ANALISIS MUTU BAHAN BAKAR BIOPELET DARI KOMBINASI LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT *(Elaeis guineensis jacq)* DAN CANGKANG METE *(Anacardium occidentale)*

SKRIPSI

Oleh:
WIWIQ MULAWATI ANUGRAH
16 22 060 141

PROGRAM STUDI AGROINDUSTRI
JURUSAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN
POLITEKNIK PERTANIAN NEGERI PANGKAJENE KEPULAUAN
2020

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS MUTU BAHAN BAKAR BIOPELET DARI KOMBINASI LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT *(Elaeis guineensis jacq)* DAN CANGKANG METE *(Anacardium occidentale)*

SKRIPSI

Oleh :
WIWIQ MULAWATI ANUGRAH
1622060141

Skripsi ini Sebagai Syarat untuk Menyelesaikan Studi pada
Program Studi Agroindustri Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan
Politeknik Pertanian Negeri Pangkep

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I	Pembimbing II
Gusni Sushanti, S.T., M.T	**Dr. Ir. Muhammad Fitri, MP**
NIP.19820803 201404 2 001	NIP. 19620803 199403 1 002

Mengetahui:

Direktur	Ketua Jurusan TPHP
Dr. Ir. Dararmawan, M.P	**Dr. Andi Ridwan Makkulawu, S.T.,M.Sc**
NIP.196702021998031002	NIP. 19750626 200112 1 001

Tanggal Lulus : 22 Agustus 2020

HALAMAN PERSETUJUAN PENGUJI

JUDUL : Analisis Mutu Bahan Bakar Biopelet dari Kombinasi Limbah Cangkang Kelapa Sawit *(Elaeis guineensis jacq)* dan Cangkang Mete *(Anacardium occidentale)*

NAMA : Wiwiq Mulawati Anugrah

NIM 1622060141

PROGRAM STUDI : Agroindustri

JURUSAN : TEKNOLOGI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN

Menyetujui:

Tim Penguji

1. Gusni Sushanti, S.T., M.T (.....)
2. Dr. Ir. Muhammad Fitri, MP (.....)
3. Dr. Sriwati Malle, S.T.P., M.Kes (.....)
4. Ilham Ahmad, S.T., M.T (.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Dr. Ir. Sitti Nurmiah, M.Si
NIP. 19670105 200112 2 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya Menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pangkep, 05 Juli 2020
Yang Menyatakan,

Wiwiq Mulawati Anugrah

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Analisis Mutu Bahan Bakar Biopelet dari Kombinasi Limbah Cangkang Kelapa Sawit *(Elaeis Guineensis Jacq)* dan Cangkang Mete *(Anacardium occidentale)*" Skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada ayahanda Hasbi dan ibunda Martina serta segenap keluarga besar tercinta yang telah memberikan bantuan moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, hanya do'a dan bakti penulis yang dapat persembahkan pada Ayahanda dan Ibunda serta segenap keluarga atas segala pengorbanannya karena penulis yakin dari sanalah semua kesuksesan ini berawal, semoga semua ini bisa memberikan sedikit kebahagiaan dan menuntun pada langkah yang lebih baik lagi.

Secara khusus penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Darmawan. MP selaku Direktur Politeknik Pertanian Negeri Pangkep.
2. Bapak Dr. A. Ridwan Makkulawu, S.T.,M.Si selaku Ketua Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan.
3. Ibu Dr. Ir. Sitti Nurmiah, M.Si selaku Ketua Program Studi Agroindustri
4. Ibu Gusni Sushanti, S.T., M.T selaku pembimbing pertama dan Bapak Dr. Ir. Muhammad Fitri, MP selaku pembimbing kedua
5. Seluruh Sivitas Akademik Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan Politeknik Pertanian Negeri Pangkep.
6. Seluruh Sivitas Akademik Program Studi Agroindustri Politeknik Pertanian Negeri Pangkep.
7. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Program Studi Agroindustri.
8. Tim laboratorium PT. Kresna Duta Agroindo

Meskipun penulis berharap isi dari skripsi ini bebas dari kekurangan dan kesalahan, namun sebagai manusia biasa selalu ada yang kurang. Oleh karena itu, saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Pangkep, 05 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PERSETUJUAN PENGUJI iii

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN iv

KATA PENGANTAR..... v

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR..... x

DAFTAR LAMPIRAN xi

ABSTRACT xii

RINGKASAN..... xiii

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cangkang Kelapa Sawit 5
2.2 Cangkang Mete 7
2.3 Biopelet 9
2.4 Bahan Bakar Alternatif 11
2.5 Bahan Perekat..... 12
2.6 Proses Densifikasi 14

III. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat 15

3.2 Alat dan Bahan 15
3.3 Diagram Alir dan Proses Penelitian 16
3.4 Prosedur Kerja Pembuatan Bahan Bakar Biopelet 17
3.5 Metode Penelitian 17
3.6 Parameter Pengamatan 18

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Massa Jenis 24
4.2 Kadar Air 25
4.3 Kadar Abu 27
4.4 Nilai Kalor 28
4.5 Lama Pembakaran 30
4.6 Warna Nyala Api 31

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan 33
5.2 Saran 33

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Halaman

1. Tabel 1. Kandungan Cangkang Kelapa Sawit 6
2. Tabel 2. Riwayat Penelitian Terdahulu 10
3. Tabel 3. Karakteristik Biopelet 11
4. Tabel 4. Perbandingan Cangkang Kelapa Sawit dan Cangkang Mete..... 18
5. Tabel 5. Hasil Analisis Biopelet 24
6. Tabel 6. Warna Nyala Api 31

DAFTAR GAMBAR

Halaman

1. Gambar 2.1 Cangkang Kelapa Sawit 5
2. Gambar 2.2 Cangkang Mete 8
3. Gambar 2.3 Biopelet 9
4. Gambar 3.1 Alur Proses Pembuatan Biopelet dari Cangkang Kelapa Sawit dan Cangkang Mete 16
5. Gambar 3.6.4 Bomb Calorimeter 19
6. Gambar 3.6.6.1 Nyala Api Merah 21
7. Gambar 3.6.6.2 Nyala Api Biru pada Kompor Gas 21
8. Gambar 3.6.6.3 Nyala Api Putih pada Proses Produksi Pabrik 22
9. Gambar 3.6.6.4 Nyala Api Bunsen Burner 22
10. Gambar 4.1 Diagram Hasil Analisis Massa Jenis Biopelet 25
11. Gambar 4.2 Diagram Hasil Analisis Kadar Air 26
12. Gambar 4.3 Diagram Hasil Analisis Kadar Abu 27
13. Gambar 4.4 Diagram Hasil Analisis Nilai Kalor 29
14. Gambar 4.5 Diagram Hasil Analisis Laju Pembakaram 30

