

 <p>e-ISSN Number 2655 2967</p>	<p>Available online at https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JCPE/index</p> <p>Journal of Chemical Process Engineering</p> <p>Volume 5 Nomor 1 (2020)</p>	 <p>SINTA Accreditation Number 28/E/KPT/2019</p>
--	---	---

Pengaruh Penambahan Gas Nitrogen Terhadap Kualitas Charcoal Yang Diproduksi Secara Pirolisis Dari Limbah Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Ulin (*Euxideroxylon Zwageri*)

*The Effect Of Addition Of Nitrogen Gas To Charcoal Quality Pirolisis Produced From Waste Biomass Powder Ulin Woods (*Euxideroxylon Zwageri*)*

Safrudin Hasan, Andi Aladin, Takdir Syarif, Muh Arman

Program Magister Teknik Kimia, Universitas Muslim Indonesia, Makassar & 90232, Indonesia

Inti Sari

Proses pirolisis limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin menghasilkan produk charcoal sebagai produk utama. Charcoal merupakan produk yang kaya akan carbon dan dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang ramah terhadap lingkungan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan gas nitrogen ke dalam reaktor pirolisis secara batch terhadap kualitas charcoal dari bahan baku limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin dan untuk mengetahui pengaruh penambahan gas nitrogen ke dalam reaktor pirolisis secara kontinyu terhadap kualitas charcoal dari bahan baku limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin. Metode Penelitian dengan cara preparasi sampel limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin dengan berat sampel 1000 gram, kemudian dilanjutkan dengan tahapan proses pirolisis yaitu tanpa dialirkan gas nitrogen, ditambahkan gas nitrogen secara batch kedalam reaktor dengan rasio perbandingan volume reaktor yaitu sebanyak 10 liter, 20 liter dan 30 liter serta dialirkan gas nitrogen secara kontinyu 0,5 liter/menit dan 1 liter/menit dengan waktu pirolisis 120 menit dan temperatur pirolisis yang dipertahankan yaitu 400°C, hasil pirolisis diperoleh tiga produk yaitu arang, asap cair dan sedikit tar, arang hasil pirolisis didiamkan untuk proses pendinginan selama 1 jam kemudian ditimbang beratnya dan selanjutnya arang disiapkan untuk dianalisa komposisi kimia, analisa nilai kalor, dan kadar karbon terikat dengan metode analisa proximate. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik charcoal yang memilki nilai fixed carbon tertinggi yaitu pada penambahan gas nitrogen secara kontinyu kedalam reaktor 1 liter/menit dengan presentase fixed carbon 66,16%, dan menghasilkan nilai kalor 6986 cal/gr dan yang memilki presentase fixed carbon terendah yaitu tanpa penambahan gas nitrogen kedalam reaktor dengan presentase fixed carbon 58,03% dan nilai kalor 6628 cal/gr. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kondisi pirolisis yang terbaik

Kata Kunci : *Limbah biomassa, Kayu ulin, Nitrogen, Arang, Pirolisis*

Key Words : *Biomass waste, Ironwood, Nitrogen, Charcoal, Pyrolysis*

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address
Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Corresponding Author
safrudinhasan91@gmail.com



Journal History
Paper received : 28 November 2019
Received in revised : 08 Maret 2020
Accepted: 18 Mei 2020

yaitu pada penambahan gas nitrogen kedalam reaktor secara kontinyu 1 liter/menit yang menghasilkan presentase fixed carbon dan nilai kalor tertinggi.

