

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Penelitian

Adapun sejarah penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahan baku *Polypropylene* dengan katalis dan tanpa katalis pada peneliti sebelumnya yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Sejarah Penelitian

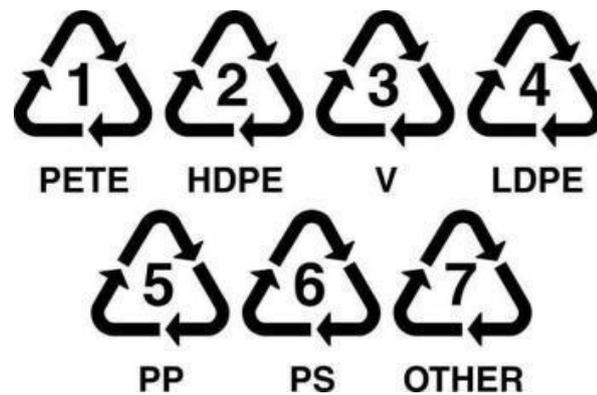
No	Nama	Asal	Bahan	Suhu C	Rendermen %
1	Endang K, dkk. 2016	Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012	PP	300	46,02
2	Ekky W, dkk. 2016	Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293	PP + Katalis Sintetis	350	46,34
3	Wirawan W M, dkk.2016	Prodi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta, Jl.Proklamasi No.1 Yogyakarta 55281	PP	400	44

2.2 Plastik

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan yang sering digunakan adalah naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran, untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya (Kumar,dkk.,2011).

2.3 Jenis Plastik dan Karakteristiknya

Jenis plastik yang dapat di daur ulang diberi kode berupa nomor untuk mempermudah mengidentifikasi yang dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Nomor Kode Plastik

(Surono,dkk., 2016)

Adapun fungsi dari masing-masing jenis plastik berdasarkan nomor kode plastik tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Fungsi Plastik Berdasarkan Jenis Plastik

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaannya
1.	<i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i>	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2.	<i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3.	<i>Polyvinyl Chloride (PVC)</i>	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal
4.	<i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i>	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, gelas minuman air mineral
5.	<i>Polypropylene (PP)</i>	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak
6.	<i>Polystyrene (PS)</i>	sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau kotak CD, tempat makanan dari Styrofoam
7.	Other	botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, alat-alat rumah tangga, computer

(Sumber : Surono,dkk., 2016)

2.2.1 Polypropylene (PP)

Polypropylene atau polipropilen (PP) merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk ke dalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi. Struktur molekul propilena $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$. Polipropilena biasanya didaur ulang dengan simbol nomor “5” (Surono,dkk., 2016).

2.2.2 Karakteristik Polypropylene (PP)

Karakteristik *Polypropylene (PP)* dapat dilihat dari sifat fisik dan kimia. Berikut Tabel 2.3 tentang Karakteristik, sifat fisika dan kimia PP :

Tabel 2.3 Karakteristik, Sifat Fisika dan Kimia PP

Parameter	Keterangan
Nama Kimia	<i>Polypropylene</i>
Nama Dagang	PP
Rumus Molekul	$(\text{C}_3\text{H}_6)_n$
Fisik	Padat
Titik Leleh	190-200 ⁰ C
Berat Jenis	0,85-0,90 gr/cm ³

(Sumber : Wypych, 2016)

2.4 Pirolisis

Proses pirolisis limbah plastik merupakan proses dekomposisi senyawa organik yang terdapat dalam plastik melalui proses pemanasan dengan sedikit atau tanpa melibatkan oksigen (Endang,dkk 2016).

Selain itu pengkonversian limbah plastik menjadi bahan bakar berwujud cairan dapat juga dilakukan dengan proses cracking (perengkahan). Dimana cracking (perengkahan) adalah proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Ada tiga macam proses cracking yaitu hydro cracking, thermal cracking, dan catalytic cracking (Surono,2013).

1. Thermal Cracking

Thermal cracking adalah termasuk proses pyrolisis, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur antara 350 °C sampai 900 °C. Dari proses ini akan dihasilkan arang,

minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, naphthene dan aromatik, serta gas yang memang tidak bisa terkondensasi. (Surono,2013).

