

## PERUBAHAN KUANTITAS DAN NILAI KALOR *CHAR* DENGAN VARIASI TEMPERATUR PADA PIROLISIS LIMBAH BREM

Farid Majedi<sup>1,\*</sup>, Fredy Susanto<sup>2</sup>, Edi Munarwan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Mesin Otomotif, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Madiun,

Jl. Serayu 84, Madiun, 63133

\*E-mail: farid@pnm.ac.id

Diterima: 4 Oktober 2018

Direvisi: 2 Februari 2019

Disetujui: 21 Februari 2019

### ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan energi. Konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia yang mencapai 586 juta barrel pada tahun 2014. Cadangan minyak bumi yang di dalam perut bumi semakin menipis dan terancam habis. Arang juga termasuk bahan bakar yang saat ini teknologinya dengan cara proses pembakaran biasa. Pirolisis adalah proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan dengan sedikit atau tanpa oksigen, dan ini merupakan teknologi penghasil sumber energi alternatif. Biomassa dalam proses pirolisis ini akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Proses pirolisis menghasilkan Char (arang), Tar (bio oil) dan gas. Penelitian ini dilakukan pada penelitian langsung dengan proses pirolisis dengan variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 550°C. Dalam penelitian ini limbah brem dengan kadar airnya < 2% dimasukkan dalam peralatan pirolisis dan dilakukan proses pirolisis dengan variasi temperatur. Berdasarkan penelitian ini diperoleh hasil, semakin besar temperatur pirolisis maka semakin kecil massa char yang dihasilkan. Massa char terkecil pada temperatur 550°C sebesar 160 gram dari massa biomassa 500 gram. Nilai kalor akan semakin meningkat dengan meningkatnya temperatur. Nilai kalor tertinggi pada temperatur 550°C sebesar 9358,131 Kkal/kg

**Kata kunci:** *Pirolisis, Limbah Brem, massa, nilai kalor*

### ABSTRACT

*Population growth is directly proportional to the increase in energy demand. Fuel oil consumption in Indonesia, which reached 586 million barrels in 2014. Petroleum reserves in the bowels of the earth are depleting and threatened with exhaustion. Charcoal also includes fuel that is currently the technology by means of ordinary combustion processes. Pyrolysis is the chemical decomposition process of organic matter through a process of heating with little or no oxygen, and this is a technology that produces alternative energy sources. Biomass in the pyrolysis process will experience the breakdown of chemical structures into the gas phase. The pyrolysis process produces Char (charcoal), Tar (bio oil) and gas. This research was carried out in direct research with pyrolysis processes with temperature variations of 250oC, 350oC, 450oC, 550oC. In this research, brem waste with a water content of <2% was included in the pyrolysis equipment and pyrolysis process was carried out with temperature variations. The smallest char mass at a temperature of 550oC is 160 grams from the mass of 500 grams of biomass. The heating value will increase with increasing temperature. The highest heating value at a temperature of 550oC is 9358,131 Kcal / kg*

**Keywords:** *Pyrolysis, Brem Waste, mass, heating value*

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan energi (Gurnito A., 2016). Konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia yang mencapai 586 juta barrel pada tahun 2014 (BPH Migas, 2017). Cadangan minyak bumi yang di dalam perut bumi semakin menipis dan terancam habis (Didik S, 2014). Cadangan minyak bumi Indonesia sebesar 0,26% dari cadangan minyak bumi dunia, sementara cadangan gas bumi 2,8 % dari cadangan dunia pada tahun 2013. cadangan tersisa hanya bisa untuk memenuhi waktu 12 tahun ke depan yang terhitung sejak akhir 2012 (DEN RI, 2014). Arang juga termasuk bahan bakar yang saat ini teknologinya dengan cara proses pembakaran biasa. Nilai kalor arang lebih tinggi dari kayu (Gebresas, Asmelash, Berhe & Tesfay, 2015). Dari data ini maka diperlukan pengembangan sumber energi yang dapat diperbarui dengan cara sintesa carbon. Sumber bahan dalam sintesis ini biomassa. Salah satu proses sintesa biomassa yaitu pirolisis. Pirolisis adalah proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan dengan sedikit atau tanpa oksigen, dan ini merupakan teknologi penghasil sumber energi alternatif. Biomassa dalam proses pirolisis ini akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas (Farid M., 2015). Proses pirolisis menghasilkan *Char* (arang), Tar (bio oil) dan gas.