Abstract

The process of pyrolysis of wood sawdust biomass waste produces charcoal products as the main product. Charcoal is a product that is rich in carbon and can be used as an alternative energy source that is friendly to the environment. This study was conducted with the aim to discuss the participation of nitrogen gas into the pyrolysis reactor in batches on the quality of charcoal from raw materials for biomass waste of ironwood sawdust and to find out its relation to nitrogen gas into the pyrolysis reactor continuously to the quality of charcoal from raw materials of sawdust biomass raw material Ironwood. Research Method by means of the preparation of waste wood biomass sawdust biomass samples with a sample weight of 1000 grams, then proceed with the pyrolysis process that is without flowing nitrogen gas, plus batch nitrogen gas connected to the reactor with a reactor volume ratio of 10 liters, 20 liters and 30 liters and continuous flow of nitrogen gas 0.5 liters / minute and 1 liter / minute with 120 minutes pyrolysis time and pyrolysis temperature needed is 400°C, pyrolysis results obtained by three charcoal products, immediately liquid and a little tar, pyrolysis charcoal is left to process recovery for 1 hour then weighed and then prepared to be analyzed for chemical composition, calorific value analysis, and carbon content required by the proxy analysis method. The results of this study show the fact that charcoal has the highest fixed carbon value in continuous nitrogen gas into a 1 liter / minute reactor with a fixed carbon percentage of 66.16%, and produces a heating value of 6986 cal / gr and which has a fixed carbon percentage that is without increment nitrogen gas into the reactor with a fixed carbon percentage of 58.03% and a calorific value of 6628 cal / gr. Based on the results of the study it can be concluded that the best pyrolysis is the nitrogen gas which is allocated into a continuous 1 liter / minute which produces the percentage of fixed carbon and the highest heating value.

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi termasuk bahan bakar minyak (BBM) merupakan isu global yang penting terkait dengan konsumsi sumber daya dan dampak lingkungan. Penggunaan energi untuk masyarakat pedesaan sektor rumah tangga pada awalnya didominasi oleh penggunaan biomassa (*solid fuels*) melalui pembakaran langsung (tanpa diolah terlebih dahulu) yang berasal dari siklus biologis dan terbarukan (seperti limbah kayu, pertanian, dll). Selain itu, potensi dalam mengaplikasikan biomassa di Indonesia juga cukup besar. Hal ini dapat ditinjau dari ketersediaan biomassa di Indonesia yang melimpah tetapi belum dimanfaatkan secara optimal terutama untuk limbah biomassa. Produksi limbah biomassa di Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 123,5 juta ton per tahun dan setara dengan sekitar 1455,97 juta GJ/tahun. Sumber biomassa tersebut terutama berasal dari limbah tanaman padi sebesar 705 juta GJ/tahun, limbah kayu perkebunan karet sekitar 46,45 juta

GJ/tahun, limbah tebu 91,19 sebesar 70,65 juta GJ/tahun, limbah kelapa sawit dengan jumlah 247,15

juta GJ/tahun, limbah kelapa sebesar 162,3 juta GJ dan sisanya sebesar 214,19 GJ/tahun berasal dari limbah kelapa, limbah industri kayu, dan limbah cair pabrik tapioka (ZREU, 2000).

Namun, apabila biomassa tersebut hanya dibakar langsung maka akan timbul permasalahan, seperti nilai bakar yang rendah, nilai densitas bulk yang rendah, serta kadar emisi polutan yang tinggi. Potensi biomassa di Indonesia yang sementara dimanfaatkan hanya bersumber dari sawit, sisa penggilingan padi, kayu, *polywood*, limbah pabrik gula, kakao dan limbah pertanian lainnya, Dalam hal ini yang belum banyak dimanfaatkan adalah limbah serbuk gergaji kayu, Umumnya sebagian limbah serbuk gergaji kayu hanya digunakan sebagai bahan bakar tungku atau dibakar begitu saja, sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Ohman, 2006) Pemanfaatan salah satu sumber energi alternatif dari limbah biomassa yaitu serbuk gergaji kayu, serbuk gergaji kayu yang dapat diperoleh dari industri pembuatan kapal phinisi khas suku Bugis-Makassar Sulawesi Selatan di kabupaten Bulukumba. Serbuk gergaji dari hasil pembuatan kapal phinisi ini belum bisa dimanfaatkan secara optimal yang pada kenyataannya masyarakat hanya memanfaatkannya dengan cara dibakar begitu saja atau dibiarkan

