

**PENGARUH VARIASI WAKTU AKTIVASI DAN JENIS PEREKAT  
TERHADAP KARAKTERISASI BIOBRIKET DAUN KARET  
(*Hevea Brasiliensis*) MENGGUNAKAN AKTIVATOR ASAM SULFAT**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Bidang Studi Kimia**



**Oleh:  
DEVIRIANA IVADA  
08031182126015**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2025**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH VARIASI WAKTU AKTIVASI DAN JENIS PEREKAT  
TERHADAP KARAKTERISASI BIOBRIKET DAUN KARET  
(*Hevea Brasiliensis*) MENGGUNAKAN AKTIVATOR ASAM SULFAT**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memeroleh Gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**

**Disusun oleh:**

**Deviriana Ivada**

**08031182126015**

**Indralaya, 22 Mei 2025**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Ady Mara, M.Si**

**NIP. 196404301990031003**

**Dosen Pembimbing II**

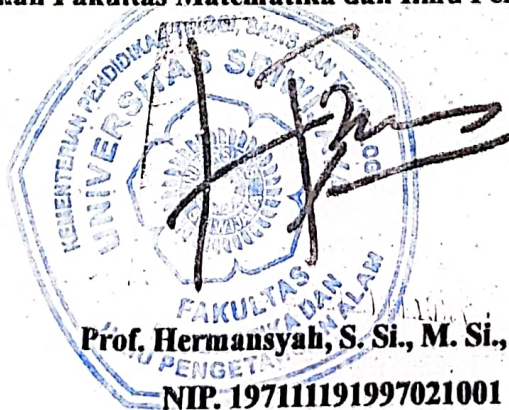


**Dina Eka Pranata, M.Tr. T**

**NIK. 3031997230752**

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Hermansyah, S. Si., M. Si., Ph. D**

**NIP. 197111191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Deviriana Ivada (08031182126015) dengan judul “Pengaruh Variasi Waktu Aktivasi dan Jenis Perekat terhadap Karakterisasi Biobriket Daun Karet (*Hevea Brasiliensis*) Menggunakan Aktivator Asam Sulfat”, telah disidangkan dihadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Mei 2025 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 22 Mei 2025

Pembimbing,

1. **Dr. Ady Mara, M.Si.**  
NIP. 196404301990031003
2. **Dina Eka Pranata, M. Tr.**  
NIK. 3031997230752



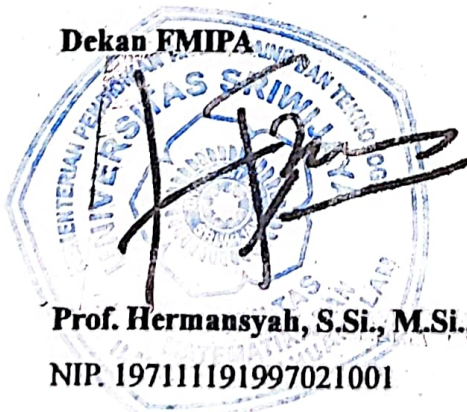
Penguji,

1. **Fahma Riyanti, M. Si**  
NIP. 197204082000032001
2. **Prof. Dr. Muharni, M. Si.**  
NIP. 196903041994122001



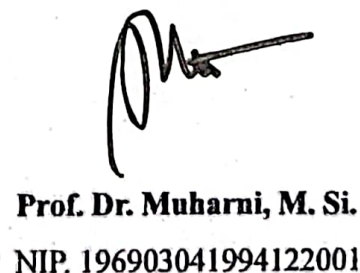
Mengetahui,

Dekan FMIPA



**Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D**  
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia



**Prof. Dr. Muharni, M. Si.**  
NIP. 196903041994122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Deviriana Ivada

NIM : 08031182126015

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 22 Mei 2025

Penulis



Deviriana Ivada

NIM. 08031182126015



## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Deviriana Ivada  
NIM : 08031182126015  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Pengaruh Variasi Waktu Aktivasi dan Jenis Perikat terhadap Karakterisasi Biobriket Daun Karet (*Hevea Brasiliensis*) Menggunakan Aktivator Asam Sulfat”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/menformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 22 Mei 2025



Deviriana Ivada

NIM. 08031182126015

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillahirrohmanirrohim.*

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya...”*

(QS. Al-Baqarah : 286)

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.*

*Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”* (QS. Al-Insyirah: 5-6)

Skripsi ini sebagai salah satu rasa syukur kepada Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas segala nikmat, rahmat dan kasih sayangnya dalam hidup sehingga penulis bisa menyelesaikan dengan baik dan penuh keyakinan hati.

Dan kupersembahkan juga kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa.
2. Ayah, Ibu dan Saudara Saudari yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam setiap kondisinya.
3. Seluruh keluarga besar Mat Harun yang selalu mendoakan dan mendukung penulis.
4. Dosen pembimbing Bapak Dr. Ady Mara, M.Si
5. Sahabat dan teman-teman penulis.
6. Rekan-rekan yang terlibat selama proses penelitian.
7. Teman-teman seperjuangan dan Almamater yang penulis banggakan, Universitas Sriwijaya
8. Saya sendiri

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya karena atas izin-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Waktu Aktivasi dan Jenis Perekat terhadap Karakterisasi Biobriket Daun Karet (*Hevea Brasiliensis*) Menggunakan Aktivator Asam Sulfat”. Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat gun memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan Terimakasih kepada Bapak Dr. Ady Mara, M. Si dan bapak Dina Eka Pranata, M. Tr. T yang dengan sabar dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta memberikan bimbingan, motivasi, arahan, dan saran saran yang berharga kepada penulis selama menyusun skripsi ini. Penulis juga berterimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini, diantaranya yaitu kepada:

