

**PEMBUATAN BIOPELET DENGAN MESIN *EXTRUDER*
BERBAHAN BAKU LIMBAH PENYULINGAN BUAH PALA**

(Skripsi)

Oleh

**Haris Sujatmiko
(1715021057)**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

ABSTRAK**PEMBUATAN BIOPELET DENGAN MESIN *EXTRUDER*
BERBAHAN BAKU LIMBAH PENYULINGAN BUAH PALA****By****Haris Sujatmiko**

Energi fosil yang semakin menipis, menyebabkan kenaikan harga jual bahan bakar fosil. Hal ini menyebabkan masyarakat global, menjadi sadar dan mempertimbangkan untuk menggunakan bahan bakar terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Pemanfaatan limbah penyulingan buah pala menjadi biopelet dapat menjadi solusi untuk mengelola limbah dan menghasilkan bahan bakar alternatif. Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan limbah penyulingan buah pala menjadi biopelet dengan campuran 0%, 3%, dan 5% tepung tapioka dengan menggunakan mesin extruder dengan kecepatan putaran mesin sebesar 1700 RPM dan 2800 RPM.

Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan komposisi campuran perekat, dan kecepatan putaran mesin untuk mendapatkan nilai kalor yang optimal. Bahan pada penelitian ini adalah limbah padat penyulingan buah pala dan tapioka sebagai perekat. Pembuatan biopelet menggunakan 2 perlakuan yaitu dengan 3 variasi campuran perekat (0 gram, 90 gram, 150gram) dan 2 variasi kecepatan putar mesin (1700 RPM dan 2800 RPM). Sedangkan alat yang digunakan yaitu mesin pencetak pelet, tachometer, neraca digital dan caloribomb.

Hasil yang didapat dari pengujian nilai kalor pada penelitian ini yaitu sampel A 5,094.27 kal/g, Sampel B 5,603.14 kal/g, Sampel C 5,346.24 kal/g, Sampe D 5,604.85, Sampel E 5,789.10 kal/g, Sampel F 5,571.65. Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan perekat dan kecepatan putaran mesin pada mesin extruder mempengaruhi hasil nilai kalor yang didapat.

Kata Kunci : *Biopelet, Mesin Extruder, Limbah penyulingan buah pala, Nilai Kalor*

ABSTRAK**PEMBUATAN BIOPELET DENGAN MESIN *EXTRUDER*
BERBAHAN BAKU LIMBAH PENYULINGAN BUAH PALA****By****Haris Sujatmiko**

Fossil energy is running low, causing an increase in the selling price of fossil fuels. This causes the global community to become aware and consider using renewable fuels which are more environmentally friendly. Utilizing nutmeg refining waste into biopellets can be a solution for managing waste and producing alternative fuel. This research focuses on utilizing nutmeg refining waste into biopellets with a mixture of 0%, 3% and 5% tapioca flour using an extruder machine with engine rotation speeds of 1700 RPM and 2800 RPM.

The aim of this research is to determine the composition of the adhesive mixture and the engine rotation speed to obtain optimal heating value. The materials in this research were solid waste from nutmeg distillation and tapioca as adhesive. Making biopellets uses 2 treatments, namely 3 variations of adhesive mixture (0 gram, 90 grams, 150 grams) and 2 variations of machine rotation speed (1700 RPM and 2800 RPM). Meanwhile, the tools used are a pellet printing machine, tachometer, digital balance and caloribomb.

The results obtained from testing the calorific value in this study were sample A 5,094.27 cal/g, Sample B 5,603.14 cal/g, Sample C 5,346.24 cal/g, Sample D 5,604.85, Sample E 5,789.10 cal/g, Sample F 5,571.65. So it can be concluded that the addition of adhesive and the engine rotation speed on the extruder machine affect the heating value obtained.

Keywords: Biopellets, Extruder Machine, Nutmeg Refining Waste, Calorific Value

**PEMBUATAN BIOPELET DENGAN MESIN *EXTRUDER*
BERBAHAN BAKU LIMBAH PENYULINGAN BUAH PALA**

Oleh

Haris Sujatmiko

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai gelar
Sarjana Teknik**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul skripsi

: **PEMBUATAN BIOPELET DENGAN MESIN
EXTRUDER BERBAHAN BAKU LIMBAH
PENYULINGAN BUAH PALA**

Nama Mahasiswa

: **Haris Sujatmiko**

Nomor Induk Mahasiswa

: **1715021057**

Program Studi

: **S1 Teknik Mesin**

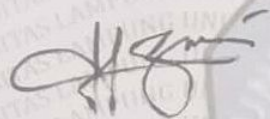
Fakultas

: **Teknik**

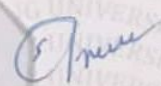
MENYETUJUI

Komisi Pembimbing 1

Komisi Pembimbing 2



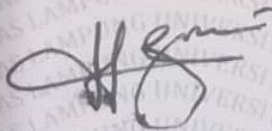
Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S. T., M. T., Ph. D.
NIP 19710817 199802 1 003



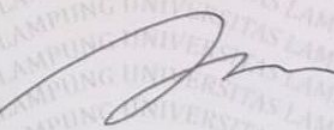
Ir. Arinal Hamni, M. T.
NIP 9641228 199603 2 001

Ketua Jurusan
Teknik Mesin

Ketua Program Studi
S1 Teknik Mesin



Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S. T., M. T., Ph. D.
NIP 19710817 199802 1 003

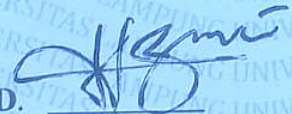


Dr. Ir. Martinus, S.T, M.Sc.
NIP 19790821 200312 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S. T., M. T., Ph. D.



Anggota Penguji : Ir. Arinal Hamni, M. T.



Penguji Utama : Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani S.T.,M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }
NIP 19750928 200112 1 002

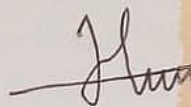


PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

DENGAN INI SAYA MENYATAKAN BAHWA SKRIPSI INI SAYA BUAT
DENGAN USAHA SAYA SENDIRI DAN BUKAN HASIL DARI PLAGIAT
SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 36 PERATURAN AKADEMIK
UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN KEPUTUSAN REKTOR NO. 13 TAHUN 2019

Bandar Lampung, 20 Juni 2024

Penulis



Haris Sujatmiko

NPM 1715021057

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gadingrejo pada tanggal 16 Oktober 1997 sebagai anak keempat dari pasangan Bapak Mahfud dan Ibu Suwarsih. Penulis mengawali pendidikan dari Sekolah Dasar Negeri 2 Gadingrejo dan lulus pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Gadingrejo yang dinyatakan lulus pada tahun 2013, dan Sekolah Menengah Kerjuran Swasta Teknika Grafika Kartika Gadingrejo pada tahun 2016.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP) pada tahun 2017. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik pada Juli-Agustus 2021 di Desa Wonodadi, Kabupaten Pringsewu. Penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) pada tahun 2022 di PT. South East Asia Pipe Industries, Jl. Lintas Pantai Timur Kramat Desa Sumur, Kec. Ketapang, Bakauheni, Kec. Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35592. Penulis melakukan penelitian dan skripsi yang dimulai pada tahun 2023 dengan judul “Pembuatan Biopellet dengan Menggunakan Mesin *Extruder* Berbahan Baku Limbah Penyulingan Buah Pala” dibawah bimbingan Bapak Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S. T., M. T., Ph. D. dan Ibu Ir. Arinal Hamni, M.T.

