TA/TL/2022/1426

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes)* DAN SAMPAH PLASTIK *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) SEBAGAI BAHAN BAKU BRIKET

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

NAUFAL AMANU

17513106

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2022

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes)* DAN SAMPAH PLASTIK *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) SEBAGAI BAHAN BAKU BRIKET

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

NAUFAL AMANU

17513106

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Yebi Yuriandala,S.T., M.Eng.
NIK. 135130503
Tanggal : 8 Februari 2022

Dr. Hijrah Purnama Putra,S.T., M.Eng.
NIK. 095130404
Tanggal : 8 Februari 2022

Mengetahui
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
NIK. 025100406
Tanggal : 11 Februari 2022

HALAMAN PENGESAHAN

PEMANFAATAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*) DAN SAMPAH PLASTIK HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) SEBAGAI BAHAN BAKU BRIKET

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu
Tangggal : 9 Februari 2022

Disusun Oleh:

NAUFAL AMANU
17513106

Tim Penguji :

Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng. ()

Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. ()

Dr. Ir. Kasam, M.T. ()

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya Naufal Amanu, menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah karya asli yang belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri dan hanya mendapat arahan dari dosen pembimbing.
3. Tidak ada pendapat atau karya milik orang lain pada karya tulis ini. Kutipan yang digunakan sebagai acuan penelitian telah ditulis secara jelas dengan menuliskan nama penulis serta diuraikan di dalam daftar pustaka.
4. Penggunaan perangkat lunak pada komputer menjadi tanggungjawab saya dan bukan menjadi tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun. Apabila di kemudian hari ditemukan penyimpangan terhadap pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai norma yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 9 Februari 2022

Yang membuat pernyataan



Naufal Amanu

NIM : 17513106

PRAKATA

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur dipanjatkan atas kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Allah Subhanahu Wataala, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, tugas akhir yang berjudul "Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Sampah Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai Bahan Baku Biket" dapat diselesaikan. Tugas akhir ini dilaksanakan dari bulan Juni 2021 hingga bulan Desember 2021. Tugas akhir merupakan mata kuliah pamungkas yang ditempuh mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana di bidang teknik lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Isu dan topik yang diangkat dalam penelitian di tugas akhir merupakan hal penting. Isu yang krusial atau sedang banyak dibicarakan di tengah masyarakat tentunya memiliki nilai keutamaan. Penelitian mengenai pemanfaatan eceng gondok dan sampah plastik untuk diolah menjadi energi alternatif atau energi terbarukan adalah ide yang tepat untuk diangkat ke dalam penelitian. Berlatarkan permasalahan lingkungan di Indonesia yang masif terutama pencemaran air dan pencemaran oleh sampah plastik, penulis berinisiatif untuk memanfaatkan biomassa eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dan sampah plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) menjadi arang briket.

Hal yang menjadi perhatian utama penulis dalam mendorong inspirasi adalah permasalahan lingkungan yang terjadi di Danau Rawa Pening, misalnya lebatnya gulma eceng gondok. Melihat kondisi tersebut, penulis berpikir bahwa mahasiswa harus bisa mencari solusi atas masalah di daerahnya sendiri dan harus bermanfaat bagi masyarakat di sekitarnya. Harapan di masa depan, penelitian yang telah disusun bermanfaat dan dapat diterapkan ke skala yang lebih riil di masyarakat.

Selama pengerjaan tugas akhir, bantuan dan dukungan banyak mengalir dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dukungan merupakan hal yang sangat kami apresiasi. Penulis ingin menyampaikan pihak-pihak yang telah mendukung proses penelitian sebagai ungkapan rasa terima kasih dan apresiasi.

1. Tuhan Yang Maha Esa, Allah Subhanahu Wataala.
2. Kedua orang tua dan kakak penulis.
3. Bapak Eko Siswoyo, ST., M.Sc.ES., Ph.D. ketua program studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Yebi Yuriandala., ST., M.Eng. pembimbing tugas akhir.
5. Bapak Dr. Hijrah Purnama Putra, ST., M.Eng. pembimbing tugas akhir.
6. Bapak Dr. (Cand). Supriyanto, ST., M.Sc. M.Eng. dosen pembimbing akademik.
7. Bapak Dr-Ing. Ir.Widodo, M.Sc. dosen pembimbing akademik.
8. Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, ST., M. Eng. koordinator tugas akhir.
9. Segenap dosen dan pengajar di Program Studi Teknik Lingkungan UII.

10. Bapak Heriyanto, A.Md. dan Ibu Ratna Widiastuti, S.Kom. admin program studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
11. Ibu Diah Dyaningtyas Sukardi,S.Si. pengampu laboratorium Teknik Lingkungan UII.
12. Para laboran di laboratorium Teknik Lingkungan yang telah membantu kelancaran penelitian.
13. Bapak Sangudi pembimbing selama proses penelitian di AL Production, Yogyakarta.
14. Bapak Asanto yang telah membantu kelancaran proses penelitian.
15. Aditiya Ramadan dan Karimah Ashma Sholihah yang telah bekerja dalam melaksanakan tugas akhir bersama-sama.
16. Teman-teman dan para kolega.
17. Segala pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan secara tepat satu persatu

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 9 Februari 2022

Penulis

Naufal Amanu

NIM: 17513106

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRACT

NAUFAL AMANU. Water Hyacinth (Eichornia crassipes) and High Density Polyethylene (HDPE) Plastic Waste for Raw Material Briquettes. Supervised by Yebi Yuriandala,S.T.,M.Eng. and Dr. Hijrah Purnama Putra,S.T.,M.Eng.

The use of fossil fuel in Indonesia continues to increase and causes a depletion of fossil fuel's reserve. Meanwhile, there are many renewable energy resources from biomass, for example water hyacinth (Eichornia crassipes). This plant contains many kind of chemical compounds such as cellulose, lignin, pentose, and minerals that are source of combustion calories, however water hyacinth briquettes' qualities are still below the standard. The increase of plastic wastes causes many environmental problems because plastic cannot be degraded naturally. Meanwhile, the High Density Polyethylene (HDPE) plastic waste has potential to enhance the calories of water hyacinth briquettes. This research was conducted to determine the influence of HDPE tar to the physical dan chemical characteristics of water hyacinth briquettes, and to determine the quality of water hyacinth briquettes with HDPE tar. The variations of briquettes were 100 EG:25 HDPE, 100 EG:50 HDPE, and 100 EG:75 HDPE. Pyrolysis in no oxygen condition was used to process the biomass in 4 hours at temperature 450°C to obtain the char, and temperature of 500°C for HDPE waste to obtain the tar. The briquettes were molded into 5cm in diameter and 10cm in height with pressure at 150 kg/cm^2 in 10 minutes. The results showed, in variation of 100 EG:25 HDPE had: total moisture 5,77%, volatile matter 29,42%, ash content 35,79%, fixed carbon 29,03%, calorific value 6268,75 calories/gram, and burning rate 0,0068 gram/second. Based on SNI 01- 6235-2000, in all three variations of briquettes, the total moisture and calorific value had fulfilled the standard, while the volatile matter, ash content, and fixed carbon had not fulfilled the standard.

Keywords: Proximate analysis, briquettes, water hyacinth, pyrolysis, HDPE plastic waste.

ABSTRAK

NAUFAL AMANU. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Sampah Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai Bahan Baku Biket. Dibimbing oleh Yebi Yuriandala,S.T.,M.Eng. dan Dr. Hijrah Purnama Putra,S.T.,M.Eng.

Penggunaan bahan bakar fosil di Indonesia semakin meningkat dan berakibat pada menipisnya cadangan bahan bakar. Sementara itu, potensi sumber energi terbarukan dari biomassa sangat melimpah, salah satunya adalah eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Eceng gondok mengandung senyawa sumber kalori seperti selulosa, lignin, pentosa, dan beberapa mineral, namun kualitas briket eceng gondok masih di bawah standar. Meningkatnya timbulan sampah plastik menyebabkan banyak masalah lingkungan karena plastik sulit terurai oleh alam. Di sisi lain, sampah plastik khususnya *High Density Polyethylene* (HDPE) memiliki potensi untuk meningkatkan nilai kalori briket eceng gondok. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tar HDPE terhadap karakteristik fisik dan kimia briket eceng gondok, serta mengetahui kualitas briket eceng gondok dengan tambahan tar HDPE. Variasi campuran briket yang digunakan adalah 100 EG:25 HDPE, 100 EG:50 HDPE, dan 100 EG:75 HDPE. Proses pirolisis tanpa adanya oksigen digunakan untuk memproses biomassa selama 4 jam pada suhu 450℃ untuk mendapatkan char, dan pada suhu 500℃ pada limbah HDPE untuk mendapatkan tar. Cetakan briket berukuran diameter 5cm dan tinggi 10cm dengan tekanan kempa 150 kg/cm^2 selama 10 menit. Hasil penelitian menunjukkan, briket eceng gondok variasi 100 EG:25 HDPE memiliki kadar air 5,83%, kadar volatil 29,36%, kadar abu 35,79%, kadar karbon terikat 29,03%, nilai kalori 6243,08 kalori/gram, serta laju pembakaran 0,0068 gram/detik. Parameter briket dari seluruh variasi yang memenuhi persyaratan pada SNI 01-6235-2000 adalah kadar air dan nilai kalori, sementara kadar volatil, kadar abu, dan kadar karbon terikat tidak memenuhi persyaratan.

Kata kunci: Analisis proksimat, briket, eceng gondok, pirolisis, plastik HDPE.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI i
DAFTAR NOTASI iv
DAFTAR TABEL vi
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR LAMPIRAN x
DAFTAR SINGKATAN xi
BAB I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Asumsi Penelitian 2
1.6 Ruang Lingkup 3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Briket Bioarang 4
2.2 Biomassa Eceng Gondok sebagai Briket 4
2.3 Plastik Polietilen Densitas Tinggi sebagai Campuran Briket 6
2.4 Pirolisis 6
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Briket 7
2.5.1 Bahan Perekat 7
2.5.2 Teknik Pencetakan 8
2.6 Interaksi antar Bahan 9
2.7 Karakteristik Briket 9
2.7.1 Kadar Air 10
2.7.2 Kadar Volatil 10
2.7.3 Kadar Abu 10
2.7.4 Nilai Kalori 10
2.7.5 Laju Pembakaran 10
2.7.6 Kadar Karbon Terikat 10
2.8 Penelitian Terdahulu 10
2.9 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya 15
BAB III. METODE PENELITIAN 16
3.1 Metode Pendekatan Penelitian 16
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian 16
3.3 Alat dan Bahan 16
3.4 Variabel Penelitian 17
3.5 Prosedur Penelitian 17
3.5.1 Proses Pembuatan Briket 18
3.5.2 Pengujian Karakteristik Briket 21
3.5.3 Analisis Data dan Pembahasan 23
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 24
4.1 Pirolisis Eceng Gondok 24
4.2 Pirolisis Limbah Plastik HDPE 25
4.3 Briket Eceng Gondok 25
4.4 Analisis Proksimat Briket 25

4.4.1 Kadar Air 26
4.4.2 Kadar Volatil 27
4.4.3 Kadar Abu 29
4.4.4 Nilai Kalori 30
4.4.5 Kadar Karbon Terikat 31
4.4.6 Laju Pembakaran 33
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN 38
5.1 Simpulan 38
5.2 Saran 38
DAFTAR PUSTAKA 39
LAMPIRAN 42
RIWAYAT HIDUP 59

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR NOTASI

Notasi 3.1 Rumus Pengujian Kadar Air 21
Notasi 3.2 Rumus Pengujian Kadar Volatil 22
Notasi 3.3 Rumus Pengujian Kadar Abu 22
Notasi 3.4 Rumus Pengujian Nilai Kalori 22
Notasi 3.5 Rumus Pengujian Kadar Karbon Terikat 23
Notasi 3.6 Rumus Pengujian Laju Pembakaran 23

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat Mutu Briket Arang Kayu 4
Tabel 2.2 Kandungan Kimia Eceng Gondok 5
Tabel 2.3 Kandungan Kimia Eceng Gondok Kering 5
Tabel 2.4 Unsur Penyusun Plastik 6
Tabel 2.5 Jenis-Jenis Pirolisis 7
Tabel 2.6 Syarat Mutu Briket 9
Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu 11

Tabel 4.1 Perbandingan Nilai Rendemen 25
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kualitas Briket 26
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Pengujian Kadar Air 27
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Pengujian Kadar Volatil 28
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Pengujian Kadar Abu 29
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Pengujian Nilai Kalori 31
Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat 32
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pengujian Laju Pembakaran 36

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 18
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Briket 19

Gambar 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air 26
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Kadar Volatil 28
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Kadar Abu 29
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Nilai Kalori 30
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat 32
Gambar 4.6 Grafik Laju Pembakaran 100 EG:25 HDPE 34
Gambar 4.7 Grafik Laju Pembakaran 100 EG:50 HDPE 35
Gambar 4.8 Grafik Laju Pembakaran 100 EG:75 HDPE 36

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Pengujian Proksimat Berdasarkan ASTM 42
Lampiran 2 Perhitungan Laju Pembakaran Briket 45
Lampiran 3 Contoh Perhitungan Uji Karakteristik Briket 47
Lampiran 4 Tabel Data Uji Proksimat 47
Lampiran 5 Dokumentasi Proses Pembuatan Briket 48
Gambar 1 Proses Mempersiapkan Eceng Gondok 48
Gambar 2 Proses Mengeringkan Eceng Gondok 48
Gambar 3 Mesin Pirolisis 49
Gambar 4 Eceng Gondok sebelum Pirolisis 49
Gambar 5 Eceng Gondok setelah Pirolisis 50
Gambar 6 Tar Eceng Gondok 50
Gambar 7 Penghalusan Bioarang 51
Gambar 8 Pengayakan Bioarang 51
Gambar 9 Preparasi Limbah Plastik 52
Gambar 10 Potongan Plastik HDPE 52
Gambar 11 Tar HDPE 53
Gambar 12 Pelelehan Tar HDPE 53
Gambar 13 Pencampuran Briket 54
Gambar 14 Pencetakan Briket 54
Gambar 15 Pengempaan Briket 55
Gambar 16 Hasil Cetakan Briket 55
Lampiran 6 Dokumentasi pada saat Pengujian Laju Pembakaran Briket 56
Gambar 1 Proses Pengujian Laju Pembakaran Briket 56
Gambar 2 Pengamatan pada Menit ke-15 Variasi 100 EG:25 HDPE 56
Gambar 3 Observasi Menit ke-70 Variasi 100 EG:25 HDPE 57
Gambar 4 Pengamatan pada Menit ke-20 Variasi 100 EG:50 HDPE 57
Gambar 5 Pengamatan pada Menit ke-15 Variasi 100 EG:75 HDPE 58

DAFTAR SINGKATAN

HDPE : *High Density Polyethylene* (polietilen densitas tinggi)

ASTM : *American Society Testing and Material*

SNI : Standar Nasional Indonesia

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan bakar minyak banyak digunakan di Indonesia sebagai sumber energi sehari-hari. Kebutuhan yang semakin meningkat menyebabkan persediaan bahan bakar menipis dan diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 10-15 tahun mendatang apabila tidak ditemukan sumber bahan bakar minyak yang baru (Ruslinda et al., 2017). Di sisi lain, eceng gondok adalah tumbuhan air yang mudah berkembang biak, terutama pada perairan yang memiliki nutrisi tinggi seperti nitrogen, kalium, dan fosfor (Karim et al., 2015). Salah satu contoh yaitu Danau Rawa Pening yang sebagian besar permukaan airnya telah tertutupi oleh eceng gondok (Lois et al., 2018).

Eceng gondok adalah tumbuhan yang banyak mengandung senyawa selulosa, lignin, dan hemiselulosa (Kusumaningtyas, 2017). Sebagian besar tumbuhan eceng gondok segar mengandung air ±90%, nitrogen 0,05%, senyawa P_2O_5 sebesar 0,06%, dan senyawa K_2O sebesar 0,5%. Sedangkan eceng gondok kering mengandung senyawa organik selulosa yang dominan sebesar 59,14%, 24% zat abu, 15,62% pentosa, dan 7,69% lignin, yang mana senyawa-senyawa organik tersebut adalah sumber kalori dalam pembakaran briket (Rifdah & Tahdid, 2013).

Sampah plastik menjadi permasalahan lingkungan yang serius di Indonesia. Sampah anorganik sangat sulit bahkan tidak dapat didegradasi oleh alam secara sempurna (Putra & Yuriandala, 2010). Menurut Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, data timbulan sampah nasional pada tahun 2020 mencapai 31,9 juta ton, dimana 16,97% dari total timbulan tersebut adalah plastik. Salah satu jenis plastik yang dapat dimanfaatkan sebagai campuran briket adalah *High Density Polyethylene* (HDPE). Campuran briket dari eceng gondok dan sampah plastik HDPE menghasilkan kalori sebesar 7818 Kkal/Kg. Struktur kimiawi plastik HDPE tergolong dalam plastik polietilen (PE) yang tersusun atas polimer karbon, hidrogen dan oksigen, sehingga memiliki nilai kalori tinggi dan potensial sebagai bahan campuran briket (Dwiyati & Kholil, 2014).

Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan eceng gondok sebagai sumber energi alternatif seperti yang dilakukan oleh Karim et al. (2015) menunjukkan nilai kalori briket dari eceng gondok sebesar 2785 kal/g. Hendra (2011) menjelaskan nilai kalori briket dari arang eceng gondok sebesar 3207,9 kal/g. Utomo dan Primastuti (2013) menunjukkan, nilai kalori briket eceng gondok mencapai 3748,69 kal/g. Pemerintah Indonesia telah mempersyaratkan standar kualitas briket melalui Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu. Beberapa syarat mutu briket antara lain nilai kalori minimal 5000 kal/g, kadar air maksimal 8%, kadar abu maksimal 8%, dan kadar volatil maksimal 15%.

Nilai kalori pada briket yang terbuat dari eceng gondok belum memenuhi standar yang dipersyaratkan pada SNI 01-6235-2000. Sementara itu, senyawa kimia yang terkandung pada eceng gondok dan plastik HDPE sangat potensial untuk diolah menjadi bahan baku

briket. Berdasarkan permasalah tersebut, penelitian mengenai pemanfaatan eceng gondok dan sampah plastik HDPE penting untuk dilakukan. Dengan adanya pemanfaatan eceng gondok dan sampah plastik menjadi briket, maka dapat menjadi referensi bahwa kedua bahan tersebut sangat potensial diolah menjadi bahan bakar alternatif.

