

Pirolisis Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Energi Baru Terbarukan Untuk Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Dewi Ayu, Nurhadi, Linda Pulungan

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

dewiayu1124@gmail.com

Abstract. The use of fuels in Indonesia currently still relies on fossil fuels, while it is well known that fossil fuels have non-renewable properties because fossil fuels are the result of material deposition from living things. The largest fuel consumption in Indonesia is coal which is used as fuel for steam power plants (PLTU). The problem of using fossil fuels is not only constrained by the depletion of coal reserves in Indonesia, but also the lack of human awareness of environmental pollution, because coal has a negative character that causes pollution caused by the high carbon content in coal itself. Renewable energy is one solution to reduce the effect of greenhouses. Biomass energy is an alternative energy source that can be used for a mixture of fuel use. One of the potential and abundant biomass wastes is waste from furniture craftsmen and wood cutting, for example teak sawdust. Teak wood dust in large quantities can cause buildup which results in environmental damage. This large amount of teak sawdust can be used as a raw material for new and renewable energy. Pyrolysis testing is carried out at the Research and Development Center for Mineral and Coal Technology "Puslitbang tekMIRA". The series of research activities include several stages of testing including preparation of feed in the form of coal and biomass, equipment, pyrolysis process, and analysis of the products produced, namely charcoal, gas and liquid. In this study, using temperatures of 300, 450 and 600 ° C with time variations for temperatures of 450 ° C, namely 15, 30 and 60 minutes. From the results of pyrolysis testing, the optimal temperature in the pyrolysis process is at 450 ° C, because at this temperature it has pretty good results, both on the yield obtained, the quality of the charcoal, the quality of the gas produced and also the mass and energy balance produced. As well as the optimal residence time at 30 minutes, because at this time it has quite good results.

Keywords: Carbon Steel Pipe, Crude Oil, Corrosion Type, Corrosion Control, Corrosion Rate, Remaining Service Life

Abstrak. Penggunaan bahan bakar di Indonesia saat ini masih mengandalkan bahan bakar fosil, sedangkan sebagaimana yang diketahui bahwa bahan bakar fosil memiliki sifat yang tidak non-renewable karena bahan bakar fosil merupakan hasil pengendapan material dari makhluk hidup. Pemakaian bahan bakar terbesar di Indonesia yaitu batubara yang digunakan sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Permasalahan penggunaan bahan bakar fosil bukan hanya terkendala pada semakin menipisnya jumlah cadangan batubara di Indonesia, namun juga terhadap kurangnya kesadaran manusia

terhadap pencemaran lingkungan, karena batubara memiliki karakter negatif yang menimbulkan polusi yang disebabkan oleh tingginya kandungan karbon pada batubara itu sendiri. Energi Biomassa merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk campuran penggunaan bahan bakar. Salah satu limbah biomassa yang berpotensi dan jumlahnya melimpah adalah limbah dari hasil pengrajin mebel dan pemotongan kayu, misalnya serbuk kayu jati. Serbuk kayu jati dalam jumlah besar dapat menyebabkan penumpukan yang berakibatkan pada perusakan lingkungan. Jumlah serbuk kayu jati yang berada dalam jumlah banyak ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku energi baru terbarukan. Pengujian Pirolisis dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara “Puslitbang tekMIRA”. Rangkaian kegiatan penelitian ini meliputi beberapa tahap pengujian diantaranya persiapan umpan berupa batubara dan biomassa, peralatan, proses pirolisis, serta analisis produk yang dihasilkan yaitu arang, gas dan cair. Pada penelitian ini menggunakan temperature 300, 450 dan 600°C dengan variasi waktu untuk temperature 450°C yaitu 15, 30 dan 60 menit. Dari Hasil pengujian pirolisis, suhu yang optimal dalam proses pirolisis pada suhu 450°C, karena pada suhu ini memiliki hasil yang cukup baik, baik pada hasil yield yang didapatkan, kualitas arang, kualitas gas yang dihasilkan dan juga neraca massa dan energi yang dihasilkan. Serta waktu tinggal yang optimal pada 30 menit, karena pada waktu ini memiliki hasil yang cukup baik.