Makanan khas dari Kabupaten Madiun, Indonesia salah satunya adalah Brem. Brem dibuat dengan bahan dasar beras ketan putih/hitam, dengan melalui tahapan proses fermentasi dan pengolahan lanjut maka dihasilkan brem, dari proses pengolahan brem ini akan akan tertinggal limbah brem yang merupakan limbah atau sampah. Limbah brem digunakan makanan ternak, pupuk organik, bioetanol dll. Kandungan karbohidrat limbah brem 14,7% dan protein 9,5% dan CO<sub>2</sub> 19,5% (Ratih P., 2017).

Penelitian terdahulu, Penelitian Widya W. Dkk (2013) meneliti tentang bagaimana bentuk Char dan produk gas dari pirolisis biomassa kayu. Dalam penelitian ini dengan melakukan eksperimen variasi temperatur pirolisis dan heating rate 400K/jam. Pirolisis yang digunakan adalah pirolisis lambat. Dari hasil pengujian: proses

pembentukan arang dibagi tiga wilayah; i) Wilayah dehidrasi dari biomassa, ii) wilayah pirolisis selulosa dan iii) wilayah pirolisis lignin. Dalam produk gas, komposisi laju alir gas dan gas ditemukan tergantung pada suhu pengaturan. Farid M. (2016) meneliti Pengaruh variasi temperatur dan *heating rate* terhadap terhadap massa dan nilai kalor. Variasi heating rate adalah 673 K / jam dan 1073 K / jam. Temperatur pirolisis yang digunakan bervariasi 523 K, 623 K, 723 K, 773 K dan 873 K untuk setiap laju pemanasan (*heating rate*). Efek perubahan temperatur dan *heating rate*: semakin tinggi temperatur dan *heating rate* maka semakin kecil massa dan volume *char* yang terbentuk. Dengan kenaikan temperatur maka nilai kalor semakin besar. Nilai kalor pada *heating rate* 1073 K/jam mempunyai nilai lebih besar daripada nilai kalor *heating rate* 673 K/jam. Ikhwanul Q (2015) meneliti Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Kuantitas *Char* Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (*Switenia Macrophylla*) Pada *RotaryKiln*. Hasil pengujian semakin tinggi temperatur pirolisis semakin rendah massa yang terbentuk.

Dari permasalahan yang telah dikemukakan, penulis ingin meneliti tentang Perubahan Kuantitas Dan Nilai Kalor *Char* Dengan Variasi Temperatur Pada Pirolisis Limbah Brem. Dalam penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengujian langsung menggunakan alat pirolisis untuk mengetahui pengaruh temperatur pirolisis terhadap nilai kalor arang dari limbah brem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap massa dan nilai kalor *char*. Dan dengan arang hasil pirolisis diharapkan dapat menghasilkan arang dengan nilai kalor tinggi.

