

# PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU PYROLISIS TERHADAP NILAI KALOR BRIKET TEMPURUNG KELAPA SAWIT

**Caturwati NK<sup>(1)</sup>, Endang Suhendi<sup>(2)</sup>, Eko Prasetyo<sup>(1)</sup>**

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin ; <sup>2)</sup>Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jend. Sudirman km3 Cilegon, Indonesia. 42435  
e-mail : [n4wati@untirta.ac.id](mailto:n4wati@untirta.ac.id)

## ABSTRAK

Sumber energi utama yang selama ini dipergunakan dalam kehidupan manusia merupakan sumber energi yang berasal dari bahan bakar fosil, dimana harga bahan bakar ini semakin mahal akibat cadangan energi yang kian terbatas. Untuk itu berbagai upaya dilakukan dalam mencari energi alternative yang mungkin dapat dipergunakan sebagai pengganti energi fosil. Pemanfaatan limbah seperti tempurung kelapa sawit telah mulai dilakukan dengan membuatnya menjadi briket sehingga memiliki nilai kalor yang cukup besar sebagai bahan bakar alternatif pengganti batubara atau bahan bakar lain seperti minyak dan gas. Dalam penelitian ini dilakukan proses pyrolisis terhadap tempurung kelapa sawit dengan variasi temperatur pirolisis : 200 °C, 300 °C, 350 °C dan 400 °C dengan waktu pirolisis selama : 1 jam, 1,5 jam dan 2 Jam. Padatan (Char) hasil pyrolisis dibuat sebagai bahan baku briket. Dilakukan pengujian nilai kalor dari briket yang dihasilkan melalui proses pyrolisis dengan variasi temperatur dan waktu proses. Hasil pengujian nilai kalor briket menunjukkan proses pyrolisis dengan temperatur 400 °C serta waktu proses 1 jam menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 7070 cal/gram. Nilai ini mendekati nilai kalor batubara berkualitas (antrasit) yang memiliki nilai kalor 31 kJ/gr atau setara dengan 7405 cal/gram.

Kata kunci : Tempurung kelapa sawit, pyrolisis, nilai kalor briket.

## ABSTRACT

*The main energy source for this use in human life is a source of energy derived from fossil fuels, where the price of fuel is more expensive due to the increasingly limited energy reserves. To that end , efforts were made in the search for alternative energy that may be used as a substitute for fossil energy . Utilization of waste such as oil palm shell has begun to make it into briquettes that have a large enough calorific value as a fuel alternative to coal or other fuels such as oil and gas . In this study the process of pyrolysis against oil palm shell with pyrolysis temperature variation : 200 °C , 300 °C , 350 °C and 400 °C during the pyrolysis time : 1 hour , 1.5 hours and 2 hours. Solids ( Char ) made as a result pyrolysis raw material briquettes . Testing calorific value of briquettes produced through the process of pyrolysis with variations in temperature and process time . Test results show the calorific value briquettes pyrolysis process temperature of 400 °C and 1 hour processing time produces the highest calorific value of 7070 cal/ gram . This is close to the calorific value of quality coal (anthracite ) which has a calorific value of 7405 cal / gram .*

*Keywords: oil palm shell, pyrolysis, briquettes calorific value.*

## 1. PENDAHULUAN

Sumber energi utama yang selama ini dipergunakan dalam kehidupan manusia merupakan sumber energi yang berasal dari bahan bakar fosil, dimana harga bahan bakar ini semakin mahal akibat cadangan energi yang kian terbatas. Untuk itu berbagai upaya dilakukan dalam mencari energi alternative yang mungkin dapat dipergunakan sebagai pengganti energi fosil. Pemanfaatan limbah seperti tempurung kelapa sawit telah mulai dilakukan dengan membuatnya menjadi briket sehingga memiliki nilai kalor yang cukup besar sebagai bahan bakar alternatif pengganti batubara atau bahan bakar lain seperti minyak dan gas.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pyrolysis merupakan suatu proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia hingga merubah fase padat menjadi fase gas. Proses penguraian ini dilakukan melalui proses pemanasan dengan bantuan oksigen yang sangat terbatas. Hasil akhir dari proses pyrolysis suatu zat padat umumnya terdiri dari tiga fase zat, yaitu padatan (*Char*), cairan (*Bio-oil*), dan gas ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ , dan  $CH_4$ ).