“Belajarlal mengucap syukur dari hal-hal baik di hidupmu. Belajarlal menjadi kuat dari hal-hal buruk dihidupmu”

(Prof. DR (HC). Ing. Dr. Sc. Mult. Bacharuddin Jusuf Habibie)

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayahnya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dan laporan skripsi dengan lancar. Sholawat serta salam tak lupa penuli sanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita ke jalan yang benar. Skripsi ini dibuat sebagai sebuah karya tulis hasil dari tugas akhir yang telah dilakukan. Penulis berharap karya tulis ini dapat menjadi ilmu yang bermanfaat dan dapat dikembangkan lebih lanjut. Skripsi ini juga menjadi salah satu syarat mencapai gelar sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Selesainya skripsi ini tidak luput dari bimbingan, arahan, dan dukungan dari semua pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, bapak Mahfud dan ibu Suwarsih yang selalu mendukung dan mendoakan sehingga penulis mempunyai semangat lebih untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung beserta staff dan jajarannya.
3. Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Dr. Ir. Martinus, S.T, M.Sc. selaku Ketua Prodi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 1 yang selalu bersedia membimbing penulis dan meluangkan waktu dalam penyusunan skripsi ini.

6. Ir. Arinal Hamni, M. T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang selalu bersedia membimbing penulis dan meluangkan waktu dalam penyusunan skripsi ini.
7. Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji dalam skripsi ini. Terima kasih atas masukan dan saran pada seminar proposal dan hasil terdahulu.
8. Seluruh Dosen Di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah mengajarkan banyak ilmu dan pengetahuan.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis berharap masukan dan saran dari semua pihak untuk menyempurnakan karya tulis ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca secara umum.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi wabarakatuh.

Bandar Lampung, 20 Juni 2024
Penulis

Haris Sujatmiko
NPM. 1715021057

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Buah Pala	5
2.2 Penyulingan Buah Pala	7
2.3 Limbah Penyulingan Buah Pala	8
2.4 Potensi Limbah Penyulingan Buah Pala	9
2.5 Biomassa	10
2.6 Briket	11
2.7 Biopelet	13
2.8 Perekat Briket	14
2.9 Mesin Pelet	15

2.10	Pengujian Briket	16
2.10.1	Pengujian Kerapatan	16
2.10.2	Pengujian Kadar Air	17
2.10.3	Nilai Kalor	17
2.10.4	Pengujian Kadar Abu.....	18
2.10.5	Pengujian Emisi	18
2.10.6	Pengujian Pembakaran.....	19
2.11	Syarat-syarat Biopelet.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		20
3.1	Tempat dan waktu penelitian.....	20
3.1.1	Tempat Penelitian	20
3.1.2	Waktu Penelitian.....	20
3.2	Alat dan Bahan.....	20
3.2.1	Mesin Cetak Biopelet.....	20
3.2.2	Timbangan digital	21
3.2.3	Tachometer	22
3.2.4	Limbah Penyulingan Buah Pala.....	23
3.2.5	Tepung Tapioka	24
3.3	Prosedur Penelitian	25
3.3.1	Persiapan Bahan Baku	25
3.3.2	Pembuatan Perekat.....	26
3.3.3	Pencampuran Perekat dengan Bahan Baku.....	26
3.3.4	Pengeringan Campuran Bahan Baku	27
3.3.5	Pencetakan Biopelet.....	27
3.3.6	Pengeringan Biopelet.....	29
3.4	Pengujian Nilai Kalor	29

3.4.1	Mencatat data-data hasil pengamatan	29
3.5	Diagram Alir Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1	Hasil Produksi Biopelet Limbah Penyulingan Buah Pala	32
4.1.1	Biopelet Sampel A	32
4.1.2	Biopelet Sampel B.....	33
4.1.3	Biopelet Sampel C.....	33
4.1.4	Biopelet Sampel D	34
4.1.5	Biopelet Sampel E	35
4.1.6	Biopelet Sampel F	36
4.2	Hasil Pengujian Nilai Kalor Biopelet.	37
4.3.2	Pengaruh Kecepatan Putar Mesin	41
BAB V PENUTUP		44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran	44
DAFTAR PUSTAKA		45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Bagian-bagian buah pala	6
Gambar 2 Proses penyulingan buah pala	8
Gambar 3 Limbah penyulingan buah pala	9
Gambar 4 Mesin Pelet	16
Gambar 5 Mesin pembuat pelet	21
Gambar 6 Tachometer	23
Gambar 7 Limbah penyulingan buah pala	23
Gambar 8 Tepung tapioka	24
Gambar 9 Limbah penyulingan buah pala	25
Gambar 10 Pembuatan perekat	26
Gambar 11 Proses pengeringan	27
Gambar 12 Mesin biopelet	27
Gambar 13 Hasil pencetakan biopelet	28
Gambar 14 Pengeringan biopelet	29
Gambar 15 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 16 Hasil produksi biopelet Sampel A	32
Gambar 17 Hasil produksi biopelet Sampel B	33
Gambar 18 Hasil produksi biopelet Sampel C	34
Gambar 19 Hasil produksi biopelet Sampel D	35
Gambar 20 Hasil produksi biopelet Sampel E	35
Gambar 21 Hasil produksi biopelet Sampel F	36
Gambar 22 Grafik pengaruh komposisi perekat terhadap nilai kalor	39
Gambar 23 Grafik pengaruh kecepatan putaran mesin terhadap nilai kalor	41
Gambar 24 Grafik hasil uji kalor	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Persentase berat dari bagian buah pala	7
Tabel 2 Standar kualitas briket arang beberapa negara.....	13
Tabel 3 Standar Kualitas Biopelet berdasarkan SNI 8021:2014.....	14
Tabel 4 Tabel Parameter Uji biopelet.....	30
Tabel 5 Hasil uji nilai kalor.....	37
Tabel 6 Kerapatan Biopelet.....	43

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang terus meningkat mengakibatkan kebutuhan energi Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini menjadi tantangan bagi ketahanan energi nasional untuk menyeimbangkan pasokan dan permintaan (permintaan tahun 2035 diperkirakan tiga kali lipat permintaan saat ini). Ketersediaan pasokan energi nasional harus diperluas. sekarang dan di masa depan. Energi fosil yang tersedia semakin menipis, menyebabkan kenaikan harga jual bahan bakar fosil. Selain itu, bahan bakar fosil seperti batu bara, gas, dan minyak melepaskan karbon dioksida (CO₂) saat dibakar. Pelepasan karbon dioksida dalam jumlah besar ke atmosfer merupakan salah satu penyebab utama pemanasan global (Sari & Sitorus, 2021). Hal ini menyebabkan masyarakat global, tidak hanya Indonesia, menjadi sadar dan mempertimbangkan untuk menggunakan bahan bakar terbarukan yang lebih ramah lingkungan.