## METODE PENELITIAN

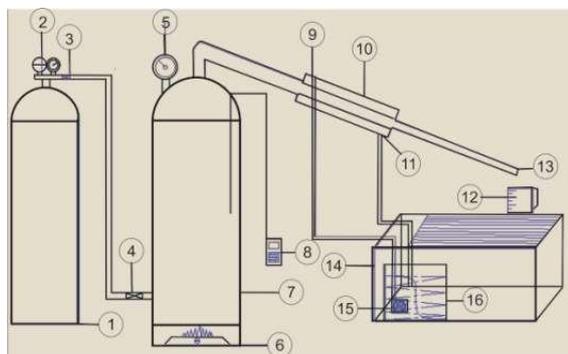
### Alat dan Bahan

Limbah brem digunakan bahan biomassa, dikeringkan 120 menit pada suhu 110 – 125°C kemudian diayak dengan saringan mesh 18 sehingga memiliki diameter partikel (Dp) sekitar = 1000 mikron. Setelah kering, limbah brem dimasukkan ke mesin untuk dipirolisis.

### Prosedur Pengujian

#### Pengujian penurunan massa pada biomassa

Penelitian pembentukan arang pada biomassa selama proses pirolisis dilakukan pada instalasi eksperimen (Gambar 1). Sampel limbah brem kering diambil 500 gr dan dimasukkan dalam tabung kecil. Setelah itu dimasukkan dalam tabung pirolisis. Gas  $N_2$  dengan *flow rate* 3 l/menit dialirkan ke dalam ruang pemanas pirolisis sampai kadar  $O_2 < 2\%$  dari volume ruang pemanas dan buka katup buang pada tabung Pirolisis supaya gas  $O_2$  keluar. Tabung dipanaskan variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 550°C selama 2 jam. Hasil massa char yang didapatkan dari variasi temperatur, dianalisa prosentase massa dan volume biomassa. Char yang terbentuk diukur nilai kalor pada masing-masing temperatur.



**Gambar 1.** Instalasi Pirolisis

Keterangan gambar:

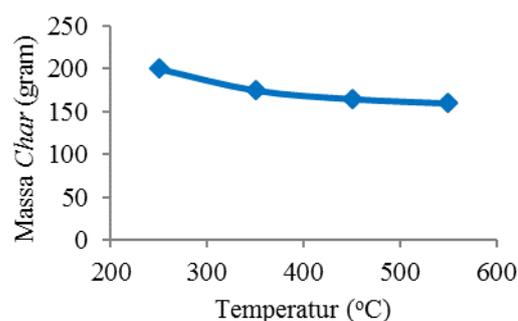
1. Tabung Gas  $N_2$ .
2. *Regulator*  $N_2$ .
3. Katup 1 Pembuka  $N_2$ .
4. Katup 2 Pembuka  $N_2$ .
5. Manometer.
6. Sumbu Pemanas.
7. Tabung *Pyrolizer*.
8. *Termocouple* dan *Controler*.
9. Saluran *Inlet* pendingin.
10. Tabung Pendingin.
11. Saluran *Outlet* pendingin
12. Gelas Ukur
13. Saluran *Outle tar*.
14. Rangka/frame.
15. Pompa Air.
16. Bak tempat air pendingin.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis terhadap Massa Char

Gambar 2 merupakan gambar pengaruh temperatur pirolisis terhadap massa char. Variasi temperatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah yaitu 250°C, 350°C, 450°C dan 550°C. Pada grafik 5.1

menunjukkan bahwa semakin besar temperatur pirolisis maka semakin kecil massa char yang dihasilkan. Hal ini disebabkan semakin besar temperatur pirolisis maka unsur-unsur di dalam limbah brem semakin banyak terdekomposisi. Dengan semakin banyaknya komponen yang terdekomposisi maka massa char yang dihasilkan semakin kecil. Massa char yang terbentuk semakin kecil dengan semakin besar temperatur maka tapi kadar C semakin murni. Pada proses pirolisis reaksi primer atau dekomposisi dari selulosa terjadi pada temperatur 623 – 723 K sehingga produk yang dihasilkan hanya berupa gas dan *char*. Produk berupa  $gas_1$ ,  $tar_1$  dan  $char_1$  terjadi pada temperatur 723 – 1073 K dan pada temperatur 723 – 1073 K terjadi reaksi tambahan yaitu sebagian dari  $tar_1$  menjadi  $gas_2$ . Sehingga semakin tinggi temperatur maka produk gas yang dihasilkan akan semakin banyak (Ken-Icuro, T., 2007). Limbah brem yang bahannya dari ketan banyak mengandung Kandungan karbohidrat limbah brem 14,7% dan protein 9,5% dan  $CO_2$  19,5% (Ratih P., 2017). Protein tersusun atas unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan terkadang mengandung zat belerang (S) dan fosfor (P). Dari komposisi kimia protein terlihat banyak unsur C dan H yang merupakan unsur penting dalam suatu bahan bakar.