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

1. Lampiran 1. Hasil Analisis Cangkang Kelapa Sawit dan Cangkang Mete..... 38
2. Lampiran 2. Hasil Analisis *Statistical Product and Solution* (SPSS) 40
3. Lampiran 3. Hasil Analisis *Statistical Product and Solution* (SPSS) Lanjutan..... 41
4. Lampiran 4. Hasil Analisis *Statistical Product and Solution* (SPSS) Lanjutan..... 43
5. Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian..... 45
6. Lampiran 6. Dokumentasi Pembuatan Biopelet 48

ABSTRACT

Wiwiq Mulawati Anugrah. 1622060141. Quality Analysis of Biopelet Fuels from Combination of Palm Oil Shell Waste *(Elaeis Guineensis Jacq)* and Cashew shells *(Anacardium occidentale)*. Advisor I Mrs. Gusni Sushanti, S.T., M.T. and Supervisor II Mr. Dr. Ir. Muhammad Fitri, MP.

The purpose of this research is to study the process of making biopelet and determine the characteristics (density, ash content, moisture content and calorific value) of biopelet from palm oil shell waste (*Elaeis guineensis jacq*) and cashew shell (*Anacardium occidentale*).

This observation begins with the preparation of raw materials, drying, crushing, sifting, weighing, mixing, printing, drying and analysis. This study uses a method with a comparison of types of biopelet making materials (palm shells and cashew shells) with certain compositions that aim to observe the effect of the combination of ingredients on the quality produced. The study design was a completely randomized design with different biopelet formulations treated with a comparison of oil palm shells and cashew shells.

Quality analysis of the quality of biopelet fuels from palm shells and cashew shells using Anova and continued with Duncan method. Where the treatment of the concentration of the oil palm shell and the shell of the cashew can be seen that the significant value of density, water content, ash content, and burning time are below 0.05, which means that the treatments are significantly different. The results showed that the best palm shell and cashew shell formulations were A_1B_2 samples with 0% palm shell concentration and 100% shell cashew.

Keywords: *Palm kernel shell, cashew shell, Biopelet*

RINGKASAN

Wiwiq Mulawati Anugrah. 1622060141. Analisis Mutu Bahan Bakar Biopelet dari Kombinasi Limbah Cangkang Kelapa Sawit *(Elaeis Guineensis Jacq)* dan Cangkang Mete *(Anacardium occidentale)*. Pembimbing I Ibu Gusni sushanti, S.T., M.T. dan Pembimbing II Bapak Dr. Ir. Muhammad Fitri, MP.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari proses pembuatan biopelet dan Menentukan karakteristik (massa jenis, kadar abu, kadar air, nilai kalor, laju pembakaran dan warna api) biopelet dari limbah cangkang kelapa sawit *(Elaeis guineensis jacq)* dan cangkang mete *(Anacardium occidentale)*.

Pengamatan ini diawali dengan persiapan bahan baku, pengeringan, penghancuran, pengayakan, penimbangan, pencampuran, pencetakan, pengeringan dan analisis. Penelitian ini menggunakan metode dengan perbandingan jenis bahan pembuat biopelet (cangkang kelapa sawit dan cangkang mete) dengan komposisi tertentu yang bertujuan untuk mengamati pengaruh kombinasi komposisi bahan terhadap mutu yang dihasilkan. Rancangan penelitian adalah rancangan acak lengkap dengan perlakuan formulasi biopelet yang berbeda dengan perbandingan cangkang kelapa sawit dan cangkang mete.

Analisis mutu Bahan Bakar biopelet dari cangkang sawit dan cangkang mete menggunakan Anova dan dilanjutkan dengan metode Duncan. Dimana Perlakuan konsentrasi cangkang kelapa sawit dan cangkang mete terlihat bahwa nilai signifikan massa jenis, kadar air, kadar abu, dan lama pembakaran di bawah 0,05, yang berarti antar perlakuan berbeda nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua biopelet yang dihasilkan sesuai dengan SNI dan yang terbaik adalah sampel A_1B_2 dengan konsentrasi cangkang kelapa sawit 0% dan cangkang mete 100%.

Kata kunci : *Cangkang kelapa sawit, cangkang mete, Biopelet*

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunan energi berbasis bahan bakar fosil di Indonesia sudah sangat familiar seperti batu bara, minyak bumi, gas bumi yang digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik, transportasi, dan lainnya. Energi tak terbarukan ini ketersediaanya terbatas sehingga apabila energi ini habis, maka tidak dapat diperbarui kembali dan juga banyak dampak negatif dari energi tak terbarukan bagi lingkungan sekitar. Secara Administratif Luas wilayah Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan 12.362,73 Km^2 (setelah diadakan analisis Bakosurtanas) untuk wilayah laut seluas 11.464,44 Km^2, dengan pulau sebanyak 115 pulau, 73 pulau berpenghuni dan 42 yang tidak perpenghuni. Dimana pulau berpenghuni tersebut memiliki kendala yaitu keterbatasan bahan bakar. Energi terbarukan adalah jawaban dari permasalahan tersebut, di Indonesia sendiri tersedia berbagai macam energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan dan dimaksimalkan kegunaannya. Salah satu dari energi terbarukan yang potensial di Indonesia adalah biopelet, hal ini disebabkan Indonesia memiliki banyak indsutri disektor perkebunan dan pertanian. Limbah dari industri tersebut seperti limbah kelapa sawit, limbah jambu mete, limbah kayu, limbah padi, dan lainnya dapat dijadikan bahan baku pembuatan biopelet.

