JIM 2 (1) (2020)

Jurnal Inovasi Mesin

https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jim

Studi Eksperimental Pembuatan Bio-Oil dari Kayu Sengon Menggunakan *Vertical Pyrolyzer*

Gilang Ranu Wijaya, Samsudin Anis, Karnowo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Keywords:
Bio-oil, Sengon wood, Pyrolysis

Abstrak

Pemanfaatan limbah biomassa sebagai energi alternatif sangat prospektif. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh temperatur dan ukuran partikel terhadap hasil bio-*oil* serta kondisi parameter yang optimal untuk mendapatkan bio-*oil* yang maksimal. Bio-*oil* adalah cairan berwarna hitam atau kecokelatan yang berasal dari biomassa. Bio-*oil* dapat digunakan menjadi bahan bakar *boiler*, mesin diesel stasioner, tungku pembakaran dan turbin. Bahan yang digunakan adalah serbuk kayu sengon dengan ukuran partikel 20,40 dan 60 mesh. Proses pirolisis dilaksanakan pada temperatur 450o-550oC, dengan aliran gas nitrogen sebagai gas *cariier* sebesar 0,8 *l/menit* selama 3 jam 15 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perolehan bio-*oil* optimal terjadi pada temperatur 450oC dan ukuran partikel 60 mesh dengan perolehan mencapai 42,552%. Bio-*oil* memiliki rentan pH dari 2,5-3,4.

Abstract

Utilization of waste biomass as alternative energy is very prospective. The purpose of this research is to know the influence of temperature and particle size against the results of the bio-oil as well as the condition of optimal parameters for getting maximum bio-oil. Bio-oil is a liquid is black or Brown comes from biomass. Bio-oil can be used into fuel boilers, stationary diesel engines, turbines and furnaces. The materials used are wood dust particles with the size of 20.40 sengon and 60 mesh. The process of pyrolysis conducted in temperatures 450o-550oC, with a stream of nitrogen gas as gas cariier of 0.8 l/min for 3 hours 15 minutes. The results showed that the acquisition of bio-oil is optimum occurs at temperature of 450oC and particle size 60 mesh with earnings reaching 42.552%. Bio-oil has a vulnerable pH from 2.5 to 3.4.

Alamat korespondensi:
Gedung E9 Lantai 2 FT Unnes
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229
E-mail: samsudin_anis@mail.unnes.ac.id

PENDAHULUAN

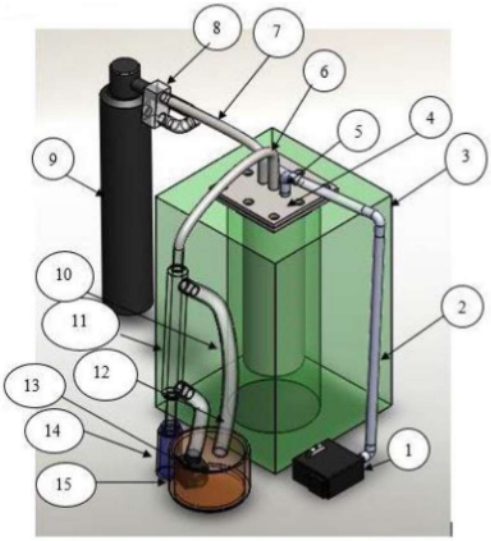
Kebutuhan akan energi konvensional khususnya bahan bakar minyak di Indonesia sangat besar, yang mana dari tahun ke tahun kebutuhan tersebut terus meningkat. Permintaan akan kebutuhan minyak yang terus tumbuh tersebut tidak dapat diimbangi oleh produksi minyak dalam negeri yang terus menurun. Produksi minyak di Indonesia mencapai 41,2 juta ton pada tahun 2014, turun 3,5 % dari produksi tahun sebelumnya yang mencapai 42,7 juta ton. Untuk konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 73.9 juta ton naik 1 % dari konsumsi pada tahun sebelumnya sebesar 73.1 juta ton (BP 2015). Untuk mengatasi kelangkaan bahan bakar minyak yang mungkin akan terjadi. Para ilmuwan mencoba membuat bahan bakar ramah lingkungan menggunakan limbah biomassa sebagai bahan dasar dari energi terbarukan. Metode yang sering dan umum digunakan untuk mengolah limbah biomassa adalah pirolisis.
Pirolisis adalah metode pembakaran tanpa menggunakan oksigen. Dalam proses pirolisis ada 3 metode pembakaran yang dapat digunakan yaitu *torrefaction* atau pirolisis ringan, pirolisis lambat dan pirolisis cepat. Pada proses akhir dari pirolisis biomassa dikonversi menjadi 3 produk yaitu gas, padatan dan cairan Basu (2010). Perolehan produk hasil dari proses pirolisis tersebut dapat dijadikan sebagai bahan bakar terbarukan (*renewable energy*). Salah satu produk hasil dari pirolisis yang dapat digunakan sebagai bahan bakar terbarukan adalah cairan atau sering disebut bio-*oil*.