Biomassa merupakan salah satu energi alternatif yang dapat menjadi solusi untuk mengatasi krisis energi di Indonesia (Amrozi, 2020). Biopellet berupa bahan bakar padat berbahan dasar limbah yang ukurannya lebih kecil dari briket. Keunggulan biopellet adalah bahan bakar padat yang mudah ditangani dan disimpan. Faktor terpenting yang mempengaruhi daya tahan dan kekuatan pellet adalah kadar air, bahan baku, ukuran partikel, penambahan perekat, dan proses pembuatannya (Walanda &

Pohan, 2022).

Pemanfaatan limbah penyulingan buah pala menjadi biopelet dapat menjadi solusi untuk mengelola limbah dan menghasilkan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Selain itu, pemanfaatan limbah penyulingan buah pala juga dapat meningkatkan nilai tambah dari buah pala sebagai sumber daya alam.

Kualitas biopelet yang baik dipengaruhi oleh beberapa karakteristik. Menurut (Munawar & Subiyanto, 2014) Kualitas biopelet yaitu kadar air, berat jenis, kadar abu dan nilai kalor. Berdasarkan kadar air, kadar abu, berat jenis dan nilai kalori, biopelet OPM yang dipres pada suhu 200 dan 250 °C menunjukkan formula terbaik. Biopelet ini memiliki sifat kadar air 1,7-1,9%, abu 6,85-7,45% dan nilai kalori 3.814-4.724 kkal/kg. Untuk menghasilkan kualitas biopelet sesuai dengan karakteristik yang baik perlu digunakan campuran perekat. Menurut penelitian (Rukmana, dkk, 2015) dengan perekat tapioka dengan variasi komposisi sebesar 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Pada penelitian (Rukmana, dkk, 2015) diketahui bahwa briket dengan penambahan perekat sebesar 30% mengalami kehilangan berat yang paling sedikit. Pada penelitian (Ernitawati, dkk, 2021) tentang biopelet serbuk kayu *Acacia Mangium* ditinjau dari pengaruh level kecepatan putaran mesin diesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biopelet dengan kualitas terbaik mencapai RPM 3600 dengan kadar air 1.32%, kadar abu 1.37%, kadar zat terbang 68.77%, kadar karbon tetap 28.54%, dan nilai kalor 5326.9475 kal/gram. Karena telah memenuhi persyaratan standar Perancis untuk biopelet (douard 2007) dan SNI 8021- 2014.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba menginvestigasi pemanfaatan limbah penyulingan buah pala, tetapi masih ada

banyak ruang untuk penelitian lebih lanjut. Penelitian sebelumnya mungkin telah mengidentifikasi potensi biopelet dari limbah buah pala, tetapi masih perlu melakukan eksperimen lebih lanjut untuk mengembangkan metode produksi yang efisien dan berkelanjutan. Oleh karena itu penelitian ini berfokus pada pemanfaatan limbah penyulingan buah pala menjadi biopelet dengan campuran 0%, 3%, dan 5% tepung tapioka dengan menggunakan mesin *extruder* dengan kecepatan putaran mesin sebesar 1700RPM dan 2800RPM. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan komposisi campuran perekat, dan kecepatan putaran mesin untuk mendapatkan nilai kalor yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemanfaatan limbah penyulingan buah pala untuk menghasilkan biopelet
2. Bagaimana hasil nilai kalor biopelet dari limbah penyulingan buah pala.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah diberikan agar pembahasan dari hasil yang didapatkan lebih terarah. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah penyulingan buah pala.
2. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kalor.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat biopelet dari limbah penyulingan buah pala.

2. Menghasilkan biopelet dengan nilai kalor yang optimal.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, Tujuan dan Batasan Masalah dalam proses pengujian dan juga penulisan laporan, serta sistematika penulisan yang digunakan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori dasar yang berkaitan dengan pemanfaatan limbah penyulingan buah pala untuk pembuatan biopelet, alatpembuatan biopelet, dan karakteristik biopelet.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisi mengenai waktu dan tempat penelitian juga alur atau tahapan, serta metode dan langkah dalam pengujian yang dilakukan penulis dalam pelaksanaan penelitian.

IV. DATA DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang data hasil pengujian karakteristik biopelet seperti pengujian kadar air, nilai kalor, serta kerapatan dan olahan data hasil penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan pengaruh campuran tepung tapioka dan kecepatan putaran mesin terhadap kualitas biopelet.

V. PENUTUP

Berisikan simpulan dari hasil penelitian yang diperoleh serta saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi referensi yang digunakan oleh penulis dalam menyusun laporan penelitian.

LAMPIRAN

Berisi data lengkap seperti tabel, Gambar, dan beberapa data pendukung untuk menunjang kredibilitas laporan penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Pala

Tanaman pala (*Myristica fragrans* Houtt) merupakan tanaman daerah tropis yang tergolong dalam tanaman berumah dua (*dioecious*) dan dikenal sebagai tanaman rempah. Buah pala mengandung senyawa-senyawa umum seperti karbohidrat, protein, lemak struktural, dan mineral-mineral (*kalium, potassium, magnesium dan fosfor*), terutama minyak atsiri yang bernilai ekonomis tinggi (AlBataina et al., 2003).

Buah pala terdiri dari empat bagian, yaitu kulit buah, daging buah, fuli, dan biji. Seluruh bagian dari buah pala tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, diantaranya yang paling dikenal dipasaran ialah fuli dan biji sebagai rempah. Adapun minyak pala biasanya digunakan untuk obat-obatan. Komponen dari masing-masing bagian tersebut berbeda-beda. Adapun bagian-bagian buah pala dapat di amati pada Gambar dibawah ini:



Gambar 1 Bagian-bagian buah pala

Buah pala terdiri atas daging buah (77,8%), fuli (4 %), tempurung (5,1%) dan biji (13,1%) (Rismunandar, 1990). Fuli dan biji pala, adalah bagian penting dari buah pala. Dari biji pala dapat dibuat berbagai produk, seperti minyak atsiri dan oleo resin. Produk lain yang bisa dibuat dari biji pala adalah mentega pala, atau trimiristin, yang digunakan dalam industri kosmetik dan minyak makan (Soma Atmaja, 1984), digunakan untuk membuat manisan, asinan, dodol, dan sari buah pala (sirup). Karena Indonesia adalah negara pengekspor biji dan fuli pala terbesar di dunia, yang memasok sekitar 60% kebutuhan pala dunia, pala merupakan salah satu komoditas ekspor yang penting. Selain itu, kebutuhan pala dalam negeri sangat tinggi. Sekitar 19,9 ribu ton pala diproduksi setiap tahun di Indonesia. Luas tanaman pala meningkat setiap tahun, dan pada tahun 2015 mencapai 128.791 Ha.

