

RANCANG BANGUN MINI REAKTOR DAN UJI REAKTOR PADA PERENKAHAN KATALITIK LEMAK SAPI MENJADI BAHAN BAKAR CAIR MENGGUNAKAN KATALIS MgO DAN ZEOLIT

Adi Riyadhhi¹ dan Syahrullah

¹Laboratorium Kimia PLT FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
Jl. Ir. H. Juanda No.95, Ciputat, 15412, Indonesia
Email: adikimia@uinjkt.ac.id¹

Abstract

Animal fats such as beef fat/tallow widely available on the market and relatively cheap. Public awareness is high enough the importance of health by reducing the consumption of fatty foods, making animal fat is not utilized to the maximum, so the research was about catalytic cracking beef fat/tallow into liquid fuels with the opened reactor using a nature zeolite and MgO as catalyst. The colour of liquid that produced by the opened reactor and using natural zeolite catalyst was clear yellow liquid oils with the composition of the carbon chain were C₁₂- C₂₀. The results of GC - MS analysis showed that the composition of the group of compounds were 64.51% of alkanes, 27.37% of alkenes, 0.7% of aldehyde, 4.34% of ketone and 3.08% of fatty acids. The colour of liquid that produced by the opened reactor and using MgO catalyst was brownish yellow liquid oils. The results of GC-MS analysis showed that the composition of the carbon chain were 17.85% of C₇-C₁₁ and 82.15 % of C₁₂-C₁₉. The results of GC-MS analysis showed that the composition of the group of compounds were 57.6% of alkanes, 32.16% of alkenes and 10.24% of ketones. The composition of the cracking results tallow oil compounds using natural zeolite catalysts showed that the oil can be used as a diesel, while using MgO catalyst generated 17.85 % of liquid fuels equivalent of petrol and 82.15 % liquid fuels equivalent diesel.

Keywords : *Cracking, Tallow, Zeolite, MgO*

PENDAHULUAN

Terbatasnya sumber energi fosil menyebabkan perlunya pengembangan energi terbarukan yang berasal dari alam. Produksi bahan bakar cair berbahan baku lemak hewan sangatlah tepat. Lemak yang berasal dari sapi akhir-akhir ini mulai dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Ma dan Hanna, 1999), dengan kesamaan struktur lemak hewan dan minyak nabati memungkinkan lemak sapi dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi produk biodiesel sebagai sumber energi alternatif yang *biodegradable*. Seperti halnya minyak nabati, lemak sapi dapat juga dilakukan perengkahan menjadi senyawa karbon yang rantainya lebih pendek seperti menjadi biogasolin (Alemayehu Gashaw dan Abile Teshita, 2014)

Lemak sapi merupakan produk hasil ikutan (*by product*) dari pemotongan sapi yang potensi ketersediaannya cukup tinggi dan masih dianggap sebagai limbah pemotongan. Pemanfaatan lemak sapi sebagai bahan pangan sudah mulai ditinggalkan karena pertimbangan kandungan lemak jenuhnya yang tinggi. Bahan pangan dengan kandungan lemak jenuh yang tinggi dianggap sebagai pemicu terjadinya penyempitan pada pembuluh darah. Limbah lemak sapi merupakan bahan baku yang murah untuk produksi biodiesel (Ali A.S *et al.*, 2012), sebagai alternatif energi yang ramah lingkungan

Lemak asal sapi merupakan jenis lemak hewani yang sering diberi istilah *tallow* dan belum banyak dimanfaatkan dan diolah (Said, 2014). Lemak ini secara struktural merupakan monoalkil ester dari asam lemak rantai panjang serupa dengan lemak nabati yang banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioenergi. Dengan kesamaan struktur tersebut lemak hewan juga sebenarnya memiliki potensi sebagai bahan baku alternatif untuk memproduksi biodiesel (Yekta H *et al.*, 2013) atau bahkan menjadi biogasolin menggantikan

peran lemak nabati. Minyak dan lemak tidak berbeda dalam bentuk umum trigliseridanya, tetapi hanya berbeda dalam bentuk (wujud). Perbedaan ini didasarkan pada perbedaan titik lelehnya. Pada suhu kamar lemak berwujud padat, sedangkan minyak berwujud cair. Titik leleh minyak dan lemak tergantung pada strukturnya, biasanya meningkat dengan bertambahnya jumlah karbon (Lawson, 1985)

Dari komposisi kimianya, lemak hewan berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku biodiesel, seperti yang dilakukan oleh Marnoto Tjukup dan Efendi Abdulah (2011) yang membuat biodiesel dari lemak ayam dengan katalis kapur tohor. Pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan cara konvensional dengan menggunakan katalis atau dengan cara baru menggunakan bantuan gelombang microwave dan ultrasonic, atau dapat juga dengan menggunakan cara pirolisis (Kapilan N *et al.*, 2014). Pembuatan biodiesel dari lemak hewan dapat mereduksi harga dari segi bahan baku, karena lemak hewan lebih murah dibandingkan dengan minyak nabati yang digunakan untuk minyak makan (Gashaw *et al.*, 2014).

Kendala utama dalam pembuatan biodiesel dari minyak nabati adalah dari segi bahan baku. Bahan baku minyak nabati seperti minyak sawit, minyak bunga matahari, minyak kedelai dan minyak kelapa, harganya cukup mahal, karena bahan tersebut juga digunakan sebagai bahan pangan sehingga tidak ekonomis. Sedangkan minyak jarak memiliki kendala pada pasokan bahan baku (Marnoto *et al.*, 2011), oleh sebab itu lemak hewani untuk bahan baku bioenergi merupakan pilihan yang tepat, karena lemak hewan sudah jarang dikonsumsi, mengingat dari segi kesehatan, mengkonsumsi lemak hewan tidaklah baik.