Berdasarkan *Encyclopedia of Energy Technology and the Environment*, pyrolysis didefinisikan sebagai proses dekomposisi panas untuk memproduksi gas, cairan organik (*tar*), dan padatan sisa (*char*). Pyrolysis pada umumnya merupakan proses dekomposisi panas yang terjadi pada kondisi bebas oksigen, tetapi pyrolysis yang *oksidatif* dapat terjadi dalam proses pembakaran dan gasifikasi. Gas, cairan dan padatan hasil pyrolysis dapat digunakan sebagai bahan bakar, dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut atau digunakan sebagai bahan baku pada industri kimia dan material. Bahan baku yang sesuai untuk proses pyrolysis antara lain : batu bara, biomassa, plastik, karet, dan fraksi selulosa (50%) dari sampah perkotaan [1].

Proses pyrolysis dikategorikan menjadi 4 tipe [2] yaitu:

1. Pirolisis lambat (*Slow Pyrolysis*)  
Pirolisis yang dilakukan pada pemanasan rata-rata lambat (5-7 K/menit). Pirolisis ini menghasilkan cairan yang sedikit sedangkan gas dan arang lebih banyak dihasilkan.
2. Pirolisis Cepat (*Fast Pyrolysis*)  
Pirolisis ini dilakukan pada lama pemanasan 0,2-2 detik, suhu 400-600°C dan pemadaman yang cepat pada akhir proses. Pemadaman yang cepat sangat penting untuk memperoleh produk dengan berat molekul tinggi sebelum akhirnya terkonversi menjadi senyawa gas yang memiliki berat molekul rendah. Dengan cara ini dapat dihasilkan produk minyak pirolisis hingga 75% lebih tinggi dibandingkan dengan pirolisis konvensional.
3. Pirolisis Kilat (*Flash Pyrolysis*)  
Proses pirolisis ini berlangsung hanya beberapa detik saja dengan pemanasan yang sangat tinggi. *Flash Pyrolysis* pada biomassa membutuhkan pemanasan yang cepat dan ukuran partikel yang kecil sekitar 105-250  $\mu m$ .
4. Pirolisis Katalitik Biomassa  
Pirolisis katalitik biomassa untuk membuktikan kualitas minyak yang dihasilkan. Minyak tersebut diperoleh dengan cara pirolisis katalitik biomassa, tidak memerlukan teknik pra-pengolahan sample yang mahal yang melibatkan kondensasi dan penguapan kembali.

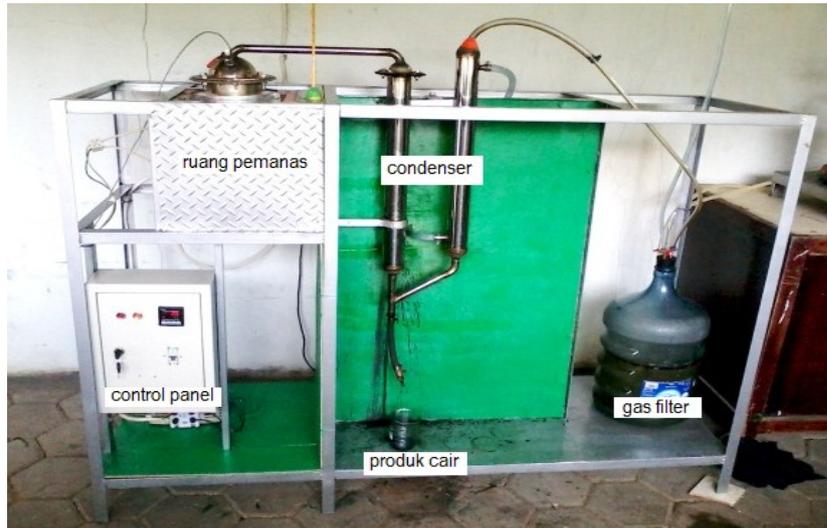
Produk utama pyrolysis biomassa sangat ditentukan oleh : jenis bahan baku, laju pemanasan dan waktu proses. Hasil akhir dari proses pyrolysis umumnya terdiri dari: cairan organik 40–65%-w , padatan (*char*) 10–20%, gas 10–30% dan air 5–15% dengan basis berat umpan kering. Pada umumnya reaktor pyrolysis menggunakan bahan baku yang mengandung air 5–15%. [3]