Tabel 1 Persentase berat dari bagian buah pala

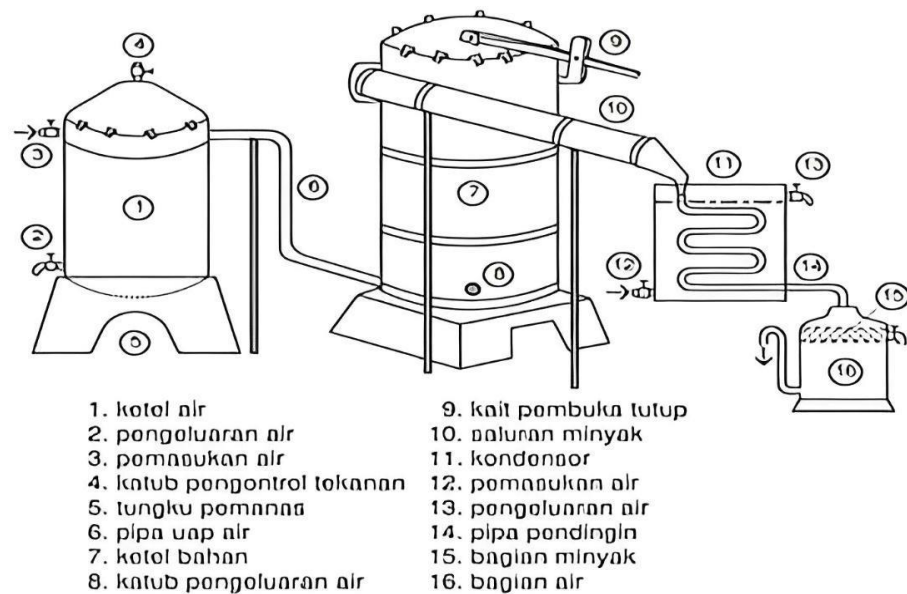
Bagian buah	Persentase basah (%)	Persentase kering angin (%)
Daging Fuli	77,8	9,93
Tempurung	4	2.09
Biji	5,1	-
	13.1	8,4

(Kakerisa, 2020)

2.2 Penyulingan Buah Pala

Penyulingan adalah proses pemisahan komponen dari suatu campuran berdasarkan perbedaan titik didihnya. Proses ini melibatkan pemanasan campuran hingga titik didih komponen tertentu tercapai, kemudian uap yang terbentuk didinginkan kembali menjadi cairan yang lebih murni. Dalam penyulingan, komponen dengan titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu dan kemudian dapat dikumpulkan, sedangkan komponen dengan titik didih yang lebih tinggi tetap dalam bentuk cairan. Penyulingan sering digunakan dalam berbagai industri seperti farmasi, minyak dan gas, kimia, dan minuman beralkohol untuk memisahkan bahan kimia dari campuran. Misalnya, proses penyulingan minyak mentah digunakan untuk memisahkan komponen minyak mentah seperti bensin, diesel, dan minyak pelumas, yang memiliki titik didih yang berbeda-beda. Selain itu, proses penyulingan juga digunakan dalam pembuatan minuman beralkohol seperti vodka dan gin, di mana campuran air dan etanol dipanaskan dan uap yang terbentuk dikondensasi kembali menjadi cairan murni.

Penyulingan merupakan proses yang penting dalam industri karena memungkinkan pemisahan dan produksi bahan kimia dan produk akhir yang lebih murni dan berkualitas tinggi. Namun, proses penyulingan harus dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan peralatan yang tepat untuk menghindari bahaya dan risiko keamanan. Proses penyulingan buah pala menjadi minyak atsiri terdapat beberapa prosedur. Berikut ini adalah Gambar dari proses penyulingan buah pala dengan metode destilasi uap.



Gambar 2 Proses penyulingan buah pala

Proses penyulingan diawali dengan mengisi air ke dalam ketel air, kemudian mengisi bahan buah pala kering yang sudah di cacah ke dalam ketel bahan dan tutup rapat ketel penyulingan. Tutup semua keran, kemudian nyalakan tungku pemanas.

2.3 Limbah Penyulingan Buah Pala

Limbah penyulingan buah pala adalah sisa-sisa yang dihasilkan setelah ekstraksi minyak atsiri dari buah pala. Limbah ini terdiri dari ampas dan air limbah yang mengandung senyawa-senyawa kimia dari buah pala dan bahan tambahan yang digunakan dalam proses

penyulingan. Limbah ini memiliki karakteristik yang berbeda tergantung pada jenis bahan tambahan yang digunakan dalam proses penyulingan, seperti air, asam, atau alkali.

Limbah padat yang dihasilkan pada proses penyulingan buah pala menjadi minyak atsiri masih sangat terbatas pemanfaatannya, sehingga perlu adanya pengembangan produk yang bermanfaat untuk mengurangnya (Suryani,2019). Salah satu produk yang dibuat adalah biopelet.



Gambar 3 Limbah penyulingan buah pala

2.4 Potensi Limbah Penyulingan Buah Pala

Limbah penyulingan pala memiliki potensi sebagai sumber daya alternatif yang dapat dimanfaatkan secara ekonomis dan ramah lingkungan. Beberapa potensi limbah penyulingan pala antara lain:

2.4.1 Pupuk organik:

Limbah penyulingan pala dapat dijadikan sebagai pupuk organik yang kaya akan unsur hara untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. Pupuk organik dari limbah penyulingan pala dapat mengurangi ketergantungan petani pada pupuk kimia.

2.4.2 Bahan baku biogas:

Limbah penyulingan pala mengandung bahan organik yang dapat diolah menjadi biogas melalui fermentasi anaerobik. Biogas ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan murah.

2.4.3 Bahan baku pakan ternak:

Limbah penyulingan pala juga dapat dijadikan sebagai bahan baku pakan ternak karena mengandung nutrisi yang diperlukan oleh hewan. Dengan menggunakan limbah penyulingan pala sebagai pakan ternak, dapat mengurangi biaya pakan dan meningkatkan produktivitas peternakan.

2.4.4 Bahan baku industri:

Limbah penyulingan pala mengandung senyawa-senyawa kimia yang dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk industri, seperti kosmetik, farmasi, atau makanan. Penggunaan limbah penyulingan pala sebagai bahan baku industri dapat mengurangi biaya produksi dan meningkatkan nilai tambah produk.

Pemanfaatan limbah penyulingan pala yang tepat dapat memberikan manfaat ekonomis dan lingkungan yang signifikan. Namun, diperlukan teknologi pengolahan limbah yang tepat dan kebijakan yang mendukung untuk memaksimalkan potensi limbah penyulingan pala sebagai sumberdaya alternatif.

