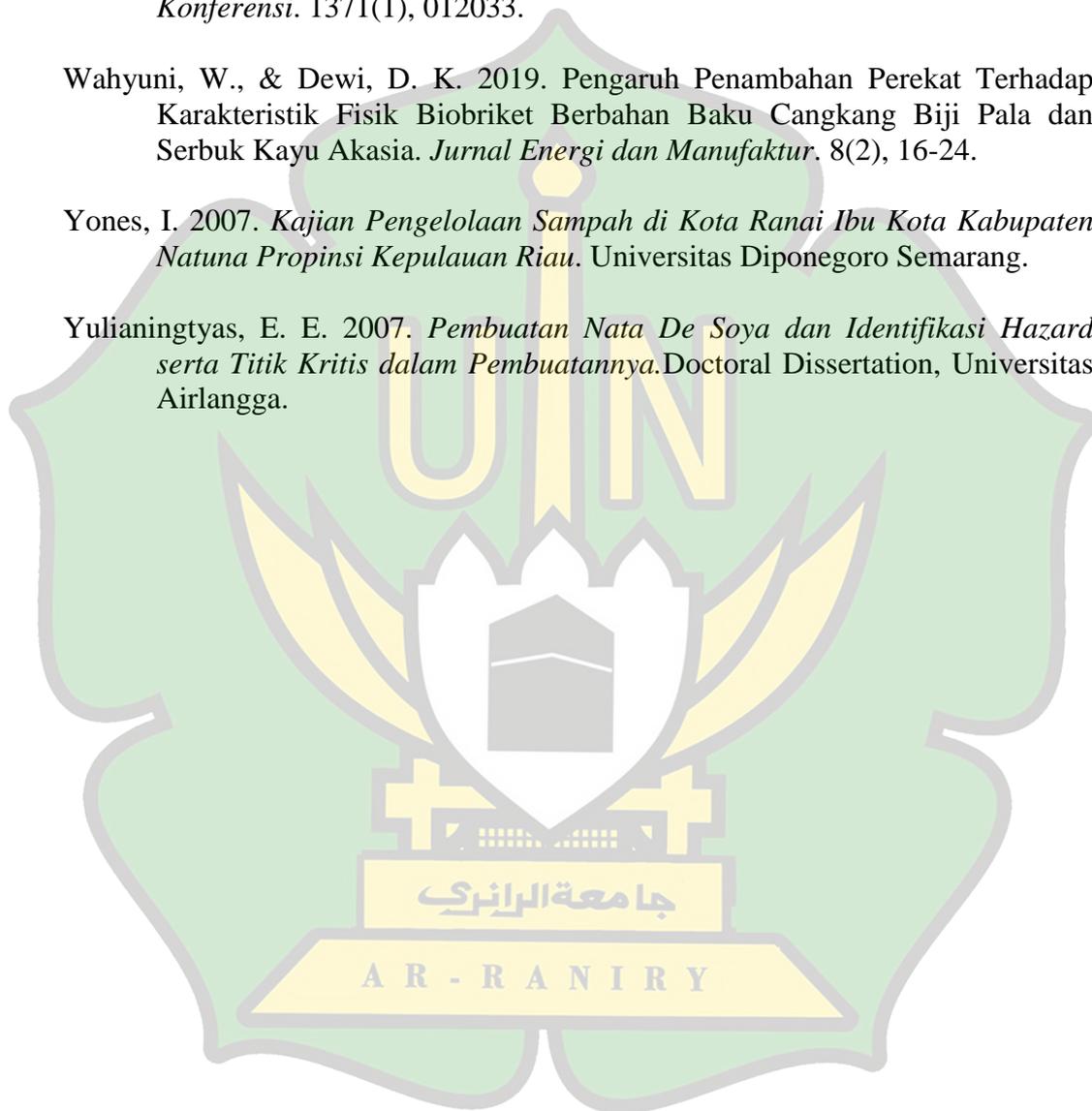
- Adrieq, A., & Sudarmanta, B. 2016. Studi Eksperimental Pengaruh Air Fuel Ratio Proses Gasifikasi Briket Municipa Solid Waste Terhadap Unjuk Kerja Gasifier Tipe Downdraft. *Jurnal Teknik ITS*. 1(1).
- Afrizak Vachlepi dan Didin Suwardin. 2013. Penggunaan Biobriket Sebagai Bahan Bakar Alternatif dalam Pengeringan Karet Alam. *Warta Perkaratan*. Vol. 32. No. 2. Hal 65-73.
- Anjani, C., & Saleh, H. 2019. Pembuatan dan Karakterisasi Biobriket dari Cangkang Biji Pala dengan Penambahan Serbuk Karet. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*. 8(2), 40-48.
- Ansar, A., Setiawati, D. A., Murad, M., & Muliani, B. S. 2020. Karakteristik Fisik Briket Tempurung Kelapa Menggunakan Perekat Tepung Tapioka. *Jurnal AgriTechno*. Vol. 13.No. 1.Hal 1-7.
- Ardiansyah, I. M. 2017. *Studi Eksperimental Pengaruh Air Fuel Ratio (AFR) Proses Gasifikasi Pelet Municipal Solid Waste (MSW) Terhadap Unjuk Kerja Gasifier Tipe Downdraft Sistem Kontinyu*. Surabaya: Sepuluh Nopember Institute of Technology.
- Arief, R. W., AB, F., & Asnawi, R. 2015. *Potensi Pengolahan Daging Buah Pala Menjadi Aneka Produk Olahan Bernilai Ekonomi Tinggi*.
- Arifin, R., Ariwahjoedi, B., & Wibowo, D. 2018. Pemanfaatan Cangkang Biji Pala Sebagai Briket untuk Pengganti Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik Mesin*. 5(2), 169-174.
- Ariyanto, A., Sutrisno, A., & Heri, H. 2018. Pembuatan Biobriket Berbasis Serbuk Kayu dan Cangkang Biji Pala. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 6(1), 16-23.
- Barati, N., & Saidur, R. 2019. Properti Biobriket Berbasis Biomassa (CangkangKelapa Sawit): Sebuah Studi Eksperimental. *Case Studies in Thermal Engineering*. 15, 100528.
- Brades AC., Tobing FS. 2007. *Pembuatan Briket Arang dari Enceng Gondok (Eichornia Crasipess Solm) dengan Sagu sebagai Pengikat*. UNSRI : Inderalaya, Departemen Teknik Kimia.
- Darmawan, D., & Kurniawan, A. 2020. Pengaruh Jumlah Perekat Terhadap Karakteristik Fisik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala dan Serbuk Kayu. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*. 9(1), 9-17.