1. Cinta pertama penulis Bapak Zainal Abidin dan pintu surga penulis Ibu Warilah atas segala dukungan, doa, dan kasih sayangnya memberikan semangat dalam bentuk materi serta motivasi. Terimakasih sudah berjuang sekuat tenaga untuk memberikan kehidupan yang layak untuk penulis hingga akhirnya penulis bisa tumbuh dewasa dan bisa berada di posisi ini. Kesuksesan dan segala hal baik yang kedepanya akan penulis dapatkan adalah karena beliau. Tolong hidup lebih lama di dunia ini, izinkan saya mengabdikan dan membalas segala pengorbanan yang Bapak/Ibu lakukan selama ini, juga Gelar dan toga ini saya persembahkan untuk kalian.
2. Kaka saya terkasih, Dian Sandy Pratama dan Dinda Taradita, serta adik saya terkasih Deswari Istiqoma yang telah mendukung, menghibur, dan memberikan semangat untuk pantang menyerah. Semoga selalu diberkahi dan diberikan kesehatan.
3. Keponakan saya tercinta Falah, Zea, Harumi, dan Chayra terima kasih atas kelucuan-kelucuan yang membuat penulis senang sehingga penulis semangat disetiap harinya.
4. Keluarga besar Mat Harun yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis untuk menempuh pendidikan yang tinggi.

5. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Prof. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
7. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
8. Bapak Dr. Ady Mara, M. Si. selaku dosen pembimbing akademik dan tugas akhir. Terima kasih telah memberikan ilmu, nasehat, motivasi, bantuan dan banyak membimbing penulis selama perkuliahan, menyelesaikan penelitian, hingga penulisan skripsi ini selesai.
9. Bapak Dina Eka Pranata, M. Tr. T. selaku pembimbing penulis di tempat magang dan penelitian. Terima kasih telah memberikan ilmu, nasehat, motivasi, bantuan dan banyak membimbing penulis selama pnelitian.
10. Ibu Fahma Riyanti, M.Si. dan Prof. Dr. Muharni, M. Si. selaku dosen penguji seminar dan sidang yang turut andil memberikan masukan, kritik, dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi serta persiapan menuju sarjana kimia.
11. Seluruh Dosen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan banyak ilmu, mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan.
12. Sahabat dan sekaligus musuh penulis Cici Utami yang selalu mendukung, membantu, mendoakan, dan.....
13. Teman-teman yang sudah penulis anggap keluarga sendiri “gataude” yang isinya orang orang keren dan pelawak semua (Adel, Agnes, Mira, Nur) yang selalu menghibur dengan canda tawanya, mendoakan, mendukung disetiap prosesnya, dan membantu penulis dari awal perkuliahan hingga akhir, serta membangkitkan semangat penulis untuk menyelesaikan skripsinya, ailopyu!
14. Rizky Azahra teman musuh teman sahabat saudara yang bersedia membantu dan mendukung saya pada semester akhir ini, karna semester awal sempat menjadi orang yang saling ga kenal karna gengsian
15. Teman-teman “kurcil” (Gilang dan Okta) yang selalu menghibur dengan canda tawanya, walaupun kadang garing dan ga masuk akal



16. Teman-teman “Penjahat” (Karin, Zara, Lia, Eca, Moya, Haru ) yang selalu memberikan support satu sama lain, mendoakan, menjadi tempat bertukar pikiran, dan temen ngopi penulis
17. Teman-teman satu Pembimbing Akademik dan Penelitian (Riskia, Putri, Suci, Utik, Nesa) yang sudah membantu, mendukung dan memberikan informasi terkait perkuliahan dan penelitian kepada penulis.
18. Kepada teman-teman kampus, magang dan penelitian (riskia, anora, okta, ajeng, putri, nesa, rani, Mutiara, aul, fahri, dan auzan) terimakasih telah kebersamai selama empat bulan pada saat magang dan penelitian. Terimakasih atas bantuan dan dukungan terhadap penulis pada saat skripsi-an.
19. Teman-teman yang bersedia menampung penulis untuk menginap di kos layo (Rahel, Devjul, Okta) dan tidak lupa membantu dan memberikan canda tawanya selama proses menginap di layo
20. Adik tingkat penulis Dila dan Lupi centil, alay, durhaka yang selalu menghibur dengan canda tawanya walaupun agak kurang ajar, tetapi penulis merasa terhibur (sedikit).
21. Analis Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya (Mbak Yanti, Yuk Nur dan Yuk Niar) yang telah memberikan masukan dan saran terkait hasil penelitian penulis.
22. Staff admin kimia FMIPA Universitas Sriwijaya (Kak Iin dan Mbak Novi) yang selalu membantu persoalan surat menyurat serta mengatur jadwal seminar hingga sidang.
23. Teman-teman angkatan 21 yang solid bukan liquid.
24. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada satu sosok yang selama ini diam-diam berjuang tanpa henti, seorang perempuan sederhana tetapi keren dengan impian yang tinggi, namun sering kali sulit ditebak isi pikiran dan hati. Terima kasih kepada penulis skripsi ini yaitu diriku sendiri, Deviriana Ivada. Anak tengah yang sedang melangkah menuju usia 22 tahun yang dikenal keras kepala namun terkadang sifatnya seperti anak kecil pada umumnya. Terima kasih telah turut hadir di dunia ini, telah bertahan sejauh ini, dan terus berjalan melewati segala tantangan yang semesta hadirkan. Terima kasih karena tetap berani menjadi dirimu sendiri. Aku bangga atas setiap