2.5 Biomassa

Biomasa adalah sumber energi terbarukan yang dihasilkan dari bahan-bahan organik seperti limbah pertanian, kayu, sekam, serbuk gergaji, kulit buah, dan biomassa lainnya. Biomasa digunakan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi

ketergantungan pada bahan bakar fosil. Proses penggunaan biomasa dimulai dengan pengumpulan dan pengolahan bahan organik tersebut menjadi bahan bakar seperti briket, pelet, atau gasifikasi. Bahan bakar biomasa tersebut kemudian digunakan untuk menghasilkan listrik atau panas melalui proses pembakaran, uap, atau reaksi kimia.

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan dari limbah tumbuhan dan hewan. Bahan tanaman ini termasuk tumbuhan yang tumbuh di darat dan di air, hasil hutan, pertanian, perkebunan dan limbahnya, tanaman khusus tumbuh untuk kandungan energinya yaitu (1). Tanaman gula seperti tebu dan sorgum. (2). Tanaman hias, yaitu tanaman tidak berkayu Mudah dikonversi menjadi bahan bakar atau gas. (3). Hutan propra hibrida, sycamore, petai, dll. porselen, karet, alder, kayu putih, kayu Berat lainnya. Selain itu, kotoran hewan dan manusia juga energi biomassa yang dapat digunakan secara tidak langsung menghasilkan dan membakar metana untuk menghasilkan etilen (digunakan dalam industri plastik), dan pupuk. Energi biomassa berbeda dengan energi yang keluar dari fosil (batuan). batubara, minyak, gas), di mana energi lahir jutaan tahun yang lalu, biomassa dapat dianggap sebagai sumber energi terbarukan berkat tanaman dapat tumbuh kembali dan meningkat setiap tahun (Dailam, dkk, 2020).

2.6 Briket

Briket merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengubah sumber energi biomassa menjadi bentuk biomassa lainnya dengan cara memadatkannya sehingga bentuknya menjadi lebih teratur. Briket sering disebut briket, namun tidak hanya arang saja yang bisa dibuat menjadi briket. Contoh biomassa lain yang dibuat menjadi briket adalah sekam padi, sekam padi, serbuk gergaji, serbuk gergaji

dan limbah biomassa lainnya. Memanggangnya tidak terlalu sulit, alat yang digunakan juga tidak terlalu rumit. Ada berbagai jenis mesin briket, mulai dari manual, semi mekanis, dan mesin press (Parinduri, dan Taufik, 2020).

Proses pembuatan briket dimulai dengan pengumpulan bahan-bahan organik dan pengeringan untuk mengurangi kadar air. Setelah kering, bahan-bahan organik tersebut dihancurkan dan diayak untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam. Kemudian, bahan-bahan organik tersebut dicampur dengan bahan perekat seperti tepung jagung atau tepung terigu. Setelah pencampuran, adonan briket dicetak menggunakan mesin pencetak briket dengan ukuran dan bentuk tertentu. Adonan yang telah dicetak kemudian dijemur dan dikeringkan di bawah sinar matahari atau menggunakan mesin pengering. Setelah pengeringan, briket tersebut siap digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Briket memiliki beberapa keunggulan seperti lebih murah dari bahan bakar fosil, ramah lingkungan, serta dapat memanfaatkan limbah pertanian dan hutan sebagai bahan bakunya. Pembuatan briket dapat dilakukan dengan menggunakan mesin pencetak briket skala kecil hingga besar. Mesin pencetak briket ini dapat memudahkan dalam pembuatan briket secara massal. Selain itu, briket juga dapat dibuat dengan berbagai ukuran dan bentuk yang disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya. Namun, dalam pembuatan briket juga perlu diperhatikan pemilihan bahan baku yang berkualitas dan tidak mengandung zat berbahaya seperti logam berat atau senyawa kimia beracun. Hal ini untuk menjaga kualitas dan keamanan penggunaan briket tersebut.

Tabel 2 Standar kualitas briket arang beberapa negara

Sifat- Sifat	Standar Mutu				
	Import	Jepang	Inggris	USA	SNI
Kadar Air %	6-8	6-8	4-4	6	8
Kadar Abu %	3-6	3-6	10	18	8
Fixed Carbon %	60-80	60-80	75	58	
Nilai Kalor kal/g	6000 s/d 7000	6000 s/d 7000	7300	6500	5000

(Kakerisa, 2020)

2.7 Biopellet

Biopellet adalah jenis bahan bakar padat berbasis limbah dengan ukuran lebih kecil dari ukuran briket. Limbah eksploitasi seperti sisa penebangan, cabang dan ranting, limbah industri perkayuan seperti sisa potongan, serbuk gergaji dan kulit kayu hingga limbah pertanian seperti jerami dan sekam dapat dijadikan bahan baku biopellet kayu. Limbah biomassa dapat digunakan sebagai bahan bakar secara langsung seperti halnya yang telah dilakukan oleh masyarakat Indonesia sejak dulu, tetapi biomassa memiliki kelemahan jika dibakar secara langsung karena sifat fisiknya yang buruk, seperti: kerapatan energi yang rendah dan permasalahan penanganan, penyimpanan, serta transportasi.

Tabel 3 Standar Kualitas Biopelet berdasarkan SNI 8021:2014

Parameter Uji	Satuan	Standar SNI 8021:2014
Kadar Air	%	Maks. 12
Kadar Abu	%	Maks. 1,5
Kadar Zat Terbang	%	Maks. 80
Nilai Kalor	Kal/g	Min. 4000
Karbon Terikat	%	Min. 14

Sumber: Ahmadan, 2019

2.8 Perekat Briket

Perekat briket dapat didefinisikan sebagai bahan kimia atau senyawa yang digunakan untuk memperkuat ikatan antara bahan-bahan dasar dalam pembuatan briket, sehingga briket memiliki kekuatan yang cukup untuk bertahan dan terbakar secara efektif saat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Perekat yang digunakan untuk membuat briket dapat bervariasi tergantung pada jenis bahan yang digunakan untuk membuat briket tersebut. Beberapa perekat yang sering digunakan dalam pembuatan briket antara lain

1. Perekat karet atau latex dapat meningkatkan daya rekat bahan-bahan tersebut sehingga briket menjadi lebih padat dan kokoh.
2. Pati atau amilum: Perekat ini umumnya digunakan pada briket yang terbuat dari limbah pertanian seperti jerami, sekam, atau kulit buah. Pati atau amilum dapat memberikan daya rekat yang kuat pada bahan-bahan tersebut sehingga briket menjadi lebih padat dan mudah dibakar.
3. Perekat sodium silikat: Perekat ini umumnya digunakan pada briket yang terbuat dari limbah pertanian atau industri kertas. Perekat sodium silikat dapat memberikan daya rekat yang kuat pada bahan-bahan tersebut dan juga dapat meningkatkan kekuatan dan tahan lama briket.