1.2 Perumusan Masalah

1. Apakah penambahan tar plastik HDPE dengan variasi 100 EG:25 HDPE, 100 EG:50 HDPE, dan 100 EG:75 HDPE mempengaruhi karakteristik kimia (kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, nilai kalori) dan karakteristik fisika (laju pembakaran) briket eceng gondok?
2. Bagaimana kualitas briket eceng gondok dengan tambahan tar plastik HDPE?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian pemanfaatan eceng gondok dan sampah plastik sebagai bahan baku briket adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penambahan tar plastik HDPE dengan variasi 100 EG:25 HDPE, 100 EG:50 HDPE, dan 100 EG:75 HDPE terhadap karakteristik kimia (kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, nilai kalori) dan karakteristik fisika (laju pembakaran) briket eceng gondok.
2. Mengetahui kualitas briket eceng gondok dengan tambahan tar plastik HDPE.

1.4 Manfaat

1. Bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, sebagai referensi dalam pengembangan energi alternatif berbasis biomassa.
2. Bidang politik, sebagai salah satu opsi dalam penentuan kebijakan untuk lebih memilih sumber energi yang dapat diperbarui diatas sumber energi konvensional.
3. Pada bidang industri, penelitian ini diharapkan dapat menjadi rintisan usaha di bidang energi dan ditingkatkan ke skala yang lebih besar.

1.5 Asumsi Penelitian

1. Asumsi substantif. Biomassa eceng gondok memiliki potensi yang baik untuk dikonversi menjadi energi alternatif (briket), kandungan selulosa, lignin, pentosa dan mineral merupakan sumber kalori pembakaran. Sementara itu, plastik dapat ditambahkan sebagai campuran pada briket eceng gondok untuk meningkatkan nilai kalori, kalori tersebut bersumber dari senyawa hidrokarbon yang tersusun atas unsur karbon, hidrogen, dan oksigen.
2. Asumsi metodologis. Proses karbonisasi biomassa melalui pirolisis dimana senyawa kimia pada eceng gondok dikonversi menjadi bentuk yang lebih sederhana melalui pemanasan pada kondisi sedikit atau tanpa oksigen untuk mendapatkan arang (char). Campuran limbah plastik sebagai tar diperoleh melalui pirolisis, dimana uap pirolisis dialirkan ke pipa bersuhu rendah agar uap terkondensasi menjadi tar.

1.6 Ruang Lingkup

Batas-batas dalam penelitian ini dijelaskan dalam ruang lingkup berikut :

1. Eceng gondok didapatkan dari Sabo Dam Ngancar, Dhuwet, Wukirsari, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, DIY.
2. Limbah plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) didapatkan dari timbulan sampah salah satu pengepul sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan, Bantul, DIY.
3. SNI 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu sebagai acuan syarat mutu briket.
4. *American Society Testing and Material (*ASTM) sebagai acuan prosedur pengujian kualitas briket.
5. Tarif pengujian karakteristik fisik dan kimia briket yang digunakan pada Rancangan Anggaran Biaya (RAB) mengacu pada Peratuan Pemerintah (PP) No. 6 Tahun 2015 tentang jenis dan tarif atas jenis penerimaan negara bukan pajak yang berlaku pada badan pengkajian dan penerapan teknologi.
6. Data pelengkap yang digunakan meliputi literatur seperti jurnal dan publikasi-publikasi ilmiah terdahulu.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Briket Bioarang

Salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi konvensional adalah dengan memanfaatkan biomassa sebagai bahan bakar. Biomassa yang digunakan sebagai briket adalah proses konversi bahan baku padat menjadi bentuk yang dikompaksi sehingga mudah digunakan (Karim et al., 2015). Briket diperoleh dengan dengan memanaskan biomassa, mencampur limbah plastik, dan ditekan sehingga briket berbentuk kompak (Naryono et al., 2017). Proses pengarangan atau pemanasan tersebut dilakukan dengan mengubah bahan baku menjadi arang pada tabung tertutup dengan sedikit udara. Selain menghasilkan arang (bioarang), proses karbonisasi akan membentuk uap air, methanol, asam asetat, dan senyawa hidrokarbon. Bioarang hasil karbonisasi tersebut masih menyimpan energi untuk pembakaran (Dwiyati & Kholil, 2014).

Produk briket yang baik harus memenuhi persyaratan baik subjektif maupun terukur. Unsur-unsur subjektif tersebut antara lain permukaan halus dan tidak meninggalkan bekas hitam, mudah dinyalakan, tidak menghasilkan banyak asap, emisi hasil pembakarannya tidak mengandung racun, kedap air serta tidak berjamur bila disimpan (Rifdah & Tahdid, 2013). Sementara itu, secara kualitatif briket eceng gondok harus memenuhi syarat mutu yang pada SNI nomor 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu.

Tabel 2.1 Syarat Mutu Briket Arang Kayu

Syarat mutu	Satuan	Nilai
Kadar air[1]	%	Maksimal 8
Bagian yang hilang pada pemanasan 950^{o}C[1]	%	Maksimal 15
Kadar abu[1]	%	Maksimal 8
Nilai kalori[1]	kal/g	Minimal 5000
Karbon terikat[2]	%	Minimal 77

Sumber : [1]SNI 01-5235-2000, [2]Iskandar et al., 2019.

2.2 Biomassa Eceng Gondok sebagai Briket

Eceng gondok atau dalam nama ilmiah bernama *Eichornia crassipes* tergolong dalam taksonomi berikut, divisi Spermatophyta, subdivisi Angiospermae, kelas Monocotyledonae, bangsa Bromeliales, suku Potedericeae, genus Eichornia, spesies *Eichornia crassipes Solms*. (Kurniati & Suprihatin, 2009). Tumbuhan eceng gondok memiliki ciri fisiologi antara lain ketinggiannya mencapai 1,5 meter, dan diameter antara 0,9 meter sampai 1,9 meter. Ciri

fisiologi lainnya yaitu daun tunggal berbentuk oval dengan pangkal tangkai daun yang besar. Rifdah & Tahdid (2013) menjelaskan kandungan kimia pada eceng gondok sebagaimana tersaji dalam tabel 2.2 dan 2.3 berikut.

Tabel 2.2 Kandungan kimia eceng gondok

Senyawa Kimia	Persentase (%)
Air	95,85
Abu	0,44
Serat kasar	2,09
Karbohidrat	0,17
Lemak	0,35
Protein	0,16
Fosfor sebagai P_2O_5	0,52
Kalium sebagai K_2O	0,42
Klorida	0,26
Alkanoid	2,22

Sumber : Rifdah & Tahdid, 2013.

Adapula senyawa kimia pada eceng gondok kering sebagai berikut :

Tabel 2.3 Kandungan kimia eceng gondok kering

Senyawa Kimia	Persentase (%)
Selulosa	59,14
Pentosa	15,61
Lignin	7,69
Silika	5,56
Abu	12

Sumber : Rifdah & Tahdid, 2013.

Senyawa-senyawa organik pada eceng gondok merupakan sumber kalori pada pembakaran briket (Rifdah & Tahdid, 2013). Selulosa pada eceng gondok memiliki persentase mencapai 59%. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Hendra (2011) menunjukkan briket eceng gondok memiliki kualitas yang baik, kadar air 8,81%, kadar volatil 14,61%, kadar abu 35,27%, kadar karbon terikat 41,21%, dan nilai kalori 3207,9

kalori/gram. Berdasarkan penjelasan tersebut di atas, eceng gondok memiliki potensi yang baik untuk diolah menjadi bahan baku briket.

2.3 Plastik Polietilen Densitas Tinggi (HDPE) sebagai Campuran Briket

Plastik berasal dari bahan turunan yaitu polimer, sementara polimer tersusun atas banyak pengulangan molekul sederhana yang disebut monomer. Unsur kimia utama penyusun plastik adalah karbon dan hidrogen, salah satu bahan baku untuk membuat plastik adalah nafta yang merupakan bahan hasil penyulingan minyak bumi (Surono, 2013). Menurut Rifdah & Tahdid (2013), unsur-unsur penyusun plastik adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Unsur penyusun plastik

Unsur Kimia	Persentase (%)
Karbon	37
Hidrogen	55
Oksigen	4
Nitrogen	1,5
Klor	1,3
Fluor	1,2

Sumber : Rifdah & Tahdid, 2013.

Plastik HDPE murni memiliki sifat transparan, dan kaku, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap zat kimia. Pada bidang industri, plastik HDPE biasa digunakan sebagai kemasan cairan pemutih dan deterjen, maupun jenis makanan yang memiliki waktu penyimpanan pendek seperti susu. Plastik HDPE dapat didaur ulang menjadi barang-barang seperti shampo, ember, hingga pipa (Putra & Yuriandala, 2010). Sementara itu, Fu et al. (2021) menjelaskan, plastik HDPE memiliki stabilitas kimia dan kekuatan mekanis yang tinggi, serta merupakan hasil kopolimerisasi dari etilen. Dibandingkan dengan material tradisional, HDPE memiliki keunggulan seperti harganya yang lebih murah, densitas lebih rendah, modulus tarik lebih rendah, lebih ringan, biokompatibilitas lebih baik, dan mudah dibuat. Arrakhiz et al. (2012) menerangkan, plastik HDPE memiliki densitas sekitar 0,959 g/cm^3 dan akan meleleh pada suhu sekitar 180-220 °C.

Plastik HDPE tergolong ke dalam jenis plastik Polietilen (PE) yang memiliki nilai kalori tinggi sehingga sangat potensial sebagai bahan campuran briket (Dwiyati & Kholil, 2014). Penambahan plastik HDPE pada campuran merupakan upaya untuk meningkatkan nilai kalori briket agar memenuhi standar yang ditetapkan (Ruslinda et al., 2017).

2.4 Pirolisis

Pirolisis dapat didefinisikan sebagai proses konversi biomassa yang menerapkan prinsip termokimia dan dilakukan pada kondisi sedikit atau tanpa oksigen, di dalamnya terjadi destruksi bahan organik pada biomassa menjadi struktur kimia yang lebih sederhana (Putra et al., 2013). Pirolisis dibagi menjadi tiga macam berdasarkan suhu, waktu prosesnya, dan zat yang dihasilkan. Ketiga jenis tersebut dijelaskan pada tabel berikut :

Tabel 2.5 Jenis-Jenis Pirolisis

Jenis pirolisis	**Suhu**	**Laju transfer panas**	***Vapour residence time***	**Persentase zat hasil**
Fast pyrolysis	± 500 ^{o}C	Cepat	Pendek (< 2 detik)	75% cairan (25% air), 12% arang, dan 13% gas
Medium pyrolysis	< 500 ^{o}C	Sedang	Sedang (± 2 detik)	50% cairan (50% air), 25% arang, dan 25% gas
Slow pyrolysis	50-100 ^{o}C	Lambat	Panjang (>2 detik)	30% cairan (70% air), 35% arang, dan 35% gas

Sumber : Putra et al., 2013.

Sementara itu, Ristianingsih et al.. (2015) menjelaskan produk umum pirolisis dapat berupa *polymatic hydrocarbon*, tar, gas (hidrogen, karbon dioksida, uap air, dan metana), dan arang. Gas atau uap hasil proses pirolisis dapat berupa *biofuel* atau *biooil* apabila gas dikondensasi melalui suhu ruangan.

Rifdah & Tahdid (2013) menjelaskan, suhu karbonisasi yang umum digunakan adalah pada rentang 500-800°C. Karim et al. (2015) menggunakan suhu 400°C untuk mengarangkan biomassa eceng gondok selama 1 jam dalam penelitiannya. Sementara itu, Adhani et al. (2019) menerangkan bahwa suhu yang tepat untuk karbonisasi eceng gondok adalah 400°C dengan waktu pengarangan 1 jam. Yanti & Pauzan (2019) menjelaskan karbonisasi eceng gondok yang tepat adalah saat terdapat penurunan kadar abu, yaitu pada suhu 250°C dan pemanasan dilakukan selama 1 jam.

Pirolisis untuk plastik HDPE telah diteliti oleh Fanani et al. (2021), variasi suhu yang digunakan adalah 500, 550, 600, dan 650°C, dan menghasilkan suhu optimum untuk pirolisis adalah 500°C karena menghasilkan *yield* tertinggi. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Brizantha et al. (2015) menunjukkan, dari variasi suhu pirolisis 150, 200, 250, 300, dan 350°C, suhu 350°C dengan waktu pemanasan 80 menit adalah suhu terbaik karena menghasilkan *yield* terbanyak. Penelitian lain yang dilakukan oleh Pratiwi & Dahani (2015) menunjukkan, suhu yang dapat digunakan untuk pirolisis plastik HDPE adalah rentang 400-600°C.

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Briket

2.5.1 Bahan Perekat

Bahan perekat briket yang menghasilkan banyak asap ketika dibakar antara lain tar, *pitch*, *clay*, dan molases. Namun, jenis perekat tersebut memiliki kalori dan zat volatil

yang tinggi. Ada pula perekat yang sedikit menghasilkan asap ketika dibakar seperti pati, dekstrin, dan tepung beras. Jenis-jenis perekat tersebut memiliki ketahanan yang baik dengan rendah kalori. Bahan perekat yang baik harus memiliki tinggi gaya kohesi, mudah terbakar, tidak berasap, jumlanya melimpah, tidak berbau, harganya murah, serta tidak beracun (Karim et al., 2015). Perekat untuk briket dapat berasal dari bahan organik maupun bahan anorganik. Perekat anorganik memiliki ketahanan yang baik, namun terdapat tambahan zat abu yang menyebabkan sulit terbakar, perekat anorganik yang dapat digunakan antara lain natrium silikat, semen, dan lempung. Sedangkan perekat organik memiliki zat abu yang rendah, tapioka, tar, aspal, dan amilum adalah contoh perekat organik (Rifdah & Tahdid, 2013).

Salah satu jenis perekat untuk zat tambahan briket adalah lem kayu. Lem kayu dapat ditambahkan untuk meningkatkan nilai kalori briket. Beberapa karakteristik dari lem kayu yaitu kandungan air yang rendah, menghasilkan asap saat dibakar, serta tersusun dari komponen resin dan komponen *hardener* (katalis). Salah satu kelemahan dari lem kayu jika digunakan sebagai bahan perekat adalah adanya zat *Epichlorohydrin* dan *Bisphenol-A* yang akan menghasilkan zat volatil saat bereaksi dengan gas karbon monoksida, hal tersebut dikarenakan *Epichlorohydrin* dan *Bisphenol-A* merupakan senyawa organik bergugus hidroksil (-OH) (Yanti & Pauzan, 2019).

Karim et al. (2015) dalam penelitiannya menjelaskan, penggunaan lem kayu sebagai perekat briket akan menghasilkan briket dengan porositas rendah, sehingga membutuhkan energi tinggi untuk menguapkan air di dalamnya. Namun perekat lem kayu menghasilkan abu yang lebih rendah jika dibandingkan dengan perekat tepung tapioka. Begitu pula pada kalori, briket dengan lem kayu memiliki kalori lebih tinggi daripada briket dengan tapioka.

2.5.2 Teknik Pencetakan

Proses pencetakan briket terdiri dari pengempaan bioarang yang telah dihaluskan dengan tekanan tertentu. Pencetakan dengan cara mengempa dilakukan untuk menyatukan gaya tarik molekul briket sehingga menyatu dengan kuat (Rifdah & Tahdid, 2013). Tekanan 150 kg/cm² digunakan untuk mengempa briket selama 10 menit (Utomo & Primastuti, 2013). Sedangkan, Trisa et al. (2019) menyatakan bahwa variasi tekanan pencetakan briket pada 150 kg/cm² menghasilkan densitas paling baik di antara variasi 75 kg/cm², 100 kg/cm², 125 kg/cm², dan 150 kg/cm².

Hendra (2011) dalam penelitiannya menjelaskan, keteguhan briket juga dipengaruhi oleh perekat, semakin tinggi perekat yang ditambahkan maka keteguhan briket akan semakin tinggi. Jenis bahan baku juga dapat mempengaruhi keteguhan briket. Jenis bahan baku merujuk pada ukuran partikel, dimana ukuran partikel yang seragam dari jenis bahan tertentu akan memudahkan partikel saling berikatan satu sama lain dan meningkatkan nilai keteguhan briket. Di sisi lain, tekanan kempa berpengaruh pada proses ikatan partikel dan pengisian pori-pori briket, semakin kecil ukuran partikel, maka partikel pengisi pori-pori akan meningkat dan meningkatkan keteguhan briket. Yanti &

Pauzan (2019) menggunakan ayakan 20 mesh untuk menyeragamkan partikel bioarang. Sedangkan penelitian Karim et al. (2015) menggunakan ayakan dengan ketelitian 35 mesh.

2.6 Interaksi Antar Bahan

Interaksi antara plastik HDPE terhadap briket eceng gondok menghasilkan berbagai hipotesis. Menurut Dwiyati & Kholil (2014), semakin banyak persentase plastik HDPE pada campuran briket maka akan meningkatkan nilai kalori pembakaran. Nilai kalori paling tinggi disbanding dengan variasi yang lain yaitu sebesar 7818 kkal/kg pada campuran 80% plastik HDPE dan 20% eceng gondok. Selain itu, semakin tinggi kadar plastik HDPE pada campuran akan menghasilkan briket dengan kadar abu yang semakin rendah, persentase 80% HDPE dengan 20% eceng gondok menghasilkan kadar abu 4,6%, terendah dari variasi lainnya. Tingginya kadar abu akan menurunkan kualitas briket karena abu tidak menyimpan energi. Penelitian Yanti & Pauzan (2019) menjelaskan tentang interaksi briket dengan lem kayu, penambahan lem kayu akan menghasilkan briket dengan kadar air rendah, sehingga mengurangi pembakaran tidak sempurna.

Ikatan antara briket dengan plastik HDPE terjadi saat proses pencampuran dan pengempaan. Dimana arang eceng gondok dan tar plastik akan terikat dengan lem kayu karena perekat memiliki gaya kohesi. Sementara pada proses pencetakan, briket akan dikempa dengan tekanan tertentu hingga membentuk arang yang kompak (Karim et al., 2015).