Biopelet adalah salah satu bahan bakar terbarukan yang berasal dari biomassa. Biopelet dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler pada industri dan pemanas ruangan. Bahan baku biopelet berasal dari limbah. Salah satu limbah industri perkebunan di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah cangkang kelapa sawit dan cangkang mete. Cangkang kelapa sawit merupakan limbah yang berasal dari kelapa sawit yang akan diolah menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) salah satu prosesnya yaitu pemisahan inti dari cangkang. Rata-rata sebuah pabrik pengolah kelapa sawit (PKS) mempunyai

kapasitas olahan 30 - 50 ton kelapa sawit per jam, sedangkan limbah yang dihasilkan bisa mencapai 2 kali lipatnya. Limbah pengolahan kelapa sawit itu berupa cangkang dan serabut/fiber (Asosiasi Pengusaha Cangkang Sawit Riau, 2013). Menurut Fauzi et al. (2002) jumlah cangkang kelapa sawit mencapai 60% dari produksi minyak inti atau PKO *(Palm Kernel Oil)*. Cangkang kelapa sawit mengandung 29.4% lignin, 27.7% hemiselulosa, 26.6% selulosa, dan 4.2% ekstraktif (Pranata, 2007). Cangkang kelapa sawit biasanya digunakan sebagai bahan pembakaran boiler atau dibakar langsung menjadi abu.

Tanaman jambu mete atau dengan nama latin *Anacardium occidentale* merupakan salah satu komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi. Saat ini pemanfaatannya baru terbatas hanya pada biji metenya saja, terutama pemanfaatannya sebagai makanan ringan dan untuk bahan pengisi kue. Satu bagian dari manfaat tumbuhan jambu mete selain kulit batang, pucuk daun, dan daging buahnya yang ternyata belum banyak dikenal masyarakat luas adalah potensi kulit bijinya. Biji jambu mete terdiri dari 70% cangkang dan 30% daging biji. Jumlah produksi jambu mete di Indonesia 127.605 ton/ha pada tahun 2017 (Statistik Perkebunan Indonesia. 2017), sehingga limbah cangkang mete yang dihasilkan sebesar 89.323,5 ton /ha.

Pengunaan biopelet di Indonesia sendiri masih terbatas padahal sumber daya biopelet di Indonesia sangatlah melimpah seperti limbah dari industri perkebunan, pertanian, kayu dan lainnya. Biopelet adalah bahan bakar biomassa berbentuk pelet yang memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembapan, densitas, dan kandungan energi. Biopelet merupakan salah satu bentuk energi biomassa yang diproduksi pertama kali di Swedia pada tahun 1980-an. Biopelet dibuat dari sisa limbah terutama serbuk kayu (Abellon Clean Energy, 2009). Terdapat 4 tahapan proses pembuatan biopelet, yaitu pengeringan, penggilingan, pencetakan, dan pendinginan (Septiandy, 2015). Biopelet dapat digunakan sebagai penghasil panas bagi pemukiman atau industri skala kecil. Biopelet

memiliki ukuran diameter 6–12 mm serta panjang 10 - 20 mm (Jonnson, 2006). Jika ingin digunakan sebagai biopelet maka perlu dilakukan penelitian secara mendalam tentang inovasi limbah cangkang kelapa sawit dan cangkang mete sebagai bahan bakar alternatif. Sehingga dihasilkan biopelet cangkang kelapa sawit dan cangkang mete yang memiliki daya tahan tinggi. Selain itu menekan biaya produksi serta harga biopelet cangkang kelapa sawit dan cangkang mete akibat semakin meningkatnya harga cangkang kelapa sawit di pasaran.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu:

a. Berapa perbandingan formulasi pembuatan biopelet dari limbah cangkang kelapa sawit *(Elaeis guineensis jacq)* dan cangkang mete *(Anacardium occidentale)* yang terbaik?
b. Bagaimana karakteristik (massa jenis, kadar abu, kadar air, nilai kalor, laju pembakaran dan warna nyala api) biopelet dari limbah cangkang kelapa sawit *(Elaeis guineensis jacq)* dan cangkang mete *(Anacardium occidentale)*?
c. Bagaimana pengaruh nilai kalor terhadap laju pembakaran pada biopelet dari limbah cangkang kelapa sawit *(Elaeis guineensis jacq)* dan cangkang mete *(Anacardium occidentale)?*

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

a. Membandingkan beberapa formulasi pembuatan biopelet dari limbah cangkang kelapa sawit *(Elaeis guineensis jacq)* dan cangkang mete *(Anacardium occidentale)*
b. Menganalisis karakteristik (massa jenis, kadar abu, kadar air, nilai kalor, laju pembakaran dan warna nyala api) biopelet dari limbah cangkang kelapa sawit *(Elaeis guineensis jacq)* dan cangkang mete

(Anacardium occidentale)

c. Menganalisis pengaruh nilai kalor terhadap laju pembakaran pada biopelet dari limbah cangkang kelapa sawit *(Elaeis guineensis jacq)* dan cangkang mete *(Anacardium occidentale)*

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq)*

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Tempurung kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang aktif dapat dibuat dengan melalui proses karbonisasi pada suhu 550 ℃ selama kurang lebih tiga jam. Karakteristik arang aktif yang dihasilkan melalui proses tersebut memenuhi SII (Standar Industri Indonesia), kecuali kadar abu. Tingkat keaktifan arang cukup tinggi. Hal ini terlihat dari daya serap iodnya sebesar 28,9% . (Andriati Amir, 2003).



Gambar 2.1 Cangkang Kelapa Sawit

(Sumber :Cangkang sawit, 2019)

2.1.1 Taksonomi Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit termasuk ke dalam tanaman monokotil. Menurut (Wahyuni,2007). Secara taksonomi kelapa sawit dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Divisi : *Spermatophyta*
Subdivisi : *Angiospermae*
Kelas : *Monocotyledonae*
Ordo : *Palmales*
Famili : *Palmae*
SubFamili : *Cocoideae*
Genus : *Elaeis*
Spesies : 1. *Elaeis guineensisJacq*
2. *Elaeis oleifera Cortes* atau *Elaeis melanococca*

2.1.2 Kandungan Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit ini termasuk dalam golongan kayu keras, dan secara kimia memiliki komposisi kimia yang hampir mirip dengan kayu. Cangkang kelapa sawit ini tersusun dari *lignin, cellulose,* dan *hemicellulose* dengan komposisi yang berbeda-beda. Kandungan lignin pada cangkang sawit sebesar 29,4%, selulosa sebesar 26.6% dan hemiselulosa sebesar 27,7% bahan organik yang mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena sangat efektif mengadsorpsi limbah cair dan lain-lain. Selain itu lignin dan selulosa sebagian besar tersusun dari unsur karbon yang pada umumnya dapat dijadikan karbon. Cangkang sawit termasuk bahan berlignoselulosa berkadar karbon tinggi dan memiliki massa jenis lebih dari pada kayu sebesar 1,4 g/ml. Dimana semakin besar massa jenis bahan baku, daya serap arang aktif yang dihasilkan akan semakin besar sehingga baik untuk dijadikan karbon aktif (Purwanto. 2011). Adapun kandungan yang terdapat dalam cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Cangkang Kelapa Sawit