Kata Kunci: Pirolisis, Energi Baru Terbarukan (EBT), Kayu Jati, Pembangkit Listrik Tenaga Uap , Co-Firing

1. Pendahuluan

Penggunaan bahan bakar di Indonesia saat ini masih mengandalkan bahan bakar fosil, sedangkan sebagaimana yang kita tahu bahwa bahan bakar fosil ini memiliki sifat yang tidak dapat diperbaharui atau non-renewable karena bahan bakar fosil merupakan hasil pengendapan material dari makhluk hidup yang telah berjuta tahun terendapkan dan mengalami perubahan yang dapat disebabkan oleh tekanan dan suhu. Bahan bakar fosil terbesar di Indonesia adalah batubara

Permasalahan pemakaian bahan bakar fosil bukan hanya terkendala semakin menipis jumlah cadangan batubara namun juga mengakibatkan pencemaran lingkungan. Banyak nya permasalahan pada bahan bakar fosil, maka dilakukan sumber energi alternative yang berupa sumber energi biomassa yang diharapkan mengurangi permasalahan yang ada.

Sumber energi biomasa dilakukan pengujian pirolisis yang mengubah biomassa menjadi arang. Dalam pengujian ini biomassa yang digunakan berupa limbah serbuk kayu jati. Limbah serbuk kayu jati didapatkan dari para pengrajin mebel dan pemotong kayu, limbah serbuk kayu jati dengan jumlah besar akan mengalami penumpukan yang berakibatkan pada perusakan lingkungan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “berapakah suhu optimum dalam proses pirolisis?”, “berapakah waktu optimum dalam proses pirolisis?”, “berapakah yield produk yang dihasilkan pada proses pirolisis?”, “berapakah rasio campuran batubara dan arang yang digunakan?”, “bagaimana hasil dari indeks slagging dan indeks Fouling campuran bahan bakar”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui suhu yang optimal dalam pembuatan arang kayu jati pada proses pirolisis.
2. Mengetahui waktu yang optimal dalam pembuatan arang kayu jati pada proses pirolisis.

3. Mengetahui yield produk yang dihasilkan dari arang kayu yang dihasilkan dari proses pirolisis.
4. Mengetahui rasio campuran batubara dan juga arang yang sesuai untuk digunakan sebagai bahan bakar
5. Mengetahui hasil dari Indeks Slagging dan Indeks Fauling campuran bahan bakar hasil blending yang didapatkan.

2. Landasan Teori

Batubara merupakan mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap di dalam tanah selama jutaan tahun. Endapan tersebut telah mengalami berbagai perubahan bentuk/komposisi sebagai akibat dari adanya proses fisika dan kimiayang berlangsung selama waktu pengendapannya. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil

Energi terbarukan merupakan energi yang bersumber dari alam dan secara berkesinambungan dapat terus diproduksi tanpa harus menunggu waktu yang lama seperti bahan bakar fosil. Sumber daya alam yang dimaksud ini dapat berasal dari matahari, panas bumi (*geothermal*), angin, air (*hydropower*) dan berbagai produk dari biomassa. Seperti salah satunya adalah produk biomassa yang berasal kayu jati Kelapa sawit (*Elaeis*), produk ini sangat banyak ditemukan terutama di daerah Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi, untuk kelapa sawitnya sendiri diproduksi sebagai minyak nabati (*Crude Palm Oil*), limbah dari pengolahan minyak nabati tersebut ialah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). (Thalib, 2011).

Biomassa merupakan bahan organik yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak yang saat ini keberadaannya mulai langka dan harganya yang melambung tinggi, biomassa itu sendiri jika diartikan sebagai bahan baku energi merupakan bahan biologi yang hidup maupun mati yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar atau untuk produksi industrial. Keuntungan penggunaan biomassa untuk sumber bahan bakar adalah keberlanjutannya, diperkirakan 140 juta ton biomassa digunakan pertahunya. Keterbatasan dari biomassa adalah banyaknya kendala dalam penggunaan untuk bahan bakar kendaraan bermobil (Silalahi, 2000 dalam Nodali Ndraha, 2009).

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Produk utama dari pirolisis yang dapat dihasilkan adalah arang (*char*), minyak, dan gas. Menurut Wijayanti (2013) hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu padatan (*charcoal* / arang), gas (*fuel gas*) dan cairan (*bio-oil*). Pirolisasi ini merupakan tahapan awal daam pembakaran ataupun gasifikasi dalam biomassa.