- Daryanto, A., Raharjo, T. J., Sudaryanto, Y., & Hadiyanto, H. 2017. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Karakteristik Biochar Cangkang Kelapa Sawit sebagai Energi Terbarukan. *Energy Procedia*. 105, 3672-3677.
- Fadli, M. Z., & Azis, M. 2018. Karakteristik Termal Biobriket dari Campuran Serbuk Gergaji Kayu Pinus dan Cangkang Biji Pala. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*. 7(2), 80-88.
- Haerul, R. 2021. *Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung dalam Pembuatan Briket Arang untuk Bahan Bakar di Desa Sukadamai Kecamatan Labangka Kabupaten Sumbawa*. Doctoral dissertation: Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Jayaprakasha, G. K., & Patil, B. S. 2011. In Vitro Evaluation of The Antioxidant Activities in Fruit Extracts from Citron and Blood Orange. *Food Chemistry*. Vol 132. No. 1. Hal 48-56.
- Kakerissa, A. L. 2020. Pemanfaatan Limbah Tempurung Biji Pala sebagai Bahan Bakar Alternatif Briket Arang Biomassa. *ALE Proceeding*. Vol. 3. Hal 33-39.
- Kim, S., Lee, J., & Cho, A. 2013. Myristica Fragrans Suppresses Tumor Growth and Metastasis Through Inhibition of Angiogenesis. *PloS One*. 8(7).
- Lubis, K. 2008. *Transformasi Mikropori Ke Mesopori Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Nilai Kalor Bakar Briket Arang Cangkang Kelapa Sawit*. Medan: Unsu.
- Mahfudz, M. A., & Perdana, I. 2019. Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Karakteristik Biobriket dari Campuran Cangkang Biji Pala dan Serbuk Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 11(1), 13-21.
- Marzano, Robert J. (2019). *The Art and Science of Teaching: A Comprehensive Framework for Effective Instruction*. Alexandria, Virginia, USA: ASCD Publication. Hal. 77
- Maulina, R., & Saleh, H. 2020. Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Tempurung Kelapa pada Karakteristik Fisik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*. 9(2), 40-49.
- Mediastika, C. E. 2021. *Hemat Energi dan Lestari Lingkungan Melalui Bangunan*. Penerbit Andi.
- Muh. Arafatir Aljarwi, Dwi Pangga, & Sukainil Ahzan. 2020. Uji Laju Pembakaran dan Nilai Kalor Briket Wafer Sekam Padi dengan Variasi

- Tekanan. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*. 6(2), 200-206.
- Nasution, L., & Arifah, R. 2022. *Pengembangan Energi Alternatif dengan Briket Arang Melalui Pemanfaatan Sampah Organik (Vol. 1)*. Medan: Unsu Press.
- Nawangsih, E. N., Baladika, D. T., & Dewi, A. K. P. 2021. Daya Hambat Ekstrak Buah Pala (*Myristica Fragrans* Houtt) terhadap *Salmonella Typhi* secara In Vivo. *Journal of Innovation Research and Knowledge*. Vol. 1.No. 5. Hal 855-864.
- Patabang, D. 2011. Studi Karakteristik Termal Briket Arang Kulit Buah Kakao. *Jurnal Mekanikal*, 2(1).
- Patiung, G, A, B., Wuntu, A, D., Sangi, M, S. 2014. Penggunaan Karbon Aktif Cangkang Pala – TiO_2 untuk Fotodegradasi Zat Warna Metanil Yellow. *Jurnal Mipa Unsrat Online*. Vol 3. No. 2. Hal 139-143.
- Pranata, H., & Mufidah, S. 2021. Karakteristik Fisik Biobriket dari Campuran Cangkang Biji Pala dan Serbuk Gergaji Kayu Mahoni. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*. 6(1), 1-7.
- Pratama, Y. A., Pramudia, A. C., & Putra, S. S. 2018. *Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Dasar dan Variasi Tekanan Terhadap Nilai Kalor dan Temperatur Pada Briket Campuran Sekam Padi dan Batu Bara*. Doctoral dissertation: Universitas 17 Agustus 1945.
- Purnomo, C. W., Nurfina, A. N., & Fudholi, A. (2019). Optimisasi Karakteristik Biobriket Cangkang Kelapa Sawit dengan Variasi Laju Pemanasan dan Tekanan Kompaksi. *Jurnal Fisika: Seri Konferensi*. 1371(1), 012035.
- Purwanto, E., Kurniawan, A., & Fajar, R. M. 2019. Karakteristik Termal Biobriket dari Campuran Limbah Kayu dan Cangkang Biji Pala. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 8(1), 9-16.
- Purwono, S., & Yuliansyah, A. T. Pemanfaatan Cangkang Biji Pala sebagai Briket dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol. 9.No. 2.Hal 44-50.
- Rajabby, A. K. 2022. *Analisis Pencampuran Bio-Briket Tongkol Jagung dan Tanah Gambut sebagai Pengganti Alternatif Bahan Bakar*. Doctoral Dissertation: Universitas Nasional.
- Rahman, A, 2009. *Pengaruh Komposisi Campuran Arang Kulit Kakao Dan Arang Pelepah Kelapa Terhadap Karakteristik Biobriket*. Tesis S2 Universitas Gajah Mada.