No	Parameter	Hasil (%)
1	Kadar air	7,8
2	Kadar abu	2,2
3	Kadar yang menguap	69,5
4	Karbon aktif murni	20,5

Sumber : Kim dkk, 1996

2.1.3 Manfaat Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Biopelet

Industri-industri sekarang mulai beralih dari batu bara ke cangkang sawit sebagai bahan bakarnya. Ada beberapa alasan yang menjadi dasar pertimbangan mengapa mereka memilih cangkang sawit sebagai bahan bakar:

a. *Cost Saving* / Penghematan Biaya

   Dengan pemakaian cangkang sawit biaya yang dialokasikan untuk supply bahan bakar bisa ditekan.

b. *Pollution Reduction* / Polusi Udara

Penggunaan cangkang sawit lebih ramah lingkungan . Karena kadar sulphur carbon yang terkandung dalam sawit relatif rendah. Sehingga pada proses pembakaran pencemaran lebih sedikit dibandingkan batu bara.

c. *Natural Resources Conservation* / Pelestarian Sumber Daya Alam

Cangakang sawit merupakan bagian dari tanaman sawit yang bisa diperbarui/renewable. Beda halnya dengan batu bara yang merupakan bahan tambang yang sulit untuk diperbarui.

d. *Avaibility Of Stock* / Ketersediaan Stok

Karena cangkang sawit merupakan sumber daya yang bisa diperbarui, tidak ada kekawatiran terhadap kekurangan pasokan atau suply.

Berdasarkan pertimbangan di atas, industri semakin yakin untuk menggunakan cangkang sawit sebagai sumber energi. (Aspacasri, 2013)

2.2 Cangkang Mete (*Anacardium occidentale*)

Tanaman jambu mete (*Anacardium occidentale*) merupakan tanaman berakar tunggang yang dapat tumbuh dengan baik di Indonesia yang beriklim tropis. Produknya yaitu kacang mete merupakan produk ekspor yang potensial. Perkebunan jambu mete sebagian besar (± 98%) merupakan perkebunan rakyat dengan sentra pengembangan jambu mete adalah Jawa, NTT, Bali, dan Sulawesi. Adapun luas lahan terbesar di Nusa Tenggara dan Bali (45.18%), Sulawesi (34.68%) dan Jawa (16.5%) (Saenab, Andi dkk. 2016).

Jambu mete telah lama dikenal dan dibudidayakan di Indonesia. Hasil utama jambu mete adalah gelondong (biji) mete, gelondong mete dikupas kulitnya untuk mendapatkan kacang mete. Kulit gelondong mete terdapat minyak laka atau C*ashew Nut Shell Liquid* (CNSL) atau cairan cangkang mete (CKBM). Kacang mete (*Cashew Kernel*) dapat dikonsumsi sebagai makanan kecil (*snack*) serta bahan baku pada industri makanan (Yokasing,Y.B. dkk. 2017).

Produk utama tanaman jambu mete adalah kacang mete, sedangkan limbahnya adalah buah semu dan cangkang mete. Potensi limbah cangkang mete di Indonesia cukup besar sehingga dapat dimanfaatkan menjadi campuran

bioarang. Persentase cangkang mete di dalam gelondong sekitar 45-50% (Muljohardjo. 1991. dalam Saenab, Andi dkk. 2016).



Gambar 2.2. Cangkang mete
(sumber :Rahmadsyah, Agung. Riana. 2015)

2.2.1 Taksonomi Tanaman Jambu Mete

Menurut Hidayat dan Estiti (1995), dalam tatanama atau sistematika (*taksonomi*) tanaman, jambu mete diklasifikasikan sebagai berikut :

Divisi : *Spermatophyta*
Subdivisi : *Angiospermae*
Kelas : *Dicotyledonae*
Ordo : *Sapindales*
Famili : *Anacardiaceae*
Genus : *Anacardium*
Spesies : *Annacardium occodentale*L

Secara *taksonomi*, jambu mete ini sama sekali bukan anggota jambu-jambuan (*Myrtaceae*) maupun kacang-kacangan (*Fabaceae*), melainkan malah lebih dekat kekerabatannya dengan mangga (suku *Anacardiaceae*).

2.2.2 Kandungan Cangkang Mete

Bagian biji dan kulit jambu mete mengandung minyak. Biji jambu mete terdiri dari 70% kulit biji dan 30% daging biji (kernel), Kulit (shell) mengandung minyak sekitar 50% yang dikenal dengan *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL). Komponen minyak jambu mete terdiri dari asam anakardat sekitar 90% dan kardol sebesar 10% (Simpen, 2008).

Komponen utama penyusun CNSL terdiri atas senyawa asam anakardat, kardanol dan kardol, dimana senyawa tersebut merupakan senyawa fenol alami (Cardolite Corporation, 2005). Senyawa kardanol mempunyai struktur kimia yang mirip dengan fenol sintetik, sehingga berpeluang untuk mensubstitusi maupun menggantikan senyawa fenol sintetik dari turunan minyak bumi.

2.2.3 Manfaat Cangkang Mete Sebagai Biopelet

Senyawa CNSL serta produk turunannya mempunyai biodegrabilitas tinggi, sehingga merupakan produk yang ramah lingkungan, berbeda dengan senyawa fenol sintetis yang sulit terdegradasi oleh alam. Tyman dan Bruce (2004) menyatakan bahwa senyawa surfaktant turunan CNSL seperti *kardanol polietoksilat* dan *kardol polietoksilat* dalam periode 28 hari terdegradasi masing-masing sebanyak 75% dan 64%, adapun surfaktant *t-nonilphenil polietoksilat* yang disintesa dari turunan minyak bumi pada periode yang sama hanya terdegradasi sebanyak 13%. Cardolite Corporation (2006) menyatakan bahwa CNSL dan produk turunannya mempunyai biodegrabilitas tinggi, dimana dalam penelitiannya terhadap destilat CNSL, dalam periode 28 hari telah terdegradasi sebanyak 96%.