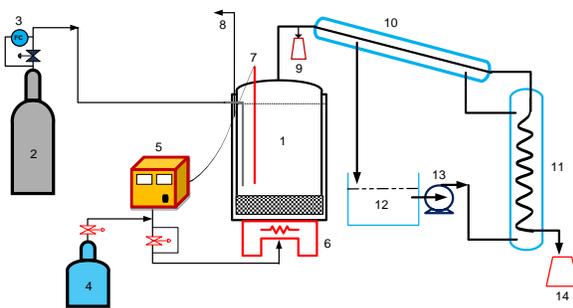
membusuk dan hanyut ke laut, ini semua dapat menyebabkan pencemaran. Serbuk gergaji kayu ini dapat diproses dengan metode pirolisis untuk menghasilkan charcoal atau arang, arang ini nantinya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang memiliki padat karbon dan lebih ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian diatas, maka berikut ini dirumuskan masalah yang memungkinkan untuk dipecahkan dalam rencana penelitian yaitu bagaimana pengaruh penambahan gas nitrogen terhadap kualitas charcoal yang diproduksi secara pirolisis dari bahan baku limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin.

METODE PENELITIAN

Bahan utama pembuatan charcoal adalah serbuk gergaji kayu ulin diperoleh dari industri pembuatan kapal phinisi di Desa Tanah Beru Kabupaten Bulukumba, Provinsi Sulawesi Selatan.

Alat penelitian pembuatan charcoal sebagai berikut :



Gambar 1 : Rangkaian alat pirolisis

Keterangan Gambar :

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Reaktor | 8. Cerobong asap |
| 2. Tabung Gas N ₂ | 9. Penampung tar |
| 3. Flow Meter | 10. Kondensor I |
| 4. Tabung gas LPG | 11. Kondensor II |
| 5. Temperatur kontrol | 12. Bak pendingin |
| 6. Kompur | 13. Pompa |
| 7. Termokopel | 14. Penampung asap cair |

Alat utama dalam penelitian ini adalah serangkaian alat pembuatan charcoal dan alat penunjang terdiri dari : timbangan digital dan gelas piala 500 ml.

Kegiatan utama dalam penelitian Asap cair dilakukan dengan prosedur penelitian sebagai berikut:

1. Preparasi sampel

Sebelum dimasukkan ke reaktor pirolisis, terlebih dahulu serbuk gergaji kayu ulin itu dibersihkan dari kotoran sisa kayu kasar yang

tertinggal. Selanjutnya dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 hari untuk mengurangi kadar air.

2. Proses pembuatan charcoal

a. Tanpa penambahan Gas Nitrogen

Bahan ditimbang yaitu sebanyak 1 kg selanjutnya dimasukkan kedalam reaktor untuk proses pirolisis, pirolisis pada tahap awal dilakukan tanpa penambahan gas N₂ dengan waktu 120 menit dan temperatur tetap 400 °C. Selanjutnya bahan yang telah dipirolisis didinginkan selama 30 menit lalu dikeluarkan dari dalam reaktor dan siap dianalisa proximate dan nilai kalor.

b. Penambahan Gas Nitrogen secara Batch

Selanjutnya bahan dengan berat 1 kg di masukkan ke dalam reaktor, kemudian ditambahkan gas N₂ melalui pipa penghubung dari tabung gas N₂ ke dalam reaktor. Penambahan gas N₂ dilakukan secara bertahap dengan proses batch yaitu ditambahkan kedalam reaktor setelah bahan dimasukkan dengan rasio penambahan gas N₂ pada tahap awa 10 liter dan tahap selanjutnya 20 liter serta 30 liter.

c. Penambahan Gas Nitrogen secara kontinyu

Tahap terakhir pada proses pembuatan charcoal yaitu dibagi dengan dua tahap yaitu dengan dialirkan gas nitrogen kedalam reaktor secara kontinyu dengan rasio 0,5 liter/menit dan 1 liter/menit selama proses pirolisis berlangsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Analisa Proximate dan Nilai Kalor pada rasio penambahan gas N₂ secara Batch

