

(Produksi dan Karakterisasi solid Fuel limbah tempurung kelapa yang diproduksi dengan metode Liquid-Solid Mixing).

Latar belakang

Energi merupakan kebutuhan yang sangat dasar dalam aktivitas kehidupan manusia yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupan manusia. Bahan bakar minyak atau bahan bakar fosil merupakan salah satu sumber energi yang bersifat tak terbarukan (non renewable energy sources) (Affandy et al., 2017). Penggunaan energi fosil yang terus meningkat menyebabkan sumber energi semakin langka dan akhirnya akan habis. Krisis energi merupakan isu yang sangat mengkhawatirkan di dunia saat ini, hal ini dipengaruhi oleh kenyataan bahwa kebutuhan terhadap bahan bakar semakin meningkat pesat, sementara itu sumber bahan baku fosil di alam semakin berkurang. Konsekuensinya adalah tanpa energi masyarakat akan kembali ke jaman purba kala sehingga harus dicarikan solusi secara cepat dan berkelanjutan untuk mengembangkan sumber energi baru berkalori tinggi sebagai energi alternatif bagi rumah tangga dan industri kecil, sehingga persediaan energi tetap terjaga dengan baik (Kuntaarsa Abdull ah, 2019).

Sumber energi terbarukan untuk mengatasi krisis energi salah satunya adalah biomassa. Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Biomassa juga merupakan bahan biologis yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar, baik secara langsung maupun setelah diolah melalui serangkaian proses yang dikenal sebagai konversi

sumbernya diperjelas

biomassa (jurnal Analisis of the). Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja, dan kotoran ternak. Biomassa yang umum digunakan sebagai bahan bakar adalah yang memiliki nilai ekonomis rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Potensi biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah, yaitu sebesar 146,7 juta ton per tahun (Parinduri L dan Parinduri T, 2020).

Salah satu sumber biomassa yang banyak dijumpai di Indonesia adalah tempurung kelapa. Tempurung kelapa termasuk dalam kelompok kayu keras yang mengandung lignoselulosa. Lignoselulosa terdiri dari tiga komponen utama: selulosa, hemiselulosa dan lignin. Tempurung kelapa dapat diubah menjadi bahan

yang berguna dengan menggunakan metode tertentu, seperti pirolisis (jurnal pak jahiding). Tempurung kelapa mengandung bahan organik dan bahan anorganik dalam cangkang kelapa adalah 33,61% Selulosa, 36,51% Lignin, dan 0,61% abu (dari jurnal shatees). Tempurung kelapa di Indonesia sangat melimpah. Sekitar 360 ribu ton per tahun tempurung kelapa dihasilkan di Indonesia. Namun demikian, pemanfaatannya masih sangat sedikit. Tempurung kelapa awalnya hanya dianggap sebagai limbah dan kemudian digunakan untuk keperluan domestik seperti pengasapan dan juga untuk keperluan rumah tangga yang mengakibatkan meningkatnya polusi udara. Proses pembakaran tempurung kelapa menghasilkan banyak asap karena kandungan volatile matter yang tinggi menyebabkan tempurung kelapa menghasilkan CO₂ yang relatif lebih banyak. Hal tersebut dapat menyebabkan meningkatnya kadar CO₂ di udara yang berdampak pada efek rumah

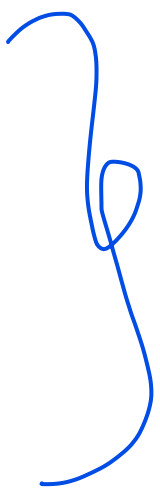
tidak seperti ini

untuk mengkonversi tempurung kelapa menjadi bahan bakar metode yang digunakan adalah pirolisis. pirolisis adalah.... nnti ksh catatan kaki

struktur kalimat nya msih berantakan dek ku

kaca Tempurung kelapa memiliki kandungan yang baik untuk menghasilkan produk berbasis karbon karena memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi (dari jurnal 6505).