2.3 Biopelet



Gambar 2.3 Biopelet

Biopelet adalah jenis bahan bakar padat berbasis limbah biomassa yang memiliki ukuran lebih kecil dari briket (Windarwati, 2011). Bahan tambahan perekat tapioka dan sagu merupakan bahan yang sering digunakan dalam pembuatan biopelet karena mudah didapat, harganya pun relatif murah dan dapat menghasilkan kekuatan rekat kering yang tinggi. Penggunaan perekat tidak melebihi 5% karena semakin besar penambahan perekat, maka akan mengakibatkan bertambahnya kadar air pada biopelet. Hal ini akan mengurangi nilai pembakaran biopelet (Zamirza, 2009).

Tabel 2. Riwayat Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Kondisi	Kelebihan	Kekurangan
1	Karakteristik dan uji pembakaran biopelet campuran cangkang kelapa sawit dan serbuk kayu sebagai bahan bakar alternative terbarukan (Muhammad Gifani Al Qadry, *et al*, 2018)	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen adalah 100%:30%, 70%:30%, 50%:50%, dan 30%:70%	Biopelet dengan kualitas terbaik terdapat pada jenis biopelet dengan persentasi 70% cangkang kelapa sawit dan 30% serbuk kayu.	Biopelet habis terbakar sampai dengan menit 23
2	Karakteristik wood pellet dari limbah kayu karet sebagai alternatif sumber energi terbarukan	Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari tiga perlakuan dan tiga kali ulangan	Perlakuan dengan serbuk kayu karet 1,5 kg + tapioka 30% Dari berat serbuk + air 300 ml yang memiliki karakteristik yang sesuai atau mendekati dengan SNI	Lama pembakaran berkisar antara 5,42 menit/200gr – 7,29 menit/200gr
3	Karakteristik karbon pelet campuran rumput gajah (*Pennisetum purpureum scumach*) dan tempurung nyamplung (*Calophyllim inophyllum*Linn.)	Penelitian ini menggunakan percobaan satu faktor yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali	Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi campuran 75% arang rumput gajah dan 25% arang tempurung nyamplung direkomendasikan untuk karbon pelet karena komposisi tersebut semakin meningkat sifat fisik karbon pelet.	Kadar zat terbang berkisar antara 25,16-26,92% , bila dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000 mengenai briket arang kayu mensyarakatkan zat terbang maksimum 15% maka hasil penelitian ini belum memenuhi standar.

Menurut (Saptoadi 2006), proses pemanfaatan biomassa menjadi briket atau pelet dilakukan untuk :

1. Meningkatkan kerapatan energi bahan,
2. Meningkatkan kapasitas panas (kemampuan untuk menghasilkan panas dalam waktu lebih lama dan mencapai suhu yang lebih tinggi).
3. Mengurangi jumlah abu pada bahan bakar.

Pelet merupakan salah satu bentuk energi biomassa, yang diproduksi pertama kali di Swedia pada tahun 1980-an. Pelet merupakan hasil pengempaan biomassa yang memiliki tekanan yang lebih besar jika dibandingkan dengan briket (60 kg/m3, kadar abu 1% dan kadar air kurang dari 10%) (El Bassam dan Maegaard 2004).

Pelet diproduksi oleh suatu alat dengan mekanisme pemasukan bahan secara terus-menerus serta mendorong bahan yang telah dikeringkan dan termampatkan melewati lingkaran baja dengan beberapa lubang yang memiliki ukuran tertentu. Proses pemampatan ini menghasilkan bahan yang padat dan akan patah ketika mencapai panjang yang diinginkan (Ramsay 1982 dalam Zamiraza, 2009).

Adapun beberapa karakteristik yang ada pada biopelet, seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Biopelet

No.	Karakteristik Biopelet	
1.	Kadar Air	Maks 12%
2.	Nilai Kalor	Min 4.000 kkal/kg
3.	Kadar Abu	Maks 1,5%
4.	Massa Jenis	Min 0,8 g/cm^3.

Sumber : (SNI, 802-2014*)*

2.4 Bahan Bakar Alternatif

Bahan bakar alternatif adalah bahan bakar yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar konvensional. Ini menuntut kita untuk dapat menghasilkan bahan bakar selain bahan bakar fosil/minyak bumi karena minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Bahan bakar minyak, yang lebih kita kenal dengan BBM merupakan bahan bakar yang diproses

dan diolah dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Karena sifatnya yang tidak dapat diperbaharui ini maka minyak sebagai sumber bahan bakar akan semakin menipis dan habis pada suatu saat nanti. Bahan bakar minyak merupakan sumber energi utama dalam menggerakkan roda kehidupan dunia, termasuk didalamnya roda ekonomi. Tanpa adanya bahan bakar, transportasi akan berhenti, industry akan tutup dan roda perekonomian akan berhenti (Mujab ahmad, 2016).

2.5 Bahan Perekat

Perekat adalah suatu zat atau bahan yang memiliki kemampuan untuk mengikat dua benda melalui ikatan permukaan. Bahan perekat sangat dibutuhkan dalam pembuatan briket bioarang, hal ini dikarenakan sifat alami dari bubuk arang yang cenderung saling memisah. Bahan perekat dapat menyatukan bubuk arang sehingga dapat dibentuk menjadi briket. Pemilihan jenis bahan perekat sangat mempengaruhi kualitas bioarang (Faizal, Muhammad dkk, 2018).

Menurut Kurniawan et al (2008) dalam (Faizal, Muhammad dkk, 2018), ada beberapa jenis perekat yang biasa digunakan untuk briket arang yaitu :

a. Perekat Aci (kanji)

Proses pembuatannya sangat, sederhana, yaitu cukup dengan mencampurkan tepung tapioka dan air, lalu campuran tersebut dipanaskan di atas api.

b. Perekat Tanah Liat (tanah lempung/*clay*)

Perekat tanah liat atau tanah lempung dapat digunakan sebagai perekat bahan berdasar karbon dengan mengayak tanah liat hingga halus, lalu diberi air sampai campuran menjadi lengket.

c. Perekat Getah Karet

Daya lekat bahan perekat dari getah karet lebih kuat dibandingkan dengan jenis perekat yang lainnya. Briket arang dengan bahan perekat ini menghasilkan asap tebal berwarna hitam dan beraroma tidak enak ketika dibakar, sehingga sebisa mungkin penggunaan perekat ini dihindari.

d. Perekat Getah Pinus

Sama seperti perekat getah karet, hanya saja memiliki keunggulan. Keunggulannya adalah daya benturan briket yang cukup kuat walaupun briket dijatuhkan dari tempat yang tinggi atau dilemparkan dengan keras.

e. Perekat Sintetis

Perekat sintetis adalah bahan perekat khusus yang diproduksi oleh pabrik atau industri pengolahan kayu. Perekat jenis ini mempunyai daya lekat yang sangat kuat, tetapi tidak ekonomis jika digunakan dalam pembuatan briket.