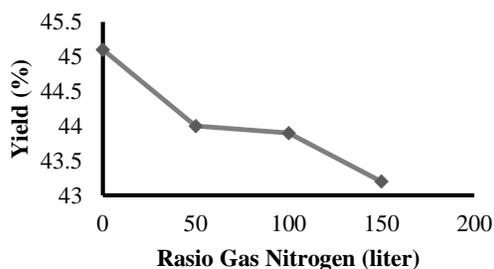
Rasio Gas Nitrogen terhadap volume reaktor (liter)	Yield (%)	ANALISA PROXIMATE (%)				Kalor (cal/gr)
		Moisture	Ash	Volatile Matter	Fixed Carbon	
0	45,1	4,03	2,54	35,4	58,03	6628
10	44	3,98	2,53	34,02	59,47	6775
20	43,9	3,79	2,3	29,14	64,77	6897
30	43,2	3,38	2,73	28,75	65,14	6909
Bahan Baku	-	12,17	1,24	38,12	18,47	4318

Tabel 2. Hasil Analisa Proximate dan nilai Kalor pada rasio penambahan gas N₂ secara kontinyu

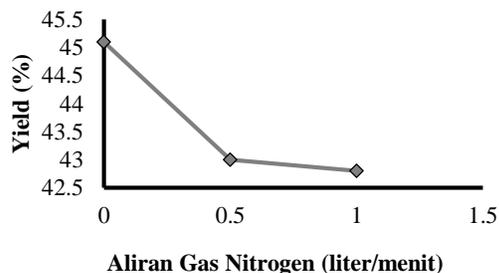
Rasio Gas Nitrogen terhadap volume reaktor (liter/menit)	Yield (%)	ANALISA PROXIMATE (%)				Kalor (cal/gr)
		Moisture	Ash	Volatile Matter	Fixed Carbon	
0	45,1	4,03	2,54	35,4	58,03	6628
0,5	43	3,34	2,31	28,87	65,48	6970
1	42,8	3,23	2,73	28,37	66,16	6986

Yield charcoal

Yield charcoal yang diperoleh dari pirolisis limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin dengan dialirkan gas nitrogen secara batch diperoleh masing-masing 10 liter yaitu 44%; 20 liter 43,9% dan 30 liter sebesar 43,2%. Sedangkan untuk gas nitrogen yang dialirkan kedalam reaktor secara kontinyu diperoleh berat charcoal yaitu pada laju alir gas N₂ 0,5 liter/menit sebesar 43% dan pada laju alir gas N₂ 1 liter/menit sebesar 42,8%, tanpa dialiri gas nitrogen sebesar 45,1%. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa produk charcoal yang dihasilkan relatif menurun seiring ditambahkan atau dialirkan gas nitrogen kedalam reaktor selama proses pirolisis berlangsung. Dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 dibawah ini



Gambar 2 : Perbandingan rasio penambahan gas N₂ secara batch terhadap yield charcoal



Gambar 3 : Perbandingan rasio penamabahan gas N₂ secara kontinyu terhadap yield charcoal

Gambar 2 dan Gambar 3 menjelaskan bahwa pengaruh aliran gas nitrogen yang dialirkan kedalam reaktor terhadap yield charcoal yang diperoleh selama proses pirolisis limbah serbuk gergaji kayu ulin, terlihat bahwa yield terus mengalami penurunan bersamaan dengan ditambahkan atau dialiri gas nitrogen kedalam reaktor yaitu semakin banyak gas nitrogen yang dalirkan maka yield charcoal yang diperoleh juga relatif menurun. Hal ini dapat disimpulkan bahwa gas nitrogen yang dialirkan kedalam reaktor membantu proses pirolisis terjadi dengan sempurna, gas nitrogen menekan gas oksigen dalam reaktor keluar sehingga pembakaran sempurna yang diinginkan minim atau tanpa oksigen terjadi dalam reaktor. Menurut Gustan Pari (2009), rendamen atau yield yang dihasilkan dari proses karbonisasi dipengaruhi oleh lama waktu dan suhu dimana interaksi kedua faktor ini akan sangat berpengaruh terhadap yield yang dihasilkan. kontinyu dan tanpa dialiri gas nitrogen berkisar 3,23 - 4,03%, pada kondisi ini telah memenuhi standar berdasarkan SNI 01-1683-1989 (BSN 1989) tentang arang kayu bahwa nilai moisture maksimal 6,0%. Menurut Pari *et al* (2009), tingginya kadar air dapat disebabkan oleh sifat higroskopis dan adanya molekul uap air yang terperangkap didalam kisi-kisi heksagonal arang aktif pada proses pendinginan.