2.7 Karakteristik Briket

Pengujian karakteristik briket dilakukan terhadap beberapa parameter yaitu kadar air, kadar zat volatil, kadar abu, nilai kalori, kadar karbon terikat, dan laju pembakaran. Pengujian terhadap parameter kadar air, kadar zat volatil, kadar abu, nilai kalori, dan kadar karbon terikat mengacu pada *American Society Testing and Material* (*ASTM International*). Namun, SNI 01-5235-2000 tentang Briket Arang Kayu tetap digunakan sebagai standar kualitas. Acuan ASTM dipilih berdasarkan cakupan yang lebih luas (internasional).

Tabel 2.6 Syarat Mutu Briket Arang Kayu

Syarat mutu	Satuan	Nilai
Kadar air[1]	%	Maksimal 8
Bagian yang hilang pada pemanasan 950^{o}C[1]	%	Maksimal 15
Kadar abu[1]	%	Maksimal 8
Nilai kalori[1]	kal/g	Minimal 5000
Kadar karbon terikat[2]	%	Minimal 77

Sumber : [1]SNI 01-5235-2000, [2]Iskandar et al., 2019.

2.7.1 Kadar Air

Terdapat dua jenis kadar air, *free moisture* atau air bebas adalah kandungan air yang terikat secara mekanis di permukaan briket dan dapat diuapkan. Kedua adalah *inherent moisture*, yaitu kadar air yang terikat secara fisik di dalam struktur pori-pori briket (Faizal et al., 2015).

2.7.2 Kadar Volatil

Bagian yang hilang pada pemanasan 950 ^{o}C atau kadar volatil merupakan zat organik maupun non organik yang akan menguap apabila dipanaskan pada suhu 950 ^{o}C dalam kondisi anaerobik. Apabila kadar zat volatil pada briket mencapai 40%, maka asap yang dihasilkan akan pekat, sementara asap tipis akan dihasilkan pada briket dengan zat volatil 15-25% (Faizal et al., 2015). Macam-macam gas yang tergolong zat volatil yang mudah terbakar antara lain gas hidrogen, monoksida, dan metana (Novalinda, 2016).

2.7.3 Kadar Abu

Kadar abu briket merupakan zat sisa dari proses pembakaran sempurna, zat sisa dapat berupa mineral, pasir, maupun *clay* (Faizal et al., 2015).

2.7.4 Nilai Kalori

Nilai kalori merupakan jumlah panas yang dihasilkan per 1 gram bahan bakar untuk menaikkan suhu 1 ^{o}C pada 1 gram air dalam satuan kalori (Faizal et al., 2015). Persentase *net calorific value* ada briket berkisar antara 93-97% dan dipengaruhi oleh *inherent moisture* (Novalinda, 2016).

2.7.5 Laju Pembakaran

Uji laju pembakaran briket menurut Almu et al. (2014) dilakukan untuk mengetahui lama nyala api ketika briket dibakar, serta mengamati perubahan massa briket saat proses pembakaran.

2.7.6 Kadar Karbon Terikat

Banyaknya unsur karbon yang terikat di dalam briket disebut kadar karbon terikat. Nilai karbon terikat mempengaruhi jumlah zat yang menguap dan suhu proses karbonisasi. Selain itu, karbon terikat memiliki keterkaitan dengan kadar zat yang menguap, dimana semakin tinggi kadar karbon terikat maka semakin rendah kadar zat menguap yang terkandung (Ristianingsih et al., 2015).

2.8 Penelitian Terdahulu

Uraian beberapa penelitian terdahulu mengenai eceng gondok dan sampah plastik HDPE sebagai bahan baku briket dijelaskan pada tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu

Nomor	Nama peneliti	Judul karya ilmiah	Hasil penelitian
1	Karim et al., 2015	Biobriket Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Bahan Bakar Energi Terbarukan	Penelitian dilatarbelakangi oleh semakin menipisnya cadangan energi fosil disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan sektor industri. Penelitian dilakukan untuk mengamati kemungkinan dan potensi eceng gondok untuk diolah menjadi briket. Digunakan jenis perekat tepung tapioka dan lem kayu dengan variasi persentase 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%. Kualitas briket yang diuji adalah kadar air *evaluated*, nilai kalori, dan kadar abu. Pada analisis kadar air, semakin tinggi persentase perekat baik tepung tapioka maupun lem kayu pada campuran, maka semakin tinggi kadar air pada briket. Hal serupa juga terjadi pada analisis kadar abu, dimana kadar abu akan semakin tinggi jika persentase perekat yang ditambahkan tinggi. Pada analisis nilai kalori, persentase perekat yang ditambahkan akan meningkatkan nilai kalori briket, namun mencapai titik tertinggi pada persentase perekat lem kayu 8% dan perekat tepung tapioka 10%. Perekat lem kayu memiliki nilai kalori yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan perekat tepung tapioka, namun kadar air dan kadar abu yang dimiliki lebih rendah.
2	Naryono et al., 2017	Pembuatan Briket Campuran Sampah Organik Sisa Makanan dan Sampah Plastik Sebagai Binder untuk Bahan Bakar padat	Penelitian dilatarbelakangi oleh semakin meningkatnya produksi sampah kota (*Municipal Solid Waste*). Kota Malang memproduksi sampah hingga 600 ton setiap hari dengan komposisi sampah organik mencapai 70%. Sampah kota dapat didegradasi dengan metode termal, selain menggunakan waktu yang singkat juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh rasio campuran sampah organik sisa makanan untuk mensimulasikan sampah kota dan sampah plastik terhadap karakteristik briket. Proses pembuatan briket menggunakan alat ekstruder yang berfungsi mencampur sampah makanan dan sampah plastik serta dimodifikasi dengan kompor pemanas untuk melelehkan sampah plastik agar menjadi perekat briket. Produk briket berukuran 10-15 mm bersifat getas, tidak diuji kuat tekan dan hanya diuji kadar air (ASTM D-3173-03) dan nilai kalori (ASTM D-240). Kadar air sebelum pencampuran sebesar 9,35% sementara setelah pencampuran 8%, kadar air tidak banyak berubah karena air yang terkandung berada pada pori-pori yang bersifat sulit menguap. Jenis dan persentasi sampah plastik yang ditambahkan berpengaruh pada kadar air briket, jenis plastik sebagai

Nomor	Nama peneliti	Judul karya ilmiah	Hasil penelitian
			campuran adalah PET, PP, dan LDPE. Pada analisis kadar air, dengan persentase sampah plastik yang sama, briket dengan campuran LDPE memiliki kadar air paling rendah, hal ini disesbabkan oleh titik leleh LDPE yang tinggi sehingga membutuhkan suhu lebih tinggi yang berdampak pada meningkatnya penguapan air. Kadar air tertinggi yaitu pada campuran plastik PET 25% (9%) dan kadar air terendah yaitu campuran plastik LDPE 125% (6,2%). Sementara pada analisis nilai kalori, semakin tinggi persentase plastik pada campuran maka semakin tinggi nilai kalori briket. Urutan jenis plastik yang memiliki nilai kalori tertinggi adalah LDPE, PP, dan PET. Nilai kalori tertinggi yaitu pada campuran plastik LDPE 125% (8900 kal/g) dan nilai kalori terendah pada campuran plastik PET 25% (3200 kal/g).
3	Rifdah dan Tahdid, 2013	Pengaruh Persentase Plastik/Bioarang Eceng Gondok dan Jumlah Perekat Kanji Terhadap Nilai Kalor Briket Bioplastik	Penelitian ini memiliki latar belakang masalah sampah plastik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme pengurai, sehingga berakibat pada permasalahan lingkungan. Sementara itu, cadangan energi fosil semakin berkurang sedangkan kebutuhan semakin meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan industri. Namun, peluang energi alternatif sangat besar salah satunya dari biomassa atau limbah organik yang dapat diolah menjadi briket. Pengaruh penambahan plastik dan perekat kanji terhadap kualitas briket akan dianalisis. Nilai kalori paling tinggi sebesar 7551,4 kal/g pada persentase plastik 32% dan perekat 15%, sementara nilai kalori optimal sebesar 7024,56 kal/g dengan 46,5% plastik dan 24% perekat kanji. Penambahan plastik berpengaruh pada peningkatan nilai kalori briket, penambahan plastik 8-32% menunjukkan tren peningkatan kalori briket. Namun, persentase optimal pada persentase 24% karena di atas persentase tersebut, briket akan bersifat getas. Kenaikan kalor disebabkan oleh unsur hidrogen yang terikat pada unsur karbon pada senyawa hidrokarbon dimana hidrogen memiliki nilai kalori tinggi saat dibakar. Sementara itu, briket mudah getas jika persentase plastik tinggi karena sifat plastik yaitu polar, sedangkan sifat perekat sebaliknya yaitu nonpolar sehingga sulit berikatan. Di sisi lain, persentase perekat tidak banyak mempengaruhi kenaikan nilai kalori, persentase optimum untuk perekat adalah 20%.
4	Dwiyati & Kholil, 2014.	Pembuatan Briket Hasil Pemanfaatan Eceng Gondok	Latar belakang penelitian ini adalah semakin banyaknya kebutuhan bahan bakar minyak, namun persediannya makin terbatas dan harganya makin mahal. Salah satu sumber energi alternatif

Nomor	Nama peneliti	Judul karya ilmiah	Hasil penelitian
		dan Sampah Plastik HDPE Sebagai Energi Alternatif	permasalahan tersebut adalah briket yang memiliki keunggulan mudah dalam pembuatannya. Briket yang diteliti adalah campuran eceng gondok dengan plastik HDPE yang memiliki kalori tinggi. Pengujian kualitas briket terdiri dari uji air total, kadar air lembab, kadar abu, dan nilai kalori. Pencetak briket berupa alat kempa sekaligus pencetak, karbonisasi eceng gondok menggunakan kiln kabronisasi dengan proses pemanasan sedikit oksigen. Pengarangan plastik HDPE menggunakan drum *stainless steel* dengan proses pembakaran sedikit oksigen supaya mereduksi bahan berbahaya dari plastik. Pada analisis kadar air total, persentase 20% eceng gondok dan 80% HDPE memiliki kadar air total terendah (3,9%) dan persentase 20% HDPE dan 80% eceng gondok memiliki kadar air total tertinggi (6,1%), semakin tinggi kadar plastik HDPE pada campuran maka makin rendah kadar air total briket, kenaikan 20% HDPE mampu menurunkan 0,2-1,6% kadar air total. Pada analisis kadar air lembab, persentase 20% eceng gondok dan 80% HDPE memiliki kadar air lembab terendah (3,9%) dan persentase 20% HDPE dan 80% eceng gondok memiliki kadar air lembab tertinggi (6,0%), semakin tinggi kadar HDPE pada campuran maka makin rendah kadar air lembab pada briket. Pada analisis kadar abu, persentase 20% eceng gondok dan 80% HDPE memiliki kadar abu terendah (4,6%) dan persentase 20% HDPE dan 80% eceng gondok memiliki kadar abu tertinggi (20,9%), semakin tinggi penambahan kadar plastik HDPE maka semakin rendah kadar abu briket. Sementara pada analisis nilai kalori, persentase 20% eceng gondok dan 80% HDPE memiliki nilai kalori tertinggi (7818 kkal/kg) dan persentase 20% HDPE dan 80% eceng gondok memiliki nilai kalori terendah (4693 kkal/kg), data pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase plastik HDPE pada campuran maka nilai kalori makin meningkat.
5	Faizal et al., 2015	Pembuatan Briket Bioarang Dari Campuran Batubara Dan Biomassa Sekam Padi Dan Eceng Gondok	Penelitian dilatarbelakangi oleh tingkat kebutuhan energi yang tinggi namun tak sebanding dengan suplai yang ada, disebabkan oleh pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, penggunaan energi tidak efisien, serta pemanfaatan sumber energi tidak maksimal. Salah satu solusi adalah penggunaan energi alternatif yang tentunya harus memenuhi kriteria supaya dapat bersaing dengan energi konvensional. Salah satu sumbernya adalah biomassa yang dapat diolah menjadi briket.

Nomor	Nama peneliti	Judul karya ilmiah	Hasil penelitian
			Biomassa yang digunakan adalah sekam padi, eceng gondok, dan batu bara BA 59. Pada analisis kalori, bertambahnya jumlah eceng gondok pada campuran menunjukkan peningkatan nilai kalori, serta persentase paling optimal yaitu pada persentase 10% sekam padi, 50% eceng gondok dan 40% batubara. Pada analisis kadar air lembab, kenaikan suhu pada proses karbonisasi menghasilkan kadar air lembab yang makin rendah, sementara hubungan komposisi campuran pada kadar air lembab menunjukkan penambahan eceng gondok akan meningkatkan kadar air lembab briket. Pada analisis kadar abu, semakin tinggi suhu pada proses karbonisasi maka semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan, namun akan mencapai titik maksimal pada suhu 500^{o}C, biomassa yang telah menjadi arang namun tetap dipanaskan akan menjadi abu pada waktu tertentu, namun semakin tinggi kadar abu maka semakin rendah nilai kalori briket, sebaliknya semakin tinggi limbah yang dihasilkan. Kadar abu eceng gondok lebih rendah daripada sekam padi sehingga penambahan eceng gondok dapat menekan kadar abu briket. Pada analisis kadat zat terbang, semakin tinggi suhu pada proses karbonisasi menyebabkan penurunan kadar zat terbang hingga mencapai titik tertinggi pada suhu 500^{o}C, kadar zat terbang berpengaruh pada kemampuan briket untuk terbakar, briket akan semakin mudah terbakar jika kadar zat terbang semakin tinggi. Kadar zat terbang akan semakin menurun seiring meningkatnya suhu karbonisasi, namun hal tersebut dipengaruhi oleh kerapatan bahan baku dimana biomassa yang memiliki kerapatan tinggi akan sulit menguapkan zat terbang di dalamnya. Pada analisis kadar karbon terkandung, seiring peningkatan suhu karbonisasi maka kadar karbon terkandung akan makin meningkat, hal ini dikarenakan peningkatan suhu akan menguapkan zat terbang dan kadar air lembab serta meninggalkan arang karbon, campuran dengan persentase eceng gondok tinggi akan meningkatkan kadar karbon terkandung. Pada analisis uji nyala, briket dengan 50% eceng gondok, 10% sekam padi, dan 40% batubara memiliki waktu nyala paling cepat karena tingginya kandungan zat terbang, namun hal tersebut berdampak pada abu yang akan mudah terbentuk bila waktu nyala singkat.

2.9 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini akan menguji karakteristik fisik dan kimia dari briket eceng gondok dengan tambahan tar HDPE serta perekat lem kayu. Dimana bioarang didapatkan dari pirolisis selama 4 jam pada suhu 450°C dan tar HDPE pada suhu 500°C. Sementara itu, variasi campuran briket yang akan digunakan antara lain 100 EG:25 HDPE, 100 EG:50 HDPE, dan 100 EG:75 HDPE. Briket akan diuji terhadap kadar air, abu, volatil, dan karbon terikat, nilai kalori dan laju pembakaran. Penelitian yang dilakukan berbeda dari riset yang telah ada, karena riset mengenai briket eceng gondok dan HDPE dengan variasi dan detail tersebut di atas belum banyak dilakukan.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif, yaitu dengan mengumpulkan data baik data primer maupun data sekunder. Data-data primer penelitian terdiri dari data yang langsung diambil oleh peneliti seperti pembuatan briket dan pengujian laju pembakaran briket. Sedangkan data sekunder dihimpun dari publikasi ilmiah dan penelitian terdahulu yang relevan sebagai penyokong.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian untuk proses pembuatan dan pengujian karakteristik briket dilakukan di laboratorium Yandi Teknik Dusun Beran, Jetis, Bantul, DIY. Penelitian dimulai pada bulan Agustus 2021 hingga bulan Oktober 2021.

Lokasi pengambilan sampel eceng gondok dipilih berdasarkan potensi jumlah eceng gondok dan kemudahan dalam pengambilan. Sampel eceng gondok diambil di Bendungan Ngancar, Dhuwet, Wukirsari, Kecamatan Cangkringan, Sleman, DIY. Sampel limbah plastik HDPE diambil dari timbulan sampah salah satu pengepul sampah di TPA Piyungan, Bantul, DIY.