4. Perekat lignin: Perekat ini umumnya digunakan pada briket yang terbuat dari serbuk kayu atau biomassa. Lignin adalah zat yang terkandung dalam kayu dan biomassa yang memiliki sifat perekat alami. Penggunaan perekat lignin dapat meningkatkan daya rekat dan kekuatan briket.

Pemilihan perekat yang tepat sangat penting untuk memastikan briket yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan aman untuk digunakan. Selain itu, penggunaan perekat yang ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi kesehatan juga perlu dipertimbangkan dalam pembuatan briket.

2.9 Mesin Pelet

Mesin Pelet adalah alat yang digunakan untuk menghancurkan, mencampur dan menekan pelet dengan kapasitas produksi hingga 200 kg/jam (Raha & Murhidayat, 2009). Pembuatan Pelet menggunakan sistem putaran dan tekan menggunakan rol. Mesin Pelet memiliki beberapa komponen sebagai pendukung komponen lainnya yang terbuat dari plat besi, motor diesel yang berfungsi sebagai penggerak komponen pencetak pelet, *Pulley* sebagai pereduksi putaran, *vanbelt* sebagai penghubung antara motor diesel dengan *gearbox*, *gear box* berfungsi mengalihkan transmisi putaran motor diesel dengan pencetak pelet, kubah saluran sebagai penampung bahan pelet, alat pelet memiliki fungsi untuk mencetak bahan menjadi pelet (Arayansyah & Anam, 2019).



Gambar 4 Mesin Pelet

2.10 Pengujian Briket

Pengujian briket dapat dilakukan untuk memastikan kualitas briket sebelum digunakan. Berikut adalah beberapa pengujian briket yang umum dilakukan:

2.10.1 Pengujian Kerapatan

Pengujian kerapatan kering tanur didapatkan dari perbandingan antara berat dan volume briket setelah briket dioven dengan suhu 100 selama 24 jam. Bobot briket ditimbang menggunakan timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 sedangkan volume diukur menggunakan kaliper digital. Standar kerapatan yang diacu adalah SNI 01-6235-2000.

$$\rho = m/v \quad (1)$$

Dimana, ρ adalah kerapatan (g/cm³), m adalah bobot briket (g), dan V adalah volume briket (cm³).

2.10.2 Pengujian Kadar Air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan air dalam briket. Briket yang mengandung terlalu banyak air akan sulit terbakar dan kurang efisien dalam penggunaannya. Pengujian ini dapat dilakukan dengan cara memanaskan briket dan mengukur berat sebelum dan sesudah dipanaskan.

2.10.3 Nilai Kalor

Nilai kalor briket adalah jumlah energi yang dapat dihasilkan oleh briket jika dibakar sepenuhnya, diukur dalam satuan kalori per kilogram (kkal/kg) atau megajoule per kilogram (MJ/kg). Semakin tinggi nilai kalor suatu briket, semakin banyak energi yang dapat dihasilkan ketika briket tersebut dibakar. Nilai kalor briket dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang digunakan dan proses pembuatannya. Briket yang memiliki nilai kalor yang tinggi umumnya lebih efisien dalam penggunaannya sebagai bahan bakar, karena dapat menghasilkan energi yang lebih banyak dalam jumlah briket yang sama.

Periksa nilai kalor yang terkandung dalam briket dengan kalorimeter bom. Jumlah panas diukur dalam kalori dan dihasilkan ketika briket teroksidasi penuh dalam kalorimeter bom dan dikenal sebagai energi total briket. Kapasitas maksimum cangkir silinder kalorimeter adalah 1,1 gram, sehingga berat sampel yang akan diuji tidak boleh melebihi berat tersebut. Kalorimeter bom yang digunakan juga harus bersih dan kering. Kemudian nyalakan kalorimeter bom. Nilai kalor sampel dapat ditentukan dengan membaca kenaikan suhu air, panjang kawat yang terbakar, dan sisa sampel (jika ada) pada kalorimeter bom buatan. Data suhu dikumpulkan setiap menit. Sampel serupa diuji masing-

masing tiga kali untuk mencapai hasil yang diinginkan. Setelah data suhu menjadi konstan, bongkar set bom. Data nilai kalor dari bahan yang diuji kemudian dapat ditentukan.

2.10.4 Pengujian Kadar Abu

Kadar Abu adalah bahan yang tersisa setelah briket terbakar sempurna, dan berkaitan erat dengan zat anorganik dan senyawa yang terkandung di dalamnya, yang tidak mengandung karbon. Abu adalah jumlah residu anorganik yang dihasilkan oleh pembakaran produk. Kandungan abu standar briket biochar kurang dari 10%. Abu hasil pembakaran briket sebenarnya merupakan hasil proses oksidasi senyawa kimia dan fisika dan merupakan sumber silikat/karbon yang relatif tinggi. Abu adalah residu yang tertinggal pada akhir proses pembakaran. Residu terdiri dari bahan mineral yang tidak hilang selama pembakaran.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan abu dalam briket. Briket yang mengandung terlalu banyak abu akan menimbulkan residu yang sulit dibersihkan setelah digunakan. Pengujian ini dapat dilakukan dengan cara membakar briket dan mengukur jumlah abu yang dihasilkan.

2.10.5 Pengujian Emisi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar emisi yang dihasilkan briket saat digunakan. Briket yang menghasilkan emisi yang tinggi dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan sekitar. Pengujian ini dapat dilakukan dengan cara membakar briket dalam ruangan tertutup dan mengukur kadar emisi yang dihasilkan.

2.10.6 Pengujian Pembakaran

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa mudah briket terbakar dan seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk membakarnya. Pengujian ini dapat dilakukan dengan cara menyalakan briket dan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk membakar sampai habis. Pengujian briket dapat dilakukan oleh laboratorium yang memiliki peralatan dan tenaga ahli yang memadai.

Namun, pengujian sederhana seperti pengujian kebakaran dapat dilakukan oleh pengguna briket sendiri sebagai upaya untuk memastikan kualitas briket yang digunakan.

2.11 Syarat-syarat Biopelet

Syarat-Syarat Biopelet yang baik adalah biopelet yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam di tangan. Selain itu, biopelet juga harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Mudah dinyalakan.
2. Tidak mengeluarkan asap.
3. Emisi gas hasil pembakaran tidak mengandung racun (*Toxik*)
4. Kedap air dan hasil pembakaran tidak berjamur bila disimpan pada waktu lama.
5. Menunjukkan upaya laju pembakaran (waktu, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) yang baik.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Dalam penelitian ini penulis memilih waktu dan tempat untuk melakukan penelitian yaitu sebagai:

3.1.1 Tempat Penelitian

Pada penelitian ini peneliti melakukan pembuatan biopelet pada CV PD Cahaya Mandiri yang terletak di Desa Sinar Harapan Kec. Kedondong Kabupaten Pesawaran dan melakukan pengujian nilai kalor biopelet di Gedung Laboratorium Teknik Kimia Universitas Lampung.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2023 sampai dengan bulan Desember 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Berikut ini adalah alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Mesin Cetak Biopelet

Mesin pelet adalah peralatan atau mesin yang digunakan untuk mengubah bahan baku biomassa seperti serbuk kayu, jerami, sekam padi, limbah pertanian, atau bahan organik lainnya menjadi pelet biomassa yang padat dan berbentuk silinder.

