

## PENGARUH KONSENTRASI ASAM FOSFAT DAN BERAT SEMEN PUTIH SEBAGAI ADSORBEN DALAM PEMURNIAN *CRUDE* GLISEROL

Lestari\*, Made Arsa, dan I Wayan Suirta

*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali*

\*Email : tarilestari1513@gmail.com

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pemurnian *crude* gliserol dengan menggunakan asam fosfat dan semen putih sebagai adsorben. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam fosfat dan berat semen putih terhadap kemurnian gliserol. Penelitian ini dilakukan dengan cara penambahan asam fosfat pada *crude* gliserol dan di adsorpsi menggunakan semen putih. Parameter kualitas gliserol ditentukan melalui uji kadar gliserol, densitas, dan viskositas serta identifikasi senyawa gliserol menggunakan Kromatografi Gas Spektroskopi Massa. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi asam fosfat 5% dan berat semen putih 5 gram pada pemurnian *crude* gliserol diperoleh kadar kemurnian tertinggi yaitu 84,20%. Beberapa parameter kualitas uji gliserol diperoleh massa jenis gliserol sebesar  $(1,2595 \pm 3,1622 \times 10^{-5})$  g/mL dan viskositas sebesar  $(1,4372 \pm 5,4472 \times 10^{-5})$  Pa.s serta hasil analisis dengan kromatografi Gas Spektroskopi Massa menunjukkan kesamaan pola fragmentasi senyawa sampel dan waktu retensi yang sesuai dengan gliserol standar.

Kata kunci : *Crude* gliserol, adsorpsi, Kromatografi Gas Spektroskopi Massa

### ABSTRACT

The research of purification process of crude glycerol using phosphoric acid and white cement as adsorbent has been carried out. The aim of this research was to study the effect of phosphoric acid concentration and weight of white cement used as adsorbent in the purification process to the purity of glycerol. The research was done by the addition phosphoric acid in crude glycerol followed by adsorption with white cement. Glycerol quality parameters were determined by assesment of glycerol density, viscosity, and by comparing its GC-MS spectra to GC-MS spectra of standard glycerol. The result showed that purification process of glycerol using 5 % phosphoric acid and 5 grams of white cement gave the highest level of glycerol which was 84.20%. The density of purified glycerol obtained in this research was  $1.2595 \pm 3.1622 \times 10^{-5}$  g/mL, the viscosity was  $1.4372 \pm 3.8333 \times 10^{-3}$  Pa.s, and the GC\_MS spectra purified glycerol showed similar fragmentation pattern and retention time with the glycerol standard.

Keywords : Crude glycerol, adsorption, Gas Chromatography Mass Spectroscopy

### PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui sehingga penggunaan secara berlebihan akan menyebabkan terjadinya kelangkaan sumber energi (Maceiras, 2011). Pengembangan energi alternatif diharapkan mampu mengatasi permasalahan tersebut. Salah satunya adalah pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku dalam pembuatan energi

alternatif. Energi alternatif yang dimaksud adalah biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan ketersediaan bahan baku pembuatannya melimpah (Hambali, 2007).

Meningkatnya produksi biodiesel sebagai bahan bakar mengakibatkan meningkatnya jumlah *crude* gliserol sebagai hasil samping (Haryono, 2010). *Crude* gliserol memiliki kemurnian yang rendah sehingga perlu dilakukan proses pemurnian. Pemurnian dapat dilakukan dengan

melalui beberapa tahapan yaitu destilasi, penambahan asam dan proses adsorpsi. Tahap pertama adalah destilasi yang bertujuan menghilangkan metanol yang terdapat dalam *crude* gliserol. Tahap berikutnya adalah penambahan asam. Asam yang digunakan adalah asam fosfat dengan pertimbangan, asam fosfat lebih efektif digunakan dalam menguraikan sabun yang terdapat dalam *crude* gliserol dibandingkan jenis asam lainnya seperti HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Hal tersebut dikarenakan kekuatan asam fosfat lebih lemah dibandingkan jenis asam lain sehingga mampu mengikat lemak lebih tinggi. Selain itu, asam fosfat banyak digunakan dalam industri pangan dalam proses penghilangan *gum* pada minyak goreng (Rahmi, 2006).