3.3 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada saat pengujian karakteristik briket didasarkan pada ASTM. Acuan-acuan tersebut antara lain ASTM D3173-11 kadar air, ASTM D3173 kadar volatil, ASTM D3174-11 kadar abu, ASTM D5865-11a nilai kalori, dan ASTM D3172-02(11) kadar karbon terikat. Sedangkan bahan-bahan pada proses pembuatan briket sebagai berikut:

- Eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Memiliki batang dan daun yang utuh, berukuran panjang 50-80 cm, berwarna hijau segar. Spesifikasi taksonomi yaitu kingdom Plantae, divisi Spermatophyta, subdivisi Angiospermae, kelas Monocotyledonae, bangsa Bromeliales, suku Potedericeae, genus Eichornia, spesies *Eichornia crassipes Solms*.
- Limbah plastik *High Density Polyethylene* (HDPE). Pada penelitian ini menggunakan limbah HDPE spesifik berbentuk botol kemasan yang utuh (botol sampo, karbol, *body lotion*, dan sabun cair) dan memiliki tanda angka 2 (HDPE).
- Lem kayu

Selain itu, peralatan yang digunakan antara lain :

- Mesin pirolisis
- Neraca analitik

- *Stopwatch*
- Ayakan 20 mesh
- Gunting
- Cetakan briket diameter 5 cm tinggi 11 cm
- Alat kempa manual
- Gelas ukur 100 ml
- Kompor listrik
- Panci
- Oven
- Timbangan 50 kg
- Botol kaca 500 ml

3.4 Variabel Penelitian

a. Variabel bebas

Bahan campuran briket yang terdiri dari eceng gondok dan limbah HDPE dengan perekat lem kayu.

b. Variabel terikat

Variasi persentase bahan campuran briket :

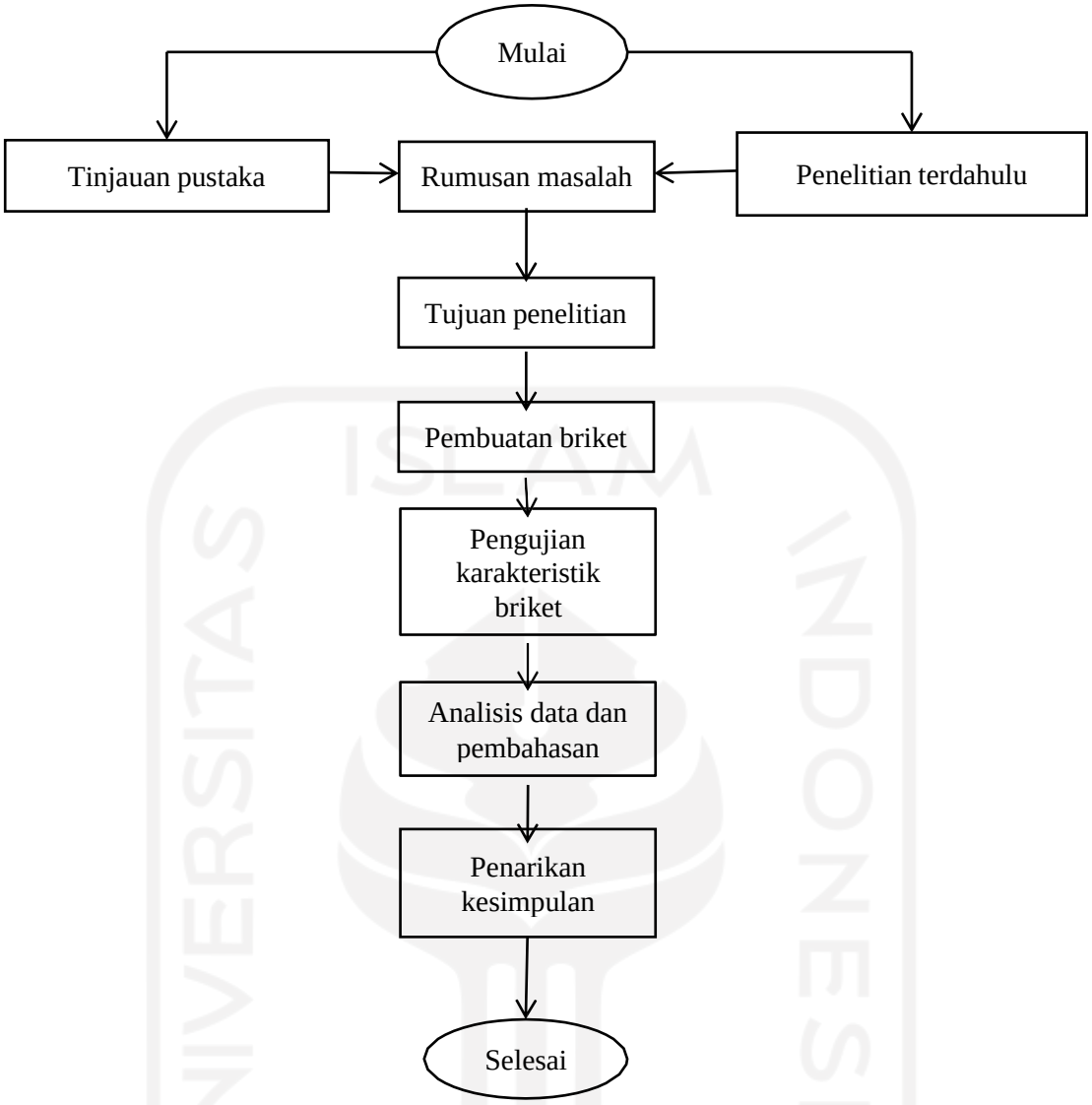
1. Satu bagian bioarang eceng gondok banding 0,25 bagian limbah HDPE. Variasi ini mengandung maksud, setiap 100 gram bioarang eceng gondok dicampur dengan 25 ml tar plastik HDPE, selanjutnya digunakan singkatan 100 EG:25 HDPE untuk variasi ini.
2. Satu bagian bioarang eceng gondok banding 0,5 bagian limbah HDPE. Variasi ini mengandung maksud, setiap 100 gram bioarang eceng gondok dicampur dengan 50 ml tar plastik HDPE, selanjutnya digunakan singkatan 100 EG:50 HDPE untuk variasi ini.
3. Satu bagian bioarang eceng gondok banding 0,75 bagian limbah HDPE. Variasi ini mengandung maksud, setiap 100 gram bioarang eceng gondok dicampur dengan 75 ml tar plastik HDPE, selanjutnya digunakan singkatan 100 EG:75 HDPE untuk variasi ini.

c. Variabel kontrol

Pengujian parameter-parameter yang telah ditetapkan SNI 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu yaitu pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, nilai kalori, dan uji laju pembakaran briket.

3.5 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan oleh peneliti dari awal hingga akhir akan dijelaskan dalam bagan alir 3.1 berikut:

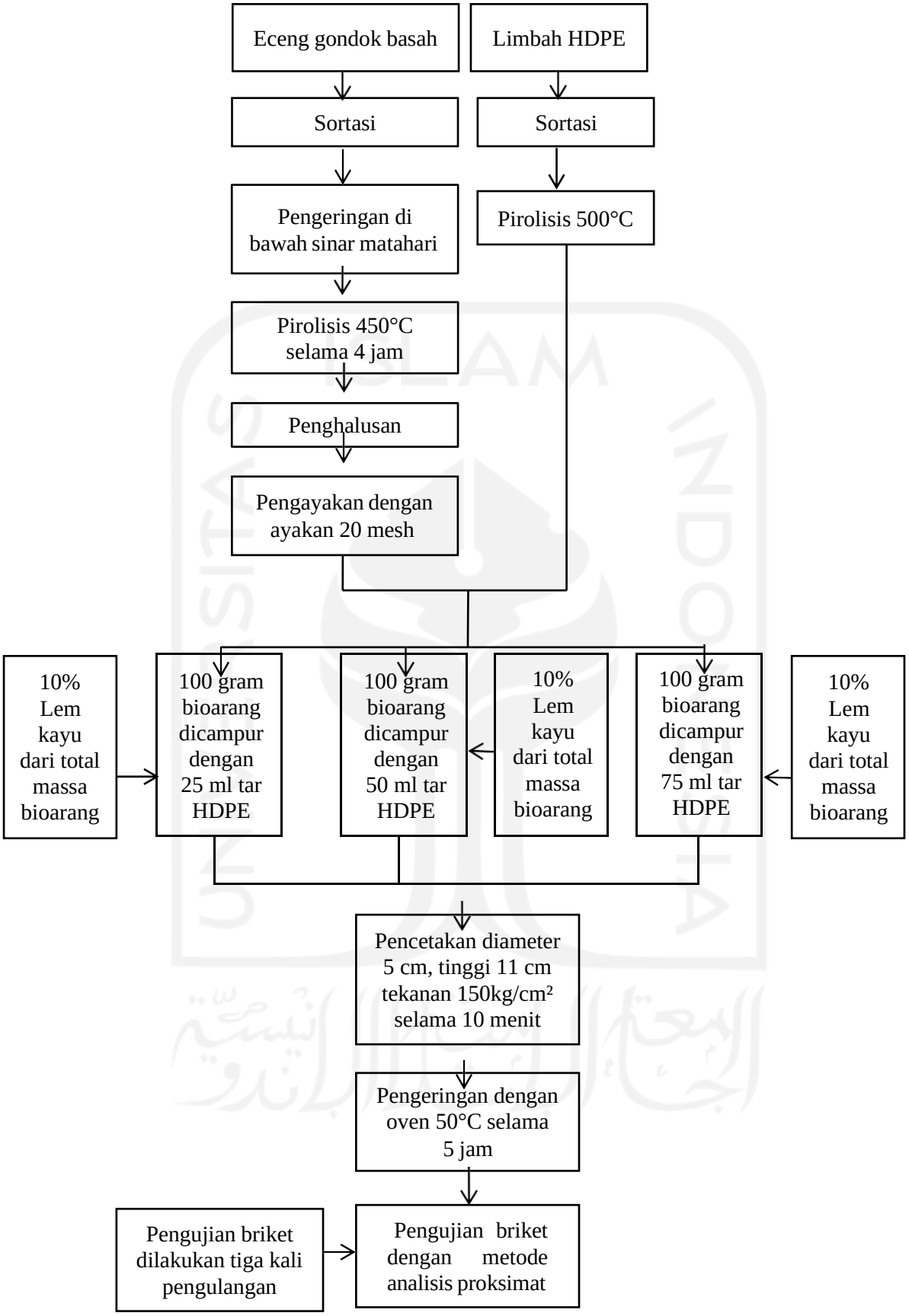


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan diagram alir di atas akan disajikan pada sub bab 3.5.1 sampai 3.5.3 sebagai berikut:

3.5.1 Proses pembuatan briket

Setelah dirumuskan tujuan penelitian, maka penelitian dapat dilakukan. Namun untuk menguji karakteristik briket, terlebih dahulu perlu dilakukan persiapan alat dan bahan untuk membuat briket. Lebih spesifik, proses pembuatan briket dijelaskan pada diagram alir 3.2 dan subab 3.5.1.1 sampai 3.5.1.8 di bawah.



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Briket

3.5.1.1 Proses persiapan eceng gondok

Eceng gondok dipilih berwarna hijau segar dan berukuran 50-80 cm, dibersihkan dan dipotong-potong hingga berukuran 3 sampai 4 cm kemudian dijemur selama 3 hari di bawah sinar matahari. Proses persiapan biomassa tersebut dijelaskan dengan gambar yang disajikan pada naskah lampiran 5 tentang dokumentasi proses pembuatan briket pada gambar 1 dan gambar 2.

3.5.1.2 Pirolisis biomassa eceng gondok

Biomassa eceng gondok masuk ke proses pirolisis pada suhu 450°C selama 4 jam untuk dimanfaatkan arang (char). Untuk memperjelas proses pirolisis eceng gondok, ditambahkan pula foto pada bagian lampiran 5 gambar 3 tentang mesin pirolisis, gambar 4 tentang eceng gondok sebelum proses pirolisis, gambar 5 tentang bioarang setelah proses pirolisis, dan gambar 6 tentang tar eceng gondok.

3.5.1.3 Proses penghalusan dan pengayakan bioarang

Ayakan 20 mesh digunakan untuk menyaring partikel setelah bioarang eceng gondok dihaluskan. Pengayakan dilakukan hingga seluruh bioarang tersaring ayakan. Adapun foto proses penghalusan ditampilkan pada bagian lampiran 5 pada gambar 7 tentang penghalusan bioarang dan gambar 8 tentang pengayakan bioarang.

3.5.1.4 Proses persiapan limbah HDPE

Persiapan limbah plastik HDPE dilakukan dengan mencuci dan memotong hingga berukuran ±5 cm. Memotong limbah plastik menjadi berukuran lebih kecil akan meningkatkan daya tampung tabung pirolisis untuk satu kali operasi, sehingga akan lebih efisien. Proses pencucian dan pemotongan limbah HDPE hingga menjadi potongan yang lebih kecil ditampilkan pada gambar 9 yaitu proses persiapan limbah plastik dan gambar 10 yaitu potongan limbah plastik HDPE bagian lampiran 5.

3.5.1.5 Pirolisis limbah HDPE

Limbah HDPE sebagai campuran akan dimanfaatkan dalam bentuk tar dengan cara pirolisis pada suhu 500°C hingga seluruh limbah habis terproses. Proses pirolisis hingga seluruh limbah habis terproses memakan waktu ±3 jam. Deskripsi tar plastik HDPE dijelaskan dalam bagian lampiran 5 pada gambar 11.

3.5.1.6 Pencampuran bioarang, tar HDPE, dan perekat

Tar HDPE memiliki sifat yang mudah mengeras pada suhu ruangan, sehingga harus dicairkan dengan cara merendam di dalam air mendidih terlebih dahulu. Pada proses pencampuran, arang eceng gondok dicampur dengan tar plastik HDPE serta ditambahkan lem kayu sebanyak 10% dari total massa arang eceng gondok sebagai perekat, variasi campuran briket sebagai berikut:

b. Variasi 100 EG:25 HDPE, yaitu setiap 100 gram bioarang eceng gondok dicampur dengan 25 ml tar HDPE
c. Variasi 100 EG:50 HDPE, setiap 100 gram bioarang eceng gondok dicampur dengan 50 ml tar HDPE
d. Variasi 100 EG:75 HDPE, setiap 100 gram bioarang eceng gondok dicampur dengan 75 ml tar HDPE.

Adapun sebagai penjelas akan ditambahkan gambar 12 tentang proses pelelehan tar HDPE, dan gambar 13 tentang pencampuran briket. Gambar 12 dan gambar 13 tersebut disajikan pada bagian lampiran 5.

3.5.1.7 Pencetakan briket

Pencetakan dilakukan setelah proses pencampuran, dimana campuran dicetak dan ditekan dengan alat kempa manual bertekanan 150 kg/cm² selama 10 menit, briket yang telah dicetak berbentuk tabung dengan diameter 5 cm dan tinggi ±10 cm. Proses mencetak dan mengempa briket akan dijelaskan dengan gambar pada bagian lampiran 5. Gambar 14 tentang proses pencetakan briket dan gambar 15 tentang pengempaan briket.

3.5.1.8 Pengeringan briket

Sebelum diuji kualitas, briket dikeringkan di dalam oven 50°C selama 5 jam, pengujian analisis proksimat briket dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Sedangkan, hasil cetakan briket yang telah dikempa akan ditampilkan pada gambar 16 tentang hasil cetakan briket pada bagian lampiran 5.

3.5.2 Pengujian karakteristik briket

Setelah briket berhasil dibuat, maka dilakukan pengujian karakteristik briket yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, nilai kalori, dan laju nyala api. Pengujian-pengujian tersebut dilakukan di Yandi Teknik, Dusun Beran, Jetis, Bantul, DIY. Acuan pengujian karakteristik briket yaitu *American Society Testing and Material* (*ASTM*).

a. Pengujian kadar air

Kadar air briket dihitung mengacu pada rumus ASTM D3173-11 sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air} = \left(\frac{(m_2-m_3)}{(m_2-m_1)}\right) \times 100\ \% \quad \text{.....(3.1)}$$

keterangan :

m_1 : bobot cawan kosong (gram)

m_2 : bobot cawan dengan contoh awal (gram)

m_3 : bobot cawan dengan contoh setelah dikeringkan 102-105°C selama 2 jam (gram)

b. Analisis Kadar Volatil

Kadar zat volatil ditentukan dengan rumus berdasarkan ASTM D3173 berikut :

$$\text{Kadar zat volatil} = \left(\frac{m_2-m_3}{m_1}\right) \times 100\ \% \quad \text{.....(3.2)}$$

keterangan :

m_1 : bobot contoh awal (gram)

m_2 : bobot cawan dengan contoh awal (gram)

m_3 : bobot cawan dengan contoh setelah dipanaskan 920-950°C selama 15 menit (gram)

c. Analisis Kadar Abu

Rumus untuk menentukan kadar abu briket mengacu pada ASTM D3174-11 sebagai berikut :

$$\text{Kadar Abu} = \left(\frac{(m_3-m_1)}{m_2-m_1}\right) \times 100\ \% \text{.....(3.3)}$$

keterangan :

m_1 : bobot cawan kosong (gram)

m_2 : bobot cawan dengan contoh awal (gram)

m_3 : bobot cawan dengan abu (720-750°C selama 2,5 jam) (gram)

d. Analisis Nilai Kalori

Perhitungan nilai kalori bahan bakar mengikuti persamaan pada ASTM D5865-11a berikut :

$$\text{Gross Calorific Value (kal/g)} = \frac{((E \times t) - e)}{m} \quad \text{.....(3.4)}$$

keterangan :

m : berat contoh (gram)

t : kenaikan suhu

E : kapasitas kalori alat (kal/°C)

e : koreksi benang pembakar dan kawat nikelin

e. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat briket dihitung dengan mengikuti persamaan ASTM D 3172-02(11) di bawah ini :

$$FC = 100\%-(K_A+K_{Abu}+V_M) \quad (3.5)$$

Keterangan :

FC : kadar karbon terikat (%)

K_A : kadar air (%)

K_{abu} : kadar abu (%)

V_M : kadar volatil (%)

f. Uji Laju Pembakaran

Nilai laju pembakaran mengacu pada persamaan yang ditulis oleh Almu et al. (2014) :

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{\text{massa briket yang terbakar (gram)}}{\text{waktu pembakaran (menit)}} \quad (3.6)$$

3.5.3 Analisis data dan pembahasan

Pada tahap ini, data hasil pengujian karakteristik briket akan dianalisis dengan metode analisis proksimat yang berisi pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, dan nilai kalori. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui kualitas briket yang dibuat, dan menggunakan acuan SNI 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu. Analisis data dan pembahasan dilengkapi dengan penjelasan dan analisis dari masing-masing parameter, serta perbandingan dengan beberapa penelitian lain yang relevan sebagai pembanding hasil.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pirolisis Eceng Gondok

Karbonisasi merupakan proses yang diterapkan sebelum memanfaatkan bioarang eceng gondok. Proses karbonisasi tersebut menggunakan metode pirolisis, dimana biomassa dipanaskan pada suhu tertentu dan kondisi tanpa oksigen untuk memecah senyawa organik di dalamnya menjadi struktur yang lebih sederhana. Apabila mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Putra et al. (2013), jenis pirolisis yang digunakan adalah pirolisis menengah (*medium pyrolysis*) yang menghasilkan 50% cairan, 25% arang, dan 25% gas, karena menggunakan suhu 450 °C untuk mengarangkan biomassa.

Pirolisis biomassa selama 4 jam menghasilkan arang dan gas, serta cairan yang diperoleh dari hasil kondensasi uap pirolisis. Sebanyak 1,5 kg eceng gondok akan menyusut menjadi sekitar 400 gram arang, serta menghasilkan cairan yang terlihat seperti minyak berwarna kuning kecoklatan dengan volume ±400 ml, atau apabila dihitung volume aliran cairannya sebesar 0,03 ml/detik. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa proses pirolisis pada suhu sekitar 300 °C, produksi asap dan cairan sudah mulai terlihat. Cairan didapatkan dari uap pirolisis yang terkondensasi. Uap dapat terkondensasi karena dialirkan melalui pipa kondensor yang bersuhu lebih rendah (suhu ruangan), suhu ruangan untuk proses kondensasi dapat diatur dengan cara mengalirkan air pendingin. Sedangkan, volume aliran air pendingin yang digunakan sebesar 16,67 ml/detik.