Tempurung kelapa berpotensi untuk dijadikan bahan bakar padat yaitu bio-coke karena mengandung banyak karbon. Bio-coke adalah bahan bakar biomassa padat yang memiliki kepadatan dan kekuatan tinggi dibandingkan dengan bahan bakar biomassa padat konvensional dan merupakan bahan bakar pengganti batubara kokas. Bio-coke dikembangkan dan diproduksi dari biomassa di bawah kompresi tinggi pada suhu sedang ($300-500^{\circ}\text{C}$). Bio-coke menunjukkan beberapa fitur unik, seperti nilai kalor yang tinggi, kekuatan mekanik yang tinggi, dan densitas ($1,4 \text{ g/cm}^3$) dibandingkan dengan briket biasa dan juga sebanding dengan kokas konvensional memiliki kepadatan $0,63-0,85 \text{ g/cm}^3$ dan nilai kalori $18-31 \text{ MJ/kg}$. Salah satu metode yang dapat mengonversi limbah biomassa menjadi bahan bakar alternatif bio-coke adalah metode pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi thermal material organik melalui proses pemanasan suhu tinggi dalam keadaan tanpa oksigen untuk mendapatkan arang yang berkualitas. Fungsi utama karbonisasi dalam proses pirolisis adalah untuk meningkatkan nilai kalor, karena selama proses karbonisasi terjadi pelepasan kandungan air dan sejumlah senyawa volatile. Liquid Volatile Matter (LVM) merupakan cairan kondensasi hasil pirolisis dari bahan yang mengandung lignoselulosa dan senyawa karbon lainnya. LVM memiliki nilai kalor lebih tinggi dibanding dengan bio-coke, sehingga injeksi LVM dalam bio-coke diyakini mampu meningkatkan nilai kalor dari bio-coke. (dari jurnal pak MJ ref 45 full). Metode liquid-solid mixing merupakan metode



pembuatan bio-coke dengan mencampurkan lvm dengan biomassa guna meningkatkan nilai kalor dari bio-coke.

Penelitian yang berkaitan dengan produksi solid fuel menggunakan metode Liquid-Solid Mixing telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya seperti yang dilakukan oleh M. Jahiding dkk. (2021) dengan judul “Analisis Kualitas Bio-Coke Cangkang Kakao Terinjeksi Lvm Sebagai Bahan Bakar Alternatif”, diperoleh hasil Nilai Kalor bio-coke terinjeksi LVM memiliki nilai yang lebih besar dibanding dengan bio-coke tanpa injeksi LVM. Nilai kalor tertinggi diperoleh pada temperatur pirolisis 600°C yaitu 5986,55 kal/gr untuk bio-coke tanpa LVM dan 7007,85 kal/gr untuk bio-coke terinjeksi LVM. Nilai proximate (kadar air, volatile matter dan fix carbon) memenuhi standar kualitas bio-coke baik SNI SNI 01-6235-2000, Jepang, Amerika dan Inggris, sementara kadar abu tidak memenuhi standar kualitas dari semua standar baku mutu.

Berdasarkan uraian diatas, menjadi dasar penulis berfikir untuk meningkatkan penelitian bio-coke dari limbah tempurung kelapa yang diproduksi dengan metode Liquid-Solid Mixing. Untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan meneliti beberapa parameter penting yang mempengaruhi kualitas bio-coke dari limbah tempurung kelapa sebagai bahan bakar padat (bahan bakar alternatif). Oleh karena itu penelitian yang akan dilakukan berjudul **“Produksi dan Karakterisasi solid Fuel limbah tempurung kelapa yang diproduksi dengan metode Liquid-Solid Mixing”**.

b. rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dalam penelitian ini dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Biomassa

Sumber energi baru dan terbarukan yang masih melimpah di Indonesia salah satunya adalah biomassa. Potensi biomassa di Indonesia mencapai 32,654 MW, sementara kapasitas terpasang adalah 1,1716 MW. Dibandingkan dengan energi terbarukan lainnya, proses konversi energi biomassa terbilang lebih murah. Biomassa sering diterjemahkan sebagai bioresources atau sumber daya yang diperoleh dari hayati. Basis sumber daya alam meliputi ribuan spesies tanaman daratan dan lautan, berbagai sumber pertanian, perhutanan, limbah residu, dari proses industri, dan kotoran hewan. Biomassa merupakan sumber daya alam terbarukan dan energi yang diperoleh dari biomassa disebut energi terbarukan (Zulkania, 2016).