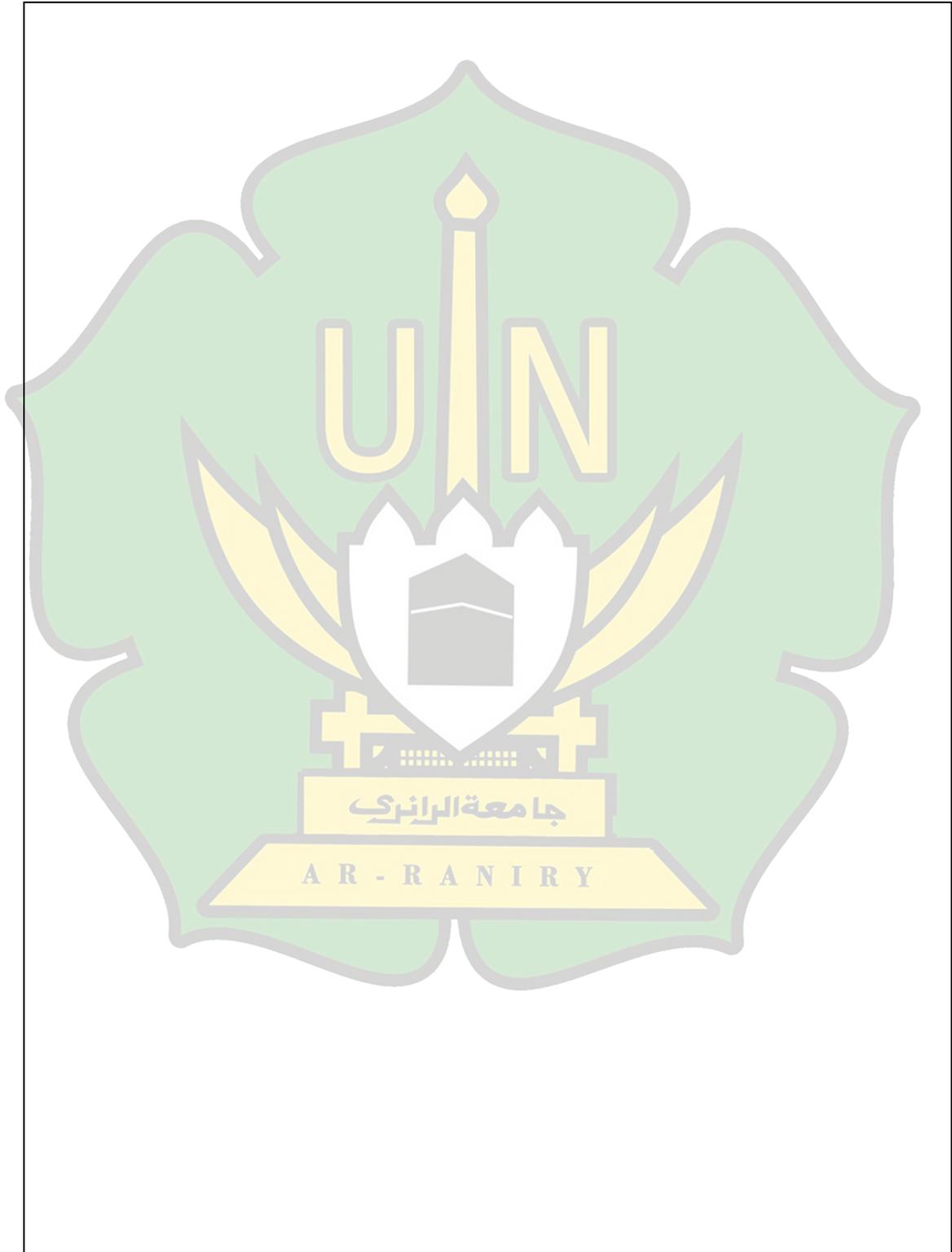
- Rosyid, A. N., & Kurniawan, A. 2021. Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Terhadap Karakteristik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala dan Serbuk Kayu Mahoni. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*. 10(1), 18-27.
- Rukmana, Suryo Purwono, dan Ahmad Taufiequrrahman, Yuliansyah. 2015. Pemanfaatan Cangkang Biji Pala sebagai Briket dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol 9. No. 1. Hal 45.
- Rusmardi, R., Wulandari, W., & Fitriani, A. 2018. Pengaruh Jumlah Molase pada Pembuatan Biobriket Berbasis Cangkang Biji Pala sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin*. 6(2), 87-91.
- Saleh, A. 2013. Efisiensi Konsentrasi Perikat Tepung Tapioka Terhadap Nilai Kalor Pembakaran pada Biobriket Batang Jagung (*Zea Mays L*). *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*. 7(1). 78-89.
- Saragih, E. H., & Susilowati, A. 2018. Pembuatan dan Karakterisasi Biobriket dari Campuran Serbuk Kayu Jati dan Cangkang Biji Pala. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*. 10(1), 28-37.
- Setiawan, A., Yudanto, A., & Hadi, Y. S. 2018. Karakteristik Fisik Biobriket dari Campuran Serbuk Kayu Pinus dan Cangkang Biji Pala. *Jurnal Rekayasa Proses*. 12(2), 81-89.
- Sibarani, F. A., & Tambunan, A. H. 2018. Pengaruh Waktu Pemanasan dan Tekanan Terhadap Karakteristik Fisik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala. *Jurnal Mesin, Material, dan Energi*. 2(2), 95-100.
- Sihotang, N. K., Pratiwi, A. T., & Wijaya, S. 2019. Karakteristik Fisik Biobriket dari Campuran Cangkang Biji Pala dan Serbuk Gergaji Kayu Mahoni. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*. 8(2), 137-145.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suryani, S., & Hidayat, T. 2018. Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Pengeringan Terhadap Karakteristik Fisik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*. 11(1), 1-10.
- Sutrisno, A., Wijayanti, E., & Hidayat, T. 2018. Karakteristik Biobriket dari Campuran Cangkang Biji Pala dan Serbuk Kayu Akasia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*. 9(1), 39-50.
- Syafri, H., Zulfia, A., & Nasution, M. 2021. Kajian Karakteristik Fisik Biobriket dari Cangkang Biji Pala dan Serbuk Kayu Kelapa. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 31(1), 27-34.