Perbandingan antara hasil bioarang setelah proses pirolisis dengan biomassa sebelum pirolisis disebut rendemen. Perhitungan persentase rendemen dilakukan untuk mengetahui seberapa besar jumlah bioarang yang dihasilkan setelah proses pirolisis. Berikut ini perhitungan nilai rendemen arang eceng gondok.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{massa bioarang setelah pirolisis (gram)}}{\text{massa biomassa sebelum pirolisis (gram)}} \text{ x } 100\%$$

$$\text{Rendemen} = \frac{400 \text{ gram}}{1500 \text{ gram}} \text{ x } 100\%$$

$$\text{Rendemen} = 26{,}7\%$$

Tabel 4.1 menyajikan perbandingan persentase rendemen pada berbagai macam biomassa. Massa bioarang setelah proses pirolisis berbeda-beda setiap biomassa. Semakin besar angka persentase rendemen, menunjukkan bahwa biomassa tersebut cocok untuk digunakan sebagai briket karena menghasilkan bioarang yang lebih banyak.

Tabel 4.1 Perbandingan nilai rendemen

Nomor	Bahan Baku	Nilai Rendemen (%)
1	Eceng Gondok [1]	26,7
2	Tempurung Kelapa [2]	45
3	Eceng Gondok [3]	2
4	Serbuk Gergaji Kayu [4]	20-24

Sumber : [1]Hasil uji, [2]Muhammad (2016), [3]Dwiyati & Kholil (2014), [4]Dwiningsih (2006).

4.2. Pirolisis Limbah Plastik HDPE

Limbah plastik HDPE digunakan sebagai campuran atau bahan tambahan briket eceng gondok. Limbah HDPE dimanfaatkan melalui proses pirolisis. HDPE diproses dengan proses pirolisis pada suhu 500 °C, uap hasil pirolisis yang mengalir melalui pipa kondensor langsung ditampung dengan botol kaca. Cairan hasil pirolisis berwujud cair dan berwarna coklat kehitaman, namun mudah mengeras pada suhu ruangan serta berubah warna menjadi kuning kecoklatan. Karena sifatnya yang mudah mengeras, maka tidak diperlukan proses kondensasi pada pirolisis limbah HDPE. Sebanyak 1 kg limbah HDPE menghasilkan ±1000 ml cairan yang lebih lanjut disebut tar, jika dihitung volume alirannya maka didapatkan nilai 0,1 ml/detik. Hasil pengamatan menunjukkan, pirolisis HDPE mulai mengeluarkan asap pada suhu 400°C, serta mulai menghasilkan tetesan tar pada suhu awal 500 °C. Proses pirolisis terus dilakukan hingga produksi tar mulai berkurang dan dilanjutkan hingga ±3 jam.

4.3. Briket Eceng Gondok

Arang hasil karbonisasi eceng gondok diayak hingga lolos ayakan 20 mesh untuk menyamakan partikel arang supaya mudah dibentuk. Bioarang dicampur dengan tar HDPE serta ditambahkan lem kayu sebagai perekat, kemudian dicetak dengan alat kempa manual bertekanan 150 kg/cm² selama 10 menit hingga menghasilkan briket dengan bentuk tabung berdiameter 5 cm dan tinggi 10 cm. Namun tar HDPE yang mengeras perlu dilelehkan (dipanaskan) pada suhu ±90 °C sebelum dapat dicampurkan dengan bioarang.

Pada saat proses pengempaan, semakin tinggi jumlah tar pada campuran, cairan tar yang tumpah semakin banyak. Variasi 100 EG:75 HDPE, tar yang tumpah sudah terlihat saat awal tekanan 150 kg/cm². Lain halnya dengan variasi 100 EG:50 HDPE, tumpahan tar terlihat saat 2 menit setelah tekanan 150 kg/cm². Sedangkan pada variasi 100 EG:25 HDPE, tumpahan tar cenderung tidak terlihat bahkan hingga proses pengempaan selesai.

4.4. Analisis Proksimat Briket

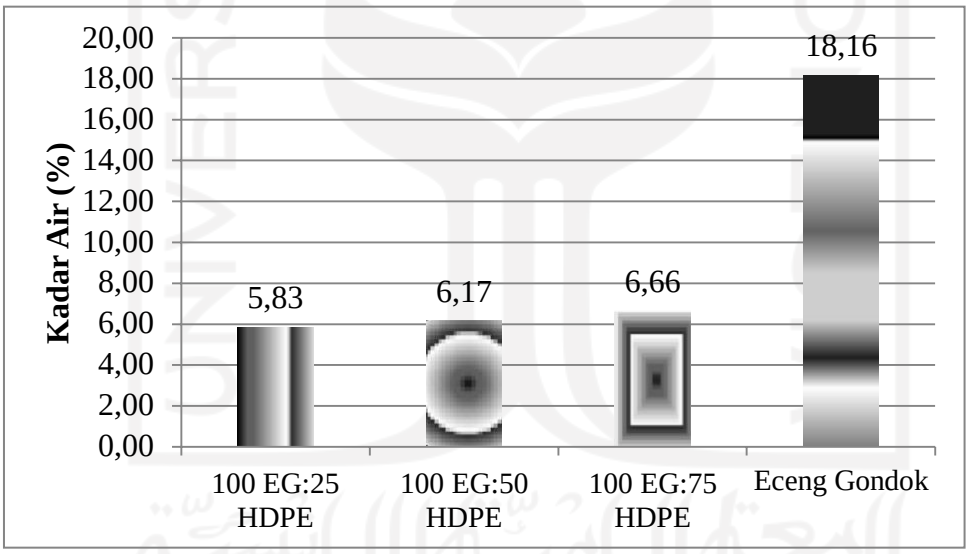
Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui karakteristik briket, yaitu kadar air, kadar volatil, kadar abu, nilai kalori, dan kadar karbon terikat. Pengujian analisis

proksimat dilakukan pengulangan tiga kali dan menggunakan acuan metode pada ASTM (*American Society Testing and Material*), sedangkan kualitas briket didasarkan pada SNI 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu. Selain parameter-parameter tersebut di atas, dilakukan pula pengujian laju pembakaran briket.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kualitas Briket

Bahan Briket	Kadar Air (%)	Kadar Volatil (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Nilai Kalori (kal/g)
100 EG:25 HDPE	5,83	29,36	35,79	29,03	6243,08
100 EG:50 HDPE	6,17	35,66	30,51	27,67	6934,59
100 EG:75 HDPE	6,66	43,49	25,19	24,66	7430,08
Eceng Gondok	18,16	52,87	13,85	15,11	3182,39
Standar pada SNI 01-6235-2000	Maks. 8	Maks. 15	Maks. 8	Min. 77	Min. 5000

4.4.1 Kadar Air



Gambar 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air

Hasil pengujian kadar air menunjukkan, kadar air terendah dari ketiga variasi briket adalah 5,83% pada variasi 100 EG:25 HDPE. Sementara itu, kadar air paling tinggi adalah 6,66% pada variasi 100 EG:75 HDPE. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa kadar air briket semakin tinggi apabila tar yang ditambahkan semakin banyak. Seluruh parameter kadar air briket yang diuji telah memenuhi standar pada SNI 01-6235-2000 yaitu maksimal 8%. Kadar air yang rendah pada hasil pengujian dapat dipengaruhi oleh faktor pengeringan baik pada saat pirolisis, maupun pengeringan di dalam oven setelah pencetakan, sehingga kadar air banyak teruapkan. Diagram pada gambar 4.1 juga menunjukkan bahwa sampel briket dengan tambahan tar HDPE memiliki kadar air yang

lebih rendah misalnya variasi 100 EG:25 HDPE 5,83%, dibandingkan dengan sampel eceng gondok yang tidak diberi tambahan tar HDPE yaitu 18,16%.

Tabel 4.3 berikut ini menyajikan perbandingan kadar air briket dengan berbagai macam biomassa pada beberapa penelitian. Hasil penelitian kadar air pada briket eceng gondok dan tar HDPE memiliki kadar air yang cukup rendah bila dibandingkan dengan hasil beberapa penelitian lain. Penelitian yang dilakukan Karim et al. (2015) menunjukkan hasil kadar air paling rendah (2,94%), karena hanya menggunakan 4% lem kayu.

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Pengujian Kadar Air

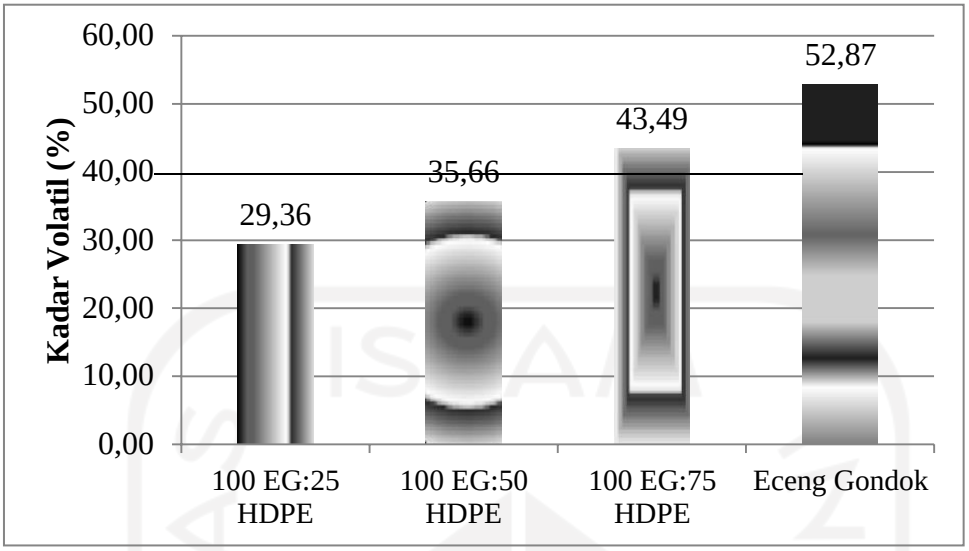
Nomor	Bahan Baku	Perbandingan bahan baku	Kadar Air (%)
1	Bioarang eceng gondok dan tar HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 25 ml tar HDPE	5,83
2	Bioarang eceng gondok dan tar HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 50 ml tar HDPE	6,17
3	Bioarang eceng gondok dan tar HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 75 ml tar HDPE	6,66
4	Eceng Gondok[1]	100%	18,16
5	Eceng gondok dan perekat tapioka[2]	88% : 12%	5,45
6	Eceng gondok dan perekat lem kayu[2]	96% : 4%	2,94
7	Batu bara, sekam padi, dan eceng gondok[3]	40% : 10% : 50%	7,71
8	Arang eceng gondok dan perekat tapioka[4]	95% : 5%	4,4

Sumber : [1]Hasil uji, [2]Karim et al. (2015), [3]Faizal et al. (2015), [4]Hendra (2011).

4.4.2 Kadar Volatil

Kadar volatil briket variasi 100 EG:75 HDPE memiliki angka yang tertinggi. Kadar volatil tertinggi yaitu 43,49%, sedangkan kadar volatil terendah yaitu 29,36% pada variasi 100 EG:25 HDPE. Tren kadar volatil yang ditampilkan pada gambar 4.2 memperlihatkan bahwa semakin tinggi kadar tar HDPE yang ditambahkan, maka kadar volatil yang terkandung akan semakin tinggi. Proses pirolisis pada suhu 450°C menyebabkan kadar volatil pada bioarang belum sepenuhnya teruapkan, hal tersebut merupakan alasan tingginya kadar volatil pada hasil pengujian, diketahui senyawa-senyawa volatil akan menguap pada suhu setidaknya 920°C. Selain itu, kadar volatil yang terkandung pada campuran briket dipengaruhi oleh tar HDPE yang bersifat mudah menguap dan mudah menyala. Menurut SNI 01-6235-2000, semua hasil pengujian briket tidak memenuhi persyaratan (maksimal 15%). Apabila dilakukan perbandingan dengan kadar volatil pada sampel eceng gondok dengan kadar 52,87%, sampel briket dengan penambahan tar

HDPE mengandung zat volatil yang lebih rendah contohnya variasi 100 EG:25 HDPE mengandung 29,36%.



Gambar 4.2 Hasil Pengujian Kadar Volatil

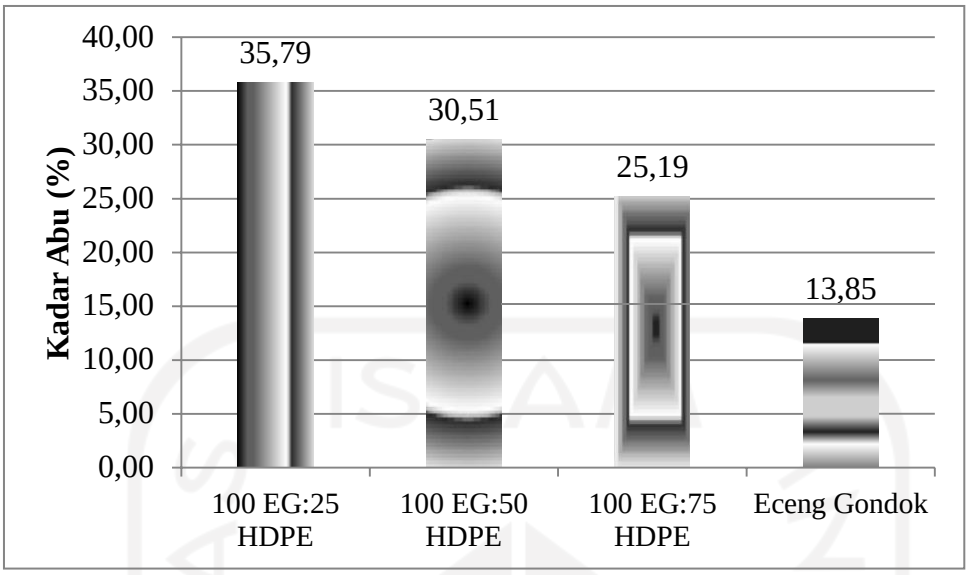
Kadar volatil pada briket eceng gondok dan tar HDPE tergolong rendah jika dibandingkan dengan beberapa penelitian. Namun penelitian Hendra (2011) menunjukkan kadar volatil arang eceng gondok paling rendah (14,61%). Perbandingan berbagai macam penelitian tersebut tersaji dalam tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Pengujian Kadar Volatil

Nomor	Bahan Baku	Perbandingan bahan baku	Kadar Volatil (%)
1	Bioarang eceng gondok dan tar HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 25 ml tar HDPE	29,36
2	Bioarang eceng gondok dan tar HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 50 ml tar HDPE	35,66
3	Bioarang eceng gondok dan tar HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 75 ml tar HDPE	43,49
4	Eceng gondok[1]	100%	52,87
5	Eceng gondok dan sabut kelapa[2]	50% : 50%	66
6	Batu bara, sekam padi, dan eceng gondok[3]	40% : 10% : 50%	33,45
7	Arang eceng gondok dan perekat tapioka[4]	95% : 5%	14,61

Sumber : [1]Hasil uji, [2]Yanti & Pauzan (2019), [3]Faizal et al. (2015), [4]Hendra (2011).

4.4.3 Kadar Abu



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Kadar Abu

Hasil analisis yang ditunjukkan pada gambar 4.3 memperlihatkan bahwa kadar abu yang paling tinggi adalah pada variasi 100 EG:25 HDPE yaitu 35,79%. Kadar abu paling rendah pada variasi 100 EG:75 HDPE yaitu 25,19%. Tinggi rendahnya kadar abu pada briket bergantung pada penambahan tar HDPE, kadar abu semakin rendah apabila tar yang ditambahkan semakin tinggi, namun sebaliknya kadar abu akan semakin tinggi jika tar yang ditambahkan semakin rendah. Jika dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000, seluruh hasil uji kadar abu briket tidak memenuhi persyaratan (maksimal 8%). Pengujian terhadap kadar abu menunjukkan, briket yang diteliti mengandung abu yang tinggi sebagai contoh 35,79% pada variasi 100 EG:25 HDPE, sedangkan sampel eceng gondok yang tidak diberi tambahan tar HDPE mengandung abu yang lebih rendah yaitu 13,85%, meskipun semua sampel tidak memenuhi persyaratan pada SNI.

Perbandingan hasil pengujian kadar abu dengan penelitian lain yang menggunakan berbagai macam biomassa ditampilkan pada tabel 4.5. Kadar abu pada hasil uji cenderung tinggi bila dibandingkan dengan beberapa penelitian lain. Namun, penelitian yang dilakukan oleh Hendra (2011) menunjukkan kadar abu arang eceng gondok relatif tinggi (35,37%).

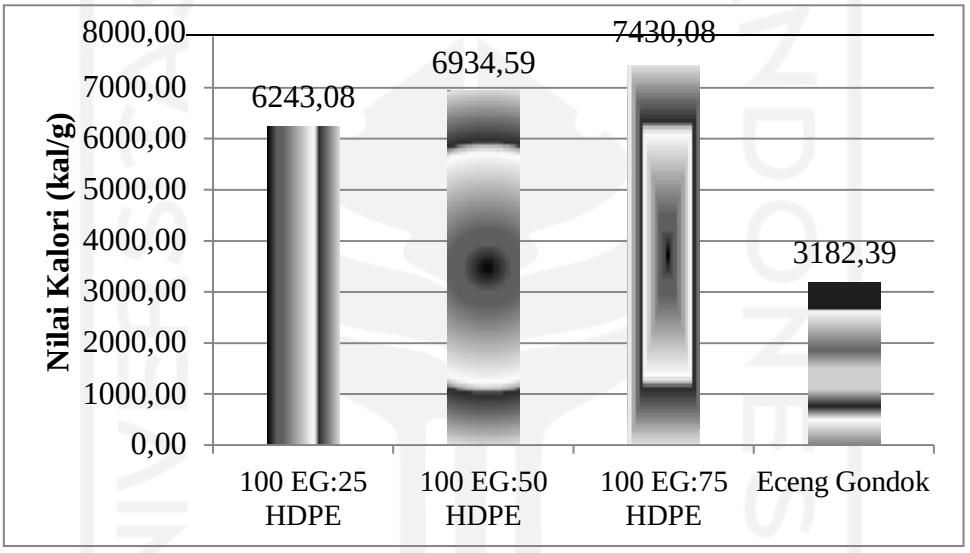
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Pengujian Kadar Abu

Nomor	Bahan Baku	Perbandingan bahan baku	Kadar Abu (%)
1	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 25 ml tar HDPE	35,79
2	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 50 ml tar HDPE	30,51

Nomor	Bahan Baku	Perbandingan bahan baku	Kadar Abu (%)
3	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 75 ml tar HDPE	25,19
4	Eceng gondok[1]	100%	13,85
5	Eceng gondok dan sabut kelapa[2]	50% : 50%	13
6	Batu bara, sekam padi, dan eceng gondok[3]	40% : 10% : 50%	15,28
7	Arang eceng gondok dan perekat tapioka[4]	95% : 5%	35,37

Sumber : [1]Hasil uji, [2]Yanti & Pauzan (2019), [3]Faizal et al. (2015), [4]Hendra (2011).