Konversi minyak nabati dan lemak hewan dimana kandungan utamanya adalah trigliserida dengan menggunakan perengkahan katalitik, memberikan cukup harapan untuk mendapatkan energi terbarukan (Maher *et al.*, 2007). Beberapa penelitian tentang konversi minyak nabati dan lemak hewan menjadi bahan bakar telah banyak dilakukan diantaranya adalah penelitian Anondo *et al* (2006) mengenai uji perengkahan pada minyak sawit dengan katalis γ -alumina, dengan *yield* biogasoline 11.8% (v/v). Nurjannah *et al* (2010) telah melakukan uji perengkahan pada minyak sawit dengan menggunakan katalis HZSM-5, hasil yang diperoleh untuk fraksi gasoline dengan *yield* tertinggi 28,87%.

Perengkahan sering disebut juga sebagai pirolisis atau termolisis. Perengkahan katalitik adalah proses pemanasan dengan menggunakan tambahan katalis pada prosesnya. Perengkahan atau pirolisis disebut juga proses dekomposisi kimia dengan termal, umumnya menyebabkan molekul menjadi lebih kecil. Agra (1995) menjelaskan bahwa pirolisis merupakan suatu proses penguraian bahan organik secara termal tanpa oksigen, produk yang dihasilkan berupa cairan dan gas. Hasil dari pirolisis ini dapat digunakan bahan bakar, petrokimia dan monomer (Scheirs dan Kaminsky, 2006).

Penambahan katalis pada sistem pirolisis berguna dalam meningkatkan reaksi meliputi *cracking*, *dekarbonilasi*, *dekarboksilasi*, *hydrocracking*, *hydrodeoxygenation* dan *hidrogenasi* (Mortensen *et al.* 2011). Penggunaan katalis dapat meningkatkan sifat dari bio-oil yang dihasilkan dengan jalan menghilangkan senyawa-senyawa teroksidasi melalui pembentukan H₂O dan CO₂, mereduksi berat molekul dan menggabungkan struktur kimiawi senyawa sehingga membentuk produk yang bersifat petrokimiawi. Terdapat dua jenis penggunaan katalis pada proses pirolisis yang telah banyak diteliti, yakni *hydrodeoxygenation* dan perengkahan dengan zeolit (Dickerson and Soria, 2013).

Salah satu kelompok katalis basa heterogen adalah katalis alkali tanah oksida. Situs basa di katalis alkali tanah oksida umumnya disebabkan oleh adanya pasangan ion M²⁺ dan O²⁻. Struktur alkali tanah oksida terdiri dari ion logam positif (M²⁺) yang memiliki sifat asam Lewis dan ion oksigen (O²⁻) yang memiliki sifat basa Bronsted. Penggunaan katalis CaO dan MgO pada proses perengkahan minyak nabati dan lemak hewani telah dilakukan dalam skala besar di Cina selama Perang Dunia II. Penggunaan katalis CaO dalam perengkahan tersebut dilakukan dalam reaktor *batch*. Katalis CaO dapat disintesis dari batu kapur menggunakan amonium karbonat dan dikalsinasi pada suhu tinggi (Noiroj *et al.* 2011).

Pemakaian zeolit sebagai katalis perengkahan telah banyak digunakan, di antaranya sebagai katalis dalam perengkahan minyak goreng, sebagai katalis dalam proses konversi senyawa ABE menjadi hidrokarbon (Setiadi dan Pratiwi, 2007). Pengolahan zeolit alam menjadi katalis juga telah banyak dilakukan di antaranya dengan pengembanan dengan logam Cr, pengembanan dengan Fe_2O_3 untuk meningkatkan keasamannya (Trisunaryanti *et al*, 2007). Pada umumnya zeolit yang ditambang langsung dari alam masih mengandung pengotor organik berwujud kristal maupun amorf. Untuk meningkatkan kualitas zeolit alam, terutama sebagai pengemban katalis, harus dilakukan aktivasi terhadap zeolit alam.

Proses pirolisis dilakukan dalam suatu reaktor yang tahan terhadap panas dan tekanan tinggi, pada umumnya reaktor dibuat dari logam yang tahan karat dan tahan panas. Proses perengkahan di reaktor pirolisis bisa berlangsung secara tertutup, dalam arti tidak ada senyawa yang keluar selama proses perengkahan terjadi atau proses perengkahan berlangsung dengan reaktor terbuka, artinya selama proses perengkahan terjadi ada senyawa yang keluar dan terkondensasi menjadi fraksi cair. Qiang Tang *et al* (2012) merancang reaktor pirolisis vakum, dan di uji coba untuk mempirolisis *Plant oil asphalt* (POA) residu dari industry asam lemak menjadi biodiesel, tekanan yang digunakan sekitar 20-40 kPa pada temperature 400°C.. Irmawati S (2006), melakukan proses perengkahan asam oleat berbasis minyak sawit dalam mikro reaktor tertutup dengan menggunakan katalis HZSM-5, hasil perengkahan diperoleh fraksi kerosin sebesar 27.2645 %.

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan hasil perengkahan katalitik lemak sapi dengan menggunakan katalis zeolit alam dan MgO dengan menggunakan reaktor terbuka dan tertutup. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang pengolahan lemak hewan menjadi bahan bakar cair.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah lemak sapi yang diperoleh dari pasar, katalis zeolit alam lampung jenis *Clinoptilolite* (Zeo Kap Kan/ZKK dari CV Minatama Bandar Lampung) dan MgO *powder* murni.

Metode

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu preparasi reaktor, preparasi bahan baku lemak sapi/tallow, perengkahan katalitik dengan menggunakan reaktor tertutup dan perengkahan katalitik dengan menggunakan reaktor terbuka dan analisis hasil perengkahan dengan menggunakan *GC-MS*.

Preparasi Reaktor

Reaktor dibuat dari besi baja (*stainless stell*) yang berbentuk padat silinder yang dilubangi bagian dalamnya, dan dibagian tutupnya diberi selongsong pipa *stainless stell*. Reaktor dibuat dari bahan *stainless steel* dengan diameter 7 cm, tinggi 16 cm, diameter tutup 12,5 cm. Diameter lubang reaktor 5,5 cm, ketebalan reaktor 1,5 cm.