Kayu jati memiliki nama botani *Tectona grandits L.f*. Di Indonesia kayu jati memiliki berbagai jenis nama daerah yaitu delek, dodolan, jate, jatih, jatos, kiati, kulidawa, dan lain-lain. Kayu ini merupakan salah satu kayu terbaik di dunia. Berdasarkan PPKI 1961 termasuk kayu dengan tingkat pemakaian I, tingkat kekuatan II, dan tingkat keawetan I.

Di Indonesia ada banyak industri kayu yang secara dominan mengkonsumsi kayu dalam jumlah relatif besar, misalnya: penggergajian, vinir/kayu lapis, dan pulp/kertas. Sebegitu besar limbah biomassa dari industri tersebut telah dimanfaatkan kembali dalam proses pengolahannya sebagai bahan bakar guna melengkapi kebutuhan energi industri vinir/kayu lapis dan pulp/kertas

Tabel 1. Tabel Klasifikasi Serbuk Kayu Jati

No	Sifat	Nilai	Satuan
1	Berat Jenis	0,62 - 0,75	Kg/cm ³
2	Kadar Abu	1,4	%
3	Kadar Silika	0,4 – 1,5	%
4	Serabut	66,3	%
5	Kerapatan	5081	Cal/gram
6	Nilai Kalor	4579	Kkal/kg

Sumber: S Wirjomartono, 1991.

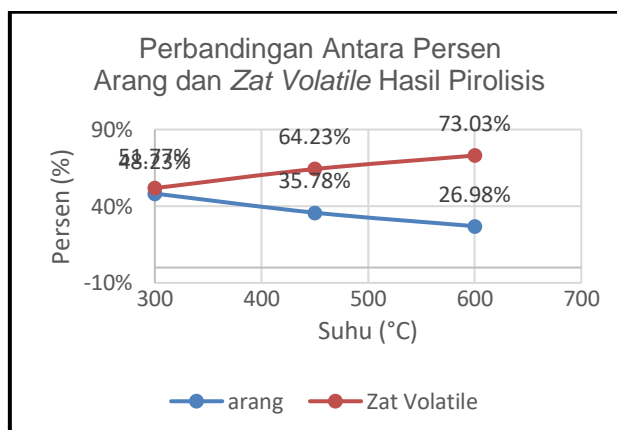
3. Hasil Penelitian dan Pembahasan Data Analisis Laboratorium

Penelitian pirolisis yang dilakukan untuk menghasilkan arang dari kayu jati yang pada akhirnya arang yang dihasilkan diharapkan akan memiliki kualitas yang mendekati dari kualitas batubara. Proses pirolisis ini melakukan pembakaran tanpa menggunakan oksigen sehingga biomassa yang digunakan akan terdekomposisi menjadi arang dan sebagian akan menjadi *volatile matter* yang akan terbagi menjadi dua jenis yaitu gas dan cair. Penelitian ini dilakukan dengan skala laboratorium dimana jumlah umpan, aliran, gas dan juga suhu pembakaran yang dilakukan dibatasi sesuai dengan kemampuan alat uji laboratorium untuk melakukan pengujian pirolisis tersebut.

Analisis Yield dan Zat Terbang Hasil Pirolisis

Analisis laboratorium dilakukan untuk mendapatkan dan mengetahui hasil dari kualitas arang hasil pirolisis, dari beberapa analisis yang dilakukan didapatkan hasil berupa *Yield* hasil proses pirolisis. Pada yield tersebut didapatkan data berupa presentasi arang yang dihasilkan dan juga persen Zat Terbang yang didapatkan.

Hasil analisis *yield* dapat dilihat pada grafik seiring nya peningkatan suhu yang digunakan hasil arang yang didapatkan terjadi penurunan yang cukup signifikan. Kemudian dari hasil kadar Zat Terbang yang didapatkan terlihat terjadi peningkatan. Hal ini terjadi karena semakin tinggi suhu yang digunakan maka pembakaran yang terjadi akan semakin sempurna maka semakin tinggi suhu yang digunakan pada saat pembakaran maka zat Terbang yang didapatkan akan semakin meningkat dan sebaliknya kadar arang yang didapatkan akan semakin kecil.