langkah kecil yang kau ambil dan atas semua pencapaian yang kau raih. Walau terkadang harapanmu tidak sesuai dengan apa yang semesta berikan, tetaplah belajar menerima dan mensyukuri apapun yang kamu dapatkan. Jangan pernah lelah untuk tetap berusaha, berbahagialah dimanapun kamu berada. Rayakan apapun dalam dirimu dan jadikan dirimu bersinar dimanapun tempatmu bertumpu. Aku berdoa, semoga langkah dari kaki kecilmu selalu diperkuat, dikelilingi oleh orang-orang yang hebat, serta mimpimu satu persatu akan terjawab. Terima kasih kamu sangat amat keren sudah sampai dititik saat ini.

Demikian skripsi ini penulis persembahkan. Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena didalamnya masih terdapat kekurangankekurangan. Hal ini dikarenakan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis baik dalam segi kemampuan, pengetahuan, serta pengalaman penulis. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun agar dalam penyusunan karya tulis selanjutnya dapat menjadi lebih baik.

Indralaya, 22 Mei 2025

Yang menyatakan,

Deviriana Ivada

08031182126015

## SUMMARY

### THE EFFECT OF ACTIVATION TIME VARIATION AND ADHESIVE TYPE ON THE CHARACTERIZATION OF RUBBER LEAF BIOBRIQUETTES (HEVEA BRASILIENSIS) USING SULFURIC ACID ACTIVATOR

Deviriana Ivada: Supervised Dr. Ady Mara, M.Si and Dina Eka Pranata, S.Tr.T., M.Tr.T.

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University x + 58 Pages, 14 Tables, 21 Pictures, 4 Appendices

The production of rubber leaf biobriquettes was carried out with variations in activation time and adhesive type, and characterized based on the SNI 01-6235-2000 standard. The rubber leaves were carbonized using a pyrolysis reactor at a temperature range of 300-600°C for 2 hours. The resulting rubber leaf charcoal was then blended until smooth and sieved using a 60 mesh. The charcoal was activated using sulfuric acid with activation time variations of 8, 16, and 24 hours, as well as a control without activation. Biobriquettes were made using different types of binders: cornstarch, dammar resin, and latex. The rubber leaf mixture was molded using a hydraulic biobriquette press. Biobriquette characterization was conducted through testing of moisture content, ash content, volatile matter, calorific value, viscosity effect, and drop test value. The best biobriquette characterization was achieved with charcoal activated for 24 hours using dammar resin as the binder. The results showed a moisture content of 4.58%, ash content of 19.86%, volatile matter of 18.53%, fixed carbon content of 57.01%, and a calorific value of 5,240.44 cal/g. Biobriquettes using dammar resin adhesive produced better characteristics, although with a fairly strong odor. The analysis results of the biobriquette with the best composition showed that only the moisture content met the quality standards specified in SNI 01-6235-2000, while the other parameters did not meet the standard.

**Keywords** : Binder Variations, Activation, and Biobriquette Characterization

**Citation** : 53 (2013-2024)

## RINGKASAN

### **PENGARUH VARIASI WAKTU AKTIVASI DAN JENIS PEREKAT TERHADAP KARAKTERISASI BIOBRIKET DAUN KARET (*Hevea Brasiliensis*) MENGGUNAKAN AKTIVATOR ASAM SULFAT**

Deviriana Ivada: Dibimbing oleh Dr. Ady Mara, M.Si dan Dina Eka Pranata,  
S.Tr.T., M.Tr.T.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas  
Sriwijaya x + 58 halaman, 14 Tabel, 21 Gambar, 4 Lampiran

Telah dilakukan pembuatan biobriket daun karet dengan variasi waktu aktivasi dan jenis perekat yang dikarakterisasi berdasarkan acuan SNI 01-6235-2000. Daun karet dikarbonisasi menggunakan reaktor pirolisis dengan rentang temperatur 300-600°C pada waktu 2 jam. Arang daun karet kemudian diblender sampai halus lalu diayak menggunakan ayakan 60 *mesh*. Arang daun karet kemudian diaktivasi menggunakan asam sulfat dengan variasi waktu aktivasi selama 8, 16, 24 jam dan tanpa waktu aktivasi. Arang daun karet dibuat dengan variasi perekat yang terdiri atas tepung maizena, getah damar, dan getah lateks. Daun karet kemudian dicetak menggunakan alat cetak biobriket hidrolik. Karakterisasi biobriket dilakukan dengan pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, nilai kalor, pengaruh viskositas dan nilai *drop test*. Karakterisasi biobriket terbaik didapatkan pada arang yang diaktivasi selama 24 jam dengan jenis perekat getah damar. Kadar air yang diperoleh sebesar 4,58%, kadar abu 19,86%, kadar zat terbang 18,53%, kadar karbon 57,01%, dan nilai kalor 5.240,44 kal/g. Biobriket dengan perekat getah damar menghasilkan karakterisasi yang lebih baik namun bau yang cukup tajam. Hasil analisis karakterisasi biobriket menggunakan komposisi terbaik didapatkan kadar uji yang memenuhi syarat mutu sesuai dengan SNI 01-6235-2000 berupa biobriket perekat getah damar pada analisis kadar air, sedangkan yang lainnya tidak ada yang memenuhi.

