

Microwave Pyrolysis of Sugarcane Bagasse Waste

Andi Erwin Eka Putra¹ dan Novriany Amaliyah^{2*}

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

²Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

*Corresponding author: novriany@unhas.ac.id

Abstract. Sugarcane bagasse produced by sugar factories in Indonesia range from ± 60 ton/day and has a detrimental impact on the community and environment. Sugarcane bagasse has a cellulose content of 42%, which is a potential source of energy and carbon to produce useful products such as glucose and ethanol. Cellulose contained in the sugarcane bagasse was converted to glucose using a 15% of natrium hidroxide (NaOH) catalyst to release lignin content and then processed using the microwave pyrolysis method. Sugarcane bagasse was immersed in NaOH solution for 12 hours at room temperature, while the pyrolysis process using microwave was carried out for 35 minutes with variations in the addition of NaOH solution of 150 ml, 200 ml, and 250 ml as well as variations in 400 watt and 600 watt of microwave power. The results showed that at input power of 400 watts, the addition of a 150 ml NaOH solution produced the highest glucose levels of 0.11% for dry fiber products and 0.68% for liquid products respectively. Whereas at 600 watt microwave power, the addition of 150 ml NaOH solution produced the highest glucose level of 0.009% for dry fiber products and 0.659% for liquid products. The highest gas mass flow rate of 2.285 gr/min was obtained at the addition of 150 and 200 ml of NaOH at input power of 600 watt to 2,285 gr / min.

Abstrak. Produksi limbah blotong oleh pabrik gula di Indonesia berkisar ± 60 ton/hari dan memberikan dampak yang merugikan masyarakat dan lingkungan sekitar. Blotong memiliki kandungan selulosa sekitar 42 %, dimana selulosa ini merupakan sumber energi potensial dan karbon untuk memproduksi produk bermanfaat seperti glukosa dan etanol. Selulosa yang terdapat pada limbah blotong dikonversi menjadi glukosa dengan menggunakan katalis Sodium hidroksida (NaOH) 15% untuk melepaskan kandungan lignin dan selanjutnya diproses menggunakan metode microwave pyrolysis. Limbah blotong direndam dalam larutan NaOH selama 12 jam pada suhu kamar, sedangkan proses pirolisis dengan menggunakan microwave dilakukan selama 35 menit dengan variasi penambahan larutan NaOH yaitu 150 ml, 200 ml, dan 250 ml serta variasi daya microwave 400 watt dan 600 watt. Hasil penelitian menunjukkan, pada daya 400 watt, penambahan larutan NaOH 15% sebesar 150 ml menghasilkan kadar glukosa tertinggi sebesar 0.11% untuk produk serat kering dan 0.68% pada produk cair. Sedangkan pada daya microwave 600 watt, penambahan larutan NaOH sebesar 150 ml menghasilkan kadar glukosa tertinggi sebesar 0.009% untuk produk serat kering dan 0.659% pada produk cair. Laju aliran massa gas tertinggi yang dihasilkan dari proses pirolisis limbah blotong adalah pada penambahan 150 dan 200 ml NaOH pada daya 600 watt yaitu sebesar 2.285 gr/menit.

Kata kunci: pirolisis, *microwave*, blotong, selulosa

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Blotong adalah hasil endapan nira kotor (sebelum dimasak dan dikristalkan menjadi gula) yang disaring di *rotary vacuum filter*. Blotong merupakan limbah berbentuk padat seperti tanah berpasir berwarna hitam, mengandung air, dan memiliki bau busuk yang sangat menyengat (Hamawi, 2005). Biasanya blotong diakumulasikan di lapangan terbuka di sekitar pabrik gula sehingga memberikan dampak yang dapat merugikan masyarakat dan lingkungan sekitar.

Blotong memiliki susunan yang sangat bervariasi, misalnya serat 15-30%, abu 9-20%, jilin mentah (lipid) 5-14%, protein mentah 5-15%, Si₂ 4-10%, CaO 1-14%, P₂O₅ 1-3%, dan MgO 0,5-1,5% (HWSI, 1997). Kandungan selulosa yang cukup tinggi menyebabkan limbah blotong memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi bioetanol.