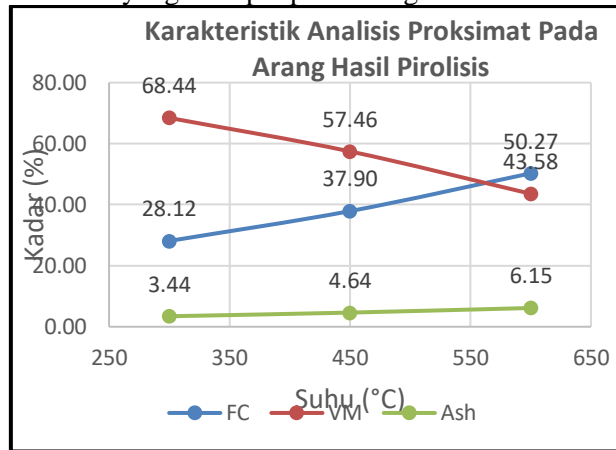
Gambar 1. Grafik *Yield* Hasil Pirolisis

Analisis Proksimat dan Ultimat Pada Arang

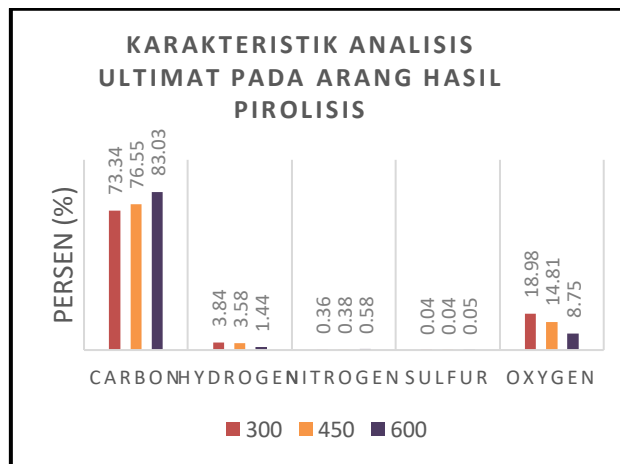
Analisis laboratorium yang dilakukan selanjut nya yaitu analisis proksimat dan ultimat pada arang hasil pirolisis. Dari hasil yang didapatkan terlihat pada nilai FC mengalami peningkatan, berbanding terbalik dengan nilai VM semakin menurun. kemudian dilihat dari parameter abu yang didapatkan terjadi peningkatan kadar abu yang cukup signifikan. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan mempengaruhi nilai VM yang semakin rendah, ini juga dapat berdampak pada nilai FC, yang dimana semakin rendah VM yang didapatkan maka akan semakin tinggi pula FC yang didapatkan. Suatu pembakaran dapat dikatakan sempurna apabila nilai kadar abu yang dihasilkan memiliki nilai yang rendah.

Hasil penelitian analisis ultimat yang telah dilakukan, seiring dengan peningkatan suhu yang semakin tinggi dapat terlihat berpengaruh pada penurunan nilai kadar hidrogen, dimana penurunan tersebut terjadi akibat penurunan kadar air pada saat pembakaran berlangsung. Hal ini di pengaruhi juga oleh penggunaan suhu yang semakin tinggi sehingga kadar air yang terdapat pada bahan bakarnya akan semakin berkurang menandakan proses pembakaran yang

baik. Seiring peningkatan suhu yang semakin tinggi maka terlihat terdapat peningkatan pada nilai karbon yang didapatkan. dari hasil data tersebut menunjukkan banyaknya karbon akan menghasilkan panas yang lebih besar dari proses pembakarannya, dan juga dari pembakaran tersebut akan menghasilkan senyawa karbon dioksida yang menandakan terjadi proses pembakaran yang sempurna, hal ini juga dipengaruhi oleh suhu yang digunakan semakin tinggi. Hasil Nitrogen dan sulfur yang didapatkan, akan menjadi parameter terjadinya polusi apabila kandungan nitrogen dan sulfur yang terdapat pada arang berlebih.



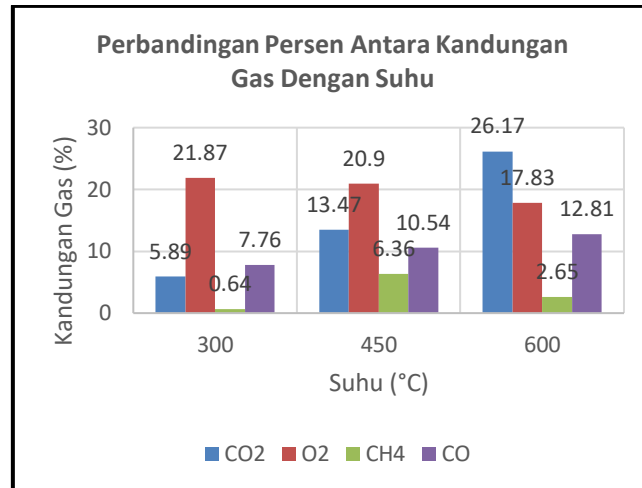
Gambar 2. Grafik Analisis Proksimat Arang