Bio-*oil* adalah produk cair hasil dari proses pirolisis terhadap biomassa. Menurut Mohan dkk (2006) bio-*oil* diproduksi dengan campuran 25 % air yang sulit untuk dipisahkan dan memiliki warna cokelat gelap dengan komposisi kimia *guaiacols, catecols, syringols, vanillins, furancarboxaldehydes, isoeugenol, pyrones*, asam asetat, asam format dan asam karbosilat. Komposisi kimia yang dikandung oleh bio-*oil* tergantung dari bahan baku dan variabel pirolisis yang digunakan.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh temperatur yang baik dalam hal produksi bio-*oil*, mengetahui ukuran partikel yang cocok terhadap produksi bio-*oil* dan untuk mengetahui kondisi parameter optimal guna mendapatkan bio-*oil* dalam jumlah maksimal.

METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan di antaranya adalah *furnace,* reaktor pirolisis, *flowmeter* udara, panel kontrol (termokontrol, mcb, *thermocouple*, kontaktor), tabung gas nitrogen dan regulatornya, kondensor, *electrical heater*, pompa, mesin penggiling, timbangan digital, loyang, oven, botol, *stopwatch*, pH meter, dan GCMS. Bahan penunjang penelitian yang digunakan adalah *aluminium foils*, *glasswoll*, klingrit, larutan *fosforic adi*, serta ember berisi air dan es batu. Bahan baku yang digunakan adalah kayu sengon.



Gambar 1. Skema pembuatan bio-oil

Keterangan gambar 1. Skema pembuatan bio-*oil*, adalah :

1. Panel Kontrol
2. Kabel Panel Kontrol
3. Furnace
4. Reaktor
5. Thermocouple
6. Pipa keluar Bio-Oil
7. Pipa Nitrogen
8. Flowmeter
9. Nitrogen (N2)
10. Selang sirkulasi kondensor
11. Kondensor
12. Selang sirkulasi kondensor
13. Pompa
14. Tempat akhir minyak Bio-Oil
15. Ember Tempat Pompa dan sirkulasi kondesor

Prosedur penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahap kegiatan, di antaranya persiapan bahan dan pembuatan bio-oil

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada pengujian kadar air menunjukkan bahwa kandungan air dalam serbuk kayu sengon memiliki tingkat yang hampir sama dengan rentan nilai 6-7%, meskipun memiliki luas bidang atau ukuran partikel yang berbeda-beda. Sedangkan Pengujian kadar abu pada serbuk kayu sengon sendiri memiliki hasil yang hampir sama dengan kisaran nilai sebesar 6%. Pengujian kadar air menggunakan metode ASTM D-444-207 dan untuk kadar abu menggunakan ASTM D-1102-84.

Tabel 1. Pengujian kadar air dan abu

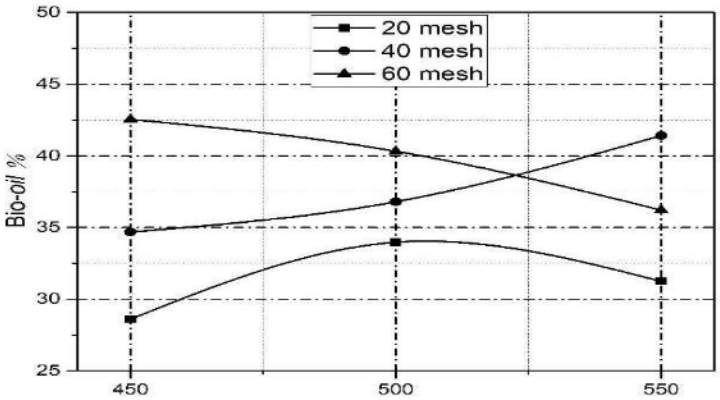
Ukuran partikel (mesh)	Kadar air (%)	Kadar abu (%)
20	7,92	6,64
40	7,22	6,83
60	6,17	6,86