- Tomlinson, Carol Ann. 2022. *The Differentiated Classroom: Responding to the Needs of All Learners*. Alexandria, Virginia. USA: ASCD Publication. Hal. 87
- Utomo, D. W., Nurfina, A. N., & Fudholi, A. 2019. Karakteristik Biobriket Cangkang Kelapa Sawit dengan Perekat yang Berbeda. *Jurnal Fisika: Seri Konferensi*. 1371(1), 012033.
- Wahyuni, W., & Dewi, D. K. 2019. Pengaruh Penambahan Perekat Terhadap Karakteristik Fisik Biobriket Berbahan Baku Cangkang Biji Pala dan Serbuk Kayu Akasia. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 8(2), 16-24.
- Yones, I. 2007. *Kajian Pengelolaan Sampah di Kota Ranai Ibu Kota Kabupaten Natuna Propinsi Kepulauan Riau*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Yulianingtyas, E. E. 2007. *Pembuatan Nata De Soya dan Identifikasi Hazard serta Titik Kritis dalam Pembuatannya*. Doctoral Dissertation, Universitas Airlangga.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keterangan Pembimbing



Lampiran 2 Surat Izin Penelitian dari Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

11/12/23, 1:38 PM Document



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN
 Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
 Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-8313/Un.08/FTK.1/TL.00/08/2023
 Lamp : -
 Hal : *Penelitian Ilmiah Mahasiswa*

Kepada Yth,

1. Kepala Laboratorium Multi Fungsi UIN Ar-Raniry
2. Kepala SMA Negeri 1 Baitussalam

Assalamu'alaikum Wr.Wb.
 Pimpinan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dengan ini menerangkan bahwa:

Nama/NIM : **RAHMAD FAKHRULLAH / 180204029**
 Semester/Jurusan : XII / Pendidikan Fisika
 Alamat sekarang : Jl. Laks. Malahayati Gampoeng Kajhu Lr. Tgk. Meurah, No. 40 Kec. Baitussalam Kab. Aceh Besar

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak/Ibu pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul ***Variasi Biobriket Cangkang Pala terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor***

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 14 Agustus 2023
 an. Dekan
 Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan,



AR - RANIRY
 Prof. Habiburrahim, S.Ag., M.Com., Ph.D.

Berlaku sampai : 30 November 2023

<https://mahasiswa.siakad.ar-raniry.ac.id/e-mahasiswa/akademik/penelitian> 1/1

Lampiran 3 Surat Izin Penelitian dari Cabang Dinas Wilayah Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar



Lampiran 4 Surat Izin Penelitian dari Prodi Pendidikan Fisika



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA**

Jl. Syekh Abdur Rauf Koperlma Darussalam Banda Aceh
Telepon : 0651-7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-57/Un.08/PFS/HM.04/08/2023
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Penelitian Ilmiah

Yth.
Kepala Laboratorium Multifungsi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
Banda Aceh

Dengan Hormat,

Ketua Prodi Pendidikan Fisika (PFS) Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh menerangkan bahwa:

Nama/NIM : Rahmad Fakhrollah/ 180204029
Pembimbing : 1. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.
2. Fera Annisa, S.Pd., M.Sc.
Judul Penelitian : Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

Memohon izin untuk melaksanakan Penelitian Ilmiah Skripsi di laboratorium yang Bapak/Ibu pimpin.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerja samanya kami ucapkan terima kasih.



