**(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. 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 Abdullah, 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. 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). 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 ( jurnal Analisist of the).

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 dan bahan organik 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 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℃). 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. 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 kedalam biomassa guna meningkatkan 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 600oC 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**

Tinjauan pustaka

1. 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 1,1716MW. Dibandingkan dengan energy terbarukan lainnya, proses konversi energy biomassa terbilang lebih murah. Biomassa sering diterjemahkan sebagai bioresources atau sumber daya yang di peroleh 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 terbaharui 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-tumbuhanan 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).

1. 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).

1. 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℃). 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).

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).

1. Liquid Volatile Matter (LVM)

*Liquid volatile matter* adalah kondensat komponen asap yang dapat digunakan untuk menciptakan flavor asap pada produk. LVM Diproduksi dengan cara pemabakaran 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).

1. Pirolisis

Pirolisis merupakan dekomposisi biomassa pada suhu tinggi tanpa oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen. Hasil dari proses pirolisis yaitu bio-oil, gas dan ghar (Hardi *et al,* 2016). Pirolisis merupakan proses dekomposisi secara termal dari material organik tanpa keterlibatan oksigen di dalamnya. Proses ini mengakibatkan terjadinya pemutusan rantai senyawa kimia, sehingga akan dihasilkan senyawa yang baru, yang memiliki rantai ikatan lebih pendek (Pratiwi, 2015).

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 (jurnsal 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 (H2, CO, CO2, dan CH4). Padatan *(char*) hasil *pyrolisis* 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 biomass adalah produk cair dengan perolehan mencapai 75% dari umpan kering (kada 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 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 pirolisis. Proses pembakaran di bagian reaktor merupakan faktor yang sangat menentukan terhadap hasil bio-arang dan asap cair yang didapatkan.



**Gambar 2.3**. Sistem Rangkaian Reaktor Pirolisis dan Kondensornya

(Ridhuan *et al*,2020).

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 (H2, CO, CO2, dan CH4). Padatan *(char*) hasil *pyrolisis* 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 biomass adalah produk cair dengan perolehan mencapai 75% dari umpan kering (kada 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).

Bab 3 metode

1. Karakteristik Proximate Bio-coke tempurung kelapa
2. Kadar Air (Moisture)
3. 2. Kandungan Zat Mudah Menguap (Volatile Matter)
4. 3. Kadar Abu (Ash Content)
5. kadar Karbon Terikat (fixed carbon)

B. Analisis Nilai Kalor Bio-Coke