Tutup reaktor dibuat dua jenis yaitu (1) tutup reaktor terbuka dengan tambahan pipa *stainlees stell* sepanjang 50 cm untuk tempat keluar uap hasil perengkahan, (2) tutup reaktor tertutup, digunakan untuk uji coba perengkahan dengan sistem tertutup.

Preparasi Bahan Baku

Preparasi bahan baku dimulai dengan proses ekstrak lemak sapi dengan teknik pemanasan pada temperatur 80⁰ – 100⁰C hingga diperoleh lemak murni (*tallow*) yang sudah terpisah dari jaringan otot dan daging. *Tallow* dibuat dari lemak sapi yang dipotong kecil-kecil, kemudian dimasukkan ke dalam panci dan ditambahkan air sampai semua bagian terendam. Lemak sapi dipanaskan hingga mendidih dan diaduk sampai semua lemak mencair

dan terpisah dari jaringan otot atau daging (\pm 1 jam). Lemak yang sudah mencair dipisahkan dari jaringan otot dan daging, kemudian cairan lemak didinginkan hingga terpisah antara lemak yang mengeras pada bagian atas (*tallow*) dan air pada bagian bawah. Lemak padat (*tallow*) yang sudah diperoleh kemudian dikeringkan.

Perengkahan Katalitik

Perengkahan katalitik dilakukan pada *tallow* dengan menggunakan katalis yang berbeda sebagai perbandingan yaitu katalis MgO dan Zeolit alam yang berasal dari lampung. Reaktor yang digunakan adalah reaktor tertutup dengan menggunakan pemanas tanur, dibandingkan dengan reaktor terbuka yang terkoneksi langsung dengan pendingin sistem distilasi.

Uji coba perengkahan dengan menggunakan reaktor tertutup dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Sebanyak 20 gram *tallow* ditambahkan 1 gram katalis zeolit alam dimasukkan ke dalam reaktor tertutup, kemudian reaktor dimasukkan ke dalam tanur/urnance, dilakukan perengkahan dengan variasi temperatur 300⁰C, 400⁰C dan 500⁰ C
2. Sebanyak 20 gram *tallow* ditambahkan 1 gram katalis MgO dimasukkan ke dalam reaktor tertutup, kemudian reaktor dimasukkan ke dalam tanur/urnance, dilakukan perengkahan dengan variasi temperatur 300⁰C, 400⁰C dan 500⁰C

Uji coba perengkahan dengan menggunakan reaktor terbuka dilakukan dengan cara sebagai berikut

1. Sebanyak 20 gram *tallow* ditambahkan 1 gram katalis zeolit alam dimasukkan kedalam reaktor terbuka, kemudian dilakukan perengkahan dengan pemanasan hingga 350⁰C, hasil perengkahan yang keluar dari reaktor ditampung, dan dilakukan analisa GC-MS.
2. Sebanyak 20 gram *tallow* ditambahkan 1 gram katalis MgO dimasukkan kedalam reaktor terbuka, kemudian dilakukan perengkahan dengan pemanasan hingga 350⁰C, hasil perengkahan yang keluar dari reaktor ditampung, dan dilakukan analisa GC-MS.

Analisis produk cair dengan GC-MS

Produk cair hasil pirolisis dianalisis dengan menggunakan GC-MS Agilent Technologies untuk menentukan komposisi yang menyusun produk cair tersebut. Sebanyak 0,1 mL sampel cair diinjeksikan dengan *injector* ke dalam kolom melalui *injection port*. Sampel akan berinteraksi dengan fase diam dalam kolom, kemudian fase gerak akan membawa sampel sampai ke detektor dan menghasilkan kromatogram melalui sistem operasi komputer. Kolom GC-MS yang digunakan adalah jenis kolom Agilent HP 5 MS, panjang 60 meter, diameter 0,25 mm, dan ketebalan film 0,25 μ m. Gas pembawa yang digunakan adalah gas Helium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

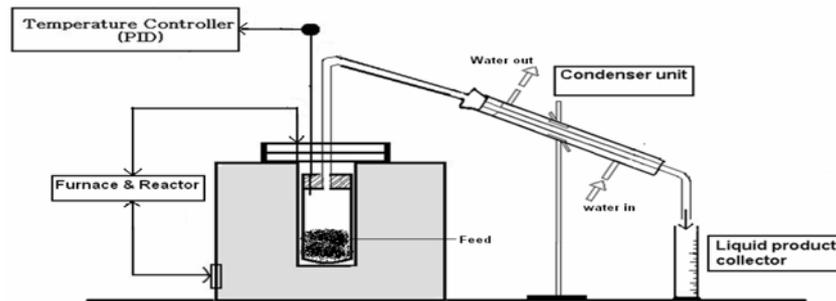
Pembuatan Reaktor

Reaktor dibuat dari bahan *stainless steel* (Gambar 2), tutup reaktor dibuat dua jenis: (1) tutup reaktor terbuka dengan tambahan pipa *stainless steel* sepanjang 50 cm untuk tempat keluar uap hasil perengkahan, (2) tutup reaktor sistem perengkahan tertutup, digunakan untuk uji coba perengkahan dengan sistem tertutup. Seal reaktor dibuat dari bahan teflon berfungsi untuk mencegah kebocoran reaktor.

Reaktor perengkahan dibuat dari silinder padat *stainless steel* yang dilubangi dengan cara dibor, reaktor tidak dibuat dari pipa karena ketebalan pipa rata-rata masih kurang mencukupi dan pipa perlu dilas bagian bawahnya, proses pengelasan pipa yang kurang kuat

dapat menyebabkan reaktor mudah bocor pada suhu dan tekanan tinggi. Reaktor yang dibuat dengan cara melubangi silinder stainless steel dapat mengurangi pengelasan, sehingga kebocoran dapat dihindari.