2. Hydro Cracking

Hidro cracking adalah proses cracking dengan mereaksikan plastik dengan hidrogen di dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk pada temperatur antara 423 – 673 K dan tekanan hidrogen 3 – 10 MPa. Dalam proses hydrocracking ini dibantu dengan katalis. Untuk membantu pencampuran dan reaksi biasanya digunakan bahan pelarut 1-methyl naphtalene, tetralin dan decalin. Beberapa katalis yang sudah diteliti antara lain alumina, amorphous silica alumina, zeolite dan sulphate zirconia (Surono,2013).

3. Catalytic Cracking

Catalytic Cracking merupakan proses yang menggunakan katalis untuk melakukan reaksi peretakan. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi (Surono,2013).

2.4.1 Faktor yang Mempengaruhi Kondisi Proses Pirolisis

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas bahan bakar cair dari proses pengolahan limbah plastik dengan metode pirolisis antara lain :

a. Waktu

Berpengaruh pada produk yang akan dihasilkan karena, semakin lama waktu proses pirolisis berlangsung, produk yang dihasilkan (Residu padat, Tar dan Gas) makin naik. Waktu memiliki pengaruh pada proses pirolisis. Waktu reaksi yang lama akan menyebabkan produk pirolisis menjadi gas karena, semakin lama waktunya maka akan membuat hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek. Bahan baku padatan juga akan semakin berkurang karena menguap jika waktu reaksinya semakin lama (Basu,2010).

b. Temperatur

Temperatur memiliki pengaruh yang besar dalam proses pirolisis. Semakin tinggi temperatur maka semakin banyak gas yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan bahan baku padatan akan menguap dan berubah menjadi gas sehingga berat dari padatan bahan baku akan berkurang. Namun, semakin tinggi temperatur akan

membuat produk oil yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan temperatur tinggi dapat merubah hidrokarbon rantai panjang dan sedang menjadi hidrokarbon rantai pendek. Jika rantai hidrokarbon sangat pendek, maka diperoleh hasil gas yang tidak dapat dikondensasi (Basu,2010).

c. Ukuran dan Berat Partikel

Ukuran partikel berpengaruh terhadap hasil. Semakin besar ukuran partikel maka luas permukaan per satuan berat semakin kecil. Sehingga proses akan menjadi lambat, sedangkan semakin banyak bahan yang digunakan maka hasil bahan bakar cair (tar) meningkat (Basu,2010).

d. Laju Pemanasan

Laju pemanasan sangat mempengaruhi hasil dari produk pirolisis yang didapatkan. Pada kondisi kerja bertekanan lingkungan, semakin tinggi laju reaksi pada pirolisis maka akan mendapatkan jumlah oil yang banyak. Namun, hal ini tidak efisien dikarenakan jika memperbesar laju reaksi membuat pemakaian energi untuk proses pirolisis menjadi lebih besar (Basu,2010).

2.5 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair adalah bahan yang tersusun dari bahan hidrokarbon yang berasal dari alam maupun secara buatan, pada umumnya berasal dari minyak bumi. Minyak bumi menghasilkan produk berwarna hitam sampai coklat, berbentuk cair dan mengandung gas yang larut di dalam minyak bumi (Anggoro,dkk.,2020).

2.5.1 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Beberapa karakteristik bahan bakar cair yang harus diketahui untuk tujuan penggunaan bahan bakar sehingga proses pembakaran berjalan secara optimal.

a. Densitas

Densitas atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (air) (Rofiqoh,2013).

Rumus untuk menentukan massa jenis adalah :

$$P = \frac{m}{v}$$

Keterangan : P = Massa Jenis (kg/m³)
 m = Massa (kg)
 v = Volume (m³)

b. Titik Nyala

Titik nyala (Flash Point) adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala pada kondisi tertentu pada tekanan 1 atm. Penentuan nilai titik nyala ini juga berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan penanganan bahan bakar dan diuji dengan menggunakan alat *Pensky Marten Closed Tester* (ASTM,1990) (Nasrun dkk., 2016). Titik nyala menunjukkan indikasi jarak titik didih, dimana pada suhu tersebut minyak akan aman untuk tetap dibawa tanpa adanya bahaya terhadap api.

c. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah panas yang dihasilkan apabila sejumlah tertentu bahan baku yang digunakan dibakar. Nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan kalorimeter. Bahan bakar yang akan diuji nilai kalornya dibakar dengan menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut bom dan dibenamkan didalam air. Bahan bakar yang bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan kalor, hal ini menyebabkan suhu kalorimeter naik. Untuk menjaga agar panas yang dihasilkan dari reaksi bahan bakar dengan oksigen tidak menyebar ke lingkungan luar maka kalorimeter dilapisi oleh bahan yang bersifat isolator (Santoso,2010).

d. %Rendemen

Perbandingan antara massa produk yang dihasilkan dengan massa awal bahan baku.