**Kata Kunci** : Variasi Perekat, Aktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan Karakterisasi Biobriket

Sitasi : 53 (2013-2024)

## DAFTAR ISI

|                                                                                        |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>                                                         | <b>ix</b>    |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>                                                        | <b>iii</b>   |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....</b>                                          | <b>iv</b>    |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK<br/>KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b> | <b>v</b>     |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>                                                        | <b>vi</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                                            | <b>vii</b>   |
| <b>SUMMARY.....</b>                                                                    | <b>x</b>     |
| <b>RINGKASAN .....</b>                                                                 | <b>xii</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                             | <b>xxv</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                              | <b>xviii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                                           | <b>xvii</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                                          | <b>1</b>     |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                               | 1            |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                              | 2            |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                                            | 2            |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                                                            | 2            |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                                                    | <b>4</b>     |
| 2.1 Energi.....                                                                        | 4            |
| 2.2 Biomassa .....                                                                     | 4            |
| 2.3 Daun Karet .....                                                                   | 5            |
| 2.4 Biobriket.....                                                                     | 6            |
| 2.5 Perekat Biobriket.....                                                             | 8            |
| 2.5.1 Getah Lateks.....                                                                | 8            |
| 2.5.2 Getah Damar .....                                                                | 8            |
| 2.6 Proses Aktivasi .....                                                              | 10           |
| 2.8 Karakterisasi Biobriket.....                                                       | 12           |
| 2.8.1 Kadar Air .....                                                                  | 12           |
| 2.8.2 Kadar Abu.....                                                                   | 12           |
| 2.8.3 Kadar Zat Terbang.....                                                           | 13           |
| 2.8.4 Kadar karbon Terikat.....                                                        | 14           |

|                                                                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.8.5 Nilai Kalor .....                                                                                                                             | 15        |
| 2.8.6 Drop test.....                                                                                                                                | 16        |
| 2.8.7 Densitas.....                                                                                                                                 | 16        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                                                                                                          | <b>18</b> |
| 3.1 Waktu dan Tempat .....                                                                                                                          | 18        |
| 3.2 Alat dan Bahan.....                                                                                                                             | 18        |
| 3.2.1 Alat .....                                                                                                                                    | 18        |
| 3.2.2 Bahan .....                                                                                                                                   | 18        |
| 3.3 Prosedur Kerja.....                                                                                                                             | 18        |
| 3.3.1 Persiapan Bahan Baku .....                                                                                                                    | 18        |
| 3.3.2 Pengarangan atau Karbonisasi .....                                                                                                            | 19        |
| 3.3.3 Penghalusan dan Pengayakan .....                                                                                                              | 19        |
| 3.3.4 Proses Aktivasi.....                                                                                                                          | 19        |
| 3.3.5 Proses Pembuatan Perekat Getah Lateks, Getah Damar, dan<br>Tepung Maizena.....                                                                | 19        |
| 3.3.6 Proses Pencampuran dan Pencetakan Bahan Baku.....                                                                                             | 20        |
| 3.3.7 Analisis Karakteristik Biobriket Limbah Daun Karet ( <i>Hevea<br/>Brasiliensis</i> ).....                                                     | 20        |
| 3.3.8 Analisis Kerapatan Massa (SNI 01-6235-2000).....                                                                                              | 22        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                                                                                                             | <b>23</b> |
| 4.1 Analisis Karakteristik Biobriket Daun Karet Berdasarkan Variasi<br>Waktu Aktivasi dan Jenis Perekat terhadap Performa Sifat<br>Fisikokimia..... | 23        |
| 4.1.1 Kadar Air .....                                                                                                                               | 25        |
| 4.1.2 Kadar Abu.....                                                                                                                                | 26        |
| 4.1.3 Kadar Zat Terbang.....                                                                                                                        | 28        |
| 4.1.4 Kadar Karbon.....                                                                                                                             | 30        |
| 4.1.5 Nilai Kalor.....                                                                                                                              | 32        |
| 4.1.6 Uji Kerapatan Massa.....                                                                                                                      | 33        |
| 4.1.4 Uji <i>Drop Test</i> .....                                                                                                                    | 34        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                                                                                             | <b>36</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                                                                                                | 36        |
| 5.2 Saran .....                                                                                                                                     | 36        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                                                                                          | <b>37</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                                                                                                                | <b>42</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|            |                                                                                                           |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.  | Limbah Daun Karet.....                                                                                    | 6  |
| Gambar 2.  | Biobriket.....                                                                                            | 7  |
| Gambar 3.  | Alat Pirolisis.....                                                                                       | 11 |
| Gambar 4.  | Kalorimeter bom .....                                                                                     | 17 |
| Gambar 5.  | Biobriket Daun Karet Variasi Perekat (a) Tepung maizena;<br>(b) Getah Damar; (c) Getah Lateks.....        | 23 |
| Gambar 6.  | Pengaruh variasi waktu aktivasi dan jenis perekat terhadap<br>kadar air biobriket daun karet .....        | 25 |
| Gambar 7.  | Pengaruh variasi waktu aktivasi dan jenis perekat terhadap<br>kadar abu biobriket daun karet.....         | 27 |
| Gambar 8.  | Pengaruh variasi waktu aktivasi dan jenis perekat terhadap<br>kadar zat terbang biobriket daun karet..... | 29 |
| Gambar 9.  | Pengaruh variasi waktu aktivasi dan jenis perekat terhadap<br>kadar karbon biobriket daun karet.....      | 31 |
| Gambar 10. | Nilai kalor biobriket daun karet pada variasi waktu aktivasi dan<br>jenis perekat terbaik .....           | 32 |
| Gambar 11. | Nilai uji densitas biobriket daun karet selama 1, 3, 5, 7 hari .....                                      | 34 |
| Gambar 12. | Pengaruh variasi waktu aktivasi dan jenis perekat terhadap uji<br><i>drop test</i> .....                  | 35 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. Standar Mutu Biobriket (Badan Standar Nasional).....                                                                                        | 7  |
| Tabel 2. Kandungan kimia penyusun lateks (Archer, et.al., 1963) .....                                                                                | 8  |
| Tabel 3. Hasil analisis biobriket daun karet terhadap variasi waktu aktivasi menggunakan perekat tepung maizena .....                                | 49 |
| Tabel 4. Hasil analisis biobriket daun karet terhadap variasi waktu aktivasi menggunakan perekat getah damar .....                                   | 50 |
| Tabel 5. Hasil analisis biobriket daun karet terhadap variasi waktu aktivasi menggunakan perekat lateks .....                                        | 51 |
| Tabel 6. Hasil nilai kalor biobriket daun karet menggunakan perekat getah damar dengan waktu aktivasi 24 jam dan tanpa waktu aktivasi (kontrol)..... | 52 |
| Tabel 7. Hasil nilai kerapatan biobriket daun karet dengan waktu aktivasi optimum 24 jam menggunakan perekat getah damar .....                       | 52 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1. Skema Prosedur Penelitian.....                                                          | 43 |
| Lampiran 2. Data Hasil Penelitian Pembuatan Biobriket Daun Karet ( <i>Hevea brasiliensis</i> )..... | 49 |
| Lampiran 3. Perhitungan Sifat Fisik Biobriket Daun Karet ( <i>Hevea brasiliensis</i> ).....         | 53 |
| Lampiran 4. Gambar Penelitian .....                                                                 | 57 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sumber energi fosil memegang peranan penting dalam kehidupan manusia sehari-hari. Kebutuhan akan bahan bakar fosil terus meningkat seiring dengan berkembangnya sektor industri dan bertambahnya populasi manusia. Namun, ketersediaan bahan bakar fosil justru semakin berkurang. Jika kondisi ini terus berlanjut tanpa adanya manajemen penggunaan yang baik serta pemanfaatan energi terbarukan yang belum optimal, krisis energi dapat terjadi, sehingga diperlukan sumber alternatif yang lebih berkelanjutan, murah dan ramah lingkungan, seperti energi yang berasal dari biomassa (Suhartoyo & Kristiawan, 2020).