Pirolisis kayu sengon menghasilkan 2 produk yaitu, produk bio-*oil* sebelum temperatur reaksi dan sesudah temperatur reaksi. Bio-*oil* yang diperoleh pada saat temperatur reaksi diperlakukan dengan 2 cara yaitu, bio-*oil* pada temperatur reaksi dilakukan pengujian nilai pH dan bio-*oil* pada temperatur reaksi dengan hasil pirolisis paling optimum dilakukan pengujian komposisi senyawa hidrokarbon.

Tabel 2. Pengaruh temperatur dan ukuran partikel terhadap persentase produk pirolisis kayu sengon

Temperatur (°C)	Ukuran partikel (mesh)	Produk %		
		Bio-oil	Arang	Gas
450	20	28,611	36,888	34,501
	40	34,687	25,635	39,678
	60	42,552	41,765	15,683
500	20	33.968	33,605	32,427
	40	36,805	39,375	23,82
	60	40,332	41,557	18,111
550	20	31,24	36,215	32,545
	40	41,42	28,756	29.987
	60	36,218	34,818	28,964

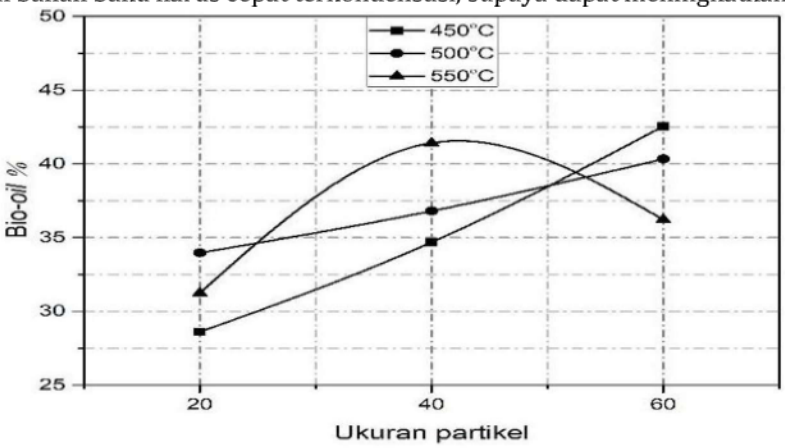
Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil perolehan bio-*oil* tertinggi terjadi pada temperatur 450°C. Tetapi hasil maksimum dari perolehan bio-*oil* terjadi pada temperatur 500°C. Sedangkan pada temperatur 550°C perolehan bio-*oil* cenderung turun. Hal ini disebabkan reaksi dekomposisi dari komponen penyusun serbuk kayu sengon akan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur. Peningkatan hasil terjadi karena kenaikan temperatur dan juga pengaruh dari komponen penyusun bahan baku. Hal ini sama dengan yang dilakukan oleh Abnisa dkk (2011) dalam penelitian tersebut, menyatakan bahwa bio-*oil* menurun pada temperatur 500°C atau temperatur yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena pada temperatur 500°C atau lebih tinggi bahan baku penyusun bio-*oil* mengalami retak, sehingga menyebabkan perolehan bio-*oil* cenderung menurun kecuali untuk variabel 40 mesh pada temperatur 550°C.