%Rendemen dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\%Rendemen = (mp/mb) \times 100\%$$

Keterangan : Mp = massa produk (gr)

Mb = massa bahan baku (gr)

2.5.2 Bahan Bakar Kerosin

Komponen utama kerosin adalah paraffin, cycloalkanes (naphtha) serta senyawa aromatik, dimana paraffin adalah komposisi terbesar, kerosin tersusun

sekurang-kurangnya atas 12 karbon tiap molekul. Unsur pokok kerosin terutama sebagai hidrokarbon jenuh yang terdiri atas tetrahidronaftalin dan disikloparafin. Hidrokarbon lain seperti aromatik dan cincin-cintin sikloparafin atau sejenisnya. Ada juga diaromatik (cincin aromatik yang terkondensasi), seperti pada naftalin. Dan senyawaan dua cincin yang terisolasi dan sangat sedikit seperti pada bifenil.

Tabel 2.4 Spesifikasi Kerosin (Minyak Tanah)

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji
			Min	Maks	
1	Densitas pada 15 °C	kg/m ³	-	835	ASTM D 1298
2	Titik Asap	mm	15	-	ASTM D 1322
3	Nilai Jelaga	%m/m	-	0,004	IP 10
4	Distilasi : Perolehan volume 200 C	%vol	18	-	ASTM D 86
5	Distilasi : Titik akhir	°C	-	310	
6	Titik Nyala	°C	38	-	IP 170
7	Kandungan Sulfur	%m/m	-	0,20	ASTM D 1266 ASTM D 2622 ASTM D 4294 ASTM D 5453
8	Korosi Bilah Tembaga	menit		Kelas 1	ASTM D 130
9	Bau dan Warna	-	Dapat Dipasarkan		-

(Sumber : SK Dirjen Migas No.119.K/18/DJM/2020)

2.5.3 Bahan Bakar Solar

Minyak solar adalah suatu produk destilasi minyak bumi yang khusus digunakan untuk bahan bakar mesin Compression Ignation (udara yang dikompresi menimbulkan tekanan dan panas yang tinggi sehingga membakar solar yang disemprotkan Injector) dan di Indonesia minyak solar ditetapkan dalam peraturan Dijend Migas No.002/P/DM/MIGAS/2007.

Minyak solar merupakan fraksi minyak bumi berwarna kuning cokelat yang jernih yang mendidih sekitar 175-370 °C dan yang digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Umumnya, solar mengandung belerang dengan kadar yang cukup tinggi. Penggunaan solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi, yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur-dapur kecil yang terutama diinginkan pembakaran yang bersih.

Tabel 2.5 Spesifikasi Solar

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji
			Min	Maks	
1	Angka setana	-	48	-	ASTM D 613
2	Berat jenis pada suhu 15 °C	kg/m ³	45	-	ASTM D 4737
3	Viskositas pada suhu 40 °C	mm ² /sec	2	4,5	ASTM D 445
4	Kandungan sulfur	%m/m	-	0,35	ASTM D 4294 ASTM D 5453
				0,3	
				0,25	
				0,05	
5	Distilasi 90% vol penguapan	°C	-	370	ASTM D 86
6	Titik nyala	°C	52	-	ASTM D 93
7	Titik tuang	°C	-	18	ASTM 97
8	Residu karbon	%m/m	-	0,1	ASTM D 189
9	Kandungan air	mg/kg	-	500	ASTM D 6304
10	Kandungan FAME	%v/v	-	20	ASTM D 7806 ASTM D 7371
				Kelas 1	ASTM D 130
12	Kandungan abu	%m/m	-	0,01	ASTM D 482
13	Kandungan sedimen	%m/m	-	0,01	ASTM D 473
14	Bilangan asam kuat	mgKOH/gr	-	0	ASTM D 664
15	Bilangan asam total	mgKOH/gr	-	0,6	ASTM D 664
16	Penampilan visual	-	Jenis & Terang		-
17	Warna	No.ASTM	-	3	ASTM D 1500
18	Lubicity	micron	-	460	ASTM D 6079