Proses ini disebut juga dengan istilah peletisasi. Pada kegiatan ini mesin pelet yang digunakan memiliki spesifikasi dimensi Panjang 1320 mm, lebar 1080mm, dan tinggi 925 mm dengan motor penggerak 27HP/2200 RPM. Kapasitas desain 100kg/jam.



Gambar 5 Mesin pembuat pelet

3.2.2 Timbangan digital

Timbangan digital adalah alat pengukur berat yang menggunakan teknologi digital untuk menghasilkan hasil pengukuran yang akurat. Berbeda dengan timbangan analog yang menggunakan jarum dan skala, timbangan digital menggunakan sensor yang mengonversi gaya atau beban yang diterapkan ke atas platform timbangan menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik ini kemudian diubah menjadi angka yang ditampilkan pada layar digital, memberikan pembacaan berat yang tepat. Penelitian ini menggunakan timbangan digital merk fleco f-119 dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Kapasitas sampai: 5.000 gram (5kg)
2. Tampilan LCD dengan angka yang besar sehingga mudah terbaca.

3. *Power: 2 x Baterai AA 1,5 volt (sudah termasuk)*
4. *Overload / Low battery indicator*
5. *Auto zero resetting*

3.2.3 Tachometer

Alat Tachometer adalah sebuah alat pengujian yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran per menit (RPM) dari poros engkol mesin (Rana et al., 2016).

Spesifikasi alat tachometer adalah sebagai berikut ini :

1. *Display: 5 Digits, 18MM (0.7")*
2. *Test Range: 2.5 to 99,999RPM*
3. *Resolution: 0.1 RPM (2.5 to 999.9 RPM), 1 RPM (over 1,000RPM)*
4. *Accuracy: +(0.05% = 1 Digit)*
5. *Sampling Time: 0.8 Seconds (over 60 RPM)*
6. *Test Range Select: Automatic*
7. *Memory: Last Value, Max. Value, Min. Value*
8. *Detecting Distance: 50 to 200 MM= 2-10 Inch (LED), 50 to 500MM=2-20 Inch (Laser)*
9. *Time Base: Quartz Crystal*
10. *Battery: 6F22 9V (Termasuk) Power Consumption: Approx.35mA (LED) or Approx. 30mA (Laser) Size: 131 x 70 x 38mm*



Gambar 6 Tachometer

3.2.4 Limbah Penyulingan Buah Pala

Limbah penyulingan buah pala adalah limbah yang dihasilkan dari proses penyulingan buah pala menjadi minyak atsiri. Pada penelitian ini membutuhkan 18 kg limbah padat hasil penyulingan buah pala.



Gambar 7 Limbah penyulingan buah pala

3.2.5 Tepung Tapioka

Tepung yang diperoleh dari umbi akar ketela pohon atau dalam bahasaindonesia 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.

Tepung yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung tapioka yang ber merk Gunung Agung yang berasal dari daerah lampung.



Gambar 8 Tepung tapioka

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian menjelaskan tahap pelaksanaan dalam penelitian. Penelitian ini memiliki beberapa tahapan yaitu persiapan alat dan bahan, pembuatan perekat tapioka, pencampuran perekat dengan bahan baku, proses pengeringan bahan baku yang sudah dicampur perekat, pencetakan bahan menjadi produk, pengeringan produk, pengujian nilai kalor, dan analisis data.

3.3.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama pada penelitian ini adalah limbah padat penyulingan buah pala yang diperoleh dari produksi minyak atsiri pada CV. PD Cahaya Mandiri yang berlokasi di Desa Sinar Baru, Kedondong, Lampung. Limbah yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 18 kg. Bahan pendukung dari penelitian ini adalah tepung tapioka dan air. Tepung tapioka diperoleh di warung setempat, dan air yang digunakan adalah air sumur yang berada dilokasi penelitian.



Gambar 9 Limbah penyulingan buah pala

3.3.2 Pembuatan Perekat

Pembuatan perekat dilakukan dengan mencampurkan tepung tapioka dengan air diatas panci dengan rasio 1gram perekat : 10ml air . Kemudian dipanaskan di atas kompor yang menyala, diaduk dengan pengaduk kayu sampai merata, mengental, dan berwarna bening. Pada penelitian ini campuran tapioka yang digunakan sebesar 90gram dengan penambahan air 900ml, Sedangkan untuk komposisi campuran tapioka sebesar 150gr dengan penambahan air 1500ml.



Gambar 10 Pembuatan perekat

3.3.3 Pencampuran Perekat dengan Bahan Baku

Bahan baku dan perekat yang sudah dibuat kemudian dicampurkan dengan menggunakan bak. Pengadukan pada proses ini menggunakan metode manual yaitu menggunakan kedua tangan, pengadukan dilakukan selama 10 menit hingga kedua bahan baku tercampur merata. Perbandingan komposisi bahan baku dan perekat pada penelitian ini adalah sebagai 3 kg bahan baku: 0 campuran tapioka, 3kg bahan baku:90gram tapioka, 3 kg bahan baku:150gram tapioka.

3.3.4 Pengeringan Campuran Bahan Baku

Setelah bahan baku dicampur dengan perekat kemudian dilakukan proses pengeringan di bawah terik matahari dengan suhu 30°C – 33°C selama 2 sampai 3 jam.



Gambar 11 Proses pengeringan

3.3.5 Pencetakan Biopellet

Bahan baku yang sudah tercampur merata kemudian akan dicetak dengan menggunakan mesin pellet kayu, dengan hasil diameter biopellet 6mm.



Gambar 12 Mesin biopellet

Proses pencetakan biopelet diawali dengan memasukkan bahan yang sudah dibuat ke dalam corong penampung sedikit demi sedikit secara berulang, kemudian bahan yang masuk ditekan masuk ke dalam piringan dies oleh roda penggilas, piringan dies dan roda gilang dapat terus berputar disebabkan oleh motor penggerak melalui transmisi puli-puli. Tekanan antar roda gilang dengan piringan disk menghasilkan pelet melalui celah dies terkecil kemudian dipotong oleh pisau atau sirip dan jatuh ke bak penampung melalui saluran corong. Adapun Gambar hasil dari pencetakan biopelet dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 13 Hasil pencetakan biopelet

3.3.6 Pengeringan Biopelet

Biopelet yang sudah jadi kemudian dikeringkan dibawah sinarmatahari dengan temperature $30^{\circ}\text{C} - 33^{\circ}\text{C}$ berlangsung pada pukul 09.00 WIB – 16.30 WIB (selama 7,5 jam).