Hasil Analisis Proximate

a. Moisture (kadar air)

pada hasil analisa proximate nilai moisture pada pirolisis limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin dengan dialiri gas nitrogen ke dalam reaktor secara batch, kontinyu dan tanpa dialiri gas nitrogen berkisar 3,23 - 4,03%, pada kondisi ini telah memenuhi standar berdasarkan SNI 01-1683-1989 (BSN 1989) tentang arang kayu bahwa nilai moisture maksimal 6,0%. Menurut Pari *et al* (2009), tingginya kadar air dapat disebabkan oleh sifat higroskopis dan adanya molekul uap air yang terperangkap didalam kisi-kisi heksagonal arang aktif pada proses pendinginan.

b. Volatil Matter (zat terbang)

Kadar zat terbang dari hasil pirolisis limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin dengan dialirkan gas nitrogen kedalam reaktor yang memenuhi standar yaitu pada aliran nitrogen secara batch 20 liter berkisar 29,14%; 30 liter

berkisar 28,75% dan pada aliran nitrogen secara kontinyu 0,5 liter/menit berkisar 28,87 % serta pada aliran nitrogen 1 liter/menit 28,37% dimana menurut standar SNI 1683-1989 (BSN 1989) untuk arang kayu nilai zat terbang maksimum 30%. Sedangkan pada proses pirolisis tanpa dialiri nitrogen berkisar 35,40%, dan dialirkan 10 liter berkisar 34,02% secara batch belum memenuhi standar SNI. Namun dalam hal ini telah menunjukkan bahwa selama proses pirolisis yang dilakukan sudah berjalan sangat baik dimana dengan dialirkan gas nitrogen maka proses pirolisis jadi lebih sempurna sehingga fraksi yang menguap pada bahan baku sebagian besar sudah hilang. Proses pirolisis yang baik akan menghasilkan rendeman arang tinggi dengan kadar zat terbang rendah dan kadar karbon terikat tinggi sehingga nilai kalor arang tinggi. Menurut Pari et al (2009) menyatakan bahwa rendahnya kadar zat terbang menunjukkan komponen dengan kadar oksigen tinggi seperti hemiselulosa dan selulosa amorf sudah terdekomposisi secara thermal dan hanya menghasilkan produk arang utama dari lignin dan selulosa kristalin.

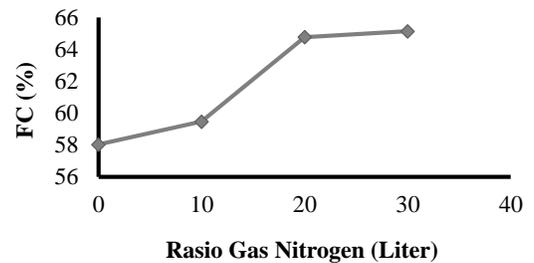
c. Kadar Ash (abu)