4.4.4 Nilai Kalori



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Nilai Kalori

Nilai kalori paling tinggi sebesar 7430,08 kalori/gram pada campuran 100 EG:75 HDPE. Sementara itu, nilai kalori paling rendah sebesar 6243,08 kalori/gram pada variasi 100 EG:25 HDPE. Grafik pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa tingginya penambahan tar HDPE pada campuran akan meningkatkan nilai kalori yang terkandung. Tar HDPE sangat mempengaruhi nilai kalori briket, karena tar HDPE memiliki sifat yang mudah menyala. Nilai kalori dipengaruhi oleh kadar air briket, semakin rendah kadar air briket maka semakin rendah pula energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air yang terkandung, sehingga nilai kalori yang terdeteksi tinggi. Sebaliknya jika kadar air yang terkandung tinggi, maka kalori atau energi yang terdeteksi pada pengujian akan rendah karena sebagian telah digunakan untuk menguapkan kandungan air. Berdasarkan SNI 01-6235-2000 hasil pengujian nilai kalori briket telah memenuhi persyaratan (minimal 5000 kalori/gram), baik pada variasi 100 EG:25 HDPE, 100 EG:50 HDPE, maupun 100 EG:75 HDPE. Pengujian nilai kalori pada briket yang diberi tambahan tar HDPE menunjukkan perbedaan yang signifikan bila dibandingkan dengan sampel eceng gondok, ketiga sampel briket memiliki kalori yang lebih tinggi serta telah sesuai dengan SNI misalnya 6243,08

kal/g pada variasi 100 EG:25 HDPE, jika dibandingkan dengan sampel eceng gondok hanya 3182,39 kal/g.

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Pengujian Nilai Kalori

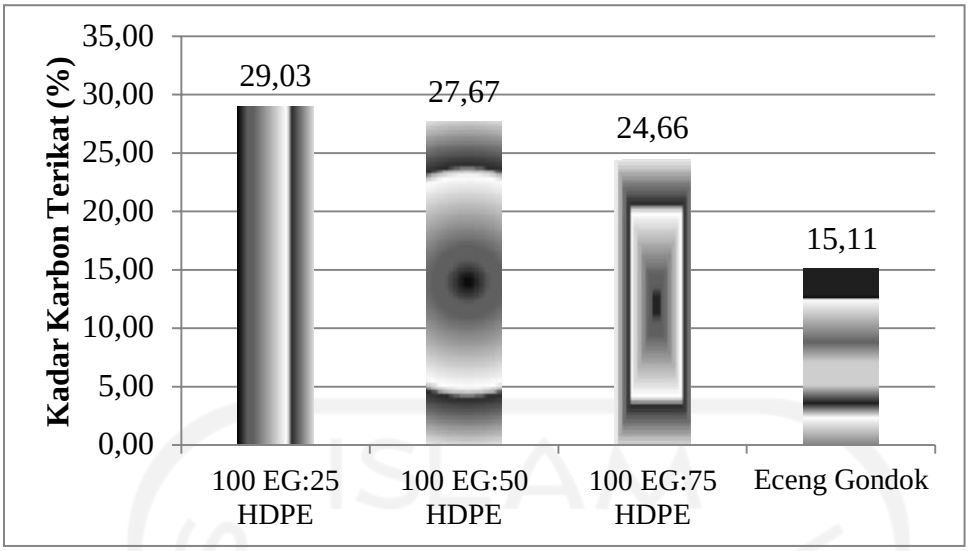
Nomor	Bahan Baku	Perbandingan bahan baku	Nilai Kalori (kalori/gram)
1	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 25 ml tar HDPE	6243,08
2	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 50 ml tar HDPE	6934,59
3	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 75 ml tar HDPE	7430,08
4	Eceng gondok[1]	100%	3182,39
5	Eceng gondok dan sabut kelapa[2]	50% : 50%	4990
6	Batu bara, sekam padi, dan eceng gondok[3]	40% : 10% : 50%	5100
7	Arang eceng gondok dan perekat tapioka[4]	95% : 5%	3208

Sumber : [1]Hasil uji, [2]Yanti & Pauzan (2019), [3]Faizal et al. (2015), [4]Hendra (2011).

Berdasarkan tabel 4.6, diketahui briket eceng gondok dan tar HDPE memiliki kalori yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian sejenis. Penambahan tar HDPE terbukti meningkatkan nilai kalori pada briket. Penelitian Hendra (2011) juga menunjukkan bahwa nilai kalori arang eceng gondok masih rendah dan belum memenuhi standar pada SNI.

4.4.5 Kadar Karbon Terikat

Parameter karbon terikat briket menunjukkan bahwa kadar karbon terikat paling tinggi yaitu 29,03% pada 100 EG:25 HDPE. Sedangkan angka paling rendah yaitu 24,66% pada variasi 100 EG:75 HDPE. Tren pada grafik di gambar 4.5 memperlihatkan bahwa kadar karbon terikat semakin tinggi apabila tar HDPE yang ditambahkan semakin rendah. Kadar karbon terikat yang tinggi dipengaruhi oleh kelembaban pada briket. Sebagaimana telah dijelaskan pada gambar 4.1 tentang hasil pengujian kadar air, kadar air paling tinggi ada pada variasi 100 EG:75 HDPE. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian pada kadar karbon terikat, bahwa semakin tinggi kadar air pada campuran maka semakin rendah kadar karbon terikat yang terkandung, sebaliknya, kadar air yang rendah menyebabkan tingginya kadar karbon terikat yang terkandung. Jika dilakukan perbandingan dengan persyaratan pada SNI, kadar karbon terikat pada briket tidak memenuhi persyaratan baik briket dengan tambahan tar HDPE dan perekat, maupun sampel eceng gondok. Karbon terikat sampel eceng gondok sebesar 15,11%, dan variasi 100 EG:25 HDPE sebesar 29,03%.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Pengujian Kadar Karbon Terikat

Nomor	Bahan Baku	Perbandingan bahan baku	Kadar Karbon Terikat (%)
1	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 25 ml tar HDPE	29,03
2	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 50 ml tar HDPE	27,67
3	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 75 ml tar HDPE	24,66
4	Eceng gondok[1]	100%	15,11
5	Eceng gondok dan sabut kelapa[2]	50% : 50%	11
6	Batu bara, sekam padi, dan eceng gondok[3]	40% : 10% : 50%	43,56
7	Arang eceng gondok dan perekat tapioka[4]	95% : 5%	41,21

Sumber : [1]Hasil uji, [2]Yanti & Pauzan (2019), [3]Faizal et al. (2015), [4]Hendra (2011).

Data perbandingan pada tabel 4.7 menunjukkan bahwa kadar karbon terikat baik pada briket eceng gondok dan tar HDPE, maupun penelitian sejenis, masih rendah dan belum memenuhi persyaratan. Kadar karbon terikat bervariasi bergantung pada jenis bahan tambahan. Potensi karbon terikat yang tinggi yaitu briket batu bara, sekam padi, dan eceng gondok pada penelitian yang dilakukan oleh Yanti & Pauzan (2019) dengan kadar karbon terikat 43,56%.

4.4.6 Laju Pembakaran

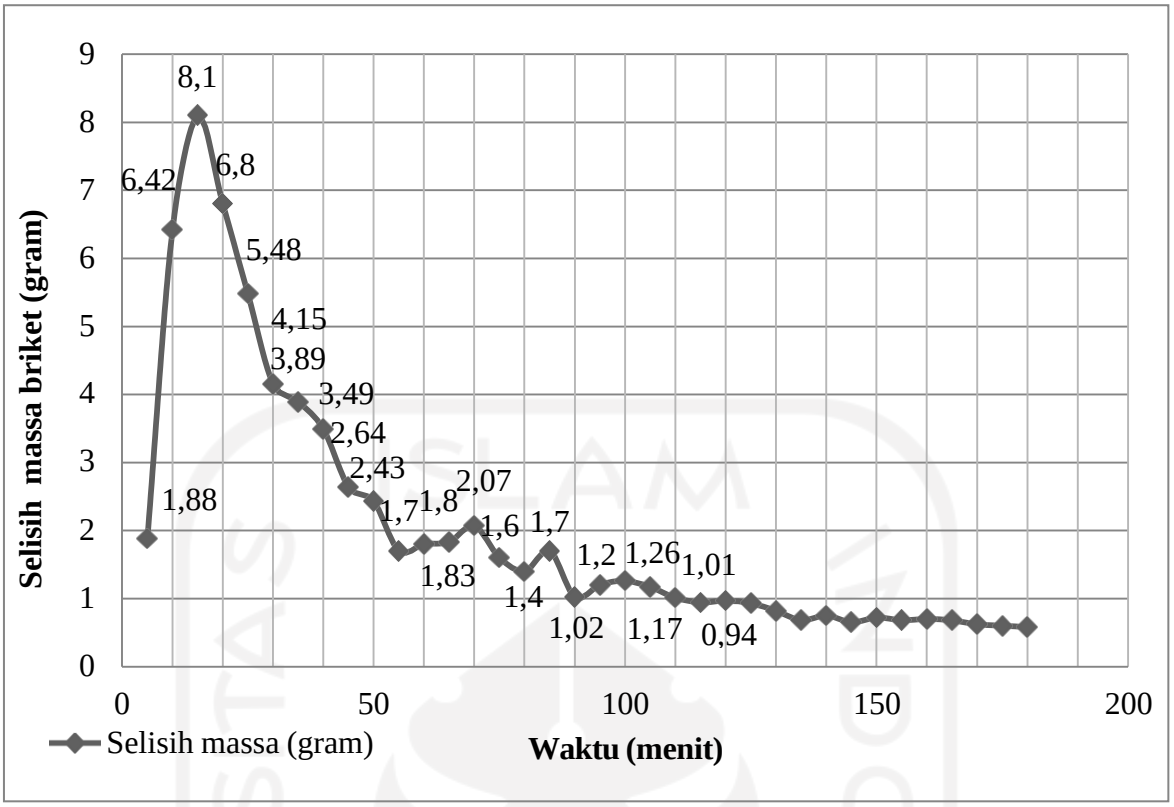
4.4.6.1 Variasi 100 EG:25 HDPE

Pengujian laju pembakaran briket dilakukan melalui pemantauan setiap lima menit perubahan massa briket yang terbakar. Selisih massa briket dihitung dengan cara mengurangi massa briket yang sedang dihitung dengan massa briket sebelumnya atau m-(m-1). Gambar 4.6 menampilkan grafik hubungan antara selisih massa dengan waktu pemantauan briket 100 EG:25 HDPE. Pemantauan menit ke-15 merupakan puncak selisih massa briket, hal tersebut ditandai dengan tingginya massa briket yang terbakar (8,1 gram), serta mulai muncul asap putih dan bara api, namun belum ada nyala api.

Sementara itu, menit ke-55 merupakan waktu awal terjadinya tren penurunan selisih massa briket (1,7 gram). Pemantauan terhadap suhu pembakaran menunjukkan, puncak selisih massa pada menit ke-15 didapatkan suhu pembakaran yang tinggi (403°C). Selain itu pada menit ke-55 juga menunjukkan penurunan suhu yang mulai stabil hingga akhir pengamatan.

Namun, pengamatan pada menit ke-70 dan menit ke-85 menunjukkan selisih massa yang kembali tinggi yaitu 2,07 gram dan 1,7 gram. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh munculnya nyala api, namun berdasarkan pengamatan nyala api yang muncul kecil, singkat, dan tidak stabil. Pengamatan setelah menit ke-90 kembali menunjukkan penurunan massa yang stabil sampai akhir pengamatan. Selain itu, berdasarkan perhitungan didapatkan nilai laju pembakaran briket variasi 100 EG:25 HDPE adalah 0,0068 gram/detik.

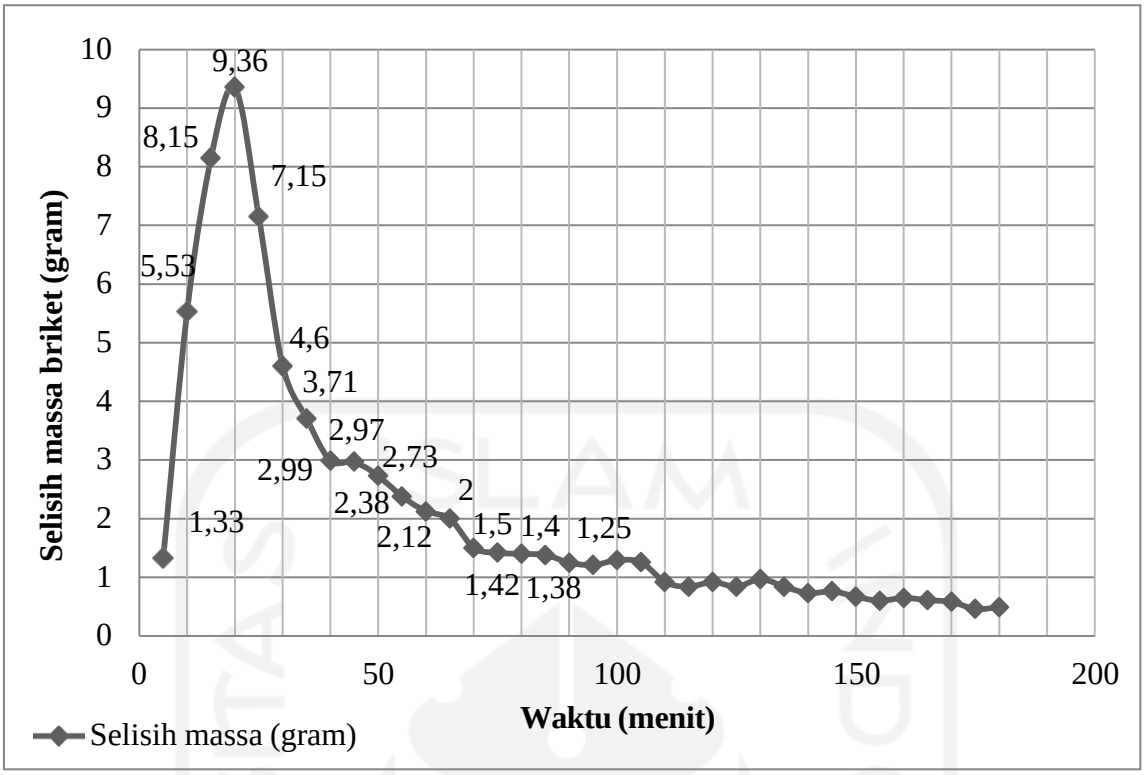
Selain penjelasan tersebut di atas, akan disajikan pula gambar pendukung pada saat proses pengujian laju pembakaran pada bagian lampiran 6 tentang dokumentasi pada saat pengujian uji laju pembakaran. Gambar-gambar penjelas tersebut ada pada gambar 1 tentang proses pengujian laju pembakaran, gambar 2 tentang pengamatan pada menit ke-15 variasi 100 EG:25 HDPE, dan gambar 3 tentang pengamatan pada menit ke-70 variasi 100 EG:25 HDPE.



Gambar 4.6 Grafik Laju Pembakaran 100 EG:25 HDPE

4.4.6.2 Variasi 100 EG:50 HDPE

Gambar 4.7 menunjukkan grafik hubungan antara selisih massa dengan waktu pemantauan briket 100 EG:50 HDPE. Pemantauan menit ke-20 merupakan puncak selisih massa briket (9,36 gram) yang ditunjukkan dengan suhu pembakaran paling tinggi (485°C). Selain itu muncul nyala api sejak menit ke-13, nyala api mulai mengecil pada menit ke-51. Sementara itu, pada menit ke-40 selisih massa briket mulai menurun (2,7 gram) dan menunjukkan tren yang terus menurun, begitu pula pada pengamatan suhu pembakaran yang terus menurun dan relatif stabil hingga akhir pengamatan. Nilai laju pembakaran briket variasi 100 EG:25 HDPE sebesar 0,0071 gram/detik. Adapun pada lampiran 6 gambar 4 akan ditampilkan gambar penjelasan mengenai pengamatan pada menit ke-20 variasi 100 EG:50 HDPE.