Biomassa merupakan sumber energi yang berasal dari sumber daya alam terbarukan dan dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil dengan cara diolah menjadi biobriket. Biomassa tersusun atas senyawa-senyawa seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang memiliki kadar karbon tinggi, dan umumnya berasal dari bagian tumbuhan (Sari dkk, 2015). Salah satu bentuk pemanfaatan energi biomassa yang berkembang adalah dalam bentuk biobriket, yaitu hasil pemadatan biomassa yang telah diarsangkan menjadi bentuk yang lebih teratur dan mudah digunakan sebagai bahan bakar (Parinduri & Taufik, 2020). Biobriket dinilai efektif sebagai pengganti bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin menurun (Putri dkk, 2022). Salah satu jenis biomassa yang berpotensi dijadikan biobriket karena ketersediaannya melimpah di Provinsi Sumatera Selatan adalah limbah dedaunan dari area Perkebunan karet.

Provinsi Sumatera Selatan merupakan salah satu produsen karet terbesar di Indonesia dengan luas perkebunan mencapai 838.749 hektar, terdiri dari perkebunan rakyat (94%), milik negara (2%), dan swasta (4%) (Nugraha dkk, 2018). Aktivitas ini menghasilkan limbah daun karet dalam jumlah besar, terutama saat musim kemarau ketika pohon merontokkan daunnya. Sayangnya, limbah ini sering dianggap tidak berguna dan dibiarkan membusuk atau dibakar, sehingga berpotensi mencemari lingkungan (Ismail dkk, 2021). Padahal, daun karet mengandung 22,77% selulosa, 10,73% hemiselulosa, dan 13,36% lignin, yang dapat menjadikannya bahan baku potensial untuk biobriket (Puttaso *et al.*, 2021).

Pemanfaatannya tidak hanya meningkatkan nilai guna limbah, tetapi juga membuka peluang usaha baru dan menambah pendapatan petani. Penelitian oleh Saleh dkk (2016) menunjukkan bahwa biobriket dari limbah daun memiliki nilai kalor  $< 3400$  kal/g, dimana cukup berpotensi dijadikan biobriket.

Penggunaan aktivator dalam proses pembuatan biobriket berperan penting dalam meningkatkan kualitas produk. Proses aktivasi dapat dilakukan secara kimia maupun fisika sebelum pengompresan menjadi biobriket. Proses aktivasi kimia terdapat beberapa beberapa jenis aktivator yang bisa digunakan seperti asam sulfat, asam fosfat, sulfida, senyawa karbonat, serta logam alkali hidroksida (Amirudin dkk, 2020). Menurut Septiawan (2022) aktivator asam sulfat memiliki sifat *dehydrating agent* dan situs aktif lebih besar dibandingkan aktivator asam lain. Asam sulfat adalah salah satu aktivator yang efektif dalam proses karbonisasi biomassa. Aktivator ini dapat meningkatkan porositas dan nilai kalor biobriket, sehingga biobriket yang dihasilkan lebih efisien dalam proses pembakaran. Lestri dkk. (2018) menyatakan bahwa waktu aktivasi mempengaruhi berbagai parameter mutu briket, seperti kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon, dan nilai kalor. Oleh karena itu, variasi waktu aktivasi dalam proses pembuatan biobriket diperlukan untuk mengoptimalkan karakteristik fisik dan kimia bahan baku sebelum dibentuk menjadi briket.