Penggunaan bahan perekat dimaksud untuk menarik air dan membentuk tekstur padat atau mengikat dua substrat yang akan direkatkan. Kadar perekat ini menyatakan adanya bahan perekat maka susunan partikel akan semakin baik, teratur dan lebih padat sehingga dalam proses pengempaan keteguhan tekanan dan arang briket akan semakin baik. Penggunaan bahan perekat harus diperhatikan faktor ekonomi maupun non ekonomisnya (Silalahi, 2000. dalam Kholil, Abdullah. 2017).

Perekat terbuat dari tepung kanji mudah didapatkan dari toko makanan dan di pasar. Perekat ini memiliki daya ekonomis dan mudah didapatkan. Perekat ini biasa digunakan untuk mengelem perangko dan kertas. Cara membuatnya sangat mudah yaitu cukup mencampurkan tepung kanji dengan air, lalu dididihkan diatas kompor. Selama pemanasan tepung diaduk terus menerus agar tidak menggumpal. Warna tepung yang semula putih akan berubah menjadi transparan setelah beberapa menit dipanaskan dan terasa lengket di tangan (Kholil, Abdullah. 2017).

Tepung kanji atau aci adalah tepung yang diperoleh dari umbi akar ketela pohon atau dalam bahasa indonesia disebut singkong. Tapioka memiliki sifat-sifat yang serupa dengan sagu, sehingga kegunaan keduanya dapat dipertukarkan. Tepung ini sering digunakan untuk membuat makanan, bahan perekat, dan banyak makanan tradisional yang menggunakan tapioka sebagai bahan bakunya (Faizal, Muhammad dkk, 2018). Menurut Prayitno (1995) dalam (Sulistyanto, Amin. 2007) penggunaan perekat pati memiliki beberapa keuntungan, antara lain : harga murah, mudah pemakaiannya, dapat menghasilkan kekuatan rekat kering yang

tinggi. Namun perekat ini memiliki kelemahan, seperti : ketahanan terhadap air rendah, mudah diserang jamur, bakteri dan binatang pemakan pati.

2.6 Proses Densifikasi

Proses densifikasi dilakukan pada bahan berbentuk curah atau memiliki sifat fisik yang tidak beraturan. Terdapat tiga tipe proses densifikasi, antara lain: *extruding*, *briquetting*, dan *pelleting*. Pada proses *extruding*, bahan dimanfaatkan menggunakan sebuah ulir (*screw*) atau piston yang melewati *dies* sehingga menghasilkan produk yang kompak dan padat. Proses *briquetting* menghasilkan produk berbentuk seperti tabung dengan ukuran diameter dan tinggi yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan. Proses *pelleting* terjadi karena adanya aliran bahan dari *roll* yang berputar disertai dengan tekanan menuju lubang-lubang *dies* pencetak biopelet. Peletisasi merupakan proses pengeringan dan pembentukan biomassa dengan menggunakan tekanan tinggi untuk menghasilkan biomassa padat berbentuk silinder dengan diameter maksimum 25 mm. Proses peletisasi bertujuan untuk menghasilkan bahan bakar biomassa dengan volume yang secara signifikan lebih kecil dan densitas energi lebih tinggi, sehingga lebih efisien untuk proses penyimpanan, transportasi, dan konversi ke dalam bentuk energi listrik atau energi kimia lainnya (AEAT2003).

III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember - Maret 2020 di Laboratorium Budidaya Perikanan Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene dan Kepulauan, Laboratorium Kimia PT. Kresna Duta Agroindo Kalimantan Timur dan Laboratorium kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3.2 Alat dan Bahan

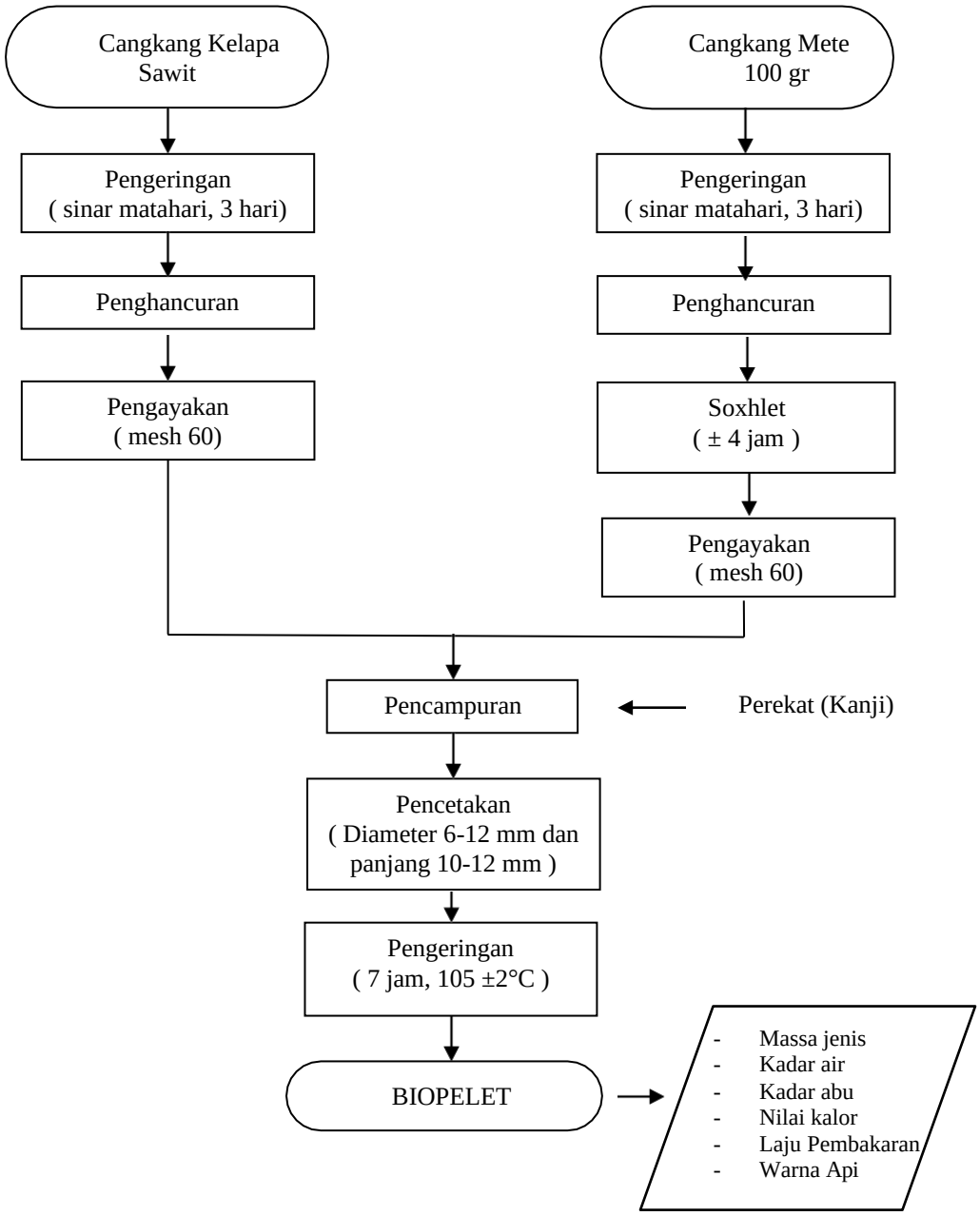
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Timbangan digital
- Alat penyaring 60 mesh
- Sedotan plastic
- Oven
- Gilingan tepung
- Soxhlet
- Kompor
- Spatula
- Mortar
- Crystallizing dish
- Baskom stainless
- Nampan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Cangkang kelapa sawit
- Cangkang mete
- Perekat (kanji)
- Air