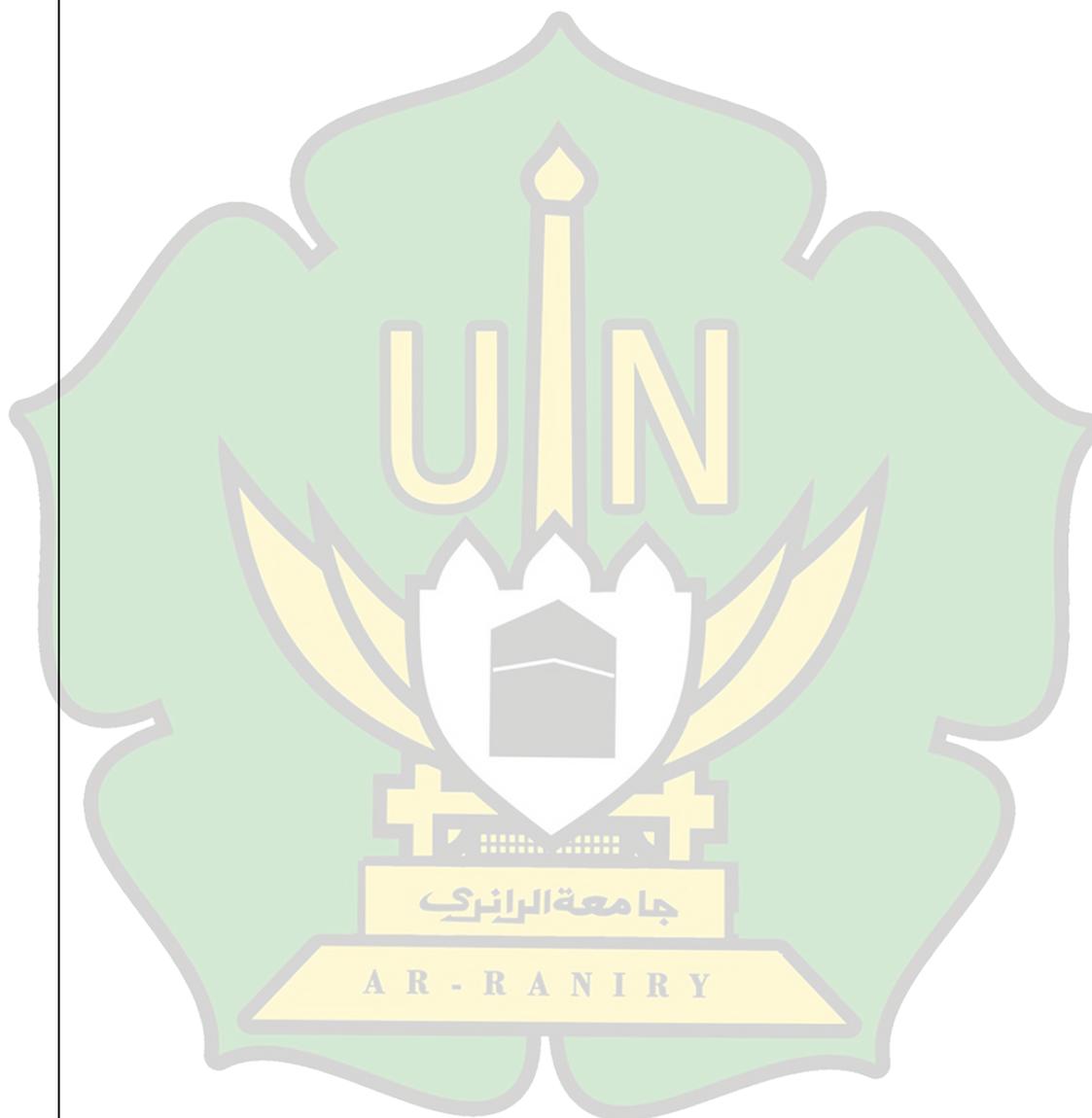
Banda Aceh, 6 September 2023

Ketua Prodi,

Ar-Raniry

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Lampiran 5 Surat Telah Selesai Penelitian di Laboratorium Multifungsi

Lampiran 6 Surat Telah Selesai Penelitian di SMA Negeri 1 Baitussalam



PEMERINTAH ACEH
DINAS PENDIDIKAN
SMA NEGERI I BAITUSSALAM

Jalan Lambaro Angan Desa klieng Cot Aron Kecamatan Baitussalam Kab. Aceh Besar telp.(0651) 8051128
Email. SMAN1baitussalamacehbesar83@gmail.com. Website: <http://sman1baitussalam.sch.id>

SURAT HASIL PENELITIAN

Nomor : 421.3 / 487 / 2023

Sehubungan dengan Surat dari Cabang Dinas Pendidikan Wilayah Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar dengan Nomor 421.3/G.1/4015/2023, tanggal 13 November 2023, Kepala SMA Negeri 1 Baitussalam Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh, dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Rahmad Fakhruallah
NIM : 180204029
Jurusan : S1 Pendidikan Fisika
Universitas : Islam Negeri Ar-Raniry

Benar yang namanya tersebut di atas telah melakukan Penelitian Ilmiah dan Pengumpulan Data dalam rangka penulisan skripsi di SMA Negeri 1 Baitussalam yang dilaksanakan pada tanggal 22 November 2023 yang berjudul :

“VARIASI BIOBRIKET CANGKANG PALA TERHADAP KARAKTERISTIK TERMAL SEBAGAI SUMBER BELAJAR MATERI KALOR”.

Demikianlah surat keterangan ini kami buat, untuk dipergunakan seperlunya.