Gambar 3. Grafik Analisis Ultimat Arang

Analisis Komposisi Gas Hasil Pirolisis

Pada proses pirolisis akan menghasilkan gas CO₂, gas CO₂ tersebut dihasilkan dari setiap sampel arang yang dilakukan pengujian. kadar gas CO₂ yang didapatkan mengalami kenaikan di setiap penambahan suhu, hal ini menandakan semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan menimbulkan terjadinya pembakaran yang sempurna dapat dilihat dari CO₂ yang meningkat dan pada CO yang semakin menurun. Dari proses pirolisis ini dihasilkan gas CH₄, dimana gas ini mengalami kenaikan dari setiap peningkatan suhu.

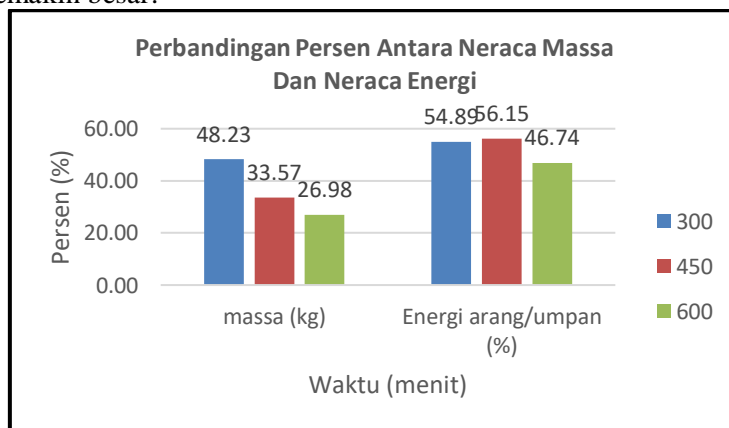


Gambar 4. Grafik Komposisi Gas

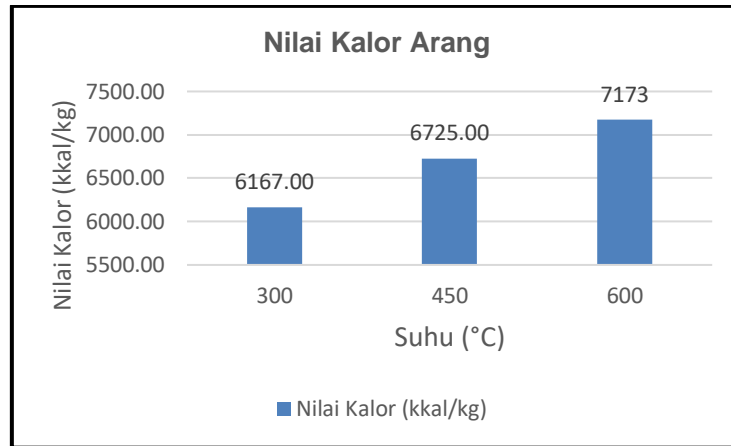
Neraca Massa dan Energi Pada Arang

Dari hasil analisis neraca massa dan energi serta nilai kalor yang didapatkan dari hasil pengujian massa dan juga energi yang didapatkan dari hasil pengujian relatif semakin meningkat dimana semakin tinggi suhu yang digunakan maka nilai dari massa dan juga energi yang dihasilkan akan semakin besar, namun terjadi perubahan yang cukup signifikan dimana pada suhu 300°C memiliki masa dan energi yang cukup tinggi yaitu massa sebesar 48,23% dan energi sebesar 54,89%. Pada suhu tersebut masih banyak biomassa yang belum terbakar secara sempurna sehingga massa yang dihasilkan semakin besar dan ini berpengaruh terhadap perhitungan nilai energi yang dihasilkan semakin besar juga.

Kenaikan nilai kalor terjadi seiring dengan kenaikan suhu yang digunakan Nilai kalor disini berhubungan juga dengan energi yang dihasilkan dari setiap arang hasil pirolisis dimana pada suhu 300°C mendapatkan nilai kalor terkecil dibandingkan dengan nilai kalor pada suhu lainnya, namun seiring dengan massa yang dihasilkan cukup besar maka energi yang dihasilkanpun semakin besar.