3.3 Diagram Alir dan Prosedur Penelitian



Gambar 3.1. Alur proses pembuatan Biopelet dari cangkang kelapa sawit dan cangkang mete

3.4 Prosedur Kerja Pembuatan Bahan Bakar Biopelet

a. Pengeringan Bahan Baku

Cangkang kelapa sawit dan cangkang mete dikeringkan dibawah sinar matahari agar mengurangi kandungan air yang terdapat pada bahan selama 3 hari.

b. Penghancuran

Cangkang kelapa sawit dan cangkang mete dihancurkan untuk mengubah ukuran agar menjadi serbuk yang sangat halus, cangkang mete yang telah halus kemudian disoxhlet untuk menghilangkan getah.

c. Pengayakan

Bahan baku diayak dengan mesh 60 sehingga didapatkan bahan baku yang sesuai dengan ukuran mesh yang digunakan

d. Pencampuran bahan

Serbuk cangkang kelapa sawit dan cangkang mete dicampur dengan perekat kanji yang telah dipanaskan dengan konsentrasi 5%. Pencampuran dilakukan dengan formulasi cangkang kelapa sawit : cangkang mete 100% :0%, 80% : 20%, 60% : 40%, 40% : 60%, 20% :80% dan 0% : 100%

e. Pencetakan

Bahan baku yang sudah dihaluskan melalui alat penggiling dan sudah dicampurkan dengan perekat kanji, di lakukan pencetakan pada sedotan plastik dengan ukuran diameter 6-12 mm serta panjang 10-12 mm sehingga menjadi biopelet

f. Pengeringan

Biopelet dikeringkan di dalam oven selama 7 jam dengan suhu 105 ±2°C.

g. Pengujian

Biopelet yang telah dikeringkan, dilakukan pengujian massa jenis, kadar air, kadar abu nilai kalor dan laju pembakaran.

3.5 Metode Penelitian

Perlakuan dilakukan dengan perbandingan jenis bahan pembuat biopelet (cangkang kelapa sawit dan cangkang mete) dengan komposisi tertentu yang bertujuan untuk mengamati pengaruh kombinasi komposisi bahan terhadap mutu yang dihasilkan. Rancangan penelitian adalah rancangan acak lengkap dengan

perlakuan formulasi biopelet yang berbeda dengan perbandingan cangkang kelapa sawit dan cangkang mete dengan enam taraf seperti terlihat pada tabel:

Tabel 4. Perbandingan Cangkang Kelapa sawit dan Cangkang Mete

Perlakuan	**Formulasi**	
	Cangkang Kelapa Sawit	Cangkang Mete
$\boldsymbol{A_1B_2}$	0 %	100 %
$\boldsymbol{A_2B_1}$	100 %	0 %
$\boldsymbol{A_3B_6}$	80 %	20 %
$\boldsymbol{A_4B_5}$	60%	40%
$\boldsymbol{A_5B_4}$	40 %	60 %
$\boldsymbol{A_6B_3}$	20 %	80 %

3.6 Parameter Pengamatan

3.6.1 Massa Jenis

Penerapan berat jenis dilakukan dengan mengambil 100 gram sampel ditimbang agar diketahui berat dan ukur volume kemudian dimasukan dalam wadah (gelas ukur) sehingga diketahui volumenya. 1 batang pelet diukur diameter (D), Panjang (L) dan beratnya (W) densitas menunjukkan perbandingan antara berat dan volume bahan bakar padat. Densitas berpengaruh terhadap kualitas bahan bakar padat, karena densitas yang tinggi dapat meningkatkan nilai kalor bahan bakar padat. Besar dan kecilnya densitas bahan bakar padat dipengaruhi oleh tekanan kempa, ukuran dan kehomogenan penyusun bahan bakar padat itu sendiri. Satuan dari densitas adalah kg/L. Cara mengukur densitas dilakukan dengan mengambil 1 gram sampel ditimbang agar diketahui berat dan ukur volumenya.

Nilai densitas dihitung menggunakan rumus :

$$\text{BJ} = \frac{Massa}{volume} = \frac{kg}{L} \quad \text{..... (1)}$$

3.6.2 Kadar Air

Penetapan kadar air dilakukan dengan mengambil 1 gram sampel dan diletakkan dalam cawan porselen dengan bobot yang sudah diketahui. Kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 selama 24 jam sampai kadar air konstan. Kemudian didinginkan kedalam desikator sampai suhu stabil dan timbang, kadar air dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Air} = \frac{BB - BK}{BB} \text{ X } 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Dimana:

BB = berat bahansebelum dioven

BK = berat setelah dioven

3.6.3 Kadar Abu

Kadar abu adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam pelet dengan berat kering pelet. Kadar air yang tinggi akan berakibat semakin lama bahan bakar tersebut terbakar dan membutuhkan energi yang besar, biomassa yang memiliki kadar air rendah dapat disimpan dalam waktu yang lama.

$$\text{Kadar Abu} = \frac{x - y}{y} \; x \; 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Keterangan :

x = berat contoh sebelum diabukan.

y = berat contoh setelah diabukan.