Baitussalam, 09 Desember 2023
Pit. Kepala Sekolah,

Mukhtar, S.Pd, M.Pd
NIP. 197110252006041002

Lampiran 7 Instrumen Angket Respon Siswa

LEMBAR ANGKET Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

Judul : Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

Penyusun : Rahmad Fakhruallah

Pembimbing : 1. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.
2. Fera Annisa, S.Pd., M.Sc.

Instansi : Pendidikan Fisika/Fakultas Tarbiyah dan Keguruan/
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry

Dengan Hormat,

Sehubung dengan adanya Pengembangan Praktikum Materi Kalor menggunakan Briket Arang untuk kelas XI SMA/MA, maka melalui instrumen ini peserta didik kami mohon untuk memberikan penilaian terhadap Briket Arang yang telah dibuat tersebut. Penilaian dari peserta didik akan digunakan sebagai validasi dan masukkan untuk Briket Arang sebagai sumber belajar materi kalor ini sehingga bisa diketahui layak atau tidaknya Briket Arang tersebut untuk digunakan dalam proses pembelajaran.

PETUNJUK PENGISIAN ANGKET

Peserta didik kami mohon memberikan tanda cek list (√) pada kolom yang sesuai pada setiap butir penilaian dengan keterangan sebagai berikut.

Skor 1	Tidak Menarik
Skor 2	Kurang Menarik
Skor 3	Menarik
Skor 4	Sangat Menarik

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai
Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama :
 Kelas :
 Nama sekolah :

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain				
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan				
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan				
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan				

KOMENTAR DAN SARAN

جامعة الرانري

AR - RANIRY

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai
Sumber Belajar Materi Kalor

KESIMPULAN

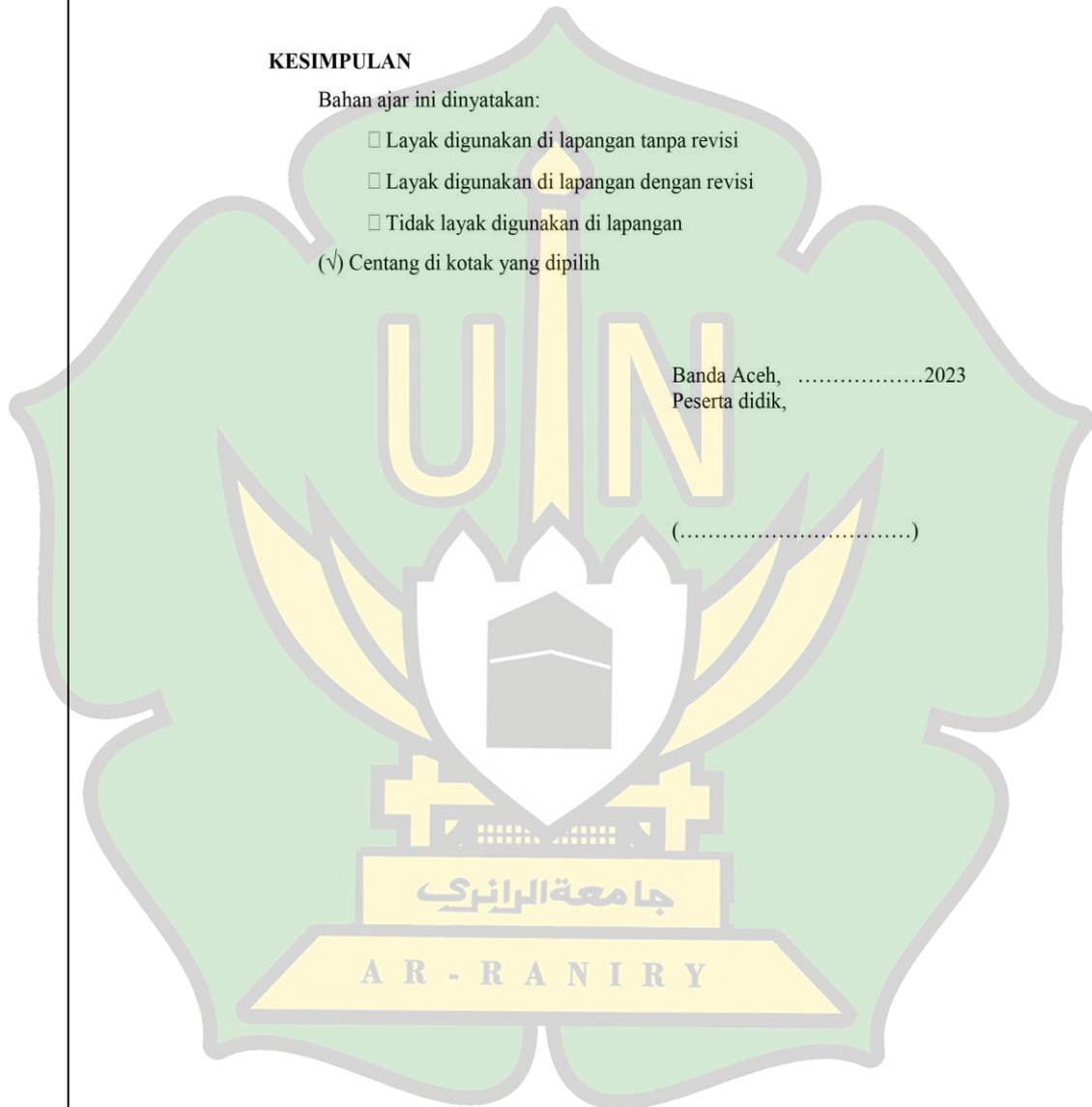
Bahan ajar ini dinyatakan:

- Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
- Layak digunakan di lapangan dengan revisi
- Tidak layak digunakan di lapangan

(√) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh,2023
Peserta didik,

(.....)