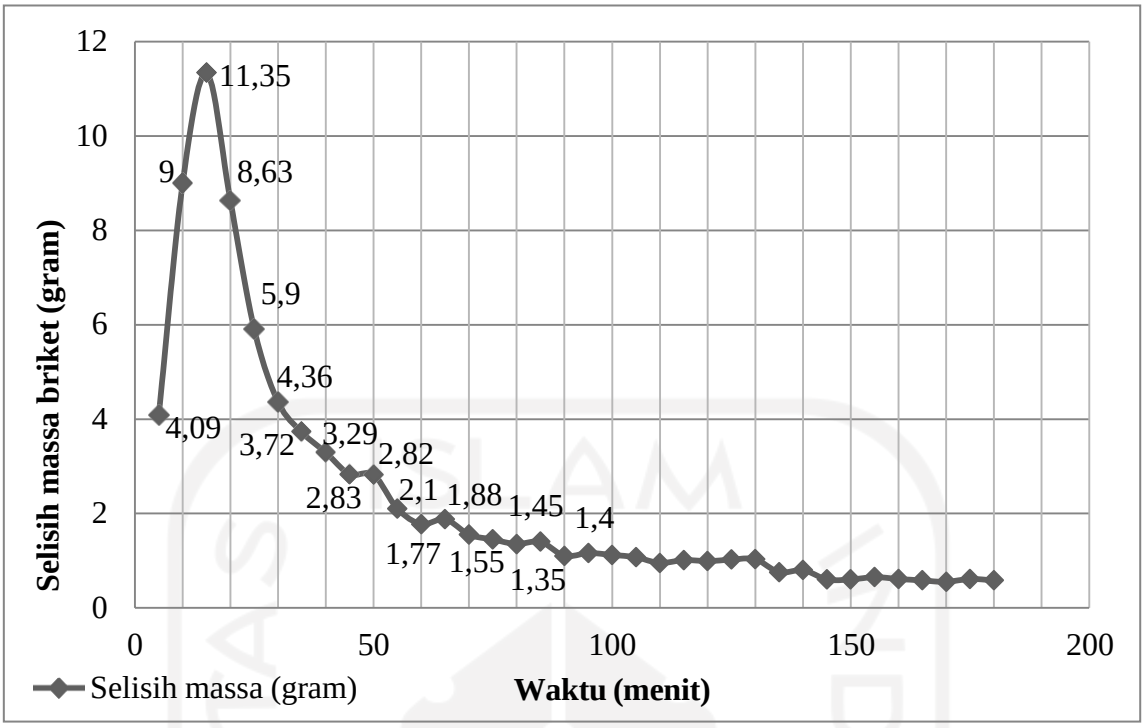


Gambar 4.7 Grafik Laju Pembakaran 100 EG:50 HDPE

4.4.6.3 Variasi 100 EG:75 HDPE

Hubungan antara selisih massa dan waktu pemantauan pada uji pembakaran briket 100 EG:75 HDPE disajikan pada gambar 4.8. Puncak selisih massa briket ditunjukkan pada waktu pengamatan ke-15 (11,35 gram). Pada puncak selisih massa briket diamati munculnya nyala api dan suhu pembakaran tinggi (520°C), sedangkan nyala api sudah terlihat sejak menit ke-9 setelah itu nyala api mulai mengecil pada menit ke-52.

Sementara itu, pengamatan menit ke-40 menunjukkan selisih massa mulai mengalami penurunan hingga akhir pengamatan (0,4 gram). Begitu pula pada suhu pembakaran yang terus menurun sampai akhir pengamatan. Sedangkan, laju pembakaran briket variasi 100 EG:75 HDPE adalah 0,0077 gram/detik. Sebagai penjelasan, pada lampiran 6 gambar 5 akan ditampilkan gambar mengenai pengamatan pada menit ke-15 variasi 100 EG:75 HDPE.



Gambar 4.8 Grafik Laju Pembakaran 100 EG:75 HDPE

Perbandingan hasil uji laju pembakaran briket pada tabel 4.8 menunjukkan bahwa nilai laju pembakaran briket yang diteliti tergolong rendah. Namun, penelitian yang ditulis oleh Hendra (2011) menghasilkan nilai laju pembakaran arang eceng gondok yang tinggi yaitu 0,062 gram/detik. Diketahui semakin tinggi penambahan tar HDPE pada campuran briket maka nilai laju pembakarannya semakin tinggi. Nilai laju pembakaran yang rendah mengindikasikan kualitas briket yang baik, karena briket tidak mudah habis terbakar. Sedangkan apabila nilai laju pembakaran briket tinggi, maka briket tersebut akan lebih cepat habis terbakar (Aljarwi et al., 2020).

Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pengujian Laju Pembakaran

Nomor	Bahan Baku	Perbandingan bahan baku	Laju Pembakaran (gram/detik)
1	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 25 ml tar HDPE	0,0068
2	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 50 ml tar HDPE	0,0071
3	Bioarang eceng gondok dan tar plastik HDPE[1]	100 gram eceng gondok : 75 ml tar HDPE	0,0077
4	Tandan kosong kelapa sawit dan perekat nasi[2]	Persentase perekat 60%	0,048
5	Biji nyamplung dan sekam padi[3]	50% : 50%	0,0025
6	Arang eceng gondok dan perekat tapioka[4]	95% : 5%	0,062

Sumber : [1]Hasil uji, [2]Putra et al. (2013), [3]Almu et al. (2014), [4]Hendra (2011).

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan dari penelitian ini dijelaskan sebagai berikut :

1. Penambahan tar HDPE dengan variasi 100 EG:25 HDPE, 100 EG:50 HDPE, dan 100 EG:75 HDPE mempengaruhi karakteristik fisik dan karakteristik kimia briket eceng gondok. Nilai kalori eceng gondok sebesar 3182,39 kalori/gram, jika dibandingkan dengan variasi 100 EG:75 HDPE, kalori yang dimiliki jauh lebih tinggi yaitu 7430,08 kalori/gram.
2. Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase tar HDPE pada campuran briket maka kadar air, kadar volatil, nilai kalori, dan laju pembakaran semakin meningkat. Nilai kalori pada variasi 100 EG:25 HDPE sebesar 6243,08 kalori/gram, sedangkan pada variasi 100 EG:75 HDPE kalori yang dimiliki meningkat menjadi 7430,08 kalori/gram. Sebaliknya, semakin tinggi persentase tar HDPE pada campuran briket maka kadar abu, dan kadar karbon terikat semakin rendah. Kadar abu pada variasi 100 EG:25 HDPE sebesar 35,79%, sedangkan pada variasi 100 EG:75 HDPE abu yang dimiliki menurun menjadi 25,19%.

5.2 Saran

Saran yang direkomendasikan oleh penulis terhadap hasil penelitian maupun penelitian lain di masa depan adalah :

1. Evaluasi terhadap hasil penelitian, yaitu tidak semua kualitas briket yang diteliti memenuhi persyaratan. Penelitian lebih lanjut mengenai jenis bahan baku, variasi campuran, maupun metode yang digunakan sangat potensial dilakukan untuk memenuhi standar yang disyaratkan.
2. Edukasi terhadap dampak ketergantungan penggunaan energi konvensional. Pentingnya memilih sumber energi yang terbarukan di atas energi konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

Adhani, Lisa., Masrya, Mutia Anissa., Octavia, Saras Indah., Sindiany, Ika Irma., 2019. Analisis Bahan Bakar Alternatif Komposit Biobriket dari Eceng Gondok dengan Perekat Kotoran Sapi. *Al-Kimiya*, Vol. 6, No. 2, p: 81-86.

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

Almu, M. Afif., Syahrul., Padang, Yesung Allo., 2014. Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllm Inophyllum*) dan Abu Sekam Padi. *Dinamika Teknik Mesin*, Volume 4 No. 2. p: 117-122.

Arrakhiz, F.Z., El Achaby, M., Kakou, A.C., Vaudreuil, S., Benmoussa, K., Bouhfid, R. Fassi-Fehri O., Qaiss A., 2012. Mechanical Properties of High Density Polyethylene Reinforced with Chemically Modified Coir Fibers: Impact of Chemical Treatments. *Materials and Design* 37, p: 379–383.

American Society Testing and Material D3173-11 Pengujian Kadar Air.

American Society Testing and Material D3173 Pengujian Kadar Volatil.

American Society Testing and Material D3174-11 Pengujian Kadar Abu.

American Society Testing and Material D5865-11a Pengujian Nilai Kalori.

American Society Testing and Material D3172-02 (11) Pengujian Kadar Karbon Terikat.

Brizantha, Putu Eragrostis., Fauziah, Mila., Anggraheny, Beauty., 2015. Kontrol Suhu dan Waktu pada Proses Pirolisis Limbah Plastik menjadi BBM Menurut Jenis Plastik HDPE. *Jurnal Elkolind*, Volume 2. No.02, p: 64-71.

Dwiningsih, Asti., 2006. Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Sonokeling dan Tempurung Kelapa sebagai Briket. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dwiyati, S. T & Kholil, A., 2014. Pembuatan Briket Hasil Pemanfaatan Eceng Gondok dan Sampah Plastik HDPE Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, p: 98-103.

Faizal, M., Saputra, M., & Zainal, F. A., 2015. Pembuatan Briket Bioarang dari Campuran Batubara dan Biomassa Sekam Padi dan Eceng Gondok. *Jurnal Teknik Kimia* No. 4, Vol. 21, p: 27-38.

Fanani, Nurull., Novianarenti, Eky., Ningsih, Erlinda., Udyani, Kartika., Arif, Mochammad Saiful., Saputra, Denny Angga., 2021. Konversi Plastik HDPE menjadi Fuel melalui

Proses Pirolisis. *Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan, dan Infrastruktur II FTSP ITATS*, p: 452-456.

Fu, Wenming, Dai, Jinze, Zhang, Yaning, Guang, Mengmeng, Liu, Yifan, Li, Bingxi., 2021. Heating Performances of High Density Polyethylene (HDPE) Plastic Particles in a Microwave Chamber. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 48, p: 1-7.

Hendra, Djeni., 2011. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) untuk Bahan Baku Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Penelitian Hasil Hutan* Vol. 29 No. 2, p: 189-210.

Iskandar, Norman., Nugroho, Sri., Feliyana, Meta Fanny., 2019. Uji Kualitas Produk Briket Arang Tempurung Kelapa Berdasarkan Standar Mutu SNI. *Momentum,* Vol. 15, No. 2, p: 103-108.

Karim, M. A., Ariyanto, E & Firmansyah, A., 2015. Studi Biobriket Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes) sebagai Bahan Bakar Energi Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, 1-6.

Kurniati, E & Suprihatin., 2009. Kinetika Pembakaran Briket Arang Enceng Gondok. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik* Vol.9, No.1, p: 70-77.

Kusumaningtyas, R., 2017. Potensi Pengolahan Eceng Gondok Menjadi Sumber Energi Terbarukan Dalam Rangka Mendukung Ketahanan Energi Nasional. *Prosiding Seminar Nasional Implementasi Manajemen Sumber Daya Manusia Sebagai Aset Dalam Mendukung Pertahanan Negara*.

Lois, Suparno & Handayani, K. N., 2018. Penerapan Ekologi dalam Perancangan Pusat Konservasi Rawa Pening di Kabupaten Semarang. *Senthong*, Vol. 1, No.2, Juli, p: 213-222.

Muhammad, Candra Asri., 2016. Pemanfaatan Limbah Plastik LDPE dan Tempurung Kelapa di Kampung Nelayan Kabupaten Cilacap Selatan sebagai Briket Biomassa. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Naryono, E. P., Santosa, S., Saputra, A. B., & Nugroho, M. A., 2017. Pembuatan Briket Campuran Sampah Organik Sisa Makanan dan Sampah Plastik Sebagai Binder untuk Bahan Bakar Padat. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia*, p: 7-9.

Novalinda, Agustin., 2016. Pembuatan Biobriket dari Campuran Pelepah Kelapa Sawit dan Ampas Tebu. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang*.

Pratiwi, Reno & Dahani, Wiwiek., 2015. Pengaruh Penggunaan Katalis Zeolit Alam dalam Pirolisis Limbah Plastik Jenis HDPE menjadi Bahan Bakar Cair Setara Bensin.

Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. p: 1-5.

Putra, H. P., Hakim, L., Yuriandala, Y., Anggraini, D.K., 2013. Studi Kualitas Briket dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Perekat Limbah Nasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* Volume 5, Nomor 1,p: 27-35.

Putra, H. P & Yuriandala, Y., 2010. Studi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Produk dan Jasa Kreatif. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* Volume 2, Nomor 1, p: 21-31.

Rifdah & Tahdid., 2013. Pengaruh Persentase Plastik/Bioarang Eceng Gondok dan Jumlah Perekat Kanji Terhadap Nilai Kalor Briket Bioplastik. *Berkala Teknik* Vol.3 No.2, p: 543-553.

Ristianingsih, Yuli., Ulfa, Ayuning., Syafitri, Rachmi.K.S., 2015. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perekat terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis. *Konversi,* Volume 4 No. 2, Oktober 2015, p: 45 – 51.

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* Vol. 14 No.1, p: 5-14.

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia tahun 2020. Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 2000. Standar Nasional Indonesia nomor 01-6235-2000 tentang Briket Arang Kayu. Indonesia.

Surono, U. B., 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik* Vol.3 No.1, p: 32-40.

Trisa, Ariansyah., Nuriana, Wahidin., Mustafa., 2019. Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Densitas, Kadar Air dan Laju Pembakaran pada Briket Pelepah Kelapa. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII 2019 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*.

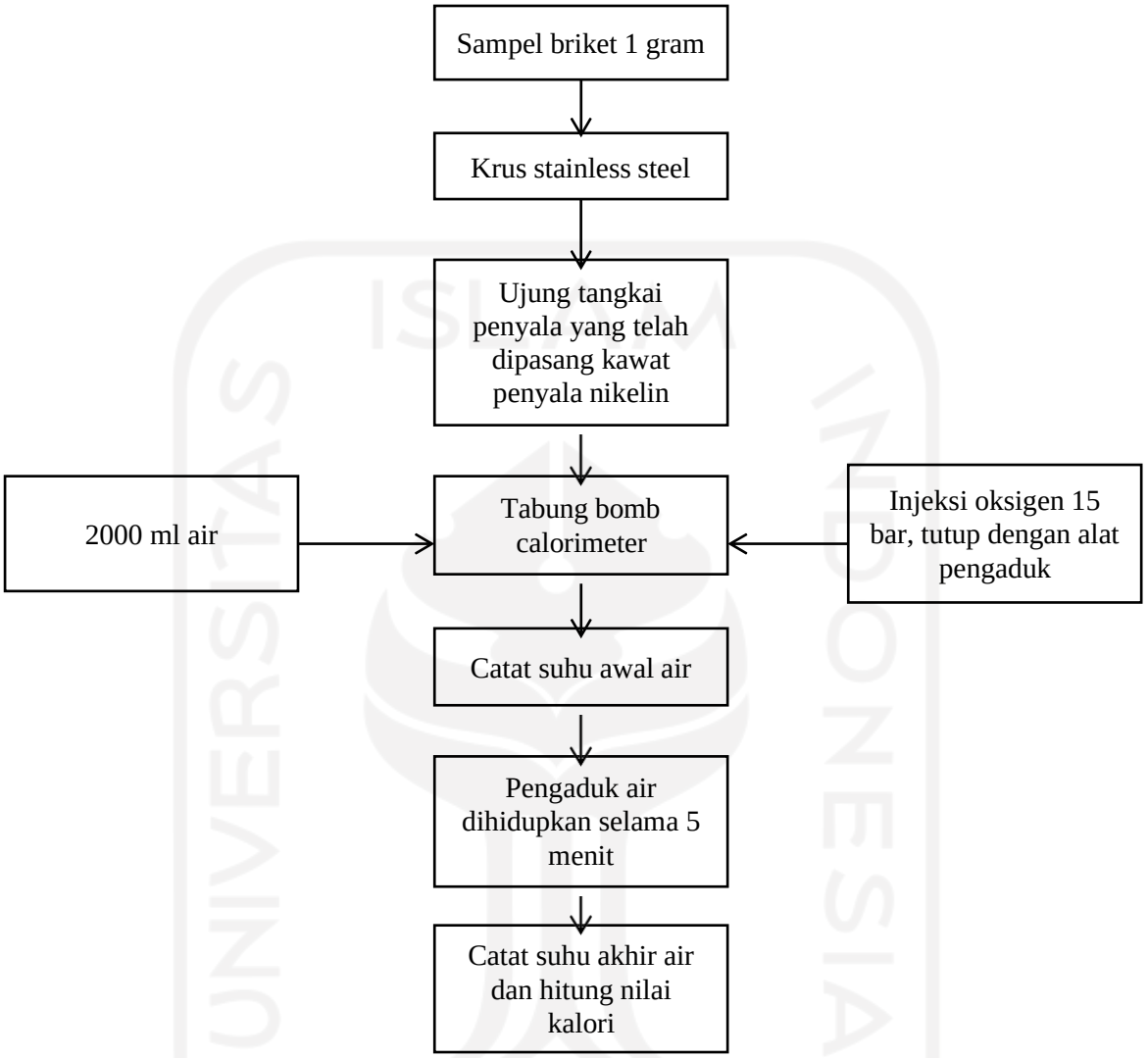
Utomo, Arif Fajar & Primastuti, Nungki., 2013. Pemanfaatan Limbah Furniture Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) di *Koen Gallery* Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Briket Bioarang. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri,* Vol. 2, No. 2. p: 220-225.

Yanti, I & Pauzan, M., 2019. Penambahan Sabut Kelapa dan Penggunaan Lem Kayu Sebagai Perekat untuk Meningkatkan Nilai Kalor pada Biobriket Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan,* Vol. 3 No. 2, p: 77-86.