Desain reaktor terbuka mengikuti desain reaktor pirolisis yang dibuat oleh kumar *et al* (2011) (Gambar 1), yaitu reaktor pirolisis yang berhubungan langsung dengan *condenser unit* atau sistem pendingin. Pada proses perengkahan berlangsung, lemak yang sudah terengkah langsung teruapkan keluar melewati sistem pendingin kemudian menjadi cair kembali. Temperatur reaktor diukur dengan menggunakan termometer digital, dimana sensornya diletakan di reaktor bagian tutup.



Gambar 1. Rangkaian reaktor pirolisis (Kumar *et al.* 2011)

Desain reaktor tertutup mengikuti desain reaktor Qiang Tang *et al* (2012) dengan modifikasi menggunakan tutup reaktor tanpa lubang, lemak yang sudah terengkah tetap berada di dalam reaktor hingga proses perengkahan selesai. Reaktor tertutup harus lebih tahan terhadap tekanan, karena ketika dipanaskan akan terjadi peningkatan tekanan di dalam reaktor, oleh sebab itu reaktor perlu dilengkapi dengan ring seals yang terbuat dari bahan teflon yang lentur dan tahan panas.



Reaktor semi terbuka



Tutup Reaktor dan Reaktor semi terbuka



Teflon Seals Ring

Gambar 2. Reaktor perengkahan

Reaktor yang baik untuk digunakan sebagai reaktor pirolisis yang tahan terhadap suhu tinggi hingga 500°C dan tahan terhadap tekanan tinggi, karena reaktor pada umumnya digunakan pada suhu tinggi, yang mengakibatkan tekanan menjadi lebih besar. Reaktor yang baik harus tahan karat, Gunawan (2010) merancang reaktor pirolisis dengan diameter 3 inch dan panjang 40 cm, bagian dalamnya diisi dengan bahan isian kuarsa, dan dilengkapi dengan pemanas listrik.

Perengkahan *Tallow* dengan menggunakan Reaktor Tertutup

Perengkahan *tallow* dilakukan dengan cara pirolisis. Pirolisis adalah proses pemanasan terhadap suatu materi dengan temperatur yang tinggi tanpa kehadiran udara (khususnya oksigen). Pirolisis disebut juga termolisis yaitu proses dekomposisi kimia dengan termal, umumnya menyebabkan molekul menjadi lebih kecil. Agra (1995) menjelaskan bahwa pirolisis merupakan suatu proses penguraian bahan organik secara termal tanpa oksigen, produk yang dihasilkan berupa cairan dan gas.

Uji coba reaktor sistem tertutup (Gambar 3) dilakukan dengan cara memanaskan *tallow* dengan menggunakan katalis, yang pertama menggunakan katalis zeolit alam dan yang kedua menggunakan katalis MgO selama satu jam dengan variasi suhu tanur/pemanas yaitu 300°C, 400°C dan 500°C. Uji coba ini dilakukan dengan tujuan menguji kemampuan reaktor terhadap ketahanan suhu pemanasan sekaligus menguji perengkahan *tallow* dengan reaktor sistem tertutup dengan menggunakan katalis zeolit alam dan MgO.

Katalis Zeolit alam dan MgO merupakan jenis katalis heterogen. Katalis heterogen memiliki fase yang berbeda dengan reaktan atau produk reaksi, pada penelitian ini katalis berupa padatan dalam reaksi perengkahan dimana reaktan dan produk pada saat proses perengkahan ketika dipanaskan berwujud cair. Katalis heterogen dipilih karena kestabilan termalnya yang relatif tinggi sehingga dapat digunakan untuk reaksi yang memerlukan suhu tinggi dan kemudahan pemisahan katalis dari campuran reaksi karena reaktan dan produk mempunyai fase yang berbeda dengan katalis. Menurut Daniela *et al* (2004) zeolit cukup efektif digunakan sebagai katalis perengkahan. Katalis MgO yang digunakan MgO murni berbentuk powder berwarna putih. Menurut Chettha J dan Tharapong V (2013), katalis MgO dapat digunakan sebagai katalis perengkah. *Tallow* yang sudah dimasukan ke dalam reaktor dan ditambahkan katalis, kemudian reaktor ditutup rapat dimasukan kedalam tanur seperti pada Gambar 3. Reaktor dipanaskan dengan variasi suhu 300°C, 400°C dan 500°C.



Gambar 3. Perengkahan *tallow* sistem tertutup

Hasil uji coba menunjukkan kemampuan reaktor hanya mampu menahan hingga temperatur 400°C, pada temperatur 500°C *seals ring* yang dibuat dari *teflon* meleleh akibatnya reaktor mengalami kebocoran. *Teflon* adalah Politetrafluoroetilena (PTFE), sebuah polimer ethylene fluorine yang mempunyai titik leleh berkisar 370°C, oleh sebab itu penggunaan reaktor yang ideal adalah maksimal hingga temperatur 350°C, penggunaan pada temperatur 400°C masih dapat dilakukan namun *seals ring* yang digunakan mengalami kerusakan, sehingga tidak dapat digunakan kembali. Penggunaan reaktor pada 500°C tidak dapat dilakukan karena *seals ring* dari *teflon* mengalami pelelehan yang dapat membuat reaktor menjadi bocor.

Tabel 1. Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor tertutup.