Gambar 5. Grafik Neraca Massa dan Energi



Gambar 6. Grafik Nilai Kalor Arang

Tabel 1. Analisis Neraca Massa, Energi, dan Nilai Kalor Arang Limbah Serbuk Kayu Jati

Suhu (°C)	massa (kg)	Nilai Kalor (kkal/kg)	Energi arang/umpan (%)
300	48,23	6167,00	54,89
450	25,31	6755,00	41,30
600	26,98	7173	46,74

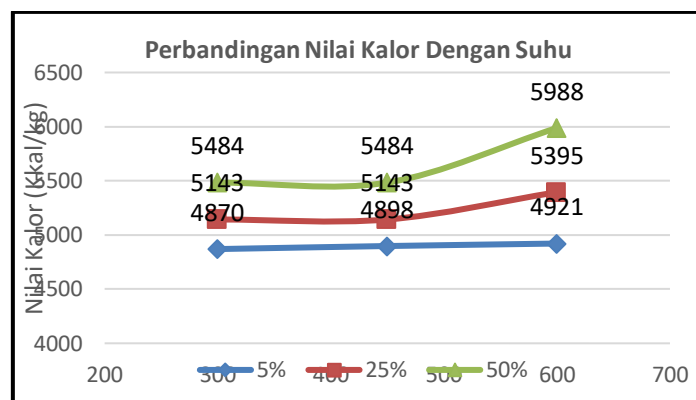
Dari hasil tersebut pembahasan akan dilanjutkan mengenai pencampuran arang biomassa hasil proses pirolisis dengan batubara, dari hal tersebut kemudian akan dilakukan pengujian berupa rasio pencampuran batubara dengan arang biomassa guna memenuhi kebutuhan PLTU.

Blending Batubara dan Arang Limbah Serbuk Kayu jati

Dari hasil arang yang didapatkan dari pengujian pirolisis, kemudian akan dilakukan pencampuran dengan rasio 5%, 25% dan 50%. Dari pencampuran tersebut kemudiaan dilakukan analisis mengenai hasil pencampuran tersebut, dimana hasil akhir dari pengujian akan dikomparasi dengan hasil batubara maupun arang tanpa dilakukannya pencampuran, berikut hasil yang telah dilakukan pengujian

Analisis Nilai Kalor Hasil *Blending* Bahan Bakar (5%,25% dan 50%)

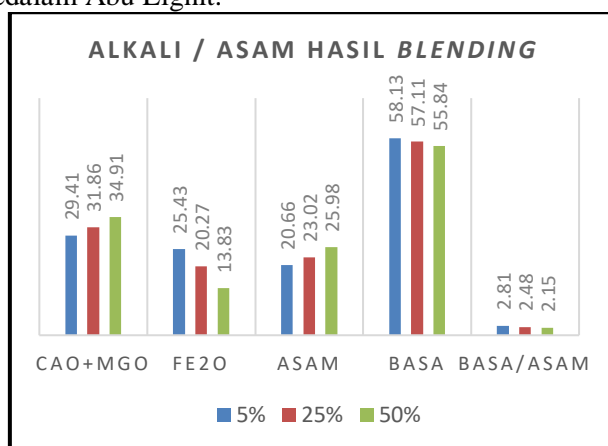
Pada hasil pengujian didapatkan hasil berupa perhitungan mengenai nilai kalor yang dihasilkan dari proses *blending* bahan bakar pada setiap suhu dengan rasio 5%, 25%, dan 50%. Dilihat dari hasil grafik yang didapatkan terlihat kenaikan nilai kalor dari setiap kenaikan suhu dan juga pada setiap penambahan rasio. Nilai kalor disini berhubungan juga dengan energi yang dihasilkan dari setiap arang dan juga campuran batubara yang cukup mendominasi nilai kalor dari hasil pencampuran yang dilakukan, semakin besar nilai kalor yang dimiliki oleh arang maka akan berpengaruh pada hasil *blending* bahan bakar dimana semakin besar nilai kalor yang terdapat pada arang maka nilai kalor hasil *blending* pun akan semakin besar.