Pemanfaatan blotong menjadi bahan bakar cair dan arang dengan menggunakan proses pirolisis menghasilkan arang 45,83%, tir 29,32%, dan metanol 4,37% pada lama pemanasan 60 menit

menggunakan pemanasan api sebagai sumber panas [3].

Tabel 1. Komposisi Kimia Blotong Kering [1]

| Unsur | Kadar Kandungan |
|---------------------------|-----------------|
| Nitrogen (N) | 1,40% |
| Phosphat (P) | 3,03% |
| Kalium (K) | 0,70% |
| Kalsium (Ca) | 16,20% |
| Sulfat (SO ₃) | 6,42% |
| Ampas Tebu (bagasse) | 64,00% |
| Kalor Bakar | 3319 kkal/kg |

Tabel 2. Sifat Fisikokimia Ampas Tebu [2]

| Komponen Ampas Tebu | Sampel (%) | Referensi | |
|---------------------|------------|-----------|------------|
| | | (%) | (%) |
| Air | 7,92 | 9,67 | - |
| NRA | 5,10 | 13,88 | - |
| LAP | 25,37 | 7,86 | - |
| Selulosa | 40,59 | 42,67 | 37,65 - 52 |
| Hemiselulosa | 15,91 | 26,26 | 15 - 29 |
| Lignin | 17,50 | 17,65 | 13 - 30 |
| Abu | - | 5,57 | 8,80 |

Pirolisis adalah dekomposisi bahan organik secara termokimia pada temperatur tinggi tanpa menggunakan oksigen. Pirolisis menyebabkan perubahan pada komposisi, baik fisik maupun kimiawi, dan bersifat ireversibel. Pirolisis berbeda dengan proses pembakaran lainnya yang melibatkan reaksi dengan oksigen, air, maupun reagen lainnya. Meskipun pada praktiknya, keadaan bebas atmosfer tidak mungkin tercapai, karena keberadaan oksigen sedikit saja dapat menyebabkan proses oksidasi. Kelebihan dari pirolisis ini adalah dapat bekerja pada tekanan atmosfer dan suhu sekitar 500°C serta dapat mencapai hingga 70% hasil. Tetapi, pirolisis memiliki kekurangan juga yaitu banyaknya kandungan air dan oksigen yang terkandung di dalamnya yang dapat menyebabkan kurang dapat digunakan sebagai hidrokarbon dan sulit dalam penyimpanannya [4].

Perubahan yang terjadi melalui tahapan berikut ini: pada suhu 100-200°C terjadi reaksi *indotermik* yang mengakibatkan terusirnya air dan zat organik yang mudah terurai. Selanjutnya pada suhu 225-275°C terjadi reaksi *eksotermik*, akibat penguraian *lignoselulose* menjadi zat asetat, gas CO, dan gas CO₂, metan dan hidrogen. Asam asetat umumnya berasal dari selulose, terutama hemiselulose, dan methanol berasal dari lignin yang mudah larut.

Proses pirolisis umumnya dipengaruhi beberapa faktor antara lain waktu pirolisis, suhu pirolisis, kadar air, dan ukuran bahan [5].

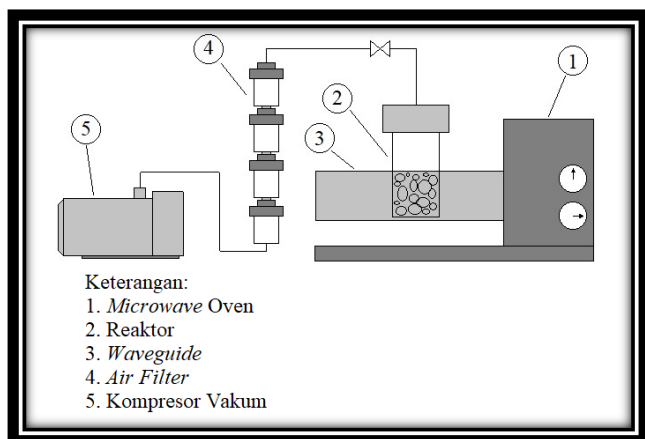
Pirolisis *microwave* adalah proses pirolisis yang menggunakan gelombang mikro sebagai media pemanasannya. Gelombang mikro adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang sangat tinggi, pada umumnya sebesar 2450 MHz dengan panjang gelombang 12,24 cm. Radiasi gelombang mikro yang diserap suatu benda akan menghasilkan efek pemanasan pada benda tersebut dan menyebabkannya menjadi panas tanpa disertai oksigen. Oleh sebab itu, dalam pemanasan *microwave*, suhu pemanasan benda lebih tinggi daripada daerah sekitarnya [6].