Proses pembuatan biobriket memerlukan penambahan bahan perekat yang bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik briket. Jenis perekat yang digunakan mempengaruhi kualitas biobriket, seperti kerapatan, ketahanan tekan, nilai kalor, kadar air, dan kadar abu (Akintunde & Seriki, 2013). Beberapa bahan perekat yang umum digunakan antara lain tepung maizena, getah lateks, dan damar. Tepung maizena merupakan perekat organik yang umum digunakan karena sifat adhesifnya yang baik, ramah lingkungan, mudah diperoleh, dan *biodegradable* (Saputro & Widodo, 2022). Selain itu, getah lateks dari pohon karet juga memiliki daya rekat tinggi karena kandungan polimer karet yang lengket dan elastis, sehingga efektif merekatkan partikel biomassa dalam biobriket agar tidak mudah hancur (Puspitasari dkk, 2015). Damar menjadi pilihan lain karena sifat adhesif dan termoplastiknya yang mampu merekatkan partikel biomassa secara kuat saat dipanaskan dan mengeras kembali saat dingin, serta bersifat hidrofobik yang membantu menjaga

kelembaban dan kestabilan biobriket selama penyimpanan (Kartika & Pratiwi, 2018).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai pengaruh variasi waktu aktivasi dan jenis perekat (tepung maizena, getah damar, dan lateks) menggunakan aktivator asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) terhadap karakterisasi sifat fisiko kimia biobriket daun karet (*hevea brasiliensis*).

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu aktivasi dan jenis perekat (tepung maizena, getah damar, dan lateks) terhadap performa sifat fisikokimia biobriket yang dihasilkan?
2. Jenis perekat dan waktu aktivasi manakah yang menghasilkan biobriket daun karet dengan karakteristik terbaik?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Menentukan pengaruh variasi waktu aktivasi dan jenis perekat (tepung maizena, getah damar, dan lateks) terhadap performa sifat fisikokimia biobriket yang dihasilkan.
2. Menentukan jenis perekat dan waktu aktivasi yang optimal untuk menghasilkan biobriket daun karet dengan kualitas terbaik.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Memberikan informasi mengenai pemanfaatan biobriket dari limbah daun karet sebagai sumber bahan bakar alternatif, mengetahui pengaruh waktu aktivasi dan variasi perekat (tepung maizena, getah damar, dan lateks) terhadap pembuatan biobriket, serta dapat menentukan hasil karakterisasi biobriket yang dihasilkan agar sesuai SNI 01-6235-2000.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, L., Marsya, M. A., Oktavia, S., dan Sindiany, I. I. (2020). Analisis Bahan Bakar Alternatif Komposit Biobriket dari Eceng Gondok dengan Perekat Kotoran Sapi. *Al-Kimiya*, 6(2), 81–86.
- Adistia, N. A. (2020). Potensi Energi Panas Bumi, Angin, Dan Biomassa Menjadi Energi Listrik Di Indonesia. *Jurnal TESLA*, 22(2), 105-116.
- Akintunde, M., and Seriki, M. (2013). Effect Paper Paste on the Calorific Value of Sawdust Briquette. *International Journal of Modern Engineering*, 2(1), 1–11.
- Amirudin, M., Novita, E., & Tasliman, T. (2020). Analisis Variasi Konsentrasi Asam Sulfat sebagai Aktivasi Arang Aktif Berbahan Batang Tembakau (*Nicotiana Tabacum*). *Agroteknika*, 3(2), 99–108.
- Apriliani, P., Haryati, S., & Sudjatinah. (2019). Berbagai Konsentrasi Tepung Maizena Terhadap Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Petis Udang. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 1-9.
- Apriyanti, D. (2016). Analisa Kualitas Biobriket Ampas Tebu-Tempurung Kelapa Ditinjau Kadar Perekat. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Archer, B. L, Barnard, D., Cockbain, E.G, Dickenson, P. B. & McMullen, A. I. (1963). Structure, Composition and Biochemistry of *Hevea* latex. *The Chemistry and Physics of Rubber-like Substances (Baleman, L. Ed.)*, 41. London: Maclaren and Sons.
- Buana, A. L., & Susila, I. W. (2015). Pemanfaatan Bungkil dan Kulit Biji Karet sebagai Bahan Bakar Alternatif Biobriket dengan Perekat Tetes Tebu. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*, 3(3), 7–15.
- Briyar, E. I & Widayat, W. (2019). Pengaruh ukuran Partikel dan Tekanan Kompaksi Terhadap Karakteristik Briket Kayu Jati. *Jurnal Inovasi Mesin*, 1 (2), 18-29.
- Cholilie, I. A., & Zuari, L. (2021). Pengaruh Variasi Jenis Perekat terhadap Kualitas Biobriket Berbahan Serabut dan Tandan Buah Lontar (*Borassus flabellifer* L.). *Agro Bali: Agricultural Journal*, 4(3), 391–402. <https://doi.org/10.37637/ab.v4i3.774>.
- Ekayuliana, A., & Hidayati, N. (2020). Analisis Nilai Kalor dan Nilai Ultimate