Biomassa adalah produk fotosintesis yang menyerap energi matahari dan mengubah karbon dioksida, dengan air, menjadi campuran karbon, hidrogen, dan oksigen. Biomassa juga merupakan bahan biologis yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar, baik secara langsung maupun setelah diolah melalui serangkaian proses yang dikenal sebagai konversi biomassa. Limbah biodegradable yang dapat digunakan sebagai bahan bakar juga merupakan bagian dari biomassa tetapi tidak termasuk bahan organik yang telah diubah oleh proses geologi menjadi zat seperti batubara atau minyak bumi. Secara teori, potensi energi biomassa Indonesia diperkirakan sekitar 49.810 MW. Angka ini diasumsikan berdasarkan kandungan energi dari produksi tahunan sekitar 200 juta ton biomassa dari sisa-sisa

pertanian, kehutanan, perkebunan, dan limbah padat urban. Namun kenyataannya, besarnya potensi tersebut tidak sebanding dengan kapasitas terpasang sebesar 302,4 MW atau termanfaatkan 0,64 persen. Jika saja potensi yang ada dapat dimaksimalkan dengan meningkatkan jumlah kapasitas terpasang, maka akan membantu bahan bakar fosil yang selama ini menjadi tumpuan penggunaan energi (dari jurnal analisis of quality).

Biomassa merupakan bahan bakar organik yang terbentuk dari zat-zat organik yang disusun oleh tumbuh-tumbuhan melalui proses fotosintesis (dengan bantuan energi matahari). Biomassa meliputi limbah kayu, limbah pertanian, perkebunan, hasil hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga. Beberapa kandungan unsur kimia yang biasa terdapat. antara lain: zat arang atau karbon (C), hidrogen (H), zat asam atau oksigen (O), zat lemas atau nitrogen (N), belerang (S), abu dan air, yang semuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia. Karena sifatnya yang menguntungkan yaitu dengan memanfaatkannya secara lestari dan mudah di perbaharui. Sumber energi biomassa memiliki beberapa kelebihan dibandingkan energi fosil. Selain sifatnya dapat diperbaharui secara terus menerus juga lebih ramah terhadap lingkungan. Energi biomassa dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi (fosil) yaitu dengan cara mengubahnya menjadi bio-arang yang memiliki nilai kalor yang tinggi. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi kimia menggunakan pemanasan dengan atau tanpa menggunakan oksigen dalam pembakarannya (Ridhuan *et al*, 2019).

B. Tempurung kelapa

Tempurung kelapa termasuk dalam kelompok kayu keras yang mengandung lignoselulosa. Lignoselulosa terdiri dari tiga komponen utama: selulosa, hemiselulosa dan lignin. Tempurung kelapa dapat diubah menjadi bahan yang berguna dengan menggunakan metode tertentu, seperti pirolisis (jurnal pak jahiding). Tempurung kelapa mengandung lignoselulosa. Lignoselulosa terdiri dari tiga komponen utama: selulosa, hemiselulosa dan lignin. Tempurung kelapa dapat diubah menjadi bahan yang berguna dengan menggunakan metode tertentu, seperti pirolisis. Menggunakan pirolisis, lignoselulosa dalam tempurung kelapa dapat diubah menjadi zat cair yang mudah menguap (LVM), yang dihasilkan melalui dispersi uap asap produk pembakaran bebas oksigen dalam reaktor pirolisis(dari asian jurnal ibu).

Tempurung kelapa memiliki kandungan lignin yang lebih tinggi dan kandungan selulosa yang lebih rendah . Tempurung kelapa merupakan salah satu bahan baku yang sangat potensial untuk dijadikan asap cair; tempurung kelapa mengandung 27,7% pentosa, selulosa 26,6%, lignin 29,4%, air 8%, pelarut ekstraksi 4,2%, uronat anhidrat 3,5%, dan abu 0,6%(dari jurnal rizal).

Tempurung kelapa mengandung bahan organik dan bahan anorganik dan bahan organik dalam cangkang kelapa adalah 33,61% Selulosa, 36,51% Lignin, 29,27% Pena dan 0,61% abu (dari jurnal shatees). Tempurung kelapa memiliki

kandungan yang baik untuk menghasilkan produk berbasis karbon karena memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi (dari jurnal 6505).

C. Bio coke

Bio-coke adalah bahan bakar biomassa padat yang memiliki kepadatan dan kekuatan tinggi dibandingkan dengan bahan bakar biomassa padat konvensional dan merupakan bahan bakar pengganti batubara kokas . Bio-coke dikembangkan dan diproduksi dari biomassa di bawah kompresi tinggi (sekitar 20 MPa) pada suhu sedang (300-500°C). Bio-coke menunjukkan beberapa fitur unik, seperti nilai kalor yang tinggi, kekuatan mekanik yang tinggi, dan densitas (1,4 g/cm³) dibandingkan dengan briket biasa dan juga sebanding dengan kokas konvensional memiliki kepadatan 0,63-0,85 g/cm³ dan nilai kalori 18-31 MJ/kg (dari jurnal ref45 pak MJ).