Pemurnian dengan penambahan asam belum menghasilkan gliserol dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Proses pemurnian dilanjutkan dengan proses adsorpsi. Pada umumnya, adsorben yang digunakan adalah arang aktif dan bentonit. Pada penelitian ini adsorben yang digunakan adalah semen putih. Kandungan senyawa yang terdapat dalam semen putih adalah Kalsium Oksida (CaO), Besi Oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Silika Oksida (SiO<sub>2</sub>), Aluminium Oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Magnesium Oksida (MgO). Manfaat lain dari semen putih adalah sebagai pemucat warna (Mutia, 2013).

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan variasi konsentrasi asam fosfat dan berat semen putih untuk mengetahui pengaruh terhadap kadar kemurnian gliserol tersebut. Selanjutnya, dilakukan pengujian kualitas gliserol yang dihasilkan meliputi kadar kemurnian, massa jenis, viskositas dan senyawa diidentifikasi dengan GC-MS serta dibandingkan dengan gliserol standar.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain : *crude* gliserol yang diperoleh dari Yayasan Lengis Hijau dan semen putih yang digunakan sebagai adsorben.

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : asam fosfat 85% p.a, gliserol 87% p.a, asam asetat glasial, asam oksalat,

propanol p.a, NaOH 1 N dan 3N, HCl 0,5 N, fenolftalein 1 % dan akuades.

### Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : batang pengaduk, botol semprot, corong gelas, corong pisah, erlenmeyer, gelas beaker, labu ukur, neraca analitik, kertas saring Wharman 42, pH meter, pipet tetes, pipet volum, termometer, *stopwatch*, penangas air, piknometer, viskometer ostwald, buret, klem dan statif, seperangkat alat destilasi dan seperangkat alat kromatografi gas.

### Cara Kerja

#### *Pemurnian Crude Gliserol dari Metanol*

Sebanyak 200 mL *crude* gliserol dan beberapa batu didih dimasukkan ke dalam labu destilasi. Alat dirangkai dengan menghubungkan labu destilasi, kondensor, dan *water bath* sehingga membentuk rangkaian alat destilasi. *Crude* gliserol di destilasi pada suhu 65 – 70°C sampai metanol habis terdestilasi. Diperoleh destilat berupa metanol dan residu berupa *crude* gliserol yang bebas metanol.

#### *Pemurnian Gliserol dengan Penambahan Asam Fosfat*

Sebanyak 100 mL *crude* gliserol yang bebas metanol dimasukkan ke dalam gelas beker dan ditambahkan dengan asam fosfat. Masing – masing *crude* gliserol yang bebas metanol ditambahkan asam fosfat dengan variasi konsentrasi dari konsentrasi 5% sampai dengan konsentrasi 85%, kemudian di aduk dan dimasukkan ke dalam corong pisah. Campuran tersebut akan membentuk 3 lapisan yaitu lapisan atas merupakan asam lemak, lapisan tengah merupakan garam dan lapisan bawah merupakan gliserol. Lapisan bawah ditampung pada gelas beker dan kadar gliserol dianalisis. Penentuan kadar gliserol dengan menggunakan metode acetin. Kadar kemurnian tertinggi dilanjutkan dengan proses adsorpsi.

#### *Pemurnian Gliserol dengan Penambahan Semen Putih*

Disiapkan 5 buah gelas beker. Masing – masing gelas beker dimasukkan 10 mL gliserol. Masing – masing gliserol ditambahkan semen putih dengan berat semen putih yang divariasikan yaitu (1, 2, 3, 4 dan 5) gram. Gliserol diaduk

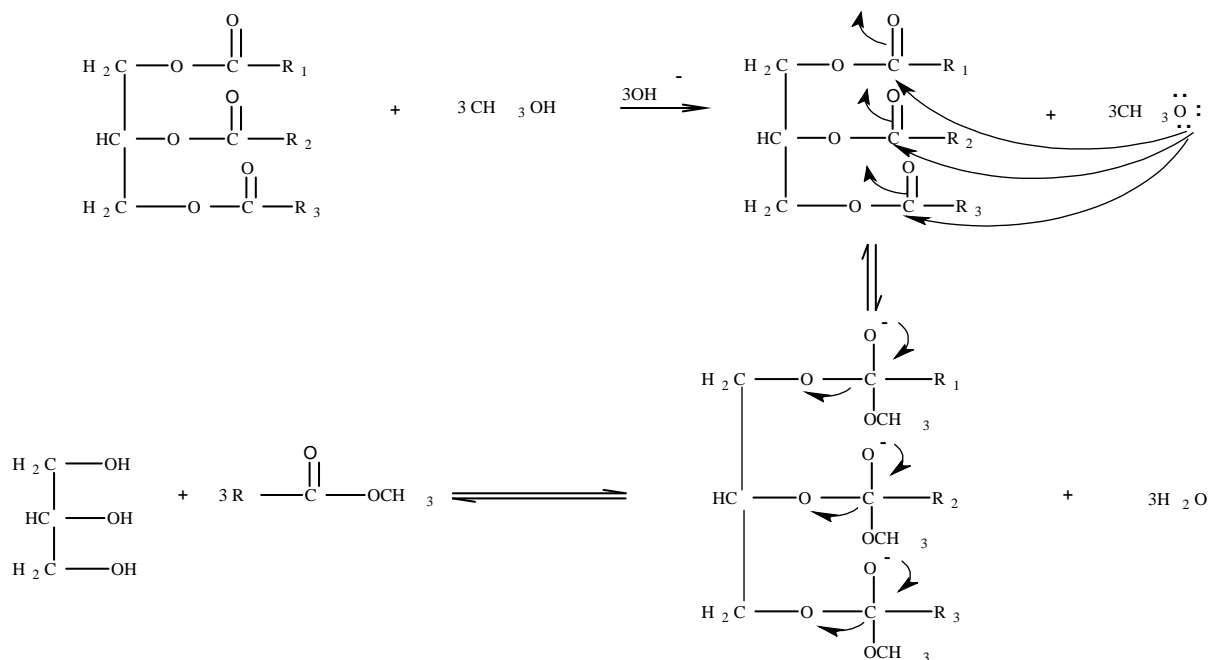
kemudian didiamkan selama 1 jam. Gliserol disaring dan kadar gliserol di analisis kembali dengan menggunakan metode acetin. Setelah di peroleh gliserol dengan kadar kemurnian tetinggi dilanjutkan dengan pengujian kualitas gliserol hasil pemurnian dan dibandingkan dengan gliserol standar. Pengujian kualitas gliserol yang dilakukan meliputi densitas, viskositas dan identifikasi senyawa gliserol dengan GC-MS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemurnian *Crude* Gliserol dari Metanol

*Crude* gliserol yang dihasilkan dari proses transesterifikasi masih mengandung senyawa lain. kandungan senyawa tersebut adalah metanol dan sabun sehingga *crude* gliserol tidak dapat dimanfaatkan. Penghilangan metanol dilakukan dengan cara di destilasi. Dari proses tersebut di peroleh metanol yang terdestilasi sebesar 10% dari volume *crude* gliserol. *Crude* gliserol bebas metanol memiliki warna hitam dengan kadar kemurnian sebesar 13,30%.

### Pemurnian *Crude* Gliserol dengan Penambahan Asam Fosfat

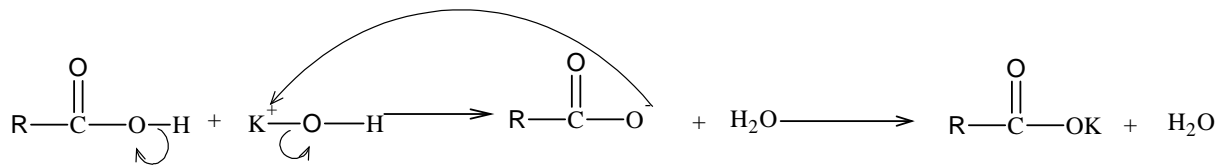


Gambar 1. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi

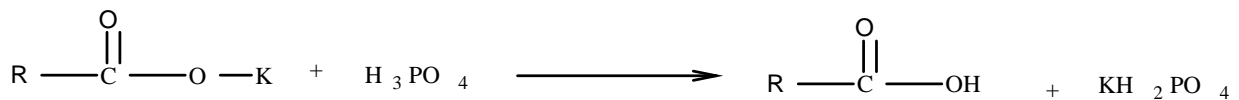
Agar dapat dimanfaatkan maka kadar gliserol perlu ditingkatkan kemurniannya dengan penambahan asam fosfat sampai pada pH 6. Pada pH 6 proses hidrolisis menjadi asam lemak berjalan dengan maksimal (Azis, 2009). Penambahan asam fosfat tersebut bertujuan untuk menguraikan sabun – sabun yang terdapat dalam gliserol. Sabun dalam gliserol akan diubah menjadi asam lemak. Sabun tersebut berasal dari proses pembuatan biodiesel yang melibatkan reaksi transesterifikasi yaitu reaksi antara asam lemak dengan alkohol dan katalis basa (Rahmi, 2006). Adapun mekanisme reaksi yang terjadi dilihat pada Gambar 1.

Pada reaksi transesterifikasi tersebut juga terjadi reaksi saponifikasi yang membentuk sabun. Adapun mekanisme reaksi ditunjukkan pada Gambar 2.

Penambahan asam fosfat pada *crude* gliserol menyebabkan terbentuk tiga lapisan. Lapisan tersebut terdiri dari lapisan atas (asam lemak bebas), lapisan tengah (garam) dan lapisan bawah (gliserol). adapun hasil dan mekanisme reaksi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Mekanisme Reaksi Saponifikasi



Gambar 3. Reaksi pada Proses Penambahan Asam

Tabel 1. Hasil perhitungan kemurnian gliserol rata-rata

Konsentrasi Asam Fosfat (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Kadar Gliserol (%)	77,25	74,79	73,77	69,98	63,44	57,71	55,35	50,04	45,64	33,05	26,91	23,74	21,08	19,54	18,21	17,50	14,22

Variasi konsentrasi asam fosfat yang ditambahkan berpengaruh terhadap kemurnian gliserol. hal tersebut dapat dilihat dari data yang diperoleh pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam fosfat yang di tambahkan maka kadar gliserol yang di peroleh semakin rendah yaitu 14,22% dan kadar kemurnian gliserol tertinggi yaitu pada penambahan asam fosfat 5% dengan kadar kemurnian gliserol sebesar 77,25%. Hal tersebut disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi asam fosfat menyebabkan proses asidifikasi tidak berjalan maksimal sehingga sabun pada *crude* gliserol tidak terurai yang mengakibatkan gliserol tidak dapat dipisahkan dari garam dan asam lemaknya ( Rahmi,2006).

### Pemurnian Gliserol dengan Penambahan Semen Putih

Kadar kemurnian gliserol tertinggi yang di peroleh dilanjutkan pada tahap berikutnya yaitu proses adsorpsi. Adsorben yang digunakan adalah semen putih yang bertujuan sebagai pemucat warna agar gliserol yang di peroleh memiliki warna yang lebih jernih. Semen putih ditambahkan dengan variasi berat semen 1, 2, 3, 4 dan 5 gram.

Adapun data hasil perhitungan kadar kemurnian gliserol setelah proses adsorpsi pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan kemurnian gliserol rata-rata setelah di adsorpsi

Berat semen putih (g)	Kadar gliserol (%)
1	77,72
2	79,91
3	81,04
4	82,75
5	84,20

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin banyak semen putih yang ditambahkan maka kadar gliserol yang di peroleh semakin meningkat yaitu 84,20% sedangkan kadar gliserol terendah pada penambahan semen putih 1 gram 77,72% serta pengaruh terhadap warna, pada penambahan semen putih 1, 2 dan 3 gram tidak terlihat adanya perubahan warna. Hal ini disebabkan jumlah berat semen putih yang terlalu kecil dan kandungan senyawa yang terdapat dalam semen putih dalam jumlah sedikit sehingga proses penyerapan warna tidak berjalan optimal. Pada penambahan semen putih 4 dan 5 gram terdapat sedikit perubahan warna dari warna sebelumnya.

Hal tersebut disebabkan oleh kandungan senyawa yang terdapat pada semen tersebut. Kandungan senyawa yang terdapat pada semen putih adalah Kalsium Oksida (CaO), Besi Oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Aluminium Oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Magnesium Oksida (MgO) dan Silika Oksida (SiO<sub>2</sub>). Kandungan senyawa tersebut juga dimiliki oleh lempung alam (bentonit) sehingga semen putih mampu digunakan sebagai pemucat warna (Mutia, 2013). Daya pemucat pada adsorben disebabkan oleh adanya mineral pada permukaan adsorben yang dapat mengadsorpsi partikel zat warna maupun asam lemak bebas seperti adanya SiO<sub>2</sub> pada adsorben yang memiliki gugus Si-OH (silanol) yang mampu menyerap asam lemak bebas pada gliserol (Yang,

2003). Atom hidrogen pada gugus silanol akan membentuk ikatan hidrogen. Hidrogen dari gugus silanol akan berikatan dengan gugus oksigen-karbonil (-C=O) dari asam lemak bebas. Asam lemak akan teradsorpsi pada permukaan adsorben (Kinanthi, 2008).

### Uji Kualitas Gliserol

#### Massa jenis

Massa jenis merupakan perbandingan massa per satuan volume. Menentukan massa jenis gliserol digunakan piknometer pada pengukuran pada suhu 25°C. Adapun data dan hasil perhitungan massa jenis *crude* gliserol, gliserol hasil pemurnian dan gliserol standar.

Table 3. Data dan hasil perhitungan penentuan massa jenis *crude* gliserol

Ulangan	Massa Piknometer kosong (g)	Massa piknometer + sampel (g)	Volume piknometer (mL)	Massa jenis (g/mL)
1	11,5496	23,0384	10,0	1,1489
2	11,5497	23,0381	10,0	1,1488
3	11,5495	23,0382	10,0	1,1489
Massa jenis rata-rata pada suhu 25 °C				1,1487
Standar Deviasi (SD)				1,2247 x 10 <sup>-4</sup>

Table 4. Data dan hasil perhitungan penentuan massa jenis gliserol pemurnian

Ulangan	Massa Piknometer kosong (g)	Massa piknometer + sampel (g)	Volume piknometer (mL)	Massa Jenis (g/mL)
1	11,5496	24,1452	10,0	1,2596
2	11,5498	24,1451	10,0	1,2594
3	11,5496	24,1451	10,0	1,2595
Massa jenis rata-rata pada suhu 25 °C				1,2595
Standar Deviasi (SD)				3,1622 x 10 <sup>-5</sup>

Table 5. Data dan hasil perhitungan penentuan massa jenis gliserol standar

Ulangan	Massa Piknometer kosong (g)	Massa piknometer + sampel (g)	Volume piknometer (mL)	Massa Jenis (g/mL)
1	11,5496	24,1652	10,0	1,2615
2	11,5497	24,1652	10,0	1,2615
3	11,5496	24,1653	10,0	1,2616
Massa jenis rata-rata pada suhu 25°C				1,2615
Standar deviasi				1,2903 x 10 <sup>-5</sup>

Berdasarkan Tabel 3, 4, dan 5 diperoleh massa jenis *crude* gliserol sebesar  $1,1487 \pm 1,2247 \times 10^{-4}$  g/mL menunjukkan bahwa massa jenisnya lebih kecil dibandingkan gliserol yang telah dimurnikan yaitu  $1,2595 \pm 3,1622 \times 10^{-5}$  g/mL. Hal ini disebabkan pada *crude* gliserol mengandung air dan metanol. Air dan metanol memiliki massa jenis yang lebih kecil dibandingkan massa jenis gliserol. Adanya zat lain seperti air dan metanol dalam *crude* gliserol mengakibatkan massa jenis *crude* gliserol sangat rendah karena *crude* gliserol semakin encer (Bird,1987). Massa Jenis gliserol hasil pemurnian mendekati dengan gliserol standar yaitu  $1,2615 \pm 1,2903 \times 10^{-5}$ .

### Viskositas

Air dan metanol sangat berpengaruh terhadap viskositas gliserol. air dan metanol memiliki viskositas yang relatif kecil daripada viskositas gliserol. Adanya metanol dan air mengakibatkan gliserol semakin encer dan waktu alirnya semakin cepat sehingga mengakibatkan viskositas yang diperoleh lebih kecil (Bird,1987). Viskositas *crude* gliserol yang diperoleh lebih kecil dibandingkan gliserol hasil pemurnian dan gliserol standar yaitu  $1,2449 \pm 4,2842 \times 10^{-3}$  Pa.s. Viskositas gliserol hasil pemurnian yang diperoleh adalah  $1,4372 \pm 5,4472 \times 10^{-5}$  Pa.s. Viskositas gliserol hasil pemurnian mendekati dengan gliserol standar yaitu  $1,4691 \pm 3,8333 \times 10^{-3}$  Pa.s. Adapun data hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 6, 7, dan 8.

Table 6. Data dan hasil perhitungan penentuan viskositas *crude* gliserol

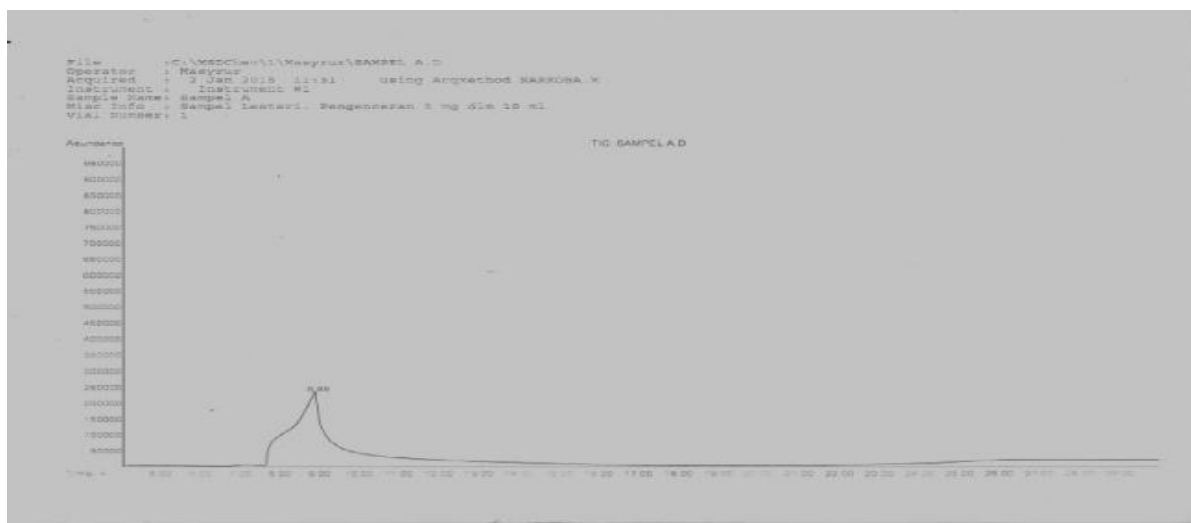
Ulangan	Waktu alir pembeding (air) (detik)	Waktu alir <i>crude</i> gliserol (detik)	Viskositas <i>crude</i> gliserol
1	22,18	3725	1,2431
2	22,20	3715	1,2386
3	22,21	3760	1,2531
Viskositas rata-rata			1,2449
Standar Deviasi (SD)			$4,2842 \times 10^{-3}$

Table 7. Data dan hasil perhitungan penentuan viskositas gliserol hasil pemurnian

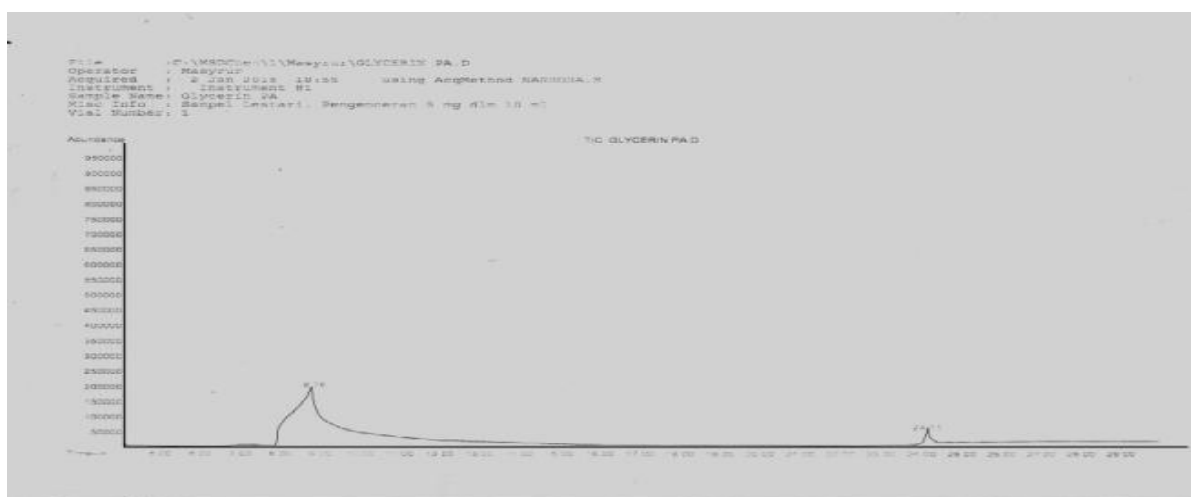
Ulangan	Waktu alir pembeding (air) (detik)	Waktu alir gliserol (detik)	Viskositas gliserol
1	22,18	3925	1,4373
2	22,20	3928	1,4371
3	22,21	3930	1,4372
Viskositas rata-rata			1,4372
Standar Deviasi (SD)			$5,4472 \times 10^{-5}$

Table 8. Data dan hasil perhitungan penentuan viskositas gliserol standar

Ulangan	Waktu alir pembeding (air) (detik)	Waktu alir gliserol (detik)	Viskositas gliserol
1	22,18	3985	1,4616
2	22,20	4015	1,4713
3	22,21	4025	1,4743
Viskositas rata-rata			1,4691
Standar Deviasi (SD)			$3,8333 \times 10^{-3}$



Gambar 7. Kromatogram Gliserol Hasil pemurnian



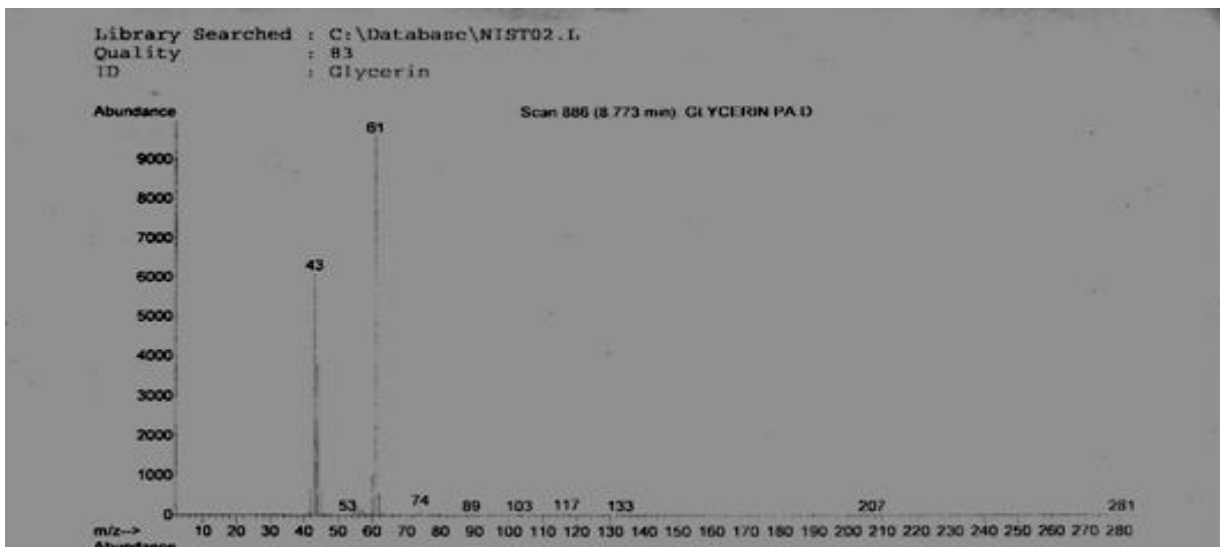
Gambar 8. Kromatogram Gliserol Standar

### Identifikasi senyawa dengan GC-MS

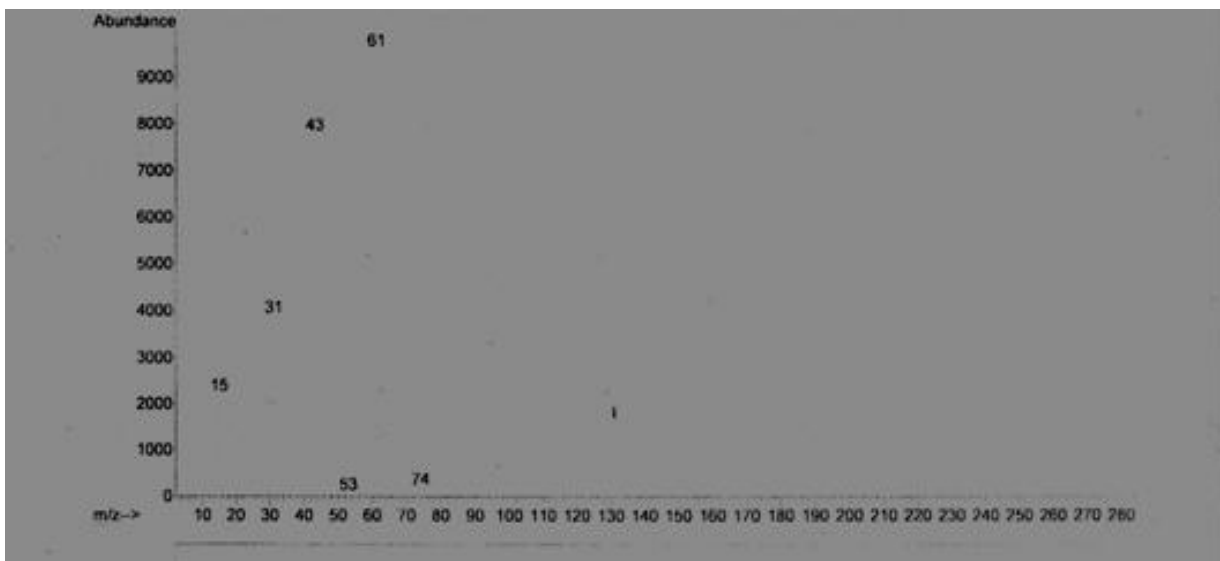
Kromatogram yang di peroleh menunjukkan kesamaan antara sampel dengan gliserol standar dengan waktu retensi yang mendekati gliserol standar yaitu 8,89 menit dan 8,78 menit. Adapun hasil analisis dengan GC-MS dari gliserol hasil pemurnian dan gliserol standar ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.

Analisis GC-MS dilakukan untuk memastikan kembali bahwa senyawa hasil pemurnian yang dilakukan merupakan senyawa

gliserol. Hasil analisis tersebut tidak menunjukkan adanya  $M^+$  pada spektra. Hal ini disebabkan, alkohol merupakan senyawa yang memberikan puncak ion amat lemah dan mudah melepas molekul  $H_2O$  (Silverstein,1981). Hasil analisis kromatogram dengan menggunakan spektroskopi massa menghasilkan pola fragmentasi yang identik dengan spektra massa gliserol standar yang menunjukkan puncak dasar berada pada  $m/z$  61. Pola fragmentasi yang identik tersebut dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