- Briket Sampah Organik Dengan Bubur Kertas. *Jurnal Mekanik Terapan*, 01 (02), 107-115.
- Fahmi, Z., Thoriq, A., Sugandi, W. K., & Yusuf, A. (2021). Karakteristik Fisiko-Kimia Briket Sekam Hanjeli Berdasarkan Proses Pengarangan. *Jurnal Teknik Energi*, 17 (1), 45-56.
- Fona, Z., Hidayat, M., Habibah, U. & Razi, M. (2022). Pengaruh Waktu Pencetakan dan Jumlah Lubang terhadap Karakterisasi Pembakaran Briket Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Polimesin*, 20 (01), 42-49.
- Gobiel, A. P., & Arief, A. T. (2021). Pengaruh Karbonisasi Terhadap Karakteristik Tempurung Kelapa Berdasarkan Uji Proksimat Dan Nilai Kalor. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*. 5(1), 48-54.
- Gunawan, S., Nursanni, B., Hasan, H., & Suprpto. (2022). *Bahan Bakar Biomassa*. Surabaya: Cipta Media Nusantara.
- Haurissa, J., & Voisa, B. (2023). Efek Perekat Getah Damar Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Dalam Proses Pembakaran Briket Sarang Lebah Ampas Sagu. *Jurnal Dinamis*, 20 (2), 77-82.
- Ismail, S. M., Rahman, N. A., Farhatin, H. A., Khasanah, M., & Diah, N. (2021). Rubble BricQ (Briket Limbah Daun Karet) Sebagai Perekat Inovasi Bahan Bakar Alternatif Masa Kini. *Jurnal Al- Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 6(1), 57-60. <https://doi.org/10.36722/sst.v0%vi%i.635>.
- Istiana, S., Jumaeri. & Prasetya, A. T. (2020). Preparasi Arang Aktif Trembesi Magnetik untuk Adsorpsi Senyawa Tanninn dalam Limbah Cair. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9 (1), 18-23.
- Jamilatun, S. (2008). Sifat Sifat Penyalaan dan Pembakaran Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2), 37-40.
- Jayanti, A., Adriani, A., Kristiani, M., & Basri, A. H. H. (2020). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Dan Getah Karet Sebagai Bahan Baku Dalam Pembuatan Biobriket. *Jurnal AgricaEkstensia*, 14 (1), 1-9.
- Junaidi. (2019). Desain Data Akuisisi Bomb Kalorimeter Bahan Bakar Cair. *Jurnal Simetri Rekayasa*, 1(02) 83-88.
- Junary, E., Pane, J. P & Herlina, N. (2015). Pengaruh Suhu dan Waktu Karbonisasi terhadap Nilai Kalor dan Karakteristik pada Pembuatan Bioarang Berbahan



- Baku Pelepah Aren (*Arenga pinnata*). Jurnal Teknik Kimia USU, 4(2), 46-52.
- Kamar, I., Za, N., Meriatna., Bahri, S., Nurlaila, R. & Alifnur. (2023). Pembuatan Briket dari Kulit Jagung Menggunakan Perekat Getah Nangka dan Pulut. Jurnal Teknologi Kimia Unimal, 12 (1), 66-73.
- Kartika, I. A & Pratiwi. D, F. (2018). Karakteristik Partikel Dari Bambu dengan Perekat Getah Damar. Teknologi Industri Pertanian, 28 (2), 127-137.
- Khairil. (2019). *Bahan Bakar dan Tanur*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Kuspradini, H., Rosamah, E., Sukaton, E., Arung, E. T., & Kusuma, I. W. (2016). *Pengenalan Getah Gum-Lateks-Resin*. Samarinda: Mulawarman University Press.
- Kusyanto., Handayani, R. & Kurniawan, A. (2022). Pembuatan Biobriket dari Campuran Kulit Kacang Tanah dan Tempurung Kemiri dengan Menggunakan Metode Karbonisasi, 2(2), 59-65.
- Madiya, I. W., & Yasa, P. D. (2023). *Bioghum (Inovasi dan Manfaat bagi Ekonomi Sirkular)*. Bandung: Nilcakra.
- Mafruddin., Handono, S. D., Mustofa., Mujianto, E., & Saputra, R. (2022). Kinerja Bom Kalorimeter sebagai Alat Ukur Nilai Kalor Bahan Bakar. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 11(1), 125-134.
- Nugraha, I. S., Alamsyah, A. & Agustina, D, S. (2018). Analisis Faktor Faktor yang Mempengaruhi Produksi dan Pendapatan Petani Karet (Studi Khusus Petani Karet di Wilayah Operasional Perusahaan Migas Kabupaten Musi Banyuasin). Jurnal Penelitian Karet, 36 (2), 183-192.
- Pamungkas, A. S., Hanifariyanti, S., Pranata, D. E. (2022). Kajian Variasi Komposisi Perekat Terhadap Karakterisasi Biobriket Kayu Karet. *Jurnal Penelitian Karet*, 40 (2), 107-116.
- Parinduri, L., & Taufik, P. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal of Electrical Technology*, 5(2), 88-92.
- Pramudiyanto, A. S. & Suedy, S. W. A. (2020). Energi Bersih dan Ramah Lingkungan dari Biomassa untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim yang Ekstrim. Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 1 (3), 86-99.