Gambar 2. Temperatur reaksi

Pada gambar 2. Menunjukkan ada satu garis keanehan, yang tidak sesuai dengan tren atau garis grafik lainnya. Hal ini sama dengan penelitian yang dialami oleh Djauhari dkk (2012) dalam penelitian yang berjudul "Bio-Oil dari Pirolisis Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandis L.F) Tanpa Gas N2" dalam penelitian tersebut Djauhari dkk (2012) menyatakan bahwa bio-*oil* yang dihasilkan selama proses pirolisis menghasilkan cairan dengan 2 (dua) fase atau 2 (dua) warna yang berbeda pada satu tempat penampungan. Pada cairan atas berwarna kekuningan sedangkan pada cairan bawah berwarna cokelat kehitam-hitaman. Perbedaan warna pada bahan baku disebabkan tidak dikelompokkannya bahan baku menurut usia dari bahan baku tersebut. Sehingga mempengaruhi hasil dari proses pirolisis, serta proses laju pendinginan yang sederhana dan tidak teratur juga mempengaruhi hasil dari bio-*oil* pirolisis. Saputra dkk (2007) menyatakan bahwa pada temperatur 500°C diperoleh *yield* bio-*oil* yang optimal, kecuali pada ukuran partikel 40 mesh, dimana titik optimal berada pada temperatur 550°C. Hal ini disebabkan kandungan holoselulosa pada ukuran partikel 40 mesh lebih banyak dari ukuran partikel 20 dan 60 mesh. Sehingga titik optimalnya masih lebih tinggi dari 550°C. Dalam penelitian ini, pengaruh ukuran partikel pirolisis terhadap produksi bio-*oil* sangat berpengaruh (lihat Gambar 3). Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pada ukuran partikel 20 mesh, perolehan bio-*oil* merupakan hasil terendah, dibandingkan dengan ukuran partikel 40 mesh dan 60 mesh. Serta perolehan bio-*oil* tertinggi terjadi pada ukuran partikel 60 mesh lebih tinggi dari ukuran partikel 40 mesh. Hal ini terjadi karena pada ukuran partikel yang besar masih memiliki kandungan air yang banyak, sehingga menyebabkan proses konversi pada komponen penyusun menjadi kurang sempurna. Sedangkan pada ukuran partikel yang lebih kecil komponen penyusun bahan baku dapat terkonversi dengan sempurna, sehingga dapat menghasilkan bio-*oil* dalam jumlah yang banyak. Hal ini juga dapat di dukung oleh teori Basu (2010) semakin kecil ukuran partikel biomassa maka akan mengalami perubahan temperatur yang besar, sehingga pada saat yang bersamaan temperatur inti dalam biomassa lebih rendah dari temperatur permukaan, yang

mengakibatkan cepat terbentuknya fase gas yang relatif mudah bercampur ke lingkungan. Sehingga komponen penyusun bahan baku harus cepat terkondensasi, supaya dapat meningkatkan produk cair.



Gambar 3. Pengaruh ukuran partikel

Gambar 3 Menunjukkan bahwa ada satu keanehan atau anomali yang terjadi pada satu garis grafik. Keanehan yang terjadi sama dengan penelitian yang dialami oleh Wibowo dan Hendra (2015) dalam penelitian yang berjudul "Karakteristik Bio-oil dari Rumput Laut Gelagah (*Saccharum spontaneum* Linn.) Menggunakan Proses Pirolisis Cepat" dalam penelitian tersebut Wibowo dan Hendra (2015) menyatakan hal yang sama, dengan yang penulis alami di lapangan, yaitu bahwa ukuran partikel yang besar menyebabkan pembakaran kurang sempurna, hal ini di buktikan dengan masih adanya bahan baku yang tidak terbakar dan warna arang yang seluruhnya tidak berwarna hitam. Sedangkan untuk ukuran partikel yang lebih kecil, penelitian yang dilakukan oleh Zulkania (2016) dalam penelitian yang berjudul "Pengaruh Temperatur dan Ukuran Partikel Biomassa Terhadap Bio-*oil* Hasil Pirolisis Ampas Tebu/*Baggase*" dalam penelitian tersebut Zulkania (2016) menyatakan bahwa untuk ukuran partikel yang lebih kecil atau halus titik optimum masih dapat meningkat di atas temperatur yang sudah ditetapkan.

Hasil analisis yang dilakukan terhadap perolehan nilai pH sama dengan perolehan yang didapat oleh Wibowo (2013) yaitu 2,83-3,11. Pada tingkat keasaman seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 karakteristik bio-*oil* kayu sengon sama dengan pendapat Dynamotive (2006) yang mengatakan bahwa nilai pH bio-*oil* berkisar antara 2-3. Sedangkan menurut Eaterly (2002) bahwa bi-*oil* memiliki sifat agak asam seperti cuka. Dalam sifat ini, tangki penyimpanan pada bio-*oil* harus diperhatikan agar tidak menimbulkan korosi pada tempat penyimpanan bio-*oil*. Tingkat keasaman yang tinggi membuat bio-*oil* hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler. Tingkat keasaman yang tinggi disebabkan adanya asam asetat, akibat dari proses pirolisis yang memecah selulosa dan lignin beserta zat ekstraktif bersifat asam.