Kadar abu yang dihasilkan dalam proses pirolisis limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin, diperoleh kadar ash tanpa dialiri gas nitrogen berkisar 2,54%; dialiri gas nitrogen secara batch yaitu berkisar 2,3 - 2,73% dan dialirkan gas nitrogen secara kontinyu berkisar 2,24 - 2,31% hal ini telah memenuhi standar sesuai SNI 01-1683-1989 (BSN 1989), kadar abu maksimum arang 4,0%. Kadar abu merupakan fraksi mineral yang tersisa selama proses pirolisis, sehingga kadar relatifnya akan cenderung menurun atau meningkat seiring hilangnya fraksi menguap atau zat terbang selama proses pirolisis. menurut Komarayati *et al.* (2004) bahwa tingginya kadar abu pada arang dapat disebabkan oleh adanya kandungan garam-garam karbonat dari kalium, kalsium, magnesium serta silika sebagai substansi yang biasanya ditemukan pada proses pengarangan dari bahan tumbuhan.

d. Kadar Karbon Terikat (Fixed Carbon)

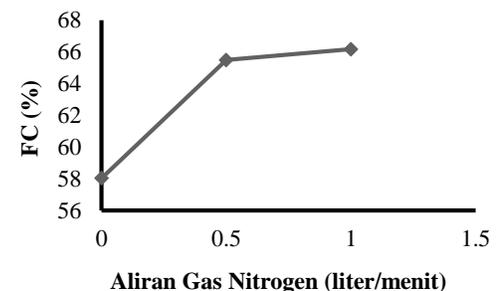
Kadar karbon terikat yang dihasilkan dari pirolisis limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin dengan dialirkan gas nitrogen secara batch yaitu berkisar 59,47-65,14%, dialirkan gas nitrogen

secara kontinyu berkisar 65,48-66,16% dan tanpa dialirkan gas nitrogen kedalam reaktor berkisar 58,03%. Mengingat belum adanya standar kadar karbon terikat untuk arang kayu pada SNI 01-1683-1989 (BSN 1989), maka hasil parameter ini mengacu pada standar internasional jepang yaitu maksimum kadar karbon terikat minimum 70%. Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4 : Perbandingan rasio N₂ secara batch terhadap Fixed Carbon

Dari gambar 4 perbandingan aliran gas N₂ secara batch terhadap Fixed Carbon menunjukkan bahwa fixed carbon yang dihasilkan relatif mulai mengalami kenaikan pada saat dialirkan gas nitrogen ke dalam reaktor, semakin banyak gas nitrogen yang dialirkan kedalam reaktor maka fixed carbon juga relatif meningkat, hal ini karena terjadinya proses pembakaran atau pirolisis yang sempurna sehingga komponen air atau fraksi air, abu dan zat terbang akan mudah menguap dan akan menaikkan nilai fixed carbon. Menurut Basu (2010) tingginya kadar carbon terikat ini dapat disebabkan oleh rendahnya kadar air, abu dan zat terbang sehingga semua komponen tersebut akan langsung mempengaruhi perhitungan kadar karbon atau fixed carbon menjadi lebih tinggi.

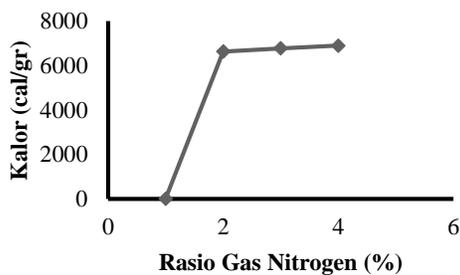


Gambar 5 : Perbandingan Aliran Gas kontinyu terhadap Fixed Carbon

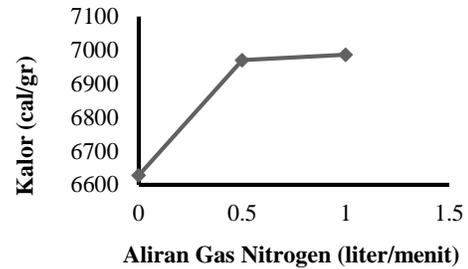
Dari gambar 5 perbandingan aliran gas N_2 secara kontinyu terhadap fixed carbon menunjukkan bahwa pada penambahan gas nitrogen kedalam reaktor secara kontinyu yaitu nilai fixed carbon relatif meningkat, gas nitrogen yang ditambahkan kedalam reaktor secara terus menerus atau kontinyu yaitu untuk menjamin volume reaktor terisi penuh dengan gas nitrogen sehingga pada proses pirolisis terjadi dengan sempurna. Hal ini dapat dilihat pada gambar 5 nilai fixed carbon relatif meningkat bersamaan dengan dialirkan gas nitrogen secara kontinyu.