Gambar 14 Pengeringan biopelet

3.4 Pengujian Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan salah satu parameter penting dalam pengujian biopelet. Untuk mengetahui nilai kalor pada penelitian ini digunakan alat kalorimeter bomb. Untuk cara pengujiannya dengan menyiapkan sampel dan menimbang sampel yang akan dimasukan ke *vessel bomb kalorimeter* yang sudah terpasang benang penyulut. Setelahnya *vessel* diisi dengan oksigen hingga tekanan mencapai 3000 kPa. Lalu masukan *vessel* kedalam *bomb kalorimeter*, Kemudian menyalakan *bomb kalorimeter* dan menginput berat sampel. Tunggu sampai 20 menit sampai nilai kalor tertera pada *layer Bomb calorimeter*.

3.4.1 Mencatat data-data hasil pengamatan

Setelah dilakukannya pembuatan dan pengujian biopelet

dilakukan pencatatan data yang didapat saat melakukan penelitian pemanfaatan limbah penyulingan buah pala untuk pembuatan biopelet menggunakan mesin extrude. Adapun data-data yang di peroleh di catumkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4 Tabel Parameter Uji biopelet limbah penyulingan pala dengan campuran perekat pada variasi kecepatan putaran mesin

SAMPLER BIOPELET	KOMPOSISI BIOPELET			PARAMETET UJI
	Bahan Baku(kg)	Tapioka (gr)	Kecepatan Putaran Mesin (RPM)	Nilai Kalor
A	3	-	1700	
B	3	90	1700	
C	3	150	1700	
D	3	-	2800	
E	3	90	2800	
F	3	150	2800	

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 15 Diagram Alir Penelitian

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa biopelet dari limbah penyulingan buah pala dengan menggunakan mesin extruder adalah sebagai berikut:

1. Hasil biopelet yang dibuat memiliki diameter 6mm dengan rata-rata panjang 2cm sampai dengan 3cm dengan warna coklat, dan coklat ketuaan, memiliki tekstur permukaan yang kasar, halus, dan halus sedikit berpori.
2. Nilai kalor tertinggi pada biopelet didapatkan pada sampel E dengan komposisi perekat 90gram dan kecepatan putaran mesin 2800 RPM yaitu sebesar 5,789.10 kal/g, dan nilai kalor terendah didapatkan pada sampel A dengan komposisi tanpa perekat dan kecepatan putaran mesin 1700 RPM yaitu sebesar 5,094.27 kal/g.

5.2 Saran

Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan hanya pengujian nilai kalor, sementara biopelet yang bagus memiliki beberapa pengujian karakteristik. Saya menyarankan kepada peneliti selanjutnya agar melakukan pengujian karakteristik lainnya seperti uji kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, karbon terikat, laju pembakaran dan uji ketahanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadan, F., Trisnaliani, L., Tahdid, T., Agustin, D., & Putri, A. D. (2019). Pembuatan biopelet dari campuran cangkang dan daging biji karet menggunakan *screw oilpress machine*. *Fluida*, 12(1), 35-42.
- Amin, A. Z., Pramono, P., & Sunyoto, S. (2017). Pengaruh variasi jumlah perekat tepung tapioka terhadap karakteristik briket arang tempurung kelapa. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*, 15(2), 111-118.
- Anshori, S. (2020). Pengaruh Kecepatan Putar Mesin Diesel Terhadap Kualitas Produk Pencetak Biopelet (*Doctoral dissertation*, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Enny, E. (2018). Tachometer Laser, Pemakaian Dan Perawatannya. *Metana*, 13(1), 7-12.
- Evendi, A., & Fitra, A. (2018). Uji Kualitas Briket Tempurung Kelapa Dari Kombinasi Perekat Resin Dan Kanji Metode Pirolisis (*Doctoral Dissertation, Universitas Bosowa*).
- Hidayah, A. A., Erlinawati, E., & Hajar, I. (2021). Biopelet Serbuk Kayu Acacia Mangium Ditinjau Dari Pengaruh Level Kecepatan Putaran Mesin Diesel. *Jurnal Redoks*, 6(2), 100-106.
- Jamilatun, S. (2008). Sifat-Sifat Penyalaan Dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara Dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2), 37-40.
- Junaidi, J., Ariefin, A., & Mawardi, I. (2017). Pengaruh persentase

- perekat terhadap karakteristik pellet kayu dari kayu sisa gergajian. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 1(1), 13-17.
- Kakerissa, A. L. (2020). Pemanfaatan Limbah Tempurung Biji Pala Sebagai Bahan Bakar Alternatif Briket Arang Biomassa. *Ale Proceeding*, 3, 33-39.
- Machsalmi, M., Ismy, A. S., & Razi, M. (2022). Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Karakteristik BiobriketCangkang Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Mesin Pencetak Biobriket. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 6(2), 110-116.
- Maiwa, K., & Fausiah, N. (2018). Uji Kualitas Briket Biomassa Dari Hasil Blending Karbon Cangkang Kemiri Dan Batubara Dengan Perekat Sagu (*Doctoral Dissertation, UniversitasBosowa*).
- Manialup, E., Pangkorego, F., Ludong, D., & Pinatik, H. F. (2015, July). Kajian Pembuatan Briket Arang Dari Limbah Tempurung Pala (*Myristica Fragrans* Haitt). *In Cocos (Vol. 6, No. 14)*.
- Polii, F. F., & Riset, B. (2016). Penelitian Penyulingan Minyak Pala” Siau” Metode Uap Bertekanan Dan Karakteristik Mutu Minyak Pala.*Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 8(1), 23-34.
- Sari, S. S., & Sitorus, C. (2021). Potensi Pengembangan Industri Biomassa Wood Pellet Di Indonesia Dengan Analisis Bcg Dan Swot. *Jie Scientific Journal On Research And Application Of Industrial System*, 6(2), 151-161.
- Soolany, C. (2020). Rancang Bangun Pencetak Briket Tipe Screw Untuk Proses Produksi Briket Pelet Dari Arang Cangkang Kakao. *Ame (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2), 62-68.

- Suryani, E. T. (2019). Pemanfaatan Limbah Hasil Penyulingan Serai Wangi, Pala, Dan Onggok Dalam Pembuatan Pengharum Ruangan Padat.
- Vuspayani, R. (2017). Uji Kualitas Fisis Briket Dari Campuran Limbah Bahan Cangkang Biji Jarak Pagar Dengan Tempurung Kelapa. *Skripsi. Makassar*.
- Widjaya, E. R., Triwahyudi, S., & Rosmeika, S. H. Uji Kinerja Unit Mesin Produksi Bio-Pellet Menggunakan Bahan Baku Sekam Padi (*Performance Test Of Biomass Pellet Plant Machinery Using RiceHusk As Raw Material*).
- Yuliati, Y., Santosa, H., & Sitepu, R. (2022). Diseminasi Produk Teknologi Pencetak Bio-Briket Sistem Extruder Pressure Flywheel Bagi Masyarakat Desa Sambirejo Kediri. *Jmm (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(5).