Dalam penelitian ini dilakukan proses pyrolysis terhadap tempurung kelapa sawit dengan variasi temperature dan waktu pyrolysis. Hasil pyrolysis berupa padatan (*Char*) yang dapat dipergunakan sebagai bahan baku briket. Pengujian nilai kalor terhadap padatan (*char*) yang dihasilkan untuk menentukan kelayakan hasil pyrolysis tempurung kelapa sawit ini sebagai bahan baku briket.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan secara eksperimen yaitu dengan melakukan proses pyrolysis

terhadap tempurung kelapa sawit dengan temperatur pemanasan : 200 °C, 300 °C, 350 °C dan 400 °C dengan waktu pirolisis selama : 1 jam, 1,5 jam dan 2 Jam. Gambar 1 memperlihatkan susunan peralatan yang dipergunakan dalam proses pyrolisis.



Gambar 1. Rangkaian alat uji pyrolisis.

### 3.1 Ruang Pemanas.

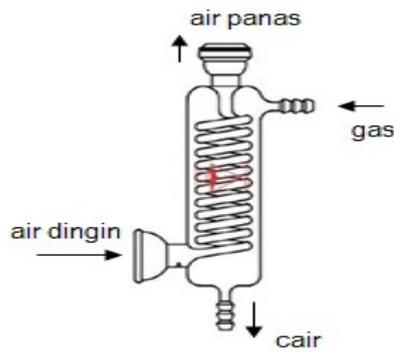
Ruang pemanas sebagai tempat utama proses pyrolisis dibuat dari bahan stainless steel yang berbentuk tabung silinder. Bagian luar tabung diberi lapisan keramik yang bagian dalam (bersentuhan dengan tabung stainless steel) diberi alur melingkar sebagai alur penempatan kawat nikelin yang bertindak sebagai pemanas. Ikat lapisan luar keramik dengan kawat agar kuat. Kemudian dilapisi potongan-potongan bata tahan api pada bagian terluar sebagai isolator panas. Dan terakhir melapisinya dengan bahan seng agar kuat. Gambar 2. Memperlihatkan ruang pemanasan (pyrolisis).



Gambar 2. Ruang Pemanas (Pyrolisis)

### 3.2 Kondensor

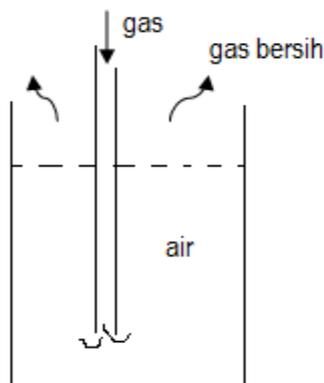
Kondensor dipergunakan untuk mengubah sebagian unsur-unsur gas hasil pyrolisis menjadi cairan. Bahan stainless steel dipergunakan dalam pembuatan kondensor karena tahan temperature tinggi dan tahan korosi. Jenis kondensor yang dipergunakan adalah *surface condensor* tipe *vertical condenser*. Gambar 3 memperlihatkan kondensor yang dipergunakan dengan fluida pendingin air.



Gambar 3. Kondensor vertikal

### 3.3 Gas Filter

Gas hasil pyrolisis yang tidak berhasil terkondensasi setelah melalui tabung kondensor dilewatkan melalui gas filter sebelum dibuang ke udara bebas agar unsur-unsur gas yang termasuk beracun dan berbahaya dapat tersaring melalui air.



Gambar 4. Sketsa gas filter

### 3.4 Control Panel

Terdiri dari rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai: penyambung dan pemutus aliran listrik ke dalam ruang pemanas, mengatur temperatur ruang pembakaran agar stabil dengan bantuan inverter stabilizer dan rangkaian kontrol temperatur pyrolisis, mengatur lamanya waktu pyrolisis, selain itu terdapat sekering / pengaman dari aliran arus berlebih.

### 3.5 Pengukuran Nilai Kalor

Untuk mengetahui nilai kalor padatan (*Char*) yang dihasilkan dari alat pirolisis tersebut dilakukan pengujian menggunakan *Bom Calorimeter* yang dilakukan di laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta.

## 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Massa Padatan/Char

Bahan baku tempurung kelapa sawit di keringkan dengan menjemur dibawah sinar matahari, selanjutnya dihaluskan sebelum dimasukkan ke dalam ruang pemanas untuk dilakukan proses pyrolisis. Jumlah bahan baku sebesar 500 gram dimasukkan ke dalam ruang pemanas. Dilakukan proses pyrolisis dengan variasi temperatur : 250 °C , 300 °C, 350 °C dan 400 °C. Selain itu waktu proses divariasikan : 1 jam ; 1.5 jam dan 2 jam.