e. Nilai kalor (Caloric Value)

Nilai kalor yang dihasilkan dari pirolisis limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin yaitu berkisar 6628-6986 cal/gr. Nilai kalor tertinggi dihasilkan dari proses pirolisis limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin dengan dialirkan gas nitrogen kedalam reaktor 1 liter/menit secara kontinyu yaitu 6986 cal/gr. Mengacu pada SNI 01-6235-2000 (BSN 2000) tentang arang kayu, nilai kalor kayu telah memenuhi standar dengan persyaratan minimum 5000 cal/gr. Arang kayu limbah biomassa serbuk gergaji kayu ulin sangat berpotensi untuk digunakan sebagai *fortifier* untuk meningkatkan nilai kalor biomassa yang memiliki nilai kalor rendah atau bisa dijadikan bahan utama dalam pembuatan briket arang. Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6 : Perbandingan rasio gas N_2 secara batch terhadap Nilai Kalor



Gambar 7 : Perbandingan aliran gas N_2 secara batch terhadap Nilai Kalor

Dari gambar 6 dan gambar 7 diatas menunjukkan bahwa nilai kalor yang diperoleh mulai mengalami kenaikan pada penambahan gas nitrogen 10 liter secara batch, nilai kalor cenderung mengalami kenaikan yang signifikan setelah penambahan gas nitrogen kedalam reaktor. Kenaikan nilai kalor bersamaan dengan dialirkan gas nitrogen baik secara batch atau secara kontinyu, Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan gas nitrogen kedalam reaktor maka semakin baik proses karbonisasi karena gas nitrogen akan menekan keluar gas oksigen yang berada dalam reaktor dan semakin banyak oksigen yang keluar maka semakin sempurna proses pembakaran, dengan proses pembakaran yang sempurna maka akan menaikkan nilai kalor. Menurut Sudrajat (1983), sifat arang secara tidak langsung dipengaruhi oleh sifat kayu. Kayu dengan berat jenis tinggi akan menghasilkan arang dengan kadar karbon terikat dan nilai kalor yang tinggi. Menurut Haygreen *et al.*, (1989), perbedaan kadar karbon terikat dipengaruhi oleh berat jenis kayu yang digunakan sebagai bahan baku arang. Kayu yang memiliki berat jenis tinggi mempunyai dinding sel yang rapat, volume rongga yang kecil serta mempunyai komponen penyusun dinding sel yang lebih banyak terutama selulosa.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dari hasil penelitian ini yaitu :

1. Pengaruh penambahan gas nitrogen kedalam reaktor secara batch :
 - a. Fix Carbon
Diperoleh fixed carbon dari hasil pirolisis dengan dialiri gas nitrogen kedalam reaktor relatif meningkat dibanding tanpa dialiri gas nitrogen, yaitu dari 58% sampai 65%
 - b. Nilai kalor
Diperoleh nilai kalor dari hasil pirolisis dengan dialiri gas nitrogen kedalam reaktor relatif meningkat dibanding tanpa dialiri gas nitrogen, yaitu 6600 cal/gr sampai 6900 cal/gr.
 - c. Yield
Diperoleh yield relatif menurun yaitu 45% sampai 43%
2. Pengaruh penambahan gas nitrogen kedalam reaktor secara kontinyu :
 - a. Fix Carbon
Diperoleh fixed carbon dari hasil pirolisis dengan dialiri gas nitrogen kedalam reaktor relatif meningkat dibanding tanpa dialiri gas nitrogen, yaitu dari 58% sampai 66%
 - b. Nilai Kalor
Diperoleh nilai kalor dari hasil pirolisis dengan dialiri gas nitrogen kedalam reaktor relatif meningkat dibanding tanpa dialiri gas nitrogen, yaitu 6600 cal/gr sampai 7000 cal/gr.
 - c. Yield
Diperoleh yield relatif menurun yaitu 45% sampai 42%
 - d. Pirolisis dengan dialiri gas nitrogen secara kontinyu kedalam reaktor relatif meningkatkan nilai fixed carbon (66%) dibandingkan dengan dialiri gas nitrogen secara batch (65%)
 - e. Pirolisis dengan dialiri gas nitrogen secara kontinyu kedalam reaktor relatif meningkatkan nilai kalor (7000 cal/gr) dibandingkan dengan dialir gas nitrogen secara batch (6900 cal/gr)
3. Kondisi pirolisis yang terbaik yaitu dengan dialiri gas nitrogen secara kontinyu 1 liter/menit. Penggunaan gas nitrogen mengisi penuh volume reaktor (20 liter) yang memiliki karakteristik charcoal dengan nilai yield 42%, nilai kalor 7000 cal/gr, nilai fixed carbon 66% dan total sulfur nihil.