Microwave pirolisis bambu moso dan *bamboo-based biochar* katalis dilakukan untuk mencapai peningkatan *bio-oil* dan produksi *syngas* berkualitas tinggi. Pengaruh *bio-char* pada pirolisis bambu yang melibatkan kenaikan suhu, hasil produk, dan komposisi *bio-oil* dan gas telah dipelajari. Produksi gas difasilitasi oleh *biochar*, menunjukkan *biochar* memiliki aktivitas yang sangat baik untuk memecah *bio-oil*. Komposisi utama dalam *bio-oil* adalah asam asetat dan fenol dengan kadar 73,145% - 82,84% dari katalis *biochar*. *Biochar* memberikan efek positif pada produksi *syngas* (CO + H₂) dengan kandungan maksimum mencapai 65,13 vol% pada penambahan 20 wt% *biochar* dalam kondisi *microwave*. *Biochar* menjadi lebih efektif pada peningkatan *bio-oil* dan produksi *syngas* dengan menggunakan pemanasan *microwave* daripada pemanasan konvensional [7].

Metode Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan *microwave oven* yang telah dimodifikasi. *Microwave oven* yang digunakan adalah tipe EMM2007X 800 Watt dengan spesifikasi *power source* : 220 V ~ 2.45 GHz, *input/output power* 1250 W / 800 W dengan *external dimentions* 461 (W) x 373 (D) x 280 (H).

Limbah blotong dari pabrik gula direndam untuk mengumpulkan serat ampas tebu, kemudian dikeringkan dengan cara dijemur. Blotong yang telah kering kemudian diayak dengan ukuran mesh 20 sehingga menghasilkan serat berukuran 3-5 mm. Sebanyak 20 gr sampel blotong kemudian direndam dalam larutan NaOH 15% selama 12 jam dengan variasi volume 150 ml, 200 ml, dan 250 ml. Sampel kemudian dimasukkan dalam reaktor Untuk dipanaskan dengan menggunakan radiasi gelombang mikro yang bersumber dari *microwave oven* dengan variasi daya masing-masing 400 dan 600 watt selama 35 menit.



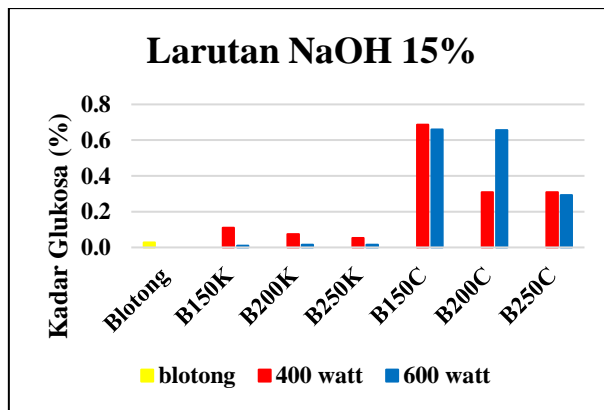
Gambar 1. Skema instalasi alat microwave pirolisis