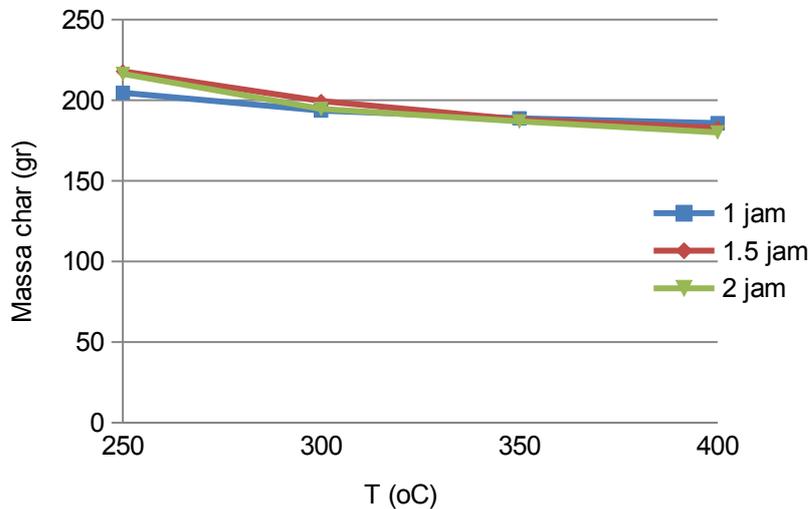
Jumlah padatan/char hasil pyrolisis diperlihatkan pada Tabel 1 yang memperlihatkan massa padatan yang dihasilkan dari 500 gram bahan baku setelah melalui proses pyrolisis dengan temperatur dan waktu pyrolisis tertentu.

Tabel 1. Massa padatan dalam gram hasil pyrolisis 500 gram bahan baku.

Waktu	Temperatur
-------	------------

(jam)	250 (°C)	300 (°C)	350 (°C)	400 (°C)
1	204,56	193,55	188,78	185,82
1,5	217,87	199,53	188,00	182,88
2	216,37	194,60	186,85	180,04

Data pengujian jumlah massa padatan hasil proses pyrolisis dapat dinyatakan dalam bentuk grafik seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Massa char hasil pyrolisis terhadap temperature proses pyrolisis.

Massa padatan hasil pyrolisis dengan temperature yang lebih tinggi menghasilkan padatan char yang lebih sedikit dalam waktu yang singkat. Namun proses dengan temperature lebih rendah dan waktu yang lebih panjang dapat menghasilkan massa padatan yang menurun, sehingga nilai padatan mendekati nilai yang hampir sama untuk semua proses pyrolisis pada waktu proses yang cukup lama. Padatan/char yang dihasilkan mendekati 40 % dari massa bahan baku.

#### 4.2 Nilai Kalor Char

Pengukuran nilai kalor char dilakukan dengan menggunakan *bom calorimeter*. Pengujian char hasil proses pyrolisis dengan temperature 250 °C dengan variasi waktu proses 1 jam; 1,5 jam dan 2 jam diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai kalor Char hasil Pyrolisis T= 250 °C

No	$t_{pyrolisis}$ (jam)	Q (kal/gr)
1	1	6942,531
2	1,5	6360,421
3	2	6753,481

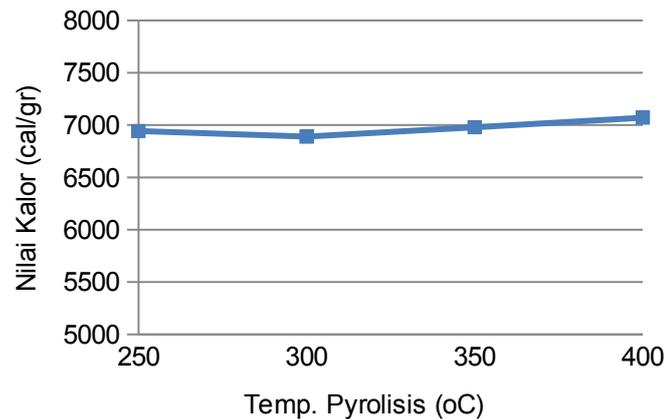
Hasil proses pyrolisis dengan temperature 250 °C dengan waktu pyrolisis 1 jam menghasilkan char dengan nilai kalor yang cukup baik. Sehingga untuk pengujian nilai kalor char pada temperature proses pyrolisis lainnya diwakili oleh proses pyrolisis dengan waktu proses 1 jam.