4. Prediksi analisa kelayakan ekonomi dengan produk utama yaitu charcoal dari hasil pirolisis dengan basis perhitungan bahan baku 100 ton/bulan. Diperoleh keuntungan bersih 100% dari modal yang dimiliki. Kemudian selain produk utama, pirolisis ini menghasilkan produk samping berupa asap cair dan memiliki nilai ekonomis cukup tinggi

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu, yaitu Direktur DRPM Ristek Dikti selaku pemberi dana penelitian terapan unggulan perguruan tinggi (PTUPT) yang dilaksanakan oleh tim peneliti dosen UMI Makassar

DAFTAR PUSTAKA

- Basu P. 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis, Practical Design and Theory*. Burlington (MA): Academic Press.
- Bhattacharya, P., Steele, P. H., Barbary, E., Hassan, M., Mitchell, B., Ingram, L., & Pittman, C. U. (2009). "Wood / Plastic co-Pyrolysis in an Auger Reactor: Chemical and Physical Analysis of The Products" *Fuel*. 88, 1251–1260.
- Djoko P (2009), Analisa Jenis Limbah Kayu Pada Industri Pengelolaan Kayu Di Kalimantan Selatan. *Jurnal Riset Industri Hasi Hutan* Vol.1 No.1, 14-20
- Gustan.P. (2009), Mutu Arang Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol. 27 No.4, 381-398.
- Hanani.F. (2010), Identifikasi Karakteristik Sumber Daya Biomassa dan Potensi Bio-Pelet di Indonesia. Universitas Indonesia Laporan Penelitian
- Haygreen, J. G., Bowyer, J. L., & Hadikusumo, S. A. (1989). *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu : Suatu Pengantar*. Yogyakarta, Indonesia: Gadjah Mada University Press.
- Komarayati, S., Dadang, S., Mahpudin. (2004), Beberapa sifat dan pemanfaatan arang dari

- serasah dan kulit kayu pinus. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol.22 No.1,17-22
- Marti, G., & Roma, S. (2009), “*Jerusalem Artichoke Pyrolysis: Energetic Evaluation*” Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 85, 294–300.
- Mustamin. B. (2009), Bahan Bakar Alternatif Padat (BBAP) Serbuk Gergaji Kayu, Buku Hak cipta UPN Press Cetakan ke I
- Neneng.L. (2014), Potensi Pemanfaatan Biochar untuk Rehabilitasi Lahan Kering di Indonesia. Jurnal Sumber Daya Lahan (ISSN 1907-0799)
- Philippa.L. Ascough (2010), *Charcoal reflectance measurements : Implications for Ststructural Characterization and assessment of diagnetie alternation*. University of Glasgow (ISSN 0305 4403)
- Sudrajat, R. (1983). Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat dan Tekanan Pengempaan Terhadap Kualitas Briket Arang. Bogor, Indonesia.
- ZREU (*Zentrum fur Rationell Energienwendung and Umwelt GmbH*), 2000. Biomass in Indonesia-Business.