komponen utama biomassa yang digunakan untuk menghasilkan bio-coke yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin, dimana hemiselulosa memiliki sifat perekat yang berfungsi untuk mengeraskan bio-coke. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Hemiselulosa juga berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat (mizuno 2015). Lignin adalah gabungan beberapa senyawa yang hubungannya erat satu sama lain, mengandung karbon, hidrogen dan oksigen, namun proporsi karbonnya lebih tinggi dibanding senyawa karbohidrat. Lignin bukan karbohidrat, hal ini dikarenakan oleh proporsi karbon yang terdapat pada lignin lebih tinggi dibanding senyawa karbohidrat, yang mana lignin ini berfungsi sebagai bahan pengikat komponen lainnya. Selulosa

hampir sama dengan hemiselulosa, yang membedakan selulosa memiliki derajat polimerisasi yang lebih tinggi dan membentuk serat-serat panjang dibandingkan dengan hemiselulosa (Pertiwi, 2016).

Bio-Coke diketahui dapat mempertahankan lebih banyak energi biomassa, karena tidak adanya penurunan berat badan selama produksinya, yang menyiratkan bahwa semua komponen dalam 100 g bahan baku dapat diubah menjadi 100 g Bio-Coke, tanpa melepaskan gas. Bio-Coke, sebagai pengganti coke batubara, dapat mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂) sebesar 2,16 ton . Selain itu, produksi Bio-Coke juga dapat berkontribusi terhadap pengelolaan limbah biomassa yang efisien, karena 1 ton limbah biomassa dapat dikonversi menjadi 1 ton produk bernilai tambah. Dengan demikian, Bio-Coke juga dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk mengurangi penggunaan coke batubara (dari jurnal kamal baharin).

Bio-coke yang berkualitas menurut dapat ditentukan dengan syarat-syarat sebagai berikut : Cukup keras dan tidak mudah hancur, mempunyai kandungan arang (fixed carbon) lebih dari 47,72%, memiliki kadar abu maksimal 7%, kadar air maksimal 10%, kadar zat menguap maksimal 10%, serta tidak tercemar oleh unsur-unsur yang membahayakan (Karim 2020).

Gambar bio-coke.

D. Liquid Volatile Matter (LVM)

Liquid volatile matter adalah kondensat komponen asap yang dapat digunakan untuk menciptakan flavor asap pada produk. LVM

Diproduksi dengan cara pembakaran yang tidak sempurna yang melibatkan reaksi dekomposisi konstituen polimer menjadi senyawa organik dengan berat molekul rendah karena pengaruh panas yang meliputi reaksi oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi. Media pendingin yang digunakan pada kondensor adalah air yang dialirkan melalui pipa *inlet* yang keluar dari hasil pembakaran tidak sempurna kemudian dialirkan melewati kondensor dan dikondensasikan menjadi distilat asap (dari jurnal lvm).

Liquid Volatile Matter (LVM) merupakan suatu hasil kondensasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya. Bahan baku yang banyak digunakan antara lain berbagai macam jenis kayu, bongkol kelapa sawit, tempurung kelapa, sekam, ampas atau serbuk gergaji kayu dan lain sebagainya. Selama pembakaran, komponen dari kayu akan mengalami pirolisa menghasilkan berbagai macam senyawa antara lain fenol, karbonil, asam, furan, alkohol, lakton, hidrokarbon, polisiklik aromatik dan lain sebagainya (dari jurnal garuda).

Liquid Volatile Matter (LVM) merupakan asap cair yang dihasilkan dari kondensasi limbah organik yang mengandung lignoselulosa melalui reaktor pirolisis. . LVM memiliki nilai kalor lebih tinggi dibanding dengan bio-coke , sehingga injeksi LVM dalam bio-coke diyakini mampu meningkatkan nilai kalor dari bio-coke. (dari jurnal pak MJ ref 45 full).

E. Pirolisis

Pirolisis merupakan proses dekomposisi thermal material organik melalui proses pemanasan suhu tinggi dalam keadaan tanpa oksigen untuk mendapatkan arang yang berkualitas. Fungsi utama karbonisasi dalam proses pirolisis adalah untuk meningkatkan nilai kalor, karena selama proses karbonisasi terjadi pelepasan kandungan air dan sejumlah senyawa volatile (jurnal pak MJ yg full paper).