Lampiran 8 Respon siswa FF

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : *Fida Farhani*
 Kelas : *XI-1*
 Nama sekolah : *SMA 1 Baltussalam*

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain			✓	
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan				✓
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan				✓

KOMENTAR DAN SARAN

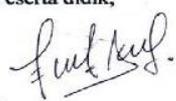
Bagus, jarang diterapkan praktik seperti ini saranya penyetelannya bisa lebih berat agar terdengar dan jelas.

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(✓) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, *22* November 2023
 Peserta didik,

 (.....)

Lampiran 9 Respon siswa MU

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : Maria Ulfa
 Kelas : XI MIA 1
 Nama sekolah : SMA N 1 Baltussalam

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain			✓	
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan -			✓	
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan			✓	

KOMENTAR DAN SARAN

bagus dan menarik

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(√) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, 22 November 2023
 Peserta didik,

(.....*Maria Ulfa*.....)

Lampiran 10 Respon siswa AL

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : Ayu Lestari
Kelas : XI MIA 1
Nama sekolah : SMA N 1 BAITUSSALAM

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain			✓	
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan			✓	
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan			✓	

KOMENTAR DAN SARAN
Menarik dan mudah diterapkan

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(√) Centang di kotak yang dipilih

AR - R A N I R Y

Banda Aceh, 22 November2023
Peserta didik,

(.....)
Ayu Lestari

Lampiran 11 Respon siswa MZ

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : M. Mirza & Zaki
Kelas : X-1
Nama sekolah : BTS SMA 1

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain			✓	
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan	✓			
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan				✓
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan	✓			

KOMENTAR DAN SARAN

menarik banget

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(✓) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, 22/12/2023
Peserta didik,

(.....)

Lampiran 12 Respon siswa MJ

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : Miftahul Jannah
Kelas : XI MIA 1
Nama sekolah : SMA 1 BAITUSSALAM

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain				✓
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan		✓		
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan	✓			
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan			✓	

KOMENTAR DAN SARAN

Pembelajaran briket arang sangat menarik, akan tetapi dan alangkah baiknya di tempatkan di ruangan terbuka.
contohnya: di lapangan atau tempat lainnya.

KESIMPULAN جامعة البراني

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(√) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, 27..November...2023
Peserta didik,


(....Miftahul..Jannah.....)

Lampiran 13 Respon siswa NA

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : NUR akmal
 Kelas : XI mia 1
 Nama sekolah : SMAN 1 Baihussalam

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain			✓	
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan			✓	
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan			✓	

KOMENTAR DAN SARAN

Pembelajarannya seru, dan saya lebih suka melakukan Pratikum disertai dgn materi, bagi saya Pratikum ini sangat bagus, dan saya bkn pernah melakukan Pratikum ini.

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(√) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh,2023
 Peserta didik,

 (...NUR akmal.....)

Lampiran 14 Respon siswa HF

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : Hayatul Fitri
Kelas : XI-1
Nama sekolah : SMAN 1 Baitussalam

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain			✓	
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan				✓
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan			✓	

KOMENTAR DAN SARAN

Menurut saya ini sudah bagus.

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(v) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, 22 November 2023
Peserta didik,

Hayatul Fitri
(.....)

Lampiran 15 Respon siswa SI

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : *Suci Intanrahmanti*
 Kelas : *XI MIA 1*
 Nama sekolah : *SMA N 1 Beutussalam*

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain			✓	
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan			✓	
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan			✓	

KOMENTAR DAN SARAN

Bagus, dan menarik

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(✓) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, *27*.....*november* 2023
 Peserta didik,
 (*[Signature]*)

Lampiran 16 Respon siswa IA

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : Inayati Atula
Kelas : XI MIA I
Nama sekolah : SMA N 1 BAKUSSALAM

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain			✓	
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan			✓	
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan			✓	

KOMENTAR DAN SARAN

Pembelajaran briket arang sangat Menarik. Seharusnya dilakukan dilapangan terbuka contohnya lapangan Sekolah.

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(✓) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, 22 November 2023
Peserta didik,

Inayati
(.....Inayati Atula.....)

Lampiran 17 Respon siswa RPA

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : Rini pita Andini
 Kelas : XI MIA 1
 Nama sekolah : SMAN 1 Baitussalam

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain			✓	
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan			✓	
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan			✓	

KOMENTAR DAN SARAN

Menarik dan tidak membosankan.

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(√) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, 22 November 2023
 Peserta didik,

(.....*Rini*.....)

Lampiran 19 Respon siswa DF

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : *Dara Faradisa*
 Kelas : *XI - MIA I*
 Nama sekolah : *SMA I Baitulhisalam*

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain				✓
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan				✓
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan			✓	

KOMENTAR DAN SARAN

menurut saya pelajaran jauh lebih menyenangkan karena ada percobaan kalor, jadi lebih mudah dipahami.

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(√) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, 22-11-.....2023
 Peserta didik,

 (...Dara Faradisa...)