Gambar 7. Grafik Nilai Kalor Hasil Pencampuran

Analisis Penentuan Jenis Abu dan Rasio Unsur Alkali / Asam Hasil *Blending* Bahan Bakar (5%,25% dan 50%)

Analisis penentuan Jenis abu dilakukan untuk mengetahui unsur yang terdapat pada bahan bakar hasil *blending*, dimana dari hasil *blending* tersebut didapatkan unsur-unsur yang memiliki kaitan terhadap indeks *slagging* dan juga indeks *fouling* bahan bakar ketika akan digunakan. Dilihat dari unsur CaO + MgO mengalami kenaikan disetiap penambahan rasio kemudian pada Fe₂O mengalami penurunan disetiap penambahan rasio. Hal ini akan menentukan jenis abu hasil *blending* dimana hasil akhir penentuan jenis abu hasil *blending* yaitu Abu Lignit, hal ini dikarenakan jumlah CaO + MgO yang lebih besar dibandingkan Fe₂O sehingga termasuk kedalam Abu Lignit.



Gambar 8. Grafik Alkali/Asam Hasil Blending

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengujian suhu yang optimal dalam pirolisis kayu jati yaitu pada suhu 450°C, dimana pada suhu ini memiliki hasil yang cukup baik, baik pada hasil yield yang didapatkan, kualitas arang, kualitas gas yang dihasilkan, dan juga neraca massa dan energi yang dihasilkan.
2. Pengujian waktu yang optimal dalam pirolisis kayu jati yaitu pada waktu 30 menit, dimana suhu tersebut memiliki hasil yang cukup baik
3. Proses pirolisis yang telah dilakukan didapatkan yield 35,78% dari suhu 450°C, hasil ini cukup baik dibandingkan dengan suhu yang lain karena VM yang didapatkan cukup besar.
4. Dari hasil pengujian rasio yang tepat digunakan yaitu 25%. Rasio ini dipilih karena melihat dari presentase VM yang didapat akan menghasilkan pembakaran yang sempurna dengan nilai kalor 5143kkal/kg menunjukkan energi

yang dihasilkan lebih baik karena diasumsikan dengan didapatnya nilai tersebut terjadi pembakaran yang sempurna.

5. Hasil dari indeks slagging yang dihasilkan pada pengujian termasuk kedalam tipe slagging menengah dengan nilai 1.337°C . kemudian hasil indeks fouling yang didapatkan yaitu tipe fouling rendah dimana rasio 5% yaitu 0,23, 25% yaitu 0,16, dan pada 50% yaitu 0,23.

5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, penulis dapat memberi saran sebagai berikut:

1. Perlu nya pengujian dengan variable suhu, waktu dan bahan yang lebih bervariasi guna untuk mendapatkan suhu dan waktu pirolisis yang optimal
2. Melakukan penelitian pirolisis dengan jumlah yang lebih banyak dengan menggunakan skala yang lebih besar, sehingga dapat memaksimalkan hasil produk arang.

Daftar Pustaka

- Anonim, Kementerian Energi Sumberdaya dan Mineral, 2018. Hand Book energy and economic Statistics of Indonesia. Jakarta, Indonesia.
- Anonim, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM), 2003 . Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi (Energi Hijau), Jakarta.
- Anupam Kumar, Kunar Sharma Arvind., 2016, “Peparation, Characterization, and Optimization for Upgrading Leucaena Leucocephala Bark to Biochar Fuel With High Energy Yielding”, Department of Chemical Engineering, Indian School of Mines, Dhanbad 826004, Jharkhand, India.
- ASTM International. America Society for Testing and Material D-2015 D-3175. Diterbitkan di Amerika.
- Ikhwanul Qiram, Denny Widhiyanuriyaman, Widya Wijayanti. 2015 “ Pengaruh Variasi Temperature Terhadap Kuantitas Char Hasil Pirolisis Kayu Mahoni (Switenia Macrophylla) Pada Rotary Kiln” Universitas Brawijaya Indonesia
- Is Fatimah, Jaka Nugraha, 2005 “ Identifikasi Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Jati Menggunakan Principal Component Analysis” Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
- Muhammad Raju, 2016 “ Karakteristik Arang dan Gas-gas Hasil Pirolisis Limbah Kelapa Sawit” Institut Pertanian Bogor
- Novan Bayu, Yusfita Yusuf, Gunawan Refiadi, 2016 “ Pirolisis Serbuk Kayu Jati : Pemodelan Perolehan Massa dan Waktu Reaksi ” STKIP Sebelas April Sumedang