**Gambar 2.** Kurva Massa Char dengan Variasi Temperatur Pirolisis

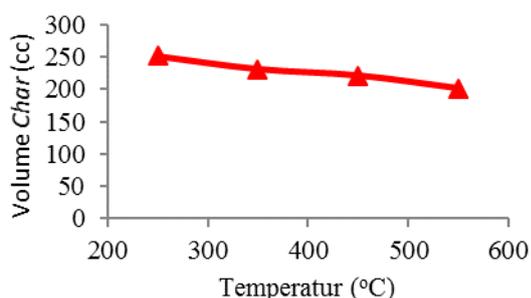
Pada temperatur 250°C hanya terjadi evaporasi air dan sebagian ikatan atom C-C (energi ikatan yang paling kecil) yang terdekomposisi. Karena hanya air dan sebagian ikatan atom C-C yang terdekomposisi menyebabkan massa char menjadi paling besar dibandingkan dengan temperatur 350°C, 450°C, 550°C.

Pada temperatur 350°C terjadi evaporasi air, ikatan atom C-C dan energi ikatan yang lebih besar (C-H, H-H, C-O) akan banyak yang terdekomposisi. Hal ini menyebabkan massa char yang dihasilkan pada temperatur 350°C dari proses pirolisis lebih kecil daripada massa char yang dihasilkan pada temperatur 250°C.

Pada temperatur 450°C sampai temperatur 550°C terjadi evaporasi air, ikatan atom C-C dan energi ikatan yang lebih besar (C-H, H-H, C-O) sudah seluruhnya terdekomposisi. Hal ini membuat massa char semakin kecil dengan semakin bertambahnya variasi temperatur.

Dalam reaksi dekomposisi umumnya menggunakan panas untuk membantu reaksinya. Saat senyawa memanaskan, atom akan bergetar lebih keras, dan dapat memutuskan ikatan kimia. Sebagai contoh, jika kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) dipanaskan dengan suhu tinggi, akan terurai menjadi kalsium oksida (CaO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Dalam menguraikan senyawa menggunakan temperatur tergantung pada kekuatan ikatan yang menjaga tetap bersama-sama. Dalam contoh ini, kalsium karbonat kehilangan atom karbon dan dua atom oksigen sebagai CO<sub>2</sub>, tetapi kalsium berpegang pada satu atom oksigen karena ikatan kalsium-oksigen yang sangat kuat dan tidak bisa dipatahkan oleh pemanasan dengan suhu yang biasa.

### Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis terhadap Volume Char



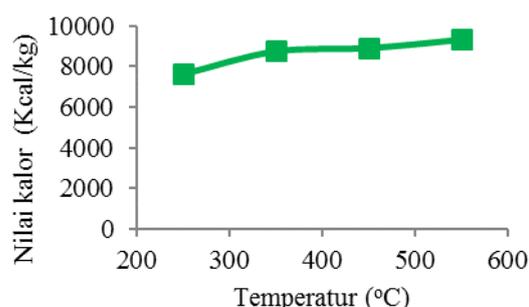
**Gambar 3.** Kurva Volume Char dengan Variasi Temperatur Pirolisis

Pada Gambar 3 adalah volume akhir char karena pengaruh variasi temperatur dan heating rate hasil pirolisis limbah Brem. Dalam grafik ini trend hampir sama dengan massa char. Maka pembahasan hampir sama dengan dengan massa akhir char.

### Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis terhadap Nilai Kalor Char

Gambar 4 menunjukkan semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin tinggi nilai kalor char. Hal ini disebabkan dengan bertambah naiknya temperatur maka semakin banyak ikatan atom yang dipegang atom C pada karbohidrat dan protein banyak yang terputus sehingga didalam ruang reaksi semakin banyak kadar C (arang) dan semakin murni, maka dengan demikian nilai kalor akan semakin meningkat dengan meningkatnya nilai temperatur.

Nilai kalor char secara keseluruhan nilainya jauh lebih besar daripada nilai kalor arang kayu. Nilai Arang Kayu Jati (*Tectona Grandis*) Dengan Sistem Pengarangan Campuran Pada Metode Tungku Drum sebesar 7141 Kkal/kg (Rais S., 2016)



**Gambar 4.** Kurva Nilai Kalor Char dengan Variasi Temperatur Pirolisis

### KESIMPULAN

Semakin besar temperatur pirolisis maka semakin kecil massa dan char yang dihasilkan. Nilai kalor akan semakin meningkat dengan meningkatnya temperatur

### DAFTAR PUSTAKA

- BPH Migas. 2017. [www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional](http://www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional) diakses tanggal 8 Maret 2018 pukul 09.32 wib
- Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. 2014. *Laporan Dewan Energi Nasional 2009-2014*. Jakarta
- Gebresas, A., Asmelash, H., Berhe, H., & Tesfay, T., 2015. *Briquetting of Charcoal from Sesame Stalk*. Journal of Energy: 1–6.
- Gurnito, A., Sudarmanta, B., 2016. *Pengaruh Ignition Timing Mapping Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Engine SINJAI*

- 650 CC Berbahan Bakar Pertalite RON 90. Jurnal Teknik ITS. 5 (1): B30-35
- Majedi, F., Wijayanti, W., Hamidi, N., 2015, *Parameter Kinetik Char Hasil Pirolisis Rate dan Temperatur*, Jurnal Rekayasa Mesin 6 (1) : [1-7.p]
- Purwasih R. , *Pemanfaatan Limbah Pabrik Brem Sebagai Bahan Baku Bioetanol untuk Bahan Bakar Alternatif*, JPTM, 06 (02): 25-36
- Qiram, I , Widhiyanuriyawan, D., Wijayanti, W., 2015, *Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Kuantitas Char Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (Switenia Macrophylla) Pada Rotary Kiln*.Jurnal Rekayasa Mesin 6 (1): 39-44
- Rahardja, Istianto B., Paryatmo W., 2017, *Analisa Dan Optimasi Sistem Pltgu Biomassa Gas Metan Dengan Daya 20 Mw*, Jurnal Teknologi UMI, 9 (2): 65-76
- Serbuk Kayu Mahoni (Switenia Macrophylla) dengan Variasi Heating*
- Salim, R., 2016, *Karakteristik dan Mutu Arang Kayu Jati (Tectona grandis) dengan Sistem Pengarangan Campuran pada Metode Tungku Drum*, Jurnal Riset Industri Hasil Hutan 8 (2): 53 – 64
- Sugiyanto D. 2014. *Pengaruh Variasi Jenis Busi Dan Campuran Bensin Methanol Terhadap Kinerja Motor 4 Tak*. Jurnal Sainstech Politeknik Indonusa Surakarta. 1 (2) : [8.p.]
- Tanoue, Ken-Icuro, Hinauchi, Tatsuya., Oo, Thaug., Nishimura, Tatsuo., Taniguchi, Miki., dan Sasauchi, Ken-Ichi., 2007 *Modeling of heterogeneous chemical reactions caused in pyrolysis of biomass particles*, Japan : *Advanced Powder Technol.*, 18 (6): 825–840