Hasil dan Pembahasan

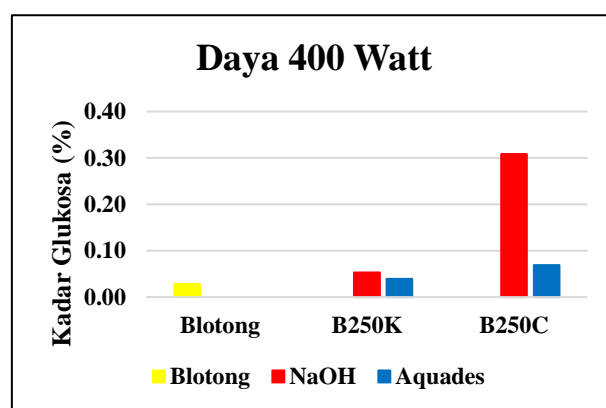
Secara kasat mata, blotong mengalami perubahan warna menjadi hitam dan ukuran seratnya mengecil. Perubahan tersebut terjadi karena hasil reaksi pelepasan lignin. Larutan NaOH bereaksi memutuskan ikatan dari struktur dasar lignin dan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Natrium (garam) fenolat bersifat polar sehingga mudah larut dalam pelarut polar. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam. Lindi hitam tersebut menunjukkan lapisan lignin telah terpisah dari selulosa. Hasil kondisi sampel sebelum dan sesudah perlakuan *microwave* pirolisis dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kondisi Sampel Sebelum dan sesudah Perlakuan *Microwave* Pirolisis



Gambar 3. Kadar Glukosa Sebelum dan Sesudah Perlakuan *Microwave* Pirolisis dengan variasi daya input



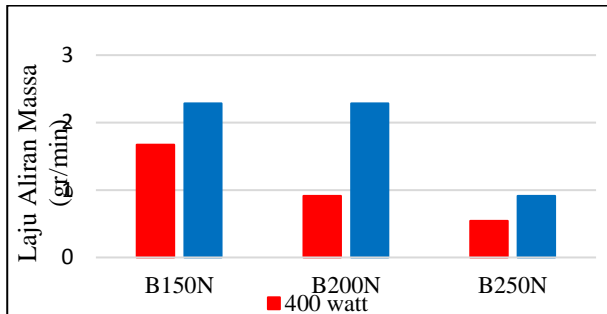
Gambar 4. Kadar Glukosa Sebelum dan Sesudah Perlakuan *Microwave* Pirolisis dengan variasi larutan NaOH

Gambar 3 dan 4 menunjukkan hasil produk cairan memiliki kadar glukosa yang tinggi dimasing-masing variasi volume NaOH 15% dan daya. Produk cairan yang memiliki kadar glukosa tertinggi dihasilkan oleh perlakuan penambahan 150 mL NaOH 15% dan daya 400 watt sebanyak 0,686 % dan produk cairan yang memiliki kadar glukosa terendah dihasilkan oleh perlakuan penambahan 250 mL NaOH 15% dan daya 600 watt sebanyak 0,293%. Sedangkan pada hasil produk serat kering memiliki peningkatan kadar glukosa dimasing-masing variasi volume NaOH dan daya juga. Produk serat kering yang memiliki kadar glukosa tertinggi dihasilkan oleh perlakuan penambahan 150 mL NaOH 15% dan daya 400 watt sebanyak 0,111 % dan produk serat kering yang memiliki kadar glukosa terendah dihasilkan oleh perlakuan penambahan 150 mL NaOH 15% dan daya 600 watt sebanyak 0,010%.

produk cairan memiliki kadar glukosa yang tinggi pada masing-masing perlakuan penambahan volume larutan dan daya. Hal ini terjadi karena selama proses pemanasan *microwave*, sampel mengalami *liquefaction*. Dimana peristiwa sampel berbentuk serat terkonversi ke dalam cairannya selama proses pemanasan berlangsung. Selulosa

berantai pendek (selulosa β dan γ) dapat larut ke dalam larutan basa kuat (NaOH) [8].