3.6.4 Nilai Kalor

Nilai Kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh satu gram bahan bakar dengan meningkatkan temperature satu gram air dengan satuan kalori. Penetapan nilai kalor dimaksudkan untuk mengetahui nilai panas pembakaran. Semakin tinggi nilai kalor pelet maka akan semakin baik pula kualitasnya.



Gambar 3.6.4 Bomb calorimeter
(*sumber : Taib iskandar mohamad, 2020*)

Pengujian nilai kalor yang terkandung pada biopelet dengan menggunakan alat Bomb calorimeter. Jumlah kalor diukur dalam kalori dan dihasilkan apabila suatu biopelet dioksidasi dengan sempurna didalam suatu bomb calorimeter disebut energy total dari biopelet. Karena kapasitas maksimum cawan bomb calorimeter adalah 1,1 gr, maka berat sampel yang diuji tidak boleh lebih dari berat tersebut. Bomb calorimeter yang digunakan juga harus dalam keadaan bersih dan kering. Bomb calorimeter kemudian dihidupkan. Nilai kalor sampel akan diketahui dengan membaca setiap kenaikan temperature air yang ada dalam faket bomb calorimeter, panjang kawat yang terbakar dan sisa sampel bila ada. Data temperature diambil setiap menitnya.

Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, maka setiap sampel sejenis dilakukan pengujian sebanyak tiga kali. Setelah data temperature sudah konstan, maka bomb set dibongkar. Maka setelah itu bisa didapatkan data mengenai nilai kalor dari bahan yang diuji tersebut.

3.6.5 Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan secara manual dengan menggunakan korek api. Dimana lama nyala api dari tiap campuran biopelet dinilai mana yang lebih tahan lama untuk nyalanya. Sebelum melakukan pengujian, massa setiap sampel ditimbang kemudian tiap sampel dibakar sampai menjadi abu, waktu pembakaran tersebut dihitung menggunakan stopwatch. Pengujian laju pembakaran ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar efisiensi bahan bakar

biopelet ini. Laju pembakaran dihitung dengan rumus:

$$\text{Laju Pembakaran} = \frac{massa\ biopelet\ (gr)}{waktu\ pembakaran\ (menit)}$$

3.6.6 Warna Nyala Api

Berdasarkan buku *an introduction to combustion concept and application*, definisi api adalah pengembangan yang bertahan pada suatu daerah pembakaran yang beralokasikan pada kecepatan *subsonic.* Penelitian ini menggunakan pengujian secara langsung pada objek yang diteliti dengan menggunakan korek api untuk memperoleh data. Hasil bentuk nyala api difoto menggunakan camera handphone untuk mengetahui warna api pada sampel tersebut. Menurut Bangkeju (2012), Berikut ini beberapa penjelasan mengenai warna dan jenis api :

3.6.6.1 Api Merah

Api berwarna merah / kuning ini biasanya bersuhu dibawah 1000 derajat celcius. Api jenis ini termasuk api yang "kurang panas" dikarenakan jarang atau kurang sering digunakan di pabrik-pabrik industri baja / material. Kalau pada matahari, api ini berada pada bagian paling luarnya, yaitu bagian yang paling dingin. Nyala api merah ditampilkan pada gambar 3.6.6.1 dibawah ini.



Gambar 3.6.6.1 Nyala api merah
(Sumber: Bangkeju, 2012)

3.6.6.2 Api Biru

Api berwarna biru merupakan api yang mungkin sering kita jumpai di dapur. Biasanya api ini sering kita lihat di kompor gas. Rata-rata suhu api yang berwarna biru kurang dari 2000 derajat celcius. Api ini berbahan bakar gas dan

mengalami pembakaran sempurna. Jadi tingkatan api biru diatas merah. Nyala api biru ditampilkan pada gambar 3.6.6.2 dibawah ini.



Gambar 3.6.6.2 Nyala Api Biru pada Kompor Gas

(Sumber: Bangkeju, 2012)

3.6.6.3 Api Putih

Nyala api Ini merupakan api paling panas yang ada di bumi. Warna putihnya itu dikarenakan suhunya melebihi 2000 derajat celcius. Api inilah yang berada di dalam inti matahari, dan muncul akibat reaksi fusi oleh matahari. Api ini paling banyak digunakan di pabrik-pabrik yang memproduksi material besi dan sejenisnya. Nyala api putih ditampilkan pada gambar 3.6.6.3 dibawah ini.

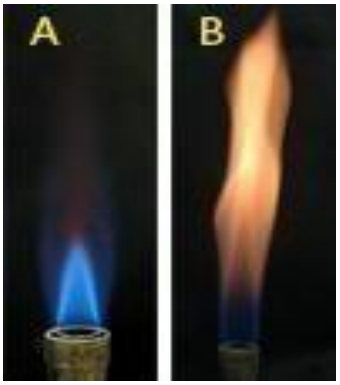


Gambar 3.6.6.3 Nyala Api Putih pada Proses Produksi Pabrik

(Sumber: Bangkeju, 2012)

3.6.6.4 Api Hitam

Nyala api yang paling panas itu berwarna hitam dan api hitam murni yang sesungguhnya sangat jarang ditemukan dibumi. Api hitam itu bisa saja disimulasikan. Misalnya kita lihat nyala api lilin atau kompor Bunsen dengan seksama, maka ada perbedaan spectrum warna didalamnya. Nyala burner ditampilkan pada gambar 3.6.6.4 dibawah ini:



(a) laminar *(b)* turbulen

Gambar 3.6.6.4 Nyala Api Bunsen Burner

(Sumber: Bangkeju, 2012)

Bisa dilihat kalau dibagian pangkal api ada bagian kecil yang warnanya nyaris transparan, itulah yang disebut dengan api hitam. Karena definisi warna hitam pada spectrum warna cahaya adalah sebenarnya ketiadaan cahaya, jadi kelihatannya transparan. Ini adalah bagian yang paling panas, sehingga kalau mau memanaskan reaksi kimia, tabung uji harus ditempatkan dibagian ini.