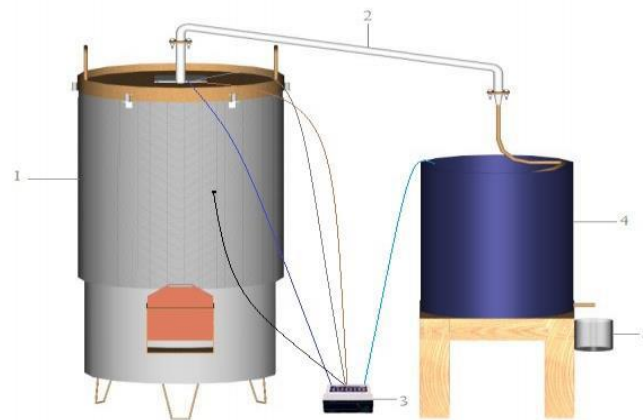
Pirolisis adalah penguraian kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya, dimana bahan baku akan memecah struktur kimia menjadi fase gas. Pirolisis yang hanya menyisakan karbon sebagai residu disebut karbonisasi. Biasanya ada tiga produk dalam proses pirolisis: gas, produk cair, dan arang. Uap yang dihasilkan dalam proses pirolisis mengandung karbon monoksida, metana, karbon dioksida, tar yang mudah menguap dan air (dari jurnal 113).

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia sehingga fase padat berubah menjadi fase gas. Proses ini merupakan proses penguraian melalui pemanasan dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas. Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu padatan (*char*), cairan (Bio-oil), dan gas (H_2 , CO, CO_2 , dan CH_4). Padatan (*char*) hasil *pyrolysis* tempurung kelapa sawit merupakan bahan baku briket dengan nilai kalor yang cukup tinggi. Pirolisis biomassa menghasilkan produk yang mengandung cairan, gas dan arang padat (*char*). Produk utama hasil pirolisis biomassa adalah produk cair dengan perolehan mencapai 75% dari umpan kering (kadar air umpan kurang

dari 10% berat). Perbandingan produk tersebut bergantung pada jenis umpan, temperatur pirolisis, laju pemanasan, dan waktu tinggal. Tetapi pada umumnya terdiri atas 40–65%-w cairan organik, 10–20%-w char, 10–30%-w gas dan 5–15%-w air dengan basis umpan kering. Kebanyakan reaktor pirolisis membutuhkan umpan yang mengandung 5–15%-w air (Caturwati *et al*, 2015).

Pirolisis merupakan suatu proses pemanasan suatu zat atau bahan dengan atau tanpa adanya oksigen sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusunnya. Penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar dengan suhu yang cukup tinggi sehingga akan terjadi reaksi penguraian dari senyawa-senyawa kompleks yang menyusun bahan biomassa dan menghasilkan zat dalam tiga bentuk yaitu padatan, cairan dan gas, untuk mendapatkan hasil produk pirolisis yang optimal maka diperlukan suatu unit peralatan atau reaktor yang lebih efektif dan efisien dengan bagiannya dalam memproses biomassa tersebut menjadi bioarang dan asap cair. Peralatan tersebut yaitu reaktor dan kondensor. Pada reaktor terjadi proses pembakaran pirolisis biomassa dari padatan menjadi gas panas dan juga menghasilkan bio-arang, dan pada kondensor terjadi proses pendingin gas panas pembakaran menjadi cairan dan menghasilkan asap cair. Unit rangkaian tersebut merupakan satu kesatuan utuh dalam system kerja produksi piro lisis. Proses pembakaran di bagian reaktor merupakan faktor yang sangat menentukan terhadap hasil bio-arang dan asap cair yang didapatkan (Ridhuan *et al*,2020).

Pirolisis biomassa bersifat relatif terhadap temperatur rendah yaitu sekitar 300 – 650°C dan beroperasi dalam reaktor tanpa kehadiran oksigen. Proses dekomposisi pirolisis melibatkan pemanasan biomassa dalam sebuah reaktor pada temperatur pirolisis tanpa kehadiran oksigen untuk menghasilkan produk baru yang berguna. Hasil produk pirolisis sangat dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan selama proses pirolisis (Mustofa, 2019).



Gambar 2.3. Sistem Rangkaian Reaktor Pirolisis dan Kondensornya
(Ridhuan *et al*,2020).