No	Berat <i>Tallow</i> (Gram)	Katalis	Temperatur °C	Waktu (Jam)	Hasil Perengkahan
1	20	Zeolit 1 gram	300	1	Lemak Padat
2	20	Zeolit 1 gram	400	1	Lemak Padat
3	20	Zeolit 1 gram	500	1	Reaktor Bocor

4	20	MgO 1 gram	300	1	Lemak Padat
5	20	MgO 1 gram	400	1	Lemak Padat
6	20	MgO 1 gram	500	1	Reaktor Bocor

Hasil perengkahan *tallow* (Tabel 1) dengan menggunakan katalis zeolit alam dan MgO masih berupa lemak padat, hal ini disebabkan karena perengkahan *tallow* dengan sistem tertutup mengalami proses polimerisasi dan perengkahan bersama-sama, hasil perengkahan yang tidak langsung terpisah, atau masih tetap berada dalam reaktor selama proses perengkahan berlangsung, mengakibatkan terjadi reaksi polimerisasi kembali. *Tallow* yang sudah direngkah mengalami polimerisasi dan kembali menjadi lemak padat. Perengkahan *tallow* dengan tujuan mendapatkan fraksi minyak cair tidak direkomendasikan menggunakan reaktor tertutup.

Perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor tertutup masih perlu dilakukan kajian kembali dengan melakukan modifikasi tekanan reaktor menjadi reaktor pirolis vakum seperti yang dilakukan oleh Qiang Tang et al (2012) atau dengan diberi tekanan tinggi. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi agar hasil perengkahan tidak bersaing dengan reaksi polimerisasi, sehingga hasil perengkahannya bisa berupa fraksi cair.

Perengkahan *Tallow* dengan menggunakan Reaktor Terbuka

Perengkahan *tallow* dengan reaktor sistem terbuka (Gambar 4) dilakukan dengan menggunakan pemanas api berbahan bakar gas LPG. Reaktor dikoneksikan langsung dengan sistem pendingin distilasi agar *tallow* yang sudah terengkah langsung menguap keluar dan di kondensasikan menjadi fraksi cair. Pendingin yang digunakan adalah air yang diberi es yang dipompa ke dalam pipa kondensor. Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor terbuka dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 4. Perengkahan *tallow* dengan reaktor sistem terbuka

Hasil uji coba perengkahan 20 gram *tallow* dengan menggunakan katalis zeolit alam (Gambar 5) diperoleh minyak cair sebanyak 17,5 ml dengan warna kuning jernih. Tetesan pertama diperoleh pada temperatur 170⁰C temperatur maksimal pada tetesan terakhir pada 250⁰C. Pada percobaan ini pirolisis berhasil merubah *tallow* yang berbentuk lemak padat menjadi minyak cair. Sesuai dengan tujuan dari pirolisis, yaitu proses penguraian bahan organik secara termal tanpa oksigen dan produk yang dihasilkan berupa cairan dan gas (Agra 1995).

Hasil uji coba perengkahan 20 gram *tallow* dengan menggunakan katalis MgO (Gambar 5) diperoleh minyak cair sebanyak 18 ml dengan warna kuning kecoklatan. Tetesan pertama diperoleh pada temperatur 168⁰C, temperatur maksimal pada tetesan terakhir pada 300⁰C.

Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor terbuka diperoleh fraksi cair, berbeda dengan perengkahan *tallow* menggunakan reaktor tertutup yang hasil perengkahannya masih berupa fraksi padat. Perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor terbuka mengakibatkan *tallow* yang sudah terengkah langsung keluar sehingga reaksi polimerisasi tidak terjadi sehingga hasil perengkahan berupa fraksi cair. Berbeda dengan reaktor tertutup yang terjadi reaksi polimerisasi kembali sehingga hasilnya masih berupa lemak padat.

Tabel 2. Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor terbuka

No	Berat <i>Tallow</i> (Gram)	Katalis	Temperatur °C	Waktu (Jam)	Volume Fraksi Cair (ml)
1	20	Zeolit Alam 1 gram	170-250	2	17,5
2	20	MgO 1 gram	168-300	2	18

Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan zeolit alam warna minyaknya berwarna kuning jernih lebih jernih bila dibandingkan dengan hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan katalis MgO (Gambar 5) yang berwarna kuning kecoklatan.

Dari segi jumlah fraksi cair yang diperoleh dari 20 gram *tallow* dengan katalis Zeolit Alam dan MgO tidak jauh berbeda, dihasilkan berkisar 17,5-18 ml minyak fraksi cair. Sebagian besar *tallow* (hampir 98%) berubah menjadi fraksi cair, sisanya berupa padatan dan fraksi gas yang jumlahnya sangat sedikit.

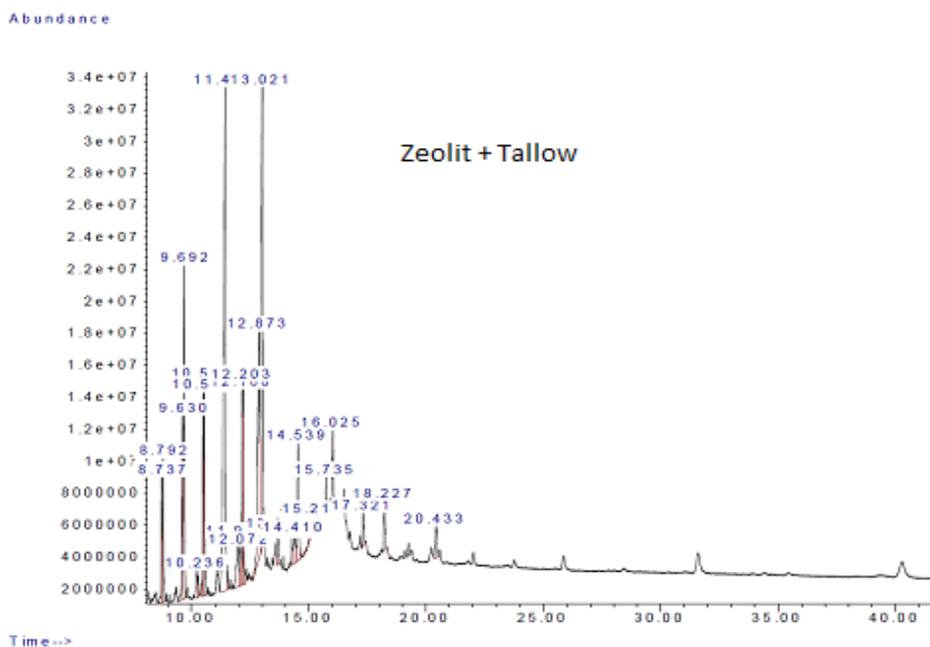


Hasil Perengkahan *Tallow* dengan menggunakan Katalis Zeolit Alam
Gambar 5. Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor sistem terbuka



Hasil Perengkahan *Tallow* dengan menggunakan katalis MgO
Gambar 5. Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor sistem terbuka

Hasil Analisa *GC-MS* minyak hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan katalis Zeolit alam (Tabel 3 dan Gambar 6) diperoleh senyawa karbon berupa golongan alkana (64,51%), alkena (27,37%), aldehid (0,7%), keton (4,34%) dan asam lemak (3,08%) dengan jumlah rantai karbon berkisar C12-C20. Hasil perengkahan terbesar diperoleh senyawa C₁₅H₃₂ (pentadekana) sebanyak 23,35%.



Gambar 6. Kromatogram hasil GC-MS, perengkahan *tallow* dengan Katalis Zeolit Alam

Tabel 3. Hasil Analisa GC-MS fraksi cair perengkahan *tallow* dengan menggunakan katalis zeolit alam

No	RT	% <i>Area</i>	Nama Senyawa
1	8.738	2.50	1-Dodecene
2	8.792	2.76	Dodecane
3	9.625	4.04	1-Tridecene
4	9.689	7.14	Tridecane
5	10.234	0.83	9-Eicosene
6	10.501	4.29	1-Tetradecene
7	10.554	3.80	Tetradecane
8	11.441	23.25	pentadecane
9	11.975	1.89	Pentadecane, 3-methyl-
10	12.071	1.18	Cyclohexadecane
11	12.167	3.76	1-Hexadecene
12	12.199	3.81	Hexadecane
13	12.872	9.09	8-Heptadecene
14	13.022	18.72	Heptadecane
15	13.684	1.17	Octadecane
16	14.282	0.70	9,17-Octadecadienal, (Z)-
17	14.411	1.18	9-Octadecenoic acid
18	14.539	2.86	2-Heptadecanone
19	15.094	0.68	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-
20	15.222	0.13	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-
21	15.735	1.09	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-
22	16.024	1.48	2-Nonadecanone
23	17.316	0.79	Cyclohexane, 1-(1,5-dimethylhexyl)
24	18.224	1.67	1-Docosene
25	20.435	1.19	9-Hexacosene

Lemak sapi / *tallow* mengandung Myristic Acid, Palmitic Acid, Stearic Acid, oleic Acid, Linoleic Acid dan Alpha Linolenic Acid. Sebagian besar asam lemak pada *tallow* terengkah dan berubah menjadi senyawa golongan alkana, alkena, aldehyd dan keton, dengan jumlah rantai karbon C12-C20, setara dengan bahan bakar kerosin dan solar, hanya sedikit asam lemak yang tersisa, asam lemak yang tersisa sebesar 3,08 % (Tabel 4). Hal ini membuktikan zeolit alam dapat digunakan untuk merengkah *tallow* menjadi minyak cair yang berpotensi dapat digunakan sebagai bahan bakar cair setara bahan bakar kerosin dan diesel/solar.

Tabel 4. Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan Katalis Zeolit berdasarkan golongan senyawa.

Golongan	%
Alkana	64,51
Alkena	27,37
Aldehyd	0,70
Keton	4,34
Asam Lemak	3,08

Ditinjau dari segi komposisi senyawa kimia minyak hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor terbuka dan katalis zeolit alam, dapat digunakan sebagai bahan bakar cair setara kerosin dan diesel.

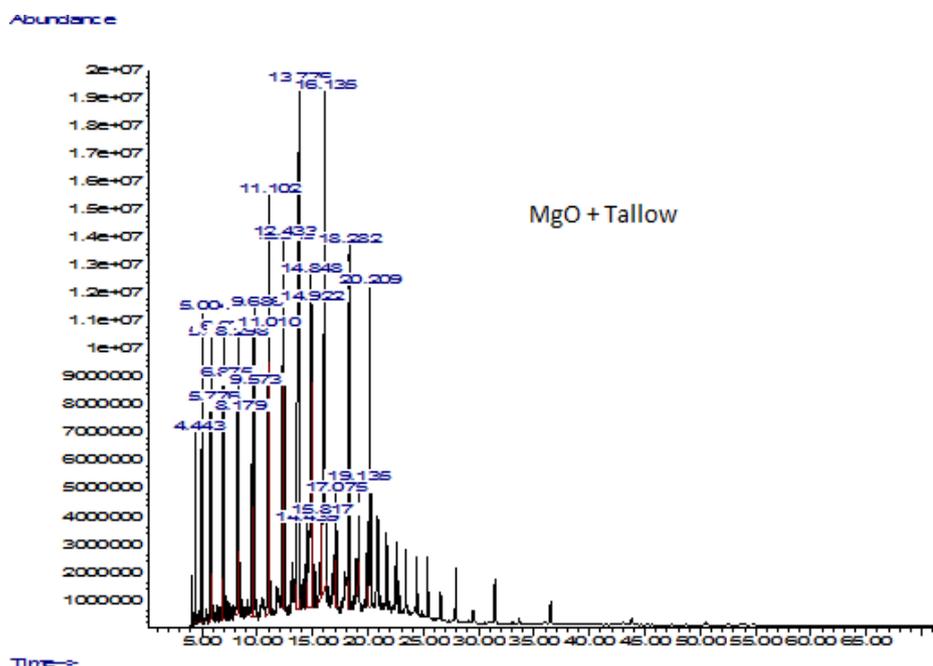
Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor terbuka dan katalis MgO (Gambar 7 dan Tabel 5) menunjukkan minyak hasil perengkahan mengandung senyawa alkana (57,6%), alkena (32,16%) dan keton (10,24%), (Tabel 6) berbeda dengan hasil perengkahan

menggunakan katalis zeolit alam yang hasilnya mengandung aldehid dan asam lemak (Tabel 4).

Perengkahan *tallow* dengan menggunakan katalis MgO dihasilkan senyawa karbon dengan jumlah karbon C7 s/d C11 sebanyak 17,85% dan C12 s/d C19 sebanyak 82,15%. Senyawa karbon golongan alkana dan alkena dengan jumlah karbon C7-C11 merupakan fraksi bahan bakar setara bensin, sedangkan senyawa karbon dengan jumlah rantai karbon C12-C19 merupakan fraksi bahan bakar kerosin dan diesel setara minyak tanah dan solar.

Anondo *et al* (2006) telah melakukan uji perengkahan pada minyak sawit dengan katalis γ -alumina, hasil yang diperoleh optimum pada perbandingan berat minyak/katalis 100:1 dalam waktu 1.5 jam dan suhu 340°C, dengan *yield* biogasoline 11.8% (v/v). Pada penelitian ini, perengkahan *tallow* dengan menggunakan katalis MgO diperoleh biogasoline 17,85%, hasil biogasolin pada penelitian ini lebih banyak bila dibandingkan perengkahan minyak sawit dengan menggunakan katalis γ -alumina yang dilakukan Anondo *et al* (2006).

Nurjannah *et al* (2010) telah melakukan uji perengkahan pada minyak sawit dengan menggunakan katalis HZSM-5, hasil yang diperoleh untuk fraksi gasoline dengan *yield* tertinggi 28,87%. Bila dibandingkan dengan penelitiannya Nurjannah *et al* (2010) biogasolin yang dihasilkan dari penelitian ini lebih sedikit.



Gambar 7. Kromatogram hasil GC-MS, perengkahan *Tallow* dengan Katalis MgO

Ditinjau dari segi komposisi senyawa kimia minyak hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor terbuka dan katalis MgO menghasilkan dua fraksi bahan bakar, yaitu fraksi bensin dan fraksi diesel/solar. Hasil perengkahan perlu dilakukan distilasi ulang agar terpisah fraksi besin dan fraksi solar.

Tabel 5. Hasil Analisa GC-MS fraksi cair perengkahan *tallow* dengan menggunakan katalis MgO

No	RT	% Area	Nama Senyawa
1	4.442	1.57	Heptane
2	5.013	2.84	Octane
3	5.773	1.66	1-Nonene
4	5.858	1.96	Nonane
5	6.873	1.85	1-Decene
6	6.978	2.16	Decane
7	8.183	2.59	1-Undecene

8	8.289	3.22	Undecane
9	9.678	3.78	1-Dodecene
10	9.684	3.08	Dodecane
11	11.015	5.70	1-Tridecene
12	11.100	5.09	Tridecane
13	12.347	7.00	1-Tetradecane
14	12.431	2.94	Tetradecane
15	13.784	16.28	Pentadecane
16	14.439	1.29	n-Nonylcyclohexane
17	14.841	7.37	Cetene
18	14.925	3.01	Hexadecane
19	15.813	2.21	8-Heptadecene
20	16.130	12.70	Heptadecane
21	17.081	1.46	Octadecane
22	18.286	5.76	2-Heptadecanone
23	19.132	0.46	3-Octadecanone
24	20.210	4.02	2-Nonadecanone

Perengkahan katalitik *tallow* dengan menggunakan katalis zeolit alam dengan menggunakan reaktor terbuka mampu menghasilkan minyak cair yang setara dengan bahan bakar diesel/solar, sedangkan perengkahan katalitik *tallow* dengan menggunakan katalis MgO dengan menggunakan reaktor terbuka mampu menghasilkan 17,85% bahan bakar cair setara bensin dan 82,15% bahan bakar cair diesel/solar.

Tabel 6. Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan MgO berdasarkan golongan senyawa.

Golongan	%
Alkana	57,6
Alkena	32,16
Aldehid	0
Keton	10,24
Asam Lemak	0

Penambahan katalis (MgO dan Zeolit) pada sistem pirolisis dapat meningkatkan reaksi meliputi reaksi *cracking*, *dekarbonilasi*, *dekarboksilasi*, *hydrocracking*, *hydrodeoxygenation* dan *hidrogenasi* (Mortensen *et al.* 2011). Penggunaan katalis dapat meningkatkan sifat dari bio-oil yang dihasilkan dengan jalan menghilangkan senyawa-senyawa teroksidasi melalui pembentukan H₂O dan CO₂, mereduksi berat molekul dan menggabungkan struktur kimiawi senyawa sehingga membentuk produk yang bersifat petrokimiawi. Pada penelitian ini terbukti hasil perengkahan sebagian besar adalah golongan alkana dan alkena. Golongan alkana dan alkena rantai pendek memiliki sifat petrokimiawi, dan dapat dijadikan bahan bakar cair.

KESIMPULAN

1. Perengkahan *tallow* dengan reaktor terbuka menghasilkan minyak cair, sedangkan perengkahan *tallow* dengan reaktor tertutup menghasilkan lemak padat.
2. Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor terbuka dan katalis zeolit alam, menghasilkan minyak warna kuning jernih dengan senyawa karbon C12-C20 yang terdiri dari golongan alkana (64,51%), alkena (27,37%), aldehid (0,7%), keton (4,34%) dan asam lemak (3,08%).
3. Hasil perengkahan *tallow* dengan menggunakan reaktor terbuka dan katalis MgO, menghasilkan minyak warna kuning kecoklatan dengan senyawa karbon C7-C11

sebanyak 17,85% dan C12-C19 sebanyak 82,15%, yang terdiri dari golongan alkana (57,6%), alkana (32,16%) dan keton (10,24%).

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Pusat Penelitian dan Penerbitan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) UIN Syarif Hidayatullah Jakarta atas bantuan dana penelitiannya

DAFTAR PUSTAKA

- Agra IB. 1995. Penyulingan Kering Sampah Plastik. Karya Penelitian. Hal.115-127.
- Ali A.S, Ahmad F, Farhan M, Ahmad M. 2012. *Biodiesel Production From Residual Animal Fat Using Various Catalysts*. Pakistan Journal of Science (Vol. 64 No. 4 December, 2012)
- Anondho Wijanarko, Dadi Ahmad Mawardi, dan Mohammad Nasikin. 2006. Produksi Biogasoline dari Minyak Sawit Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik dengan katalis γ -alumina. Makara, Teknologi, Vol. 10, No. 2, November 2006: 51-60
- Alemayehu Gashaw, Abile Teshita. 2014. *Production of Biodiesel From Waste Cooking Oil and Factors Affecting Its Formation: A Review*. International Journal of Renewable and Sustainable Energy. Vol. 3, No. 5, 2014, pp. 92-98. doi: 10.11648/j.ijrse.20140305.12
- Chettha Jungjaroenpanit, Tharapong Vitidsant. 2013. *Catalytic Pyrolysis of Used Cooking Oil by Magnesium Oxide Supported on Activated Carbon in Continuous Reactor*. International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS) Volume 1, Issue 2 (2013) ISSN 2320 –4087
- Daniela G. Lima, Valerio C.D. Soares, Eric B. Ribeiro, Daniel A. Carvalho, Érika C.V.Cardoso, Flávia C. Rassi, Kleber C. Mundima, Joel C. Rubim, Paulo A.Z. Suarez. 2004. *Diesel-Like Fuel Obtained By Pyrolysis Of Vegetable Oils*. J. Anal. Appl. Pyrolysis 71 (2004) 987–996.
- Dickerson Theodore, Soria Juan. 2013. *Catalytic Fast Pyrolysis: A Review*. Energies 2013, 6, 514-538; doi:10.3390/en6010514
- Gashaw, Alemayehu, Teshita Abile. 2014. *Production Of Biodiesel From Waste Cooking Oil And Factors Affecting Its Formation: A Review*. International Journal of Renewable and Sustainable Energy 2014; 3(5): 92-98
- Gunawan Edi. 2010. Rancang Bangun Unit Pirolisis Untuk Pembuatan Bi-Oil. Lembaran Publikasi Lemigas. VOL. 44. NO. 1, APRIL 2010: 78 – 86
- Irmawati Syahrir. 2009. Proses Perengkahan Asam Oleat Basis Minyak Sawit Menjadi Fraksi Gasoline Dengan Katalis HZSM-5. Jurnal Teknik Kimia Vol.3, No.2, April 2009
- Kapilan N, Baykov A, Bayko D. 2014. *A Review On New Methods Used For The Production Of Biodiesel*. Petroleum & Coal 56 (1) 62-73, 2014
- Kumar S., Singh RK. 2011. *Recovery Of Hydrocarbon Liquid From Waste High Density Polyethylene By Thermal Pyrolysis*. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 28 (4): 659- 667.
- Lawson, Harry W. (1985). Standards For Fats & Oils. Amerika: United Stated. Hal. 45-46
- Ma, F and M.A. Hanna. 1999. *Biodiesel Production : A Review*, Journal Bioresource Technology. 70. Pp 1-15.

- Marnoto, Tjukup dan Efendi Abdulah. 2011. Biodisel dari Lemak Hewani (Ayam Broiler) dengan Katalis Kapur Tohor. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” ISSN 1693 – 4393. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Yogyakarta, 22 Februari 2011
- Maher K.D., Bressler D.C. 2007. *Review Pyrolysis Of Triglyceride Materials For The Production Of Renewable Fuels And Chemicals*. Bioresource Technology 98 (2007) 2351–2368
- Mortensen, P.M.; Grunwaldt, J.D.; Jensen, P.A.; Knudsen, K.G.; Jensen, A.D. A review of catalytic upgrading of bio-oil to engine fuels. *Appl. Catal. A Gen.* 2011, 407, 1–19.
- Nurjannah, Roesyadi Achmad dan Prajitno Danawati Hari. 2010. Konversi Katalitik Minyak Sawit untuk menghasilkan Biofuel Menggunakan Silika Alumina dan HZSM-5 Sintesis. *Reaktor*, Vol. 13 No. 1, Juni 2010, Hal. 37-43.
- Qiang Tang, Yanyan Zheng, Tong Liu, Xiaohua Maa, Yuhui Liao, Jinfu Wang. 2012. Influence Of Vacuum Pressure On The Vacuum Pyrolysis Of Plant Oil Asphalt To Pyrolytic Biodiesel. *Chem. Eng.J. Volumes 207–208*, 2012.
- Said, M.I. 2014. *By Product Ternak. Teknologi dan Aplikasinya*. IPB Press, Bogor.
- Setiadi dan A. Pertiwi, 2007, “Preparasi dan Karakteristik Zeolit Alam untuk Konversi Senyawa ABE menjadi Hidrokarbon”, *Prosiding Kongres dan Simposium Nasional kedua MKICS*, ISSN: 0216 – 4183, hal. 5-6.
- Trisunaryanti, W., S. Purwono, dan Hastanti, 2007, “Preparasi Dan Karakterisasi Katalis Fe₂O₃ Yang Diembankan Pada Zeolit Alam Teraktivasi HCl Atau Na₂EDTA”, *Prosiding Symposium dan Konggres Masyarakat Katalis Indonesia Kedua*, Jurusan Teknik Kimia FT UNDIP dan Jurusan Kimia MIPA UNNES Semarang, hal. 6-7.
- Yekta Hemmat, Barat Ghobadian, Mohammad Loghavi, Saadat Kamgar, Ebrahim Fayyazi. 2013. Biodiesel Fuel Production From Residual Animal Fat As An Inedible And Inexpensive Feedstock. *Intl. Res. J. Appl. Basic. Sci. Vol.*, 5 (1), 84-91, 2013.