- Purwanto, D. (2015). Pengaruh Ukuran Partikel Tempurung Sawit dan Tekanan Kempa Terhadap Kualitas Biobriket, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(4), 303-313.
- Puspitasari, S., Budianto, E. & Maspanger, D. (2015). Kajian Modifikasi Kimia Secara Kopolimerisasi Cangkak Pada Pembuatan Karet Alam Termoplastik. *Warta Perkaretan*, 34 (1), 65-76.
- Putri, F. E., Mawardi. R. H., Darmawan, M. F., & Kurniawan, M. F. (2022). Biobriket Limbah Kulit Singkong (*Manihot Esculenta*), Inovasi Sumber Energi Alternatif Di Wonogiri. *Jurnal Jaringan Penelitian Pengembangan Penerapan Inovasi Pendidikan (Jarlitbang)*, 8 (2), 113-121.
- Puttaso, P., Namanusart, W., Thumanu, K., Kamolmanit, B., Brauman, A., & Phrueksa, L. (2020). Assessing the Effect of Rubber (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Muell. Arg.) Leaf Chemical Composition on Some Soil Properties of Differently Aged Rubber Tree Plantations. *Journal Agronomy*, 2-15.
- Rahim, M. H., Sutriadi, T. S. & Sari, N. M. (2023). Pengaruh Persentasi Perekat Damar (*Shorea Javanica*) Terhadap Karakteristik Dan Laju Pembakaran Briket Arang Cangkang Kemiri (*Aleurites Moluccana* L. Willd). *Jurnal Sylva Scientiae*, 6 (6), 913-922.
- Ruslinda, Y., Husna, F. & Nabila, A. (2017). Karakteristik Briket dari Komposit Sampah Buah, Sampah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) dan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar Alternatif di Rumah Tangga. *Jurnal Presipitasi*, 14 (1), 5-14.
- Saleh, F., Hadi, R. R., Shidiq, A. I., Genyai, S. A. N. & Pertiwi, G. K. (2016). Pembuatan Biobriket dari Limbah Dedaunan. *Teknoin*, 22 (9), 698-703.
- Sanni, A. L & Nurjannah, I. (2024). Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Baku Sekam Padi, Bonggol Jagung dan Perekat Tapioka Terhadap Kualitas dan Performa Pembakaran Briket Biomassa. *JTM*, 13 (2), 83-90.
- Sari, E., Praputri, E., Permadi, F., Susanti, O., dan Syafitri, R. (2015). Peningkatan Kualitas Biobriket Kulit Durian Dari Segi Campuran Biomassa , Bentuk Fisik, Kuat Tekan dan Lama. *Simposium Nasional RAPI XI V - 2015 FT UMS*, 14(12), 193–200.

- Saukani, M., Setyono, R., & Trianiza, I. (2019). Pengaruh Jumlah Perekat Karet Terhadap Kualitas Briket Cangkang Sawit. *Jurnal Fisika FLUX*, 1(1), 159-162.
- Septiawan, A. (2022). Karakterisasi Biobriket Campuran Kulit Singkong (*Manihot Esculenta*) Dan Tempurung Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) dengan Aktivator  $H_2SO_4$ . *Skripsi*. 1-3.
- Setyono, M. Y. P & Purnomo, Y. S. (2022). Analisis Kadar Air dan Kadar Abu Briket Lumpur IPAL dan Fly Ash dengan Penambahan Serbuk Gergaji Kayu. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1 (6), 696-703.
- Silitonga, O. S. G. (2023). Pengaruh Aktivator Asam Sulfat dan Campuran Perekat Kualitas Pisang Kepok serta Tapioka Terhadap Karakteristik Biobriket Kulit Buah Pinang, *Skripsi*, Universitas Sriwijaya.
- Standar Nasional Indonesia Briket Arang Kayu SNI 01-6235-2000. (2000). Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiyati, F. Y., Sutiya, B. & Yuniarti. (2021). Karakteristik Briket Arang Campuran Arang Akasia Daun Kecil (*Acacia Auliculiformis*) Dan Arang Alaban (*Vitex Pubescens Vhal*). *Jurnal Sylva Scienteeae*, 4 (2), 274-284.
- Suhartoyo & Kristiawan, Y. Y. (2020). Pemanfaatan Limbah Biomassa Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Jurnal CRANKSHAFT*, 3 (2), 23-28.
- Tambunan, H., Nuryawan, A., Iswanto, A. H., Risnasari, I., Basyuni, M., & Fatriasari, W. (2023). Briquettes Made of Branches Wood of Three Mangrove Species Bonded by Starch Adhesive. *Materials*, 16(15). <https://doi.org/10.3390/ma16155266>
- Tiesnamurti, B., Handiwirawan, E., Santoso, S., Tresia, G. E., Shiddieqy, M. I., Fanindi, A., Ibrahim, A., & Romjali, E. (2024). *The adaptability of Garut sheep grazing on oil palm and rubber plantations in tropical conditions of Indonesia*. *Veterinary World*, 17(8), 1889–1903.
- Widihati, I. A. G., Manurung, M. dan Yunilawati. 2022. Preparasi dan Karakterisasi Arang Sabut Kelapa serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Logam Cr(III). *Indonesian E-Journal Of Applied Chemistry*. 10(1): 44 –52.
- Winoto, E. dan Hatina, S. 2022. Pengaruh Damar sebagai Perekat pada Biobriket Cangkang Biji Karet. *Jurnal Redoks*. 7(2): 39 –48.