F. Analisis Proximate

1. Kadar air (moisture)

Kandungan air yang tinggi menyulitkan penyalaan dan mengurangi temperatur pembakaran. Kadar air (moisture) sangat menentukan kualitas bio-arang (bio-char) yang dihasilkan. Bio-char dengan kadar air (moisture) rendah akan memiliki nilai kalor tinggi (Sudiro, 2016). Perhitungan nilai kadar air (moisture) dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{((MS - (MC + SP(105^\circ\text{C})) - MCK)) \times 100\%}{MS} \quad (1)$$

Keterangan :

MCK : Massa cawan kosong (gram)

MS : Massa sampel (gram)

MC+SP (1050C) : Massa cawan + Massa setelah pemanasan pada suhu 105 °C (gram).

2. Zat Terbang (volatile matter)

Zat terbang (volatile matter) berpengaruh terhadap pembakaran dan intensitas bio-char. Semakin banyak kandungan volatile matter pada bio-arang (bio-char) maka akan semakin mudah untuk terbakar dan menyala (Krisnayana, 2018).

Perhitungan nilai volatile matter dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Volatile matter (\%)} = \text{Kadar zat hilang (KZH) (750 } ^\circ\text{C)} - \text{Kadar air} \quad (2)$$

$$\text{KZH (\%)} = \frac{[MS - (MC + SP(750^\circ\text{C})) - MCK] \times 100\%}{MS} \quad (3)$$

Dengan :

MCK : Massa cawan kosong (gram)

MS : Massa sampel (gram)

MC+SP (750°C) : Massa cawan + sampel setelah pemanasan pada suhu 750°C (gram)

3. Kadar Abu (ash content)

Kadar abu merupakan ukuran kandungan material dan berbagai material anorganik didalam bahan. Penentuan kadar abu adalah dengan mengoksidasikan semua zat organik pada suhu yang tinggi yaitu sekitar 500 - 600°C dan kemudian melakukan penimbangan zat yang tertinggal setelah proses pembakaran tersebut (Soolany & Aji, 2020). Perhitungan nilai kadar abu dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{((MS - (MC + SP(700^{\circ}\text{C})) - MCK)) \times 100\%}{MS} \quad (4)$$

Keterangan :

MCK : Massa cawan kosong (gram)

MS : Massa sampel (gram)

MC + SP (700⁰C) : Massa cawan + sampel setelah pemanasan pada suhu 700⁰C (gram)

4. Karbon Terikat (fixed carbon)

Bio-arang (bio-char) dapat dikatakan berkualitas baik atau tidak ditentukan dari kandungan karbon di dalamnya. Semakin tinggi fixed carbon yang terkandung dalam bio-arang (bio-char) maka dapat dikatakan berkualitas baik karena fixed carbon ini merupakan pembangkit utama panas selama pembakaran (Soolany, 2018). Persamaan untuk mencari fixed carbon adalah sebagai berikut:

$$\% \text{Fixed carbon} = 100\% - (\% \text{air} + \% \text{abu} + \% \text{volatile matter}) \quad (5)$$

F. Analisis Nilai Kalor

Nilai kalor dari suatu bahan bakar menunjukkan energi yang terkandung di dalam bahan bakar setiap satuan massa bahan bakar (Btu/lbm) atau (Kcal/kg). Nilai kalor ini penting diketahui untuk mengukur kandungan energi dari setiap massa bahan bakar sehingga konsumsi untuk menghasilkan energi tertentu dapat dikalkulasi secara tepat. Nilai kalor bahan bakar padat seperti bio-coke yang bersumber dari biomassa dapat diukur dengan menggunakan bomb calorimeter dan secara teoritik nilai kalor dapat dihitung dengan menggunakan formula Dulong (Krisnayana, 2018)

Bomb calorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran sempurna dalam oksigen berlebih suatu materi atau sampel tertentu. Sejumlah sampel ditempatkan pada tabung beroksigen yang tercelup dalam medium penyerap kalor (kalorimeter), dan sampel akan terbakar oleh api listrik dari kawat logam yang terpasang dalam tabung (Edie et al., 2018). Panas yang diserap air dalam bomb calorimeter dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (6)$$

Keterangan :

Q : Panas yang diserap (kJ)

m : Massa air di dalam bomb calorimeter (gram)

C_p : Specific heat 4,186 kJ/kg°C

ΔT : Perbedaan temperatur (°C)

BAB III

METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada bulan juni hingga selesai.

2. Tempat Penelitian.

Penelitian ini akan dilaksanakan di:

1. Laboratorium Fisika Material dan Energi, FMIPA, Universitas Halu Oleo, Kendari, untuk preparasi sampel, proses pirolisis.
2. Laboratorium Nano Material, FMIPA, Universitas Halu Oleo, Kendari, untuk analisis proximate dan uji nilai kalor sampel.

B. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dalam bidang material energi yang berjudul “Produksi dan Karakterisasi solid Fuel limbah tempurung kelapa yang diproduksi dengan metode Liquid-Solid Mixing “

C. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1. sebagai berikut:

Tabel 3.1. Alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Alat	Fungsi
1	Timbangan	Untuk menimbang sampel tempurung kelapa
2	Karung	Sebagai wadah tempurung kelapa
3	Cluser	Untuk menghaluskan sampel
4	Cetakan	Untuk mencetak bio-coke
5	Sarung tangan	Untuk melindungi tangan
6	Alat pirolisis	Untuk tempurung kelapa menjadi bio-coke
7	Ayakan	Untuk menyaring sampel dengan ukuran tertentu
8	Tanur	Untuk menentukan volatile matter dan kadar abu
9	Bomb calorimeter	Untuk mengukur jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran sempurna dalam oksigen berlebih suatu sampel
10	Cawan	porcelain Sebagai wadah sampel yang akan dianalisis
11	Desikator	Sebagai tempat untuk mendinginkan sampel yang telah dipanaskan
12	Gegep	Untuk mengangkat cawan dalam tanur dan oven
13	Botol	Sebagai wadah LVM
14	Pipet tetes	Untuk memindahkan LVM tempurung kelapa

2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini di sajikan dalam tabel 3.2. sebagai berikut:

Tabel 3.2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Bahan	Fungsi
1	Tempurung kelapa	Sebagai bahan baku utama
2	Liquid volatile matter	Sebagai bahan baku paduan
3	Air dan Aseton	untuk membersihkan cetakan bio-coke

D. Prosedur Penelitian

a) Sampel Tempurung kelapa

1. Sampel tempurung kelapa dijemur dibawah sinar matahari sampai kering untuk mengurangi kadar air.
2. Sampel Tempurung kelapa yang telah kering kemudian dihaluskan menggunakan cluser lalu diayak dengan ukuran 60 mesh, 100 mesh dan 200 mesh.

b) liquid volatile matter (LVM)

1. LVM dari hasil pirolisis tempurung kelapa dengan suhu 400 °C, 500°C dan 600°C didestilasi pada suhu 70-80°C untuk menghasilkan LVM murni kemudian disimpan kedalam wadah botol berdasarkan suhu pirolisisnya.
2. LVM tempurung kelapa dimasukkan kedalam botol kecil sebanyak 50 ml.

2. Tahap Pembuatan Bio Coke Dengan Metode Liquid Solid Mixing

- a) Sampel tempurung kelapa sebanyak 10 gram dicampur LVM 50 ml hingga homogen.
- b) Sampel dimasukan ke dalam cetakan bio-coke.

Gambar 3.1 cetakan bio-coke (jurnal.tahun)

- c) Cetakan yang telah berisi tempurung kelapa dan LVM dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis.
- d) Beban diletakan di atas penutup cetakan seberat 1,5 kg.

Gambar 3.2. Anak Timbangan 1,5 kg (Ulfa, 2018)

- e) Temperatur pirolisis diatur pada suhu kamar sebagai suhu awal pirolisis, setelah mencapai temperatur yang diinginkan selanjutnya temperatur dipertahankan selama 15 menit.
- f) Setelah 15 menit, temperatur di turunkan menjadi suhu $< 100^{\circ}\text{C}$.
- g) Cetakan dikeluarkan dari dalam alat pirolisis.
- h) Cetakan kemudian didinginkan pada suhu kamar kemudian bio coke dikeluarkan dari dalam cetakan.

Gambar 3.3. Rangkaian alat pirolisis (M. Jahiding, 2015).

Keterangan:

1. Pengatur temperatur
2. Elemen panas
3. Wadah limbah
4. Heater
5. Penutup v reaktor
6. Pipa tempat mengalirnya asap
7. Statif atau penyangga
8. Pipa kondensor (spiral)
9. Tempat keluarnya asap
10. Penampung tar
11. Kabel penghubung
12. Air sirkulasi
13. Pompa air
14. Lubang penutup heater.

3. Analisis Proximate

a) Kadar air (moisture)

- 1) Cawan yang akan digunakan untuk menyimpan sampel coke hybrid dicuci menggunakan air bersih agar menghilangkan kotoran yang masih tertempel pada cawan,.