Hasil pengujian nilai kalor char untuk waktu pyrolisis 1 jam dengan variasi temperature ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai kalor char hasil pyrolisis selama 1 jam pada berbagai temperature proses.

Temperatur (°C)	Nilai Kalor (cal/gr)		
	Pengujian 1	Pengujian 2	Nilai rata-rata
250	6790,71	7094,35	6942,53
300	6861,50	6917,24	6889,37
350	6808,98	7149,74	6979,36
400	6060,46	7180,21	7070,34

Data hasil pengujian nilai kalor pada Tabel 3 dapat diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Nilai kalor char hasil pyrolisis untuk berbagai temperature dengan waktu proses 1 jam

Proses pyrolisis dengan temperature pemanasan 400 °C menghasilkan padatan (char) dengan nilai kalor tertinggi sebesar 7070,3 cal/gr. Nilai ini sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan char hasil pyrolisis dengan temperature pemanasan lainnya dengan nilai kalor berkisar antara 6889,37 – 7070,3 cal/gram.

Berdasarkan standard mutu briket SNI 01-6235-2000 menyatakan nilai kalor briket arang nilainya berkisar pada nilai 5000 kalori/gram. Sehingga briket tempurung kelapa sawit melalui proses pyrolisis menghasilkan nilai yang jauh lebih tinggi diatas briket arang.

Tabel 4. Nilai Kalor berbagai jenis bahan bakar [4]

No.	Jenis bahan bakar	Nilai Kalori (kJ/gram)
1	Gas Alam	49
2	Batubara antrasit	31
3	Batubara (bituminous)	32
4	Minyak mentah	45
5	Kayu	18

Sedangkan jika nilai kalor padatan hasil pyrolisis tempurung kelapa sawit dengan proses pyrolisis bertemperatur 400 °C dan waktu pyrolisis 1 jam dibandingkan dengan nilai kalor bahan bakar fosil seperti batubara antrasit terlihat nilai kalor char 7070,3 cal/gram sedikit lebih rendah dari batubara antrasit yang memiliki nilai kalor 31 kJ/gram atau setara dengan 7405 cal/gram.

## 5. KESIMPULAN

Hasil pengujian hasil pyrolisis dari tempurung kelapa sawit memperlihatkan nilai padatan char mendekati massa yang tetap pada temperatur dan lama proses yang lebih lama yaitu berkisar 36 – 43 persen dari massa bahan baku pyrolisis. Nilai kalor char hasil pyrolisis tempurung kelapa sawit memiliki nilai kalor 6800 – 7100 kalori/gr, nilai ini jauh lebih tinggi dari nilai kalor briket arang menurut SNI 01-6235-2000 sebesar 5000 kalori/gram.

Selain itu nilai kalor tertinggi char hasil pyrolisis tempurung kelapa sawit menghasilkan

nilai 7070,3 cal/gram yang sedikit dibawah nilai kalor batubara jenis antrasit. Dengan demikian briket tempurung kelapa sawit dengan melalui proses pyrolisis sangat layak dikembangkan sebagai briket pengganti bahan bakar fosil seperti batubara , minyak maupun gas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Serio, M., Wojtowicz, S. Charpenay, 2004, "Pyrolysis", Chapter in Encyclopedia of Energy Technology and The Enviromental, John Wiley & Sons, New York.
- Goyal, H.B., Seal, D., Saxena, R.C., 2006. "*Bio-Fuels from Thermochemical Conversion of Renewable Resources*": A Review. India Institute of S Petroleum. India.
- Diebold, J. P.1999. "*Overview of Fast Pyrolysis of biomassa for the Production of liquid fuel*", USA.
- Bambang Sugianto, [http://www.chemistry.org/materi\\_kimia/kimia\\_fisika1/termokimia/kalor-pembakaran/](http://www.chemistry.org/materi_kimia/kimia_fisika1/termokimia/kalor-pembakaran/), 15-06-2009
- BSN. 2000. SNI 01-6235-2000 Briket Arang Kayu. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta