



Pengaruh Perbandingan Mol Reaktan dan Waktu Reaksi Terhadap Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sapi

Puji Raharjo, Fahmi Reza Oktavianto, Danang Jaya *

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. Padjajaran 104 (Lingkar Utara), Condongcatur Yogyakarta 55283

*E-mail: danangjay@upnyk.ac.id

Abstract

Biodiesel is an alternative diesel engine fuel that produced from oil/fat of plants and animals. The material used is beef tallow which has potential to be produced into biodiesel because of its abundant amount. The purpose of this research is to comparing density, viscosity, and flash point based on the volume ratio of reactants at given time to the national biodiesel standard. This research using esterification and transesterification method, the esterification using 1% H_2SO_4 catalyst and the transesterification process using 1% NaOH catalyst, the temperature is $60^\circ C$ with reactant molar ratio (1:3, 1:5, 1:7, 1:9, 1:11, 1:13) and time variation (90, 120, 150, 180, 210, 240 minutes). The biggest biodiesel results were taken to analyze the density, flash point, and kinematic viscosity. Based on ratio between oil and ethanol were 1:9 and yield was obtained 75,651%, while the optimum condition of compared time on 3 hours with yield was 80,0265%. The biodiesel obtained has a large conversion but not enough to meet national biodiesel standard.

Keywords: *biodiesel, beef tallow, esterification, transesterification*

Pendahuluan

Lemak sapi adalah salah satu limbah dari rumah pemotongan hewan yang tujuan utamanya adalah menuju industri sabun, tetapi ketika pasar ini kelebihan bahan baku, lemak biasanya dibakar atau dibuang di tempat pembuangan akhir. Dalam kedua kasus tersebut, keduanya menghasilkan dampak berupa polutan (Da Cunha dkk, 2009). Minyak sapi dapat dijadikan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi adalah proses konversi dari trigliserida menjadi metil ester melalui reaksi dengan alkohol dan dapat dibantu oleh katalis. Salah satu ukuran dari kualitas lemak adalah kadar asam lemak bebasnya. Lemak secara normal terbentuk dari tiga asam lemak yang terikat pada gliserol melalui ikatan ester. Asam lemak bebas terbentuk ketika asam lemak tersebut lepas karena reaksi hidrolisa (National Renderers Association, 2003). Beberapa usaha yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa tingkat keasaman yang tinggi dari asam lemak bebas yang terkandung dalam bahan baku dapat dikurangi hingga mencapai kurang dari 1% dengan menggunakan dua langkah reaksi dengan perlakuan awal (Meher dan Naik, 2006).

Transesterifikasi atau alkoholisis adalah penggantian gugus alkohol oleh ester dalam proses yang hampir sama dengan hidrolisis, di mana alkohol digunakan untuk mengganti air. Proses ini sudah banyak digunakan untuk mengurangi viskositas tinggi dari trigliserida (Meher dan Naik, 2006). Salah satu variabel penting yang mempengaruhi ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi adalah rasio molar alkohol terhadap trigliserida. Transesterifikasi adalah reaksi kesetimbangan yang mana alkohol berlebih dibutuhkan untuk mendorong reaksi ke kanan. Rasio stokiometri transesterifikasi membutuhkan tiga mol alkohol dan satu mol trigliserida untuk menghasilkan tiga mol asam lemak alkil ester dan satu mol gliserol. Rasio molar tidak berefek pada asam, peroksida, saponifikasi, dan nilai iodin pada metil ester (Meher dan Naik, 2006).

Variabel waktu sangat berpengaruh dalam reaksi transesterifikasi. Kecepatan konversi meningkat seiring makin lamanya waktu reaksi. Reaksi berjalan lambat pada menit pertama karena pencampuran dan dispersi metanol dalam lemak sapi. Dari menit ke satu hingga ke lima, proses reaksi berjalan sangat cepat. Produksi metil ester lemak sapi mencapai nilai maksimalnya sekitar menit ke lima belas (Meher dan Naik, 2006).

Transesterifikasi dapat berlangsung pada temperatur yang bervariasi, tergantung dengan minyak yang digunakan. I Wayan Sutapa dan Rosmawaty pernah mempelajari pengaruh temperatur terhadap hasil pada proses transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel dari minyak sapi menggunakan proses transesterifikasi dengan katalis KOH. Variasi suhu yang dipelajari yaitu pada 50, 55, 60, 65, dan $70^\circ C$, sedangkan waktu dan berat katalis dibuat tetap yaitu 3 jam dan 1% berat total. Dari percobaan yang mereka lakukan diperoleh kesimpulan bahwa semakin

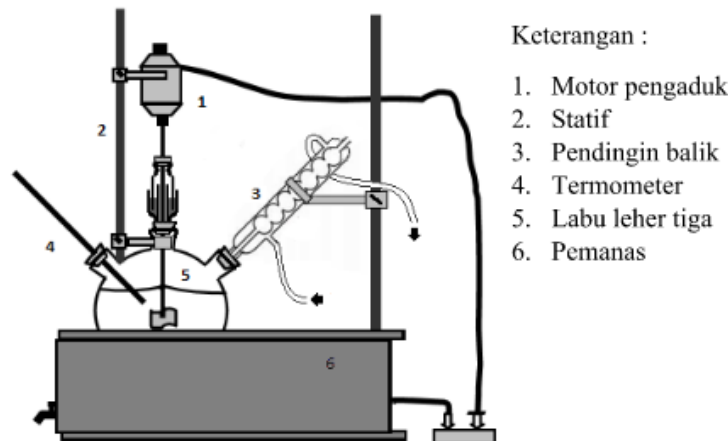


tinggi suhu reaksi maka konversi yang didapatkan juga semakin besar. Hal ini terjadi karena dengan naiknya suhu, maka tumbukan antar partikel semakin besar, sehingga reaksi berjalan semakin cepat dan konstanta reaksi semakin besar. Tetapi pada suhu yang melebihi titik didih metanol (65°C), terjadi penurunan konversi biodiesel. Penurunan konversi biodiesel ini disebabkan oleh hilangnya sebagian metanol karena penguapan.

Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan pada kegiatan penelitian ini diantaranya: Lemak sapi padat diperoleh sapi lokal, etanol $\geq 90\%$, NaOH, aquades, *phenol phthalein*, dan H_2SO_4 pekat.

Proses dilakukan secara batch menggunakan alat-alat yang merupakan rangkaian alat gelas (labu leher tiga dengan rangkaian pendingin), pengaduk elektrik, pemanas, dan termometer yang dirangkai seperti pada Gambar 1.



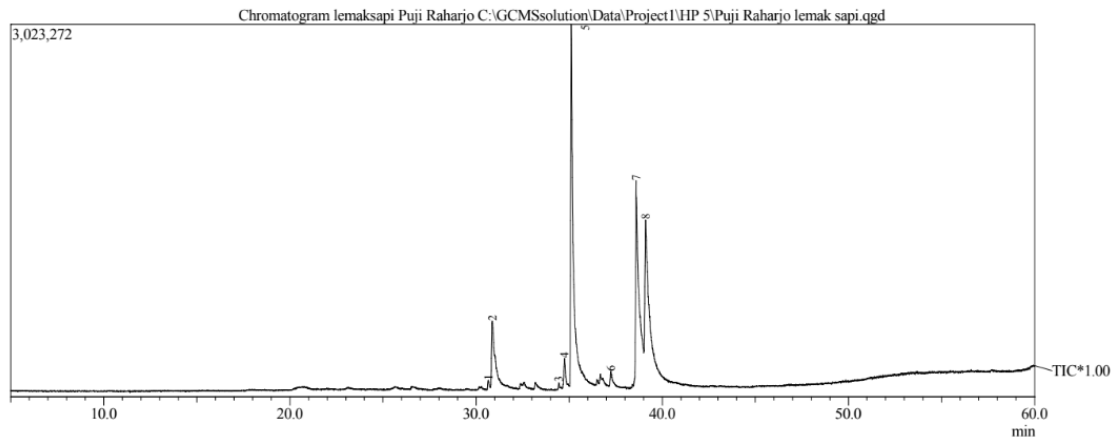
Gambar 1. Rangkaian Alat Transesterifikasi

Langkah kerja pada penelitian ini meliputi tiga tahap, yaitu tahap identifikasi kandungan lemak sapi, tahap esterifikasi, dan tahap transesterifikasi. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah eksperimen, meliputi pengaruh perbedaan variasi mol reagen (1:3; 1:5; 1:7; 1:9; 1:11; 1:13) pada waktu tertentu terhadap yield biodiesel dan hubungan antara waktu (90, 120, 150, 180, 210, 240 menit) terhadap yield dengan perbandingan mol reagen tertentu. Hasil uji coba dilakukan pengujian viskositas dan titik nyala biodiesel dari perbandingan mol reaktan dan waktu paling optimal.

Proses Pencairan dan Analisis Lemak Sapi

Minyak sapi dicairkan menggunakan pemanas listrik selama 5 menit pada suhu 50°C di dalam gelas beker. Minyak sapi yang sudah cair kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman 40. Lalu dilakukan pengujian kandungan asam lemaknya menggunakan gas kromatografi yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari hasil uji gas kromatografi diperoleh asam lemak terbesar pada puncak (*peak*) 5 berupa asam palmitat sebanyak 35,7% yang mana digunakan sebagai basis berat massa yang digunakan dalam penentuan kadar FFA. Setelah itu kadar asam lemak bebas diidentifikasi dengan cara titrasi minyak sapi menggunakan NaOH 0,1 N. Hasil persentase asam lemak bebas yang diperoleh yang cukup tinggi yaitu sebesar 2,7%, sehingga proses pembuatan biodiesel dilakukan reaksi esterifikasi terlebih dahulu untuk mengurangi asam lemak bebas yang terkandung, kemudian dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Gas Kromatografi Lemak Sapi

Proses Esterifikasi

Pada reaksi esterifikasi, campuran etanol 90% dan minyak sapi dengan perbandingan mol bervariasi (1:3; 1:5; 1:7; 1:9; 1:11; 1:13), dicampur dengan katalis H_2SO_4 1% dari berat minyak. Kemudian campuran diaduk dengan kecepatan 600 rpm dengan waktu 2 jam pada suhu $60^\circ C$. Hasil dari reaksi esterifikasi yang berupa minyak dengan FFA < 2% dan ester dipisah menggunakan corong pisah. Minyak dengan FFA < 2% lalu dicuci menggunakan aquades hingga pH netral kemudian dipanaskan pada suhu $50^\circ C$ di dalam gelas beker untuk menghilangkan sisa air cucian.

Proses Transesterifikasi

Hasil dari reaksi esterifikasi ditambahkan katalis NaOH 1% dari berat hasil untuk selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi. Pada reaksi transesterifikasi, campuran diaduk dengan kecepatan 600 rpm dengan waktu 2 jam pada suhu $60^\circ C$. Hasil dari reaksi transesterifikasi yang berupa biodiesel dan gliserol dipisah menggunakan corong pisah. Biodiesel lalu dicuci menggunakan aquades hingga pH netral kemudian dipanaskan pada suhu $50^\circ C$ di dalam gelas beker untuk menghilangkan sisa air cucian. Setelah itu dilakukan lagi pembuatan biodiesel dengan waktu transesterifikasi yang bervariasi (90, 120, 150, 180, 210, 240 menit) dari perbandingan etanol dan minyak dengan yield terbesar dari percobaan sebelumnya. Hasil biodiesel terbesar diambil untuk dianalisa titik nyala dan viskositasnya.

Hasil dan Pembahasan

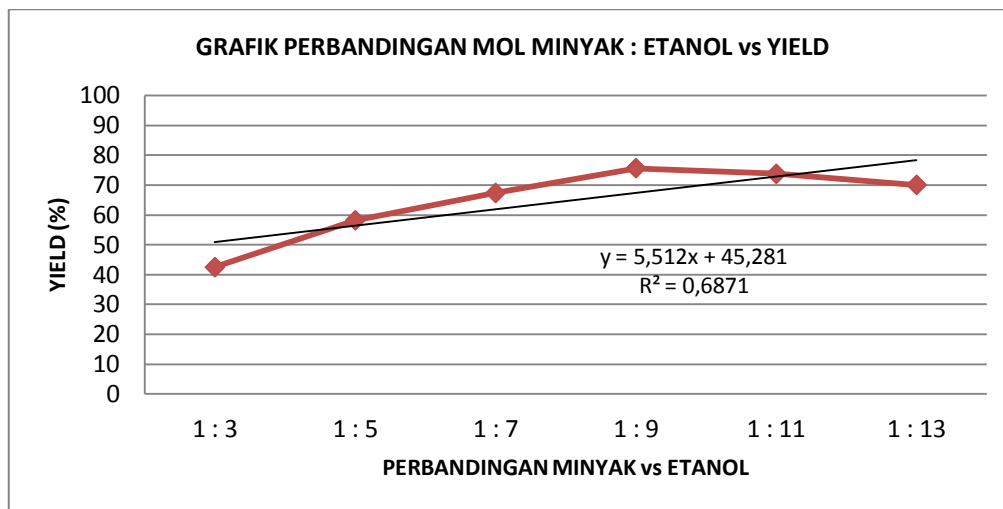
Variabel Perbandingan Mol Antara Minyak dan Etanol

Dalam percobaan ini kondisi yang dibuat tetap yaitu: suhu reaksi $60^\circ C$, kecepatan pengadukan 600 rpm, katalis 1% massa reaktan, dan waktu reaksi 2 jam. Dari percobaan yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengolahan data antara perbandingan berat dengan yield yang dihasilkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Mol Antara Minyak dan Etanol Terhadap Yield

No.	Perbandingan Mol	Yield (%)
1	1:3	42,477
2	1:5	58,174
3	1:7	67,336
4	1:9	75,651
5	1:11	73,749
6	1:13	70,053

Berdasarkan perhitungan regresi linier dari data pada Tabel 1, diperoleh persamaan garis $y = 5,512x + 45,281$ sehingga dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan pengaruh perbandingan mol terhadap yield

Dari Tabel 1 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa yield metil ester meningkat dengan cepat sampai perbandingan 1:9. Pada perbandingan 1:3 hingga 1:7, yield yang diperoleh meningkat karena reaksi belum selesai dan mulai menuju kesetimbangan karena reaksi transesterifikasi adalah reaksi kesetimbangan yang mana diperlukan alkohol berlebih untuk mendorong reaksi ke arah kanan untuk menghasilkan metil ester. Pada perbandingan 1:9 reaksi sudah mencapai titik kesetimbangan. Pada perbandingan 1:11 hingga 1:13 yield yang diperoleh semakin menurun karena semakin tinggi perbandingan alkohol yang digunakan maka semakin tinggi pula kadar gliserol yang dihasilkan. Kadar gliserol yang terlalu tinggi akan mendorong reaksi berbalik ke arah kiri membentuk mono gliserida sehingga yield biodiesel akan semakin menurun.

Variabel Pengaruh Waktu Reaksi Transesterifikasi

Dalam percobaan ini kondisi yang dibuat tetap yaitu: suhu reaksi 60°C, kecepatan pengadukan 600 rpm, katalis 1% masa reaktan, dan berat minyak sapi berbanding berat metanol 1:9. Dari percobaan yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengolahan data antara perbandingan berat dengan yield yang dihasilkan seperti pada Tabel 2.

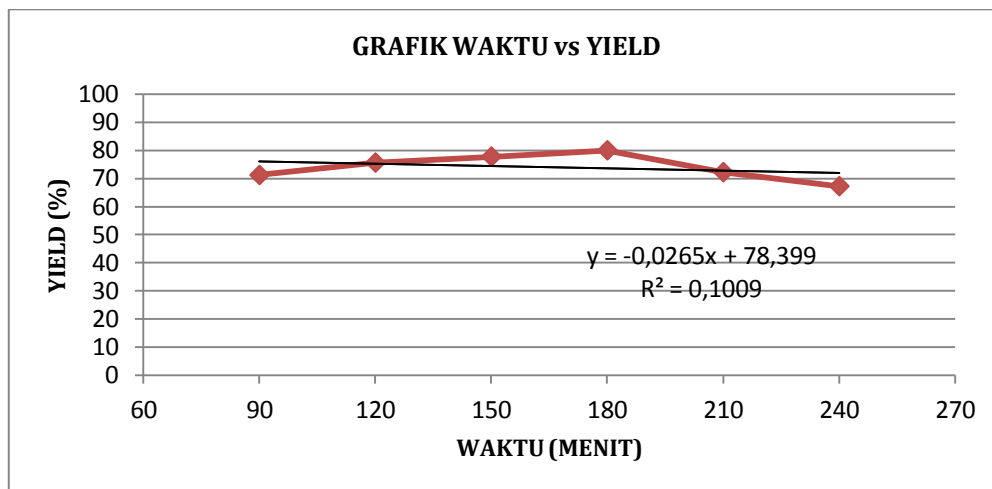
Dari percobaan yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengolahan data terhadap waktu reaksi dengan yield yang dihasilkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh waktu reaksi terhadap minyak terhadap yield

No.	Pengaruh waktu reaksi (menit)	Yield (%)
1	90	71,221
2	120	75,651
3	150	77,770
4	180	80,026
5	210	72,246
6	240	67,248

Berdasarkan perhitungan regresi linear dari data pada Tabel 2, diperoleh persamaan garis $y = -0.0265x + 78.399$ sehingga dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 4.

Dari Tabel 2 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada waktu 90 menit hingga 150 menit yield yang diperoleh semakin meningkat karena reaksi makin mendekati kesetimbangan. Yield maksimal diperoleh pada waktu 180 menit. Penurunan terjadi pada menit 210 sampai 240 karena penggunaan waktu yang terlalu lama mengakibatkan reaksi balik.



Gambar 4. Hubungan Pengaruh Waktu Terhadap Yield

Densitas, Titik Nyala, dan Viskositas pada Rentang Waktu Paling Optimal

Data hasil uji densitas, titik nyala dan viskositas metil ester pada operasi paling optimum dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Densitas, Titik Nyala dan Viskositas Metil Ester Hasil Percobaan Paling Optimum dengan Biodiesel Standar Nasional Indonesia (SNI)

Parameter	Metode	Hasil Percobaan	SNI
Densitas(40°C)	-	883 kg/m ³	850-890 kg/m ³
Titik Nyala	ASTM D93	127,5°C	100°C
Viskositas Kinematik	ASTM D445	8,911 mm ² /s	2,3-6,0 mm ² /s

Hasil analisis sifat fisis metil ester menunjukkan bahwa densitas dan titik nyala hasil percobaan telah memenuhi standar biodiesel Indonesia. Densitas biodiesel umumnya lebih tinggi dari pada bahan bakar diesel fosil. Nilainya tergantung pada komposisi asam lemak dan juga pada kemurniannya. Densitas akan meningkat dengan menurunnya panjang rantai dan bertambahnya jumlah ikatan rangkap, atau dapat dikurangi dengan adanya kontaminan dengan densitas rendah seperti metanol (Sarin, 2012).

Titik nyala mengindikasikan cara penanganan, transportasi, dan penyimpanan suatu bahan bakar. Pada umumnya bahan bakar diesel dari minyak bumi memiliki titik nyala yang lebih rendah dibandingkan biodiesel. Titik nyala biodiesel akan turun jika dicampur dengan bahan bakar diesel dari minyak bumi yang mana biodiesel yang ada di Indonesia berupa B20 (80% bahan bakar diesel dari minyak bumi, 20% bahan bakar biodiesel).

Pada Tabel 3 diperoleh nilai viskositas biodiesel yang lebih tinggi dari nilai viskositas SNI. Viskositas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembakaran pada mesin kurang sempurna karena mempersulit pengkabutan bahan bakar. Viskositas berkaitan dengan komposisi asam lemak dan tingkat kemurnian biodiesel, viskositas naik dengan kenaikan panjang rantai karbon lemak jenuh, kenaikan panjang rantai karbon alkohol, penurunan panjang rantai karbon asam lemak tidak jenuh dan adanya kenaikan sisa – sisa mono, -di, dan trigliserida dalam biodiesel (Sutapa, 2014).

Kesimpulan

Dari data yang sudah dibahas sebelumnya bahwa transesterifikasi lemak sapi dengan metanol menghasilkan biodiesel dengan kualitas yang masih rendah namun konversi biodiesel yang dihasilkan masih terbilang bagus. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kondisi optimum pada perbandingan mol antara minyak dan etanol sebesar 1:9, dengan suhu reaksi 60°C dan berat katalis 1 % dari berat minyak, diperoleh yield sebesar 75,651%. Sedangkan kondisi optimum pada perbandingan waktu diperoleh pada waktu 3 jam, dengan suhu reaksi 60°C dan berat katalis 1 % dari berat minyak, diperoleh yield sebesar 80,026%. Densitas yang diperoleh sebesar 883 Kg/m³ dan titik nyala sebesar 127,5°C yang masih sesuai standar SNI. Namun, viskositas hasil percobaan sebesar 8,911 mm²/s masih belum memenuhi standar.



Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terimakasih banya kepada UPN "Veteran" Yogyakarta sebagai penyedia fasilitas dalam kegiatan ini, dan kami ucapakan terimakasih atasdukungan positifnya kepada Bapak Danang dkk yang telah membantu proses pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

Daftar Notasi

ml = milliliter

rpm = rotasi per-menit

kg/m³ = kilogram per meter kubik

mm²/s = *millimeter square per second*

Daftar Pustaka

- Da Cunha ME, Krause LC, Moraes MSA, Faccini, SC, Jacques RA, Almeida SR, Rodrigues MRA, Caramão EB. Beef tallow biodiesel produced in a pilot scale. *Fuel Processing Technology* 2009; 90:570–575.
- Luque R, dan Melero A. *Advances in biodiesel production*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. 2012.
- Meher, LC, Sagar DV, Naik SN. Technical aspect of biodiesel production by transesterification - review. *Renewable Sustain Energy* 2004; 10: 248-268.
- National Renderers Association. *Pocket information manual a buyer's guide to rendered products*. National Renderers Association, Inc. Virginia. 2003.
- Sarin A. *Biodiesel production and properties*. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. 2012.
- Sutapa IW, dan Rosmawaty. Pengaruh berat katalis, suhu, dan waktu reaksi terhadap produk biodiesel dari lemak sapi. *Seminar Nasional Basic Science* 2014; 6: 239-252.



Lembar Tanya Jawab

Moderator : **Surianti (Departemen Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada)**
Notulen : **Heni Anggorowati (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Berliani Dwi Putri (Teknik Kimia UPNVY)
Pertanyaan : Apakah ada cara yang dapat dilakukan agar viskositas biodiesel yang dihasilkan tidak terlalu tinggi?
Jawaban : Penyebab tingginya viskositas adalah karena proses pemisahan yang belum sempurna sehingga untuk menurunkan viskositasnya dapat dilakukan pemisahan lagi sehingga tidak banyak gliserol yang terikut dalam biodiesel.
2. Penanya : Gyan Prameswara (Teknik Kimia UGM)
Pertanyaan : Mengapa pada waktu 210 menit yield biodiesel yang dihasilkan hanya 72% dan hanya berbeda sedikit dari waktu 90 menit yaitu menghasilkan yield biodiesel 71%?
Jawaban : Pada waktu 90 menit hingga 150 menit yield biodiesel yang dihasilkan semakin meningkat karena reaksi mendekati kesetimbangan dan yield maksimal diperoleh pada waktu 180 menit yaitu 80%. Penurunan yield terjadi pada menit 210 sampai 240 karena terjadi reaksi balik.
3. Penanya : Surianti (Teknik Kimia UGM)
Pertanyaan : Bagaimana metode pemanasan lemak yang digunakan pada penelitian ini?
Jawaban : Lemak padatan dipanaskan pada suhu 40 °C selama 5 menit kemudian disaring dan segera direaksikan agar lemak tidak membeku lagi.
4. Penanya : Muhamad Hambudi Sulendra (Teknik Kimia UPNVY)
Pertanyaan : Mengapa pada penelitian ini hanya dipelajari 3 parameter?
Jawaban : Karena pada penelitian ini hanya ingin difokuskan pada ketiga parameter tersebut yaitu perbandingan mol antara minyak dan etanol, suhu dan waktu untuk melihat perolehan biodiesel yang optimum.
5. Penanya : Zami Furqon (PEM AKAMIGAS, Cepu)
Pertanyaan : Biodiesel jenis apa yang dihasilkan dari penelitian ini dan apakah standar yang digunakan? Saran untuk melakukan komparasi dengan menggunakan acuan standar lain selain SNI.
Jawaban : Biodiesel yang ingin dihasilkan adalah B100 dan standar yang digunakan sebagai acuan adalah standar SNI