Hasil Laju Aliran Massa Gas Blotong dengan Perlakuan *Microwave* Pirolisis dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Laju Aliran Massa Gas Blotong

Laju aliran massa gas blotong tertinggi dihasilkan oleh perlakuan penambahan 150 mL, 200 mL NaOH 15% dan daya 600 watt. Sedangkan, laju aliran massa gas blotong terendah dihasilkan oleh perlakuan penambahan 250 mL NaOH 15% dan daya 400 watt. Hal ini sesuai dengan tingkat energi yang diberikan pada sampel, semakin tinggi energi yang diterima maka laju aliran semakin tinggi juga. Terdapat tren positif antara energi input dan *mass loss*, dengan energi input tinggi maka menyebabkan *mass loss* yang tinggi [9].

Kesimpulan

1. Pada perlakuan penambahan volume 150 mL NaOH 15 % menghasilkan kadar glukosa tertinggi yaitu 0,0557 mg/mL (0,1110 %) pada produk serat kering dan 0,9164 mg/mL (0,686%) pada produk cair di perlakuan daya 400 watt. Pada perlakuan penambahan volume 150 mL dan 250 mL NaOH 15 % masing-masing menghasilkan kadar glukosa terendah yaitu 0,0054 mg/mL (0,009%) pada produk serat kering dan 0,235 mg/mL (0,293%) pada produk cair diperlakukan daya 600 watt.
2. Pada perlakuan daya 400 watt menghasilkan kadar glukosa tertinggi yaitu 0,0557 mg/mL (0,1110 %) pada produk serat kering dan 0,9164 mg/mL (0,686%) pada produk cair di perlakuan penambahan volume 150 mL NaOH 15 %. Pada perlakuan daya 600 watt menghasilkan kadar glukosa terendah yaitu 0,0054 mg/mL (0,009%) pada produk serat kering dan 0,235 mg/mL (0,293%) pada produk cair di masing-masing penambahan volume 150 mL dan 250 mL NaOH 15%.
3. Laju aliran massa tertinggi dihasilkan pada perlakuan penambahan volume 150 mL NaOH 15 % dan daya 600 watt yaitu 2,285 gr/min, sedangkan laju aliran terendah dihasilkan pada

perlakuan penambahan volume 250 mL NaOH 15 % dan daya 400 watt yaitu 0,542 gr/min.

Penghargaan

Terima kasih kepada saudara Aslam, mahasiswa departemen teknik mesin Unhas yang telah membantu dalam pengambilan data

Referensi

- [1] Afriyanto, R.M. 2011. Pengaruh Jenis dan Kadar Bahan Perekat pada Pembuatan Briket Blotong sebagai Bahan Bakar Alternatif. Skripsi. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [2] Gunam, Ida Bagus Wayan dkk. 2011. Jurnal "Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakarifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar Dari *Aspergillus Niger* FNU 6018".
- [3] Elykurniati. 2009. Skripsi "Pemanfaatan Blotong Menjadi Bahan Bakar Cair dan Arang Dengan Proses Pirolisis" Fakultas Teknologi Industri Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- [4] Neves, D., et al. 2011. *Characterization and Prediction of Biomass Pyrolysis Products*. Progress in Energy and Combustion Science (2011)
- [5] Walker, Kris. 2013. "What is Pyrolysis?". <http://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=33/>. Diakses pada tanggal 24 Oktober 2018 pukul 21.05 WITA
- [6] Fernández, Y, Ana Arenillas dan J. Ángel Menéndez. 2011. Journal "Microwave Heating Applied to Pyrolysis". Instituto Nacional del Carbon (CSIC) Apartado 73, 33080 Oviedo, Spain.
- [7] Dong, Qing dkk. 2018. Journal "Microwave pyrolysis of moso bamboo for syngas production and bio-oil upgrading over bamboo-based biochar catalyst". *Bioresource Technology*, vol 266, (2018) (284-290), 0960-8524.
- [8] Li, Gaiyun dkk. 2015. *Wood Liquefaction with Phenol by Microwave Heating and FTIR Evaluation*. Northeast Forestry University. Berlin.
- [9] Shepherd, B.J. dkk. 2018. *Microwave Pyrolysis of Biomass Within a Liquid Medium*. *Journal Analysis Apply Pyrolysis*. S0165-2370(18)30298-5.