Tabel 3. Nilai pH meter pada minyak bio-*oil* kayu sengon

Temperatur (°C)	Ukuran partikel (mesh)	Nilai pH
450	20	2,559
	40	2,613
	60	3,121
500	20	2,63
	40	2,704
	60	2,854
550	20	3,361
	40	2,88
	60	2,73

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan dalam beberapa hal, yaitu :

1. Produksi bio-*oil* sangat dipengaruhi pada temperatur, dari penelitian yang telah dianalisis menunjukkan, bahwa semakin tinggi temperatur maka produksi bio-*oil* akan semakin rendah. Produksi bio-*oil* mengalami titik optimal pada temperatur reaksi 450°C, dengan perolehan maksimal bio-*oil* sebesar 42,552%. dengan temperatur reaksi yang rendah serbuk kayu sengon dapat menghasilkan bio-*oil* yang cukup banyak sehingga dapat dikategorikan sebagai *slow pyrolisis*. Hal ini disebabkan pada temperatur ini, komponen penyusun serbuk kayu sengon lebih cepat terkonversi dengan baik menjadi *liquid* (bio-*oil*).
2. Semakin kecil ukuran partikel, maka perolehan bio-*oil* akan semakin banyak. Ukuran partikel pada biomassa sangat berpengaruh pada perolehan bio-*oil*. Bio-*oil* serbuk kayu sengon mengalami titik produksi optimal pada ukuran partikel 60 mesh dengan perolehan sebesar 42,552%. karena pada ukuran partikel yang kecil proses pirolisis akan mengalami gradien temperatur yang besar, sehingga meningkatkan senyawa-senyawa *volatile* dalam jumlah yang besar.
3. Berdasarkan penelitian dan hasil analisis di atas dapat disimpulkan bahwa parameter optimal pembuatan bio-*oil* dengan serbuk kayu sengon berada pada temperatur 450°C dengan ukuran partikel 60 mesh.

DAFTAR PUSTAKA

Abnisa. F., Wan Daud W.M.A., Husin W.N.W dan Sahu J.N. 2011. Utiliztion possibilities of palm shell as a source of biomass energi in Malaysia by producing bio-oil in pyrolysis. *Biomass and Bioenergy* 35 : 1863-1872.

ASTM. 2001. *Standard Test Method for Ash in Wood1,* D-1102-84.

ASTM. 2007. *Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials*, D-4442-07.

Basu. P. 2010. Biomass Gasification and Pyrolysis. Burlington: *Academic Press*, DOI: 0.1016/B978-012-374988-8.00001-5.

BP. 2015. *Statical Review of World Energi*. 64th edition.

Easterly. J.L. 2002. Assesment of Bio-Oil as a Replacement for Heating oil. *Northeast Regional Biomass Program. CONEG Policy Research Center, Inc.*

Djauhari, A., et al. 2012. Bio-oil dari Pirolisis Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F)* Tanpa Gas N2. *Jurnal Fluida* 8(1): 19-24.

Dynamotive. 2006. *The BioOil Information Book*. Canada: DynaMotive Energy Systems Corporation

Mohan, D., C. U. Pittman dan P. H. Steele. 2006. Pyrolysisof Wood/Biomass for Bio-oil : A Critical Review. *Energy & Fuels*, 20/ 3: 848-889.

Saputra, E., S. Bahri dan Edward Hs. 2007. Bio-Oil dari Limbah Padat Sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 6/2: 45-49. 15

Wibowo. S. 2013. Karakteristik Bio-Oil Serbuk Gergaji Sengon (*Paraserianthes Falcataria* L. Nielsen) Menggunakan Proses Pirolisis Lambat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 31/4: 258-270.

Wibowo. S dan D. Hendra. Karakteristik Bio-Oil Dari Rumput Gelagah (*Saccharum spontaneum* Linn.) Menggunakan Proses Pirolisis Cepat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 33/4: 347-363.

Zulkania. A. 2016. Pengruh Temperatur Dan Ukuran Partikel Biomassa Terhadap *Bio-Oil* Hasil Pirolisis Ampas Tebu/*Baggase*. *Teknoin* 22/5: 328-326.