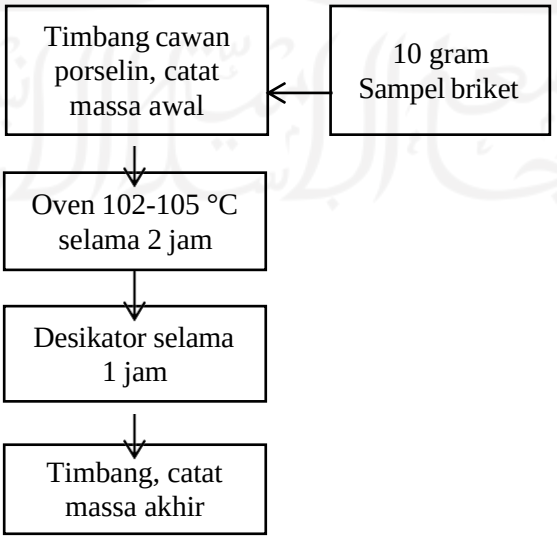
LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Pengujian Proksimat Berdasarkan ASTM

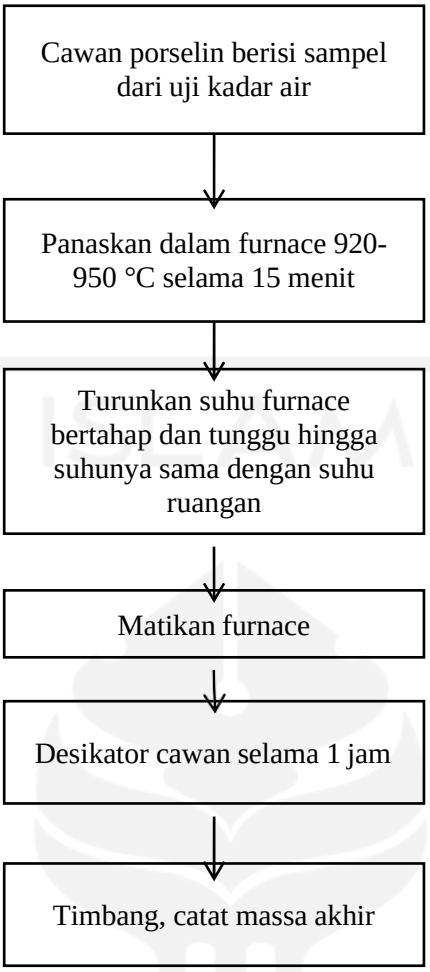
1. Prosedur Uji Nilai Kalori



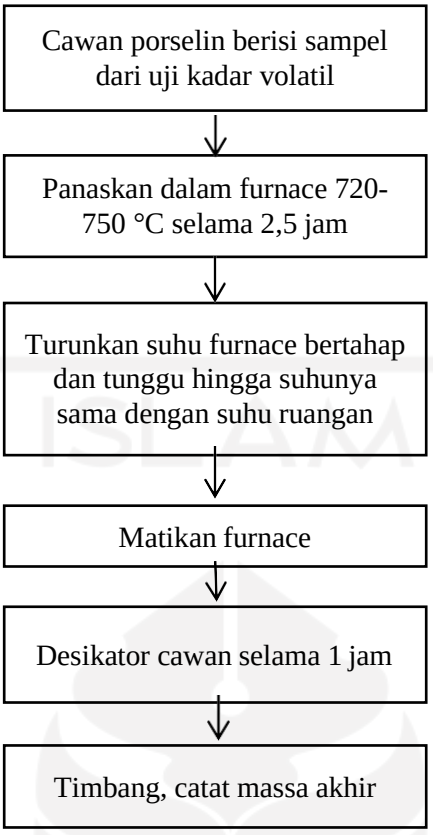
2. Prosedur Uji Kadar Air



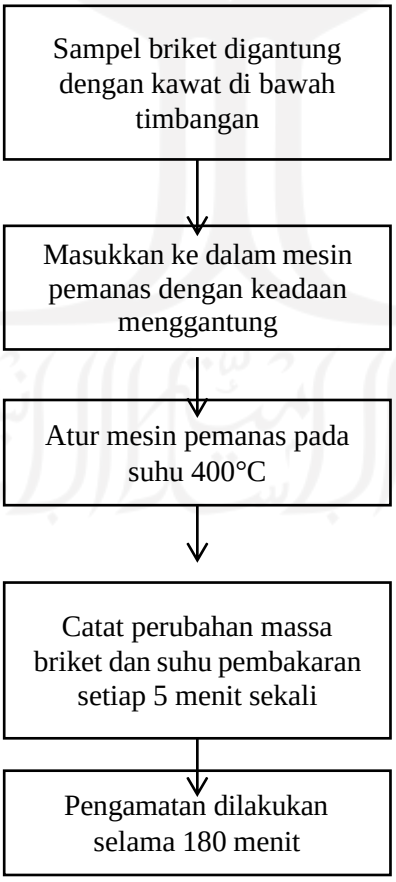
3. Prosedur Uji Kadar Volatil



4. Prosedur Uji Kadar Abu



5. Prosedur pengujian laju pembakaran



Lampiran 2 Perhitungan Laju Pembakaran Briket

1. Variasi 100 EG:25 HDPE

Massa total briket yang diuji adalah 120 gram, waktu pengujian selama 180 menit, sisa massa yang tertinggal adalah 46,6 gram.

$$\text{Laju pembakaran (gram/menit)} = \frac{\text{massa briket yang terbakar (gram)}}{\text{waktu pembakaran (menit)}}$$

$$= \frac{(120\text{-}46{,}6)\,\text{gram}}{10800\ \text{detik}}$$

$$= 0{,}0068\ \text{gram/detik}$$

2. Variasi 100 EG:50 HDPE

Massa total briket yang diuji adalah 120,12 gram, waktu pengujian selama 180 menit, sisa massa yang tertinggal adalah 43,51 gram.

$$\text{Laju pembakaran (gram/menit)} = \frac{\text{massa briket yang terbakar (gram)}}{\text{waktu pembakaran (menit)}}$$

$$= \frac{(120{,}12\text{-}43{,}51)\,\text{gram}}{10800\ \text{detik}}$$

$$= 0{,}0071\ \text{gram/menit}$$

3. Variasi 100 EG:75 HDPE

Massa total briket yang diuji adalah 121,29 gram, waktu pengujian selama 180 menit, sisa massa yang tertinggal adalah 38,02 gram.

$$\text{Laju pembakaran (gram/menit)} = \frac{\text{massa briket yang terbakar (gram)}}{\text{waktu pembakaran (menit)}}$$

$$= \frac{(121{,}29\text{-}38{,}02)\,\text{gram}}{10800\ \text{detik}}$$

$$= 0{,}0077\ \text{gram/menit}$$

Lampiran 3 Contoh Perhitungan Uji Karakteristik Briket

1. Kadar air variasi 100 EG:25 HDPE

$$\text{Kadar Air Lembab} = \left(\frac{(m_2\text{-}m_3)}{(m_2\text{-}m_1)}\right) \text{x } 100\ \%$$

$$\text{Kadar Air Lembab} = \left(\frac{(10{,}06 - 9{,}47)}{(10{,}06 - 0)}\right) \text{x } 100\ \%$$

$$\text{Kadar Air Lembab} = 5{,}83\%$$

2. Kadar volatil variasi 100 EG:25 HDPE

$$\text{Kadar zat volatil} = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_1}\right) \times 100\ \%$$

$$\text{Kadar zat volatil} = \left(\frac{9{,}48 - 6{,}52}{5{,}83}\right) \times 100\ \%$$

$$\text{Kadar zat volatil} = 29{,}36\%$$

3. Kadar abu variasi 100 EG:25 HDPE

$$\text{Kadar Abu} = \left(\frac{(m_3 - m_1)}{m_2 - m_1}\right) \times 100\ \%$$

$$\text{Kadar Abu} = \left(\frac{(3{,}6 - 0)}{10{,}06 - 0}\right) \times 100\ \%$$

$$\text{Kadar Abu} = 35{,}79\%$$

4. Kadar karbon terikat variasi 100 EG:25 HDPE

$$FC = 100\% - (K_A + K_{Abu} + V_M)$$

$$FC = 100\% - (5{,}83 + 35{,}79 + 29{,}36)$$

$$FC = 29{,}03\%$$

5. Nilai kalori variasi 100 EG:25 HDPE

$$\text{Gross Calorific Value (kal/g)} = \frac{((E \times t) - e)}{m}$$

$$\text{Gross Calorific Value} = \frac{((2565{,}446 \times 1{,}6) - 208{,}104)}{0{,}62}$$

$$\text{Gross Calorific Value} = 6243{,}08\ \text{kal/g}$$

Lampiran 4 Tabel Data Uji Proksimat

Bahan Briket	Massa awal (gram)	Massa akhir 1 (uji air) (gram)	Kadar air (%)	Massa akhir 2 (uji volatil) (gram)	Kadar volatil (%)	Massa akhir 3 (uji abu) (gram)	Kadar abu (%)	Kadar karbon terikat (%)	Massa uji kalori (gram)	Suhu awal (°C)	Suhu akhir (°C)	Seli-sih suhu (°C)	Kapasi-tas kalori total (kalori)	Kapasi-tas kalori terkorek-si (kalori)	Nilai kalori (kal/g)
100 EG : 25 HDPE	10,06	9,47	5,83	6,52	29,36	3,60	35,79	29,03	0,62	25,59	27,19	1,60	4104,71	3896,61	6243,08
100 EG : 50 HDPE	10,10	9,47	6,17	5,87	35,66	3,08	30,51	27,67	0,63	25,58	27,37	1,79	4592,15	4384,04	6934,59
100 EG : 75 HDPE	10,06	9,39	6,66	5,01	43,49	2,53	25,19	24,66	0,62	25,71	27,59	1,88	4823,04	4614,93	7430,08
Eceng Gondok	10,06	8,23	18,16	2,91	52,87	1,39	13,85	15,11	0,67	25,70	26,62	0,92	2351,66	2143,55	3182,39

Keterangan tambahan :

Kapasitas kalori alat *bomb calorimeter* (c) : 2565,446 kalori/°C

Kalori benang dan kawat nikelin : 208,104 kalori

Lampiran 5 Dokumentasi Proses Pembuatan Briket



Gambar 1 proses mempersiapkan eceng gondok: persiapan dilakukan dengan membersihkan eceng gondok dari bagian akarnya dan memotong menjadi berukuran 3 sampai 4 cm menggunakan gunting atau pisau. Potongan eceng gondok ditampung dengan karung sebelum dijemur di bawah sinar matahari. Pemotongan dilakukan supaya proses jemur dan pirolisis mudah dilakukan.



Gambar 2 proses mengeringkan eceng gondok: Tahap ini dilakukan untuk mengurangi kadar air di dalam eceng gondok. Potongan eceng gondok dijemur di bawah sinar matahari selama kurang lebih 3 hari dengan cara menyebarkan di atas alas dengan rata.



Gambar 3 mesin pirolisis: rangkaian mesin terdiri dari mesin pemanas dan daya input, tabung untuk wadah bahan yang akan diproses, pipa penghubung, kondensor, serta pipa efluen sebagai saluran keluarnya uap kondensasi. Pada kondensor terdapat dua lubang untuk mengalirkan air pendingin. Mesin pirolisis digunakan untuk mengarangkan biomassa eceng gondok dan limbah plastik.



Gambar 4 eceng gondok sebelum pirolisis: potongan eceng gondok setelah dijemur berwarna coklat terang dan masih sedikit basah. Potongan eceng gondok akan masuk ke mesin pirolisis untuk diarangkan. Kurang lebih massa potongan eceng gondok yang akan diproses adalah 1,5 kg.



Gambar 5 eceng gondok setelah pirolisis: arang eceng gondok berwarna hitam dan mudah hancur. Bioarang selanjutnya akan dihaluskan dan diayak. Massa arang eceng gondok setelah pirolisis menyusut menjadi sekitar 400 gram.



Gambar 6 tar eceng gondok: tar merupakan minyak hasil kondensasi uap pada pirolisis eceng gondok yang ditampung dengan botol. Tar eceng gondok berbentuk cairan seperti minyak berwarna kuning-jingga.



Gambar 7 penghalusan bioarang: penghalusan bioarang eceng gondok dilakukan dengan menumbuk di dalam wadah sebelum diayak.



Gambar 8 pengayakan bioarang: ayakan yang digunakan adalah ukuran 20 mesh. Bioarang kembali dihaluskan jika masih terdapat partikel yang tidak lolos ayakan. Hasil ayakan ditampung ke dalam suatu wadah untuk masuk ke proses pencampuran.



Gambar 9 preparasi limbah plastik: pencucian dilakukan untuk menghilangkan kotoran di dalam limbah plastik. Setelah dicuci, limbah plastik dipotong-potong hingga berukuran 3 sampai 5 cm dengan menggunakan gunting. Pemotongan dilakukan supaya mempermudah proses pirolisis.



Gambar 10 potongan plastik HDPE: kondisi potongan limbah plastik berupa cacahan yang masih berwujud padat. Plastik HDPE terdiri dari bermacam-macam jenis botol seperti botol sabun cair, sampo, karbol, dan *body lotion*. Massa cacahan plastik yang diproses sekitar 1 kg.



Gambar 11 tar HDPE: cairan tar plastik HDPE didapatkan dari kondensasi uap pirolisis plastik HDPE. Cairan saat pertama kali keluar dari pipa kondensasi berwarna coklat gelap, namun cepat mengeras pada suhu ruangan. Tar yang mengeras berwarna kuning kecoklatan. Volume tar HDPE setelah pirolisis dari penjumlahan ketiga botol tersebut kurang lebih 1 liter.



Gambar 12 pelelehan tar HDPE: proses pelelehan tar untuk memudahkan pada saat pencampuran dengan bioarang. Tar HDPE dilelehkan dengan mencelupkan botol (wadah) tar ke dalam air mendidih. Setelah berubah wujud menjadi cair, tar dapat digunakan ke dalam campuran briket.



Gambar 13 pencampuran briket: campuran briket terdiri dari bioarang eceng gondok, tar HDPE yang telah dicairkan, dan perekat lem kayu. Proses pencampuran dilakukan bertahap dengan memasukkan bioarang ke dalam wadah, menambahkan tar HDPE, kemudian lem kayu. Pencampuran bahan-bahan mengikuti variasi seperti yang telah dijelaskan pada bagian metode, 100 EG:25 HDPE, 100 EG:50 HDPE, 100EG:75 HDPE.



Gambar 14 pencetakan briket: campuran briket dari proses sebelumnya dicetak dengan cetakan khusus briket. Campuran biobriket dimasukkan secara bertahap ke dalam cetakan silinder berukuran tinggi 10 cm dan diameter 5 cm. Cetakan dibawa menuju alat kempa seketika isinya penuh.



Gambar 15 pengempaan briket: pengempaan dilakukan dengan alat kempa manual. Campuran briket di dalam cetakan diletakkan pada alat kempa sedemikian rupa sehingga dapat ditekan saat tuas kempa didorong. Tekanan kempa yang digunakan adalah 150 kg/cm² dengan lama pengempaan 10 menit.



Gambar 16 hasil cetakan briket: briket yang sudah dicetak dan dikempa disajikan berurutan. Dari kanan ke kiri adalah briket dari variasi 100 EG:25 HDPE, 100 EG:50 HDPE, dan 100 EG:75 HDPE. Gelas ukur di sebelah kiri dapat digunakan sebagai pembanding ukuran briket di dalam foto.

Lampiran 6 Dokumentasi pada saat Pengujian Laju Pembakaran Briket



Gambar 1 proses pengujian laju pembakaran briket: briket dibakar di dalam mesin pemanas pada suhu 400°C, digantung di bawah neraca analitik. Pengamatan yang dilakukan antara lain perubahan suhu pada tampilan mesin pemanas, perubahan massa pada neraca analitik, dan kondisi briket. Pengamatan dilakukan selama 180 menit. Hasil akhir dari pengujian laju pembakaran adalah nilai besarnya massa briket yang terbakar tiap detik.



Gambar 2 pengamatan pada menit ke-15 variasi 100 EG:25 HDPE: pengamatan kondisi briket variasi 100 EG:25 HDPE pada menit ke-15 yaitu saat terjadinya puncak selisih massa. Foto diambil saat briket dibakar di dalam mesin pemanas, terlihat asap putih dan briket mulai berubah warna menjadi putih.



Gambar 3 observasi menit ke-70 variasi 100 EG:25 HDPE: pengamatan kondisi briket variasi 100 EG:25 HDPE saat dibakar di dalam mesin pemanas. Pengamatan pada menit ke-70 yaitu saat muncul api pada variasi ini, selain itu selisih massa puncak kedua sebesar 2,07 gram. Api yang teramati berwarna merah, kecil, tidak stabil, dan singkat, serta briket berwarna putih.



Gambar 4 pengamatan pada menit ke-20 variasi 100 EG:50 HDPE: pengamatan uji laju pembakaran pada briket variasi 100 EG:50 HDPE saat dibakar di dalam mesin pemanas. Observasi pada menit ke-20 yaitu terjadinya puncak selisih massa sebesar 9,36 gram dan suhu tertinggi yaitu 485°C. Api menyala selama kurang lebih 37 menit, berukuran sedang, dan berwarna merah. Warna briket saat pengamatan berwarna putih



Gambar 5 pengamatan pada menit ke-15 variasi 100 EG:75 HDPE: pengamatan kondisi briket variasi 100 EG:75 HDPE saat dibakar di dalam mesin pemanas. Puncak suhu sebesar 520°C dan selisih massa terbesar (11,35 gram) terjadi pada pengamatan menit ke-15. Diamati pula api yang paling besar dibanding dua variasi lainnya, berwarna merah, dan nyala paling lama kurang lebih 40 menit. Warna briket berubah menjadi putih.

RIWAYAT HIDUP

Naufal Amanu lahir di Kabupaten Bandung, tanggal 2 November tahun 1998, putra ke dua dari dua bersaudara. Ayah bernama Budi Kristanto, ibu bernama Wiwin Winarti, dan kakak perempuan bernama Nabila Aini. Pendidikan ditempuh di Kota Semarang, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 18 ditempuh selama 3 tahun dari 2011 hingga tahun 2014. Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 5 Kota Semarang ditempuh selama 3 tahun dari 2014 hingga 2017. Pada tahun 2017 melanjutkan studi strata 1 di program studi Teknik Lingkungan, FTSP, Universitas Islam Indonesia.

Selama berkuliah, penulis aktif mengikuti beberapa rekrutmen kepanitiaan, pengurus kegiatan mahasiswa dan perlombaan. Prestasi akademik yang pernah diraih antara lain sebagai finalis pada Lomba Karya Tulis Ilmiah *"Chemical Engineering Competition (Chemition) 2021"* yang diselenggarakan oleh Prodi Teknik Kimia Universitas Pertamina, serta mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) bidang Pengabdian Masyarakat Kemendikbud RI tahun 2019 lolos hingga tahap universitas. Beberapa keikutsertaan dalam kepanititaan antara lain dalam acara "Labma Scientific Fair 2019" yang merupakan acara lomba karya tulis ilmiah dan seminar nasional yang diadakan oleh Laboratorium Mahasiswa UII, serta acara yang diselenggarakan oleh Kemahasiswaan UII "STUFEST 2020" merupakan webinar dan talkshow. Selain itu acara yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan UII seperti acara keolahragaan "Enviro Champions 2018" dan malam keakraban "Lintas Lingkungan 2018". Penulis juga mengikuti kepengurusan unit kegiatan mahasiswa (UKM) olah raga badminton di Universitas Islam Indonesia periode 2018-2019.

Selama menempuh pendidikan di sekolah menengah, penulis aktif mengikuti organisasi kepramukaan dan terpilih menjadi pemimpin dua kali berturut-turut. Pada saat SMP terpilih menjadi ketua Dewan Galang (pramuka tingkat penggalang), dan saat SMA terpilih menjadi ketua Dewan Ambalan (pramuka tingkat penegak). Tak hanya rajin berkuliah, penulis juga mengikuti rekrutmen asisten dosen dan asisten praktikum, yaitu asisten dosen pada kuliah lapangan Ilmu Kebumian dan mata kuliah Mekanika Fluida II, dan asisten praktikum Laboratorium Lingkungan serta praktikum Teknik Lingkungan I.