- 2) Cawan dipanaskan menggunakan tanur dengan suhu sampai 110°C selama 10 - 15 menit.
- 3) Setelah dipanaskan, cawan dimasukkan ke dalam desikator selama 10 menit untuk didinginkan hingga mencapai suhu kamar.
- 4) Massa cawan kosong (MCK) diukur menggunakan neraca.
- 5) Massa sampel bio-coke (MS) diukur menggunakan neraca, kemudian sampel bio-coke dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui bobot konstan atau massa kosongnya.
- 6) Cawan yang telah berisi sampel dimasukkan ke dalam oven.
- 7) Cawan dipanaskan pada suhu 105°C selama 3 jam untuk menguapkan kadar air pada sampel.
- 8) Setelah 3 jam, cawan yang berisi bio-coke tersebut dikeluarkan kemudian dimasukkan ke dalam desikator untuk proses pendinginan dan agar terhindar dari kontaminasi suhu luar,
- 9) Massa cawan yang berisi bio-coke yang telah didinginkan dalam desikator selama 15 menit diukur menggunakan neraca.
- 10) Kadar air yang terkandung dalam sampel dihitung menggunakan persamaan (1).

b) Kandungan Zat Terbang (volatile matter)

- 1) Sampel bio-coke yang telah diketahui kadar airnya dimasukkan ke dalam cawan.
- 2) Cawan ditutup menggunakan aluminium foil dan sampel dimasukkan ke dalam tanur dengan hati-hati.
- 3) Sampel dipanaskan pada suhu 750°C selama 15 menit, untuk menguapkan gas-gas yang terkandung dalam sampel.
- 4) Setelah dipanaskan didalam tanur, sampel didinginkan didalam desikator.
- 5) Penutup porselin dibuka dan cawan yang berisi sampel bio-coke ditimbang menggunakan neraca
- 6) Kadar volatile matter yang terkandung dalam sampel dihitung dengan menggunakan persamaan (2) dan (3).

c) Kadar Abu (ash content)

- 1) Sampel dimasukkan ke dalam cawan porselin yang tanpa penutup kemudian dipanaskan menggunakan tanur pada suhu 700°C selama 3 jam.
- 2) Sampel didinginkan dengan menggunakan desikator selama 15 menit.
- 3) Massa cawan yang berisi bio-coke diukur menggunakan neraca.
- 4) Kadar abu dihitung dengan menggunakan persamaan (4).

d) Kandungan Karbon Terikat (fixed carbon)

Kadar karbon terikat (fixed carbon) adalah fraksi karbon dalam arang selain fraksi abu, zat mudah menguap dan air. Fixed carbon dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5).

4. Analisis Nilai Kalor

- a) Sampel ditimbang kemudian ditempatkan pada cawan.
- b) Sampel diikat dengan kawat niklin sepanjang 10 cm dan dipasang pada katup positif dan negatif pada tempat cawan.
- c) Cawan dimasukkan ke dalam reaktor secara perlahan-lahan dan ditutup dengan rapat dan benar (jangan sampai kawat niklin lepas dari sampel).
- d) Reaktor diisi dengan gas oksigen dengan tekanan 20 sampai 30 atm kemudian kran pembuka gas ditutup dengan benar jangan sampai gas bocor jika terjadi kebocoran ulangi pengisian gas.
- e) Tabung atau bejana dipanaskan diisi dengan air 2000 mL dengan tepat.
- f) Reaktor dimasukkan ke dalam bejana pemanas dan dihubungkan reaktor dengan katup positif dan negatif pada arus.
- g) Alat ditutup dengan benar, termometer khusus bomb calorimeter dipasang dengan benar dan pengaduk dihidupkan sehingga suhu dalam bejana pemanas konstan dan homogen (diaduk sampai suhunya konstan).
- h) Tombol pembakar ditekan dan diamati perubahan suhu awal pembakaran dan kenaikan suhunya sampai diperoleh suhu konstan (catat suhunya sebagai suhu akhir).
- i) Alatnya dimatikan lalu termometer khusus bomb calorimeter dilepas

dan dikeluarkan reaktornya dan membuka kran oksigen sampai oksigen keluar,
kemudian buka reaktor dan bersihkan.

Diagram alir

A. Karakteristik Proximate Bio-coke tempurung kelapa

1. Kadar Air (Moisture)
2. Kandungan Zat Mudah Menguap (Volatile Matter)
3. Kadar Abu (Ash Content)
4. kadar Karbon Terikat (fixed carbon)

B. Analisis Nilai Kalor Bio-Coke