Lampiran 20 Respon siswa R

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : RAJA
Kelas : XI MA 1
Nama sekolah : SMA 1 Batabessalam

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain		✓		
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan			✓	
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan			✓	

KOMENTAR DAN SARAN

Dari saya kedepan nya alat untuk melakukan percobaan nya juga harus disiapkan untuk keamanan bapak dan kami ~~dan bapak kami~~ dan agar pembelajaran lebih lancar bapak harus membuat ~~suasana~~ suasana kelas seru

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(√) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, 22 - 112023
Peserta didik,

(..... Raja)

Lampiran 21 Respon siswa RW

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : RISKIYAH WINDI
Kelas : XI MIA 1
Nama sekolah : SMA N 1 Gabussalam

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain				✓
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan		✓		
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan				✓
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan				✓

KOMENTAR DAN SARAN

Sangat menarik dan berkesan, apalagi melakukan praktikum nya secara langsung.

KESIMPULAN

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(✓) Centang di kotak yang dipilih

Banda Aceh, ..22.. November...2023
Peserta didik,

(.....*lusi*.....)
windi

Lampiran 22 Respon siswa AA

LEMBAR ANGKET
Variasi Biobriket Cangkang Pala Terhadap Karakteristik Termal sebagai Sumber Belajar Materi Kalor

IDENTITAS

Nama : ALIA ARIFINA
Kelas : XI MIA 1
Nama sekolah : SANAN (BAIUSSALAM)

INSTRUMEN PENILAIAN

No	Indikator	Skor			
		1	2	3	4
1	Media pembelajaran briket arang memiliki keunikan dari media yang lain				✓
2	Pengujian kalor pada briket arang bagi saya sangat mudah diterapkan			✓	
3	Saya menjadi lebih mengerti bagaimana cara mengetahui kalor setelah melakukan percobaan			✓	
4	Pembelajaran dengan metode percobaan briket arang tidak membosankan		✓		

KOMENTAR DAN SARAN

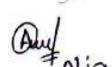
Sangat menarik.

KESIMPULAN جامعة البراني

Bahan ajar ini dinyatakan:

Layak digunakan di lapangan tanpa revisi
 Layak digunakan di lapangan dengan revisi
 Tidak layak digunakan di lapangan

(✓) Centang di kotak yang dipilih

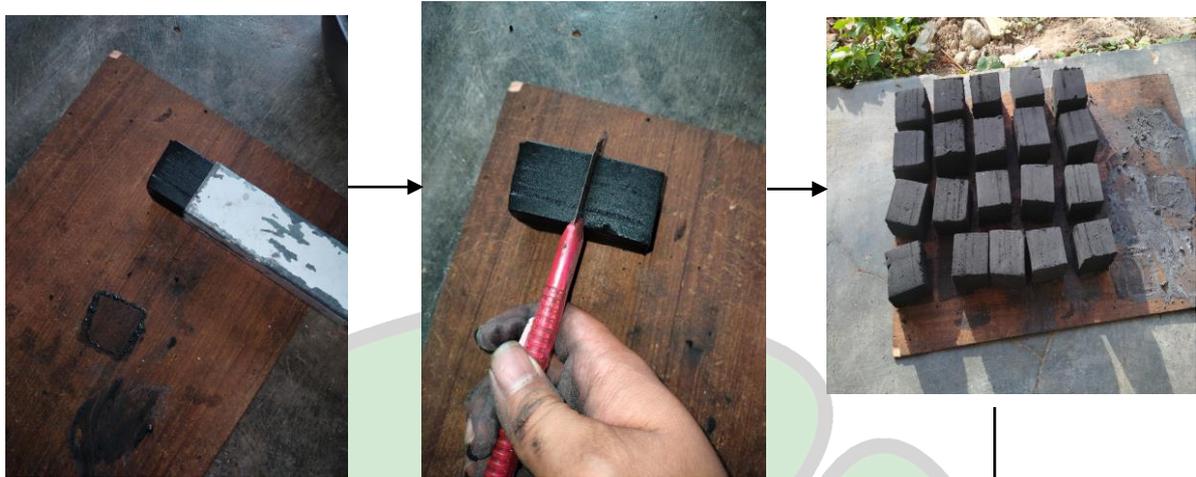
Banda Aceh, 22 November 2023
Peserta didik,

(.....ALIA.....)

DOKUMENTASI

1. Dokumentasi Proses Pembuatan Briket Arang







2. Dokumentasi Pengujian



جامعة الرانري

AR - RANIRY

3. Dokumentasi Di Sekolah



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Nama Lengkap : Rahmad Fakhruallah
2. NIM/Program Studi : 180204029/Pendidikan Fisika
3. Tempat/Tanggal Lahir : Bukittinggi, 12 Januari 2000
4. Jenis Kelamin : Laki-Laki
5. Agama : Islam
6. Status Perkawinan : Belum Kawin
7. Tempat Tinggal : Lhok Bengkuang, Kec. Tapaktuan, Kab. Aceh Selatan
8. Email : 180204029@student.ar-raniry.ac.id
9. Telp/Hp : 085210018728
10. Nama Orang Tua
 - a. Ayah : Masril (Alm)
Pekerjaan : Polri
 - b. Ibu : Ramaidar
Pekerjaan : Ibu Rumah Tangga
11. Riwayat Pendidikan
 - a. SD : SD Negeri 2 Subulussalam (2006-2012)
 - b. SMP : SMP Negeri 1 Tapaktuan (2012-2015)
 - c. SMA : SMA Negeri 1 Tapaktuan (2015-2018)
 - d. Perguruan Tinggi : Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
(2018)