(Sumber : SK Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM.T/2016)

2.5.4 Bahan Bakar Bensin

Bensin adalah salah satu jenis bahan bakar minyak yang digunakan untuk bahan bakar mesin kendaraan yang pada umumnya adalah jenis sepeda motor dan mobil. Bahan bakar bensin yang dipakai untuk motor bensin adalah jenis gasoline atau petrol. Bensin umumnya merupakan suatu campuran dari hasil pengilangan yang mengandung parafin, naphtene dan aromatik dengan perbandingan yang bervariasi.

Tabel 2.6 Spesifikasi Bensin (Premium)

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji
			Min	Maks	
1	Bilangan oktan	RON	88	-	ASTM D 2699
2	Stabilitas oksidasi	menit	360	-	ASTM D 525 ASTM D 2622
3	Kandungan sulfur	%m/m	-	0,05	ASTM D 4294 ASTM D 7039
4	Kandungan timbal	gr/l	-	0,013	ASTM D 3237
5	Kandungan logam	mg/l	Injeksi timbal tidak diizinkan		ASTM D 3831 ASTM D 5185 UOP 391
6	Kandungan oksigen	%m/m	-	2,7	ASTM D 4815 ASTM D 6839 ASTM D 5599 ASTM D 1319
7	Kandungan olefin	% v/v	Dilaporkan		ASTM D 6839 ASTM D 6730 ASTM D 1319
8	Kandungan aromatik	% v/v	Dilaporkan		ASTM D 6839 ASTM D 6730 ASTM D 5580
9	Kandungan benzena	% v/v	Dilaporkan		ASTM D 6839 ASTM D 6730 ASTM D 3606
10	Distilasi				
	10% Vol penguapan	°C	-	74	
	50% Vol penguapan	°C	75	125	
	90% Vol penguapan	°C	-	180	ASTM D 86
	Titik didih akhir	°C	-	215	
	Residu	% vol	-	2	
11	Sedimen	mg/l	-	1	ASTM D 5452
12	Unwashed gum	mg/100ml	-	70	ASTM D 381
13	Washed gum	mg/100ml	-	5	ASTM D 381
14	Tekanan uap	kPa	45	69	ASTM D 5191 ASTM D 323
15	Titik nyala	°C	40	100	ASTM D 93
15	Berat jenis pada suhu 15 °C	kg/m ³	715	770	ASTM D 4052 ASTM D 1298
16	Korosi bilah tembaga	merit	Kelas 1		ASTM D 130
17	Penampilan visual		Jenis dan terang		
18	Bau		Dapat dipasarkan		
19	Warna		Kuning		
20	Kandungan pewarna	gr/100liter	-	0,13	

(Sumber : SK Dirjen Migas No. 933.K/10/DJM.S/2013)

2.6 Katalis

Definisi katalis pertama kali dikemukakan oleh Otswald sebagai suatu substansi yang mampu mengubah laju reaksi kimia tanpa mengubah besarnya energi yang menyertai reaksi tersebut. Lebih lanjut Otswald juga mendefinisikan katalis sebagai substansi yang mengubah laju suatu reaksi kimia tanpa didapati sebagai produk akhir reaksi (Utomo,2007).

Katalis yang digunakan untuk mengkatalisis suatu reaksi, pada waktu tertentu akan mengalami penurunan aktivasi. Hal ini berhubungan dengan umur katalis tersebut. Menurut Huges (dalam Utomo 2007 : 110) Umur katalis didefinisikan sebagai suatu periode selama katalis mampu menghasilkan produk reaksi yang diinginkan lebih besar daripada produk reaksi tanpa katalis. Secara umum dapat dikatakan bahwa aktivasi katalis akan menurun seiring dengan pemakaiannya dalam reaksi kimia. Semakin besar umur suatu katalis, semakin kecil aktivasi katalis yang bersangkutan.

2.6.1 Zeolit Alam

Zeolit merupakan kristal alumina-silika yang dibentuk oleh struktur pori seragam yang memiliki minimum diameter saluran sekitar 0,3-1 mm. Ukuran zeolit tergantung pada jenis zeolit. Zeolit memiliki aktivitas dan selektivitas yang tidak biasa untuk berbagai varias reaksi katalis asam yang sebagian besar disebabkan sifat keasaman. Struktur zeolit terdiri atas kerangka tiga dimensi SiO_4 atau tetrahedral AlO_4 . Masing-masing terdiri dari atom Silikon dan Aluminium di pusat. Atom oksigen terletak berdampingan membentuk tetrahedral dimana dapat berada pada berbagai rasio dan tersusun dari berbagai cara. Kerangka yang terbentuk terdiri atas pori-pori, saluran-saluran dan ruang kosong. Rumus kimia unit sel zeolit adalah $M_{a/n} [(\text{AlO}_2)_a(\text{SiO}_2)_b] \cdot w\text{H}_2\text{O}$ (Prasetyo, 2013).

Zeolit dibedakan menjadi dua, yaitu zeolit alam dan sintesis. Zeolit alam merupakan mineral yang jumlahnya banyak tetapi distribusinya tidak merata. Contoh zeolit alam yang sering ditemukan adalah *klinoptilolit*, *mordenit*, *philipsit*, *chabazit* dan *laumontit* (Mustahiroh, 2020). Namun zeolit yang ditambang langsung dari alam masih mengandung pengotor-pengotor organik seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe baik berwujud kristal maupun amorf seta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari

zeolit. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, adsorben atau aplikasi lainnya biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu. Selain untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada zeolit alam, proses aktivasi zeolit juga ditujukan untuk memodifikasi sifat-sifat dari zeolit, seperti luas permukaan dan keasaman. Luas permukaan dan keasaman yang meningkat akan menyebabkan aktivitas katalitik dari zeolit meningkat. Salah satu kelebihan dari zeolit adalah memiliki luas permukaan dan keasaman yang mudah dimodifikasi (Yanti, 2015).

Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara fisika dan kimia. Secara fisika dapat dilakukan melalui pemanasan dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap di dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaannya bertambah. Proses pemanasan zeolit dikontrol dikarenakan pemanasan yang berlebihan kemungkinan akan menyebabkan zeolit tersebut rusak. Secara kimia dilakukan dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Proses aktivasi zeolit dengan perlakuan asam HCl pada konsentrasi 0,1-1 N menyebabkan zeolit mengalami dealuminasi dan dekationisasi, yaitu keluarnya Al dan kation-kation dalam kerangka zeolit. Aktivasi asam menyebabkan terjadinya dekationisasi yang menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit (Mustahiroh, 2020).

2.7 Tempurung Kelapa

Kelapa memiliki bagian yang berfungsi sebagai pelindung inti buah yang disebut tempurung kelapa. Tempurung kelapa termasuk golongan kayu keras, dengan kadar air sekitar 9-10% (dihitung berdasarkan berat kering). Kelapa termasuk golongan kayu keras, yang secara kimiawi memiliki komposisi kimiawi hampir serupa dengan kayu yaitu tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa (Tirono,dkk.,2011).

Tempurung kelapa merupakan salah satu bagian dari sabut kelapa yang masih memiliki potensi dikembangkan menjadi produk yang bermanfaat dan bernilai ekonomis karena mengandung bahan organik dengan kadar yang cukup tinggi yaitu selulosa 33,61% dan hemiselulosa 19,27% (Lulrahman,dkk.,2019).

Tabel 2.7 Komposisi Tempurung Kelapa

Komponen	Presentase (%)
Lignin	29,40
Hemiselulosa	27,70
Selulosa	26,60
Air	8,00
Abu	0,60
Nitrogen	0,10

(Sumber : Lulrahman, 2019)

Pada metode pirolisis diperlukan bahan bakar yang digunakan sebagai pemanas. Tempurung kelapa dinilai cocok karena akan menghasilkan asap cair, arang aktif dan gas metan. Dimana tempurung kelapa akan membantu membentuk asap cair yang merupakan suatu hasil kondensasi atau pengemunan dari uap hasil pembakaran secara langsung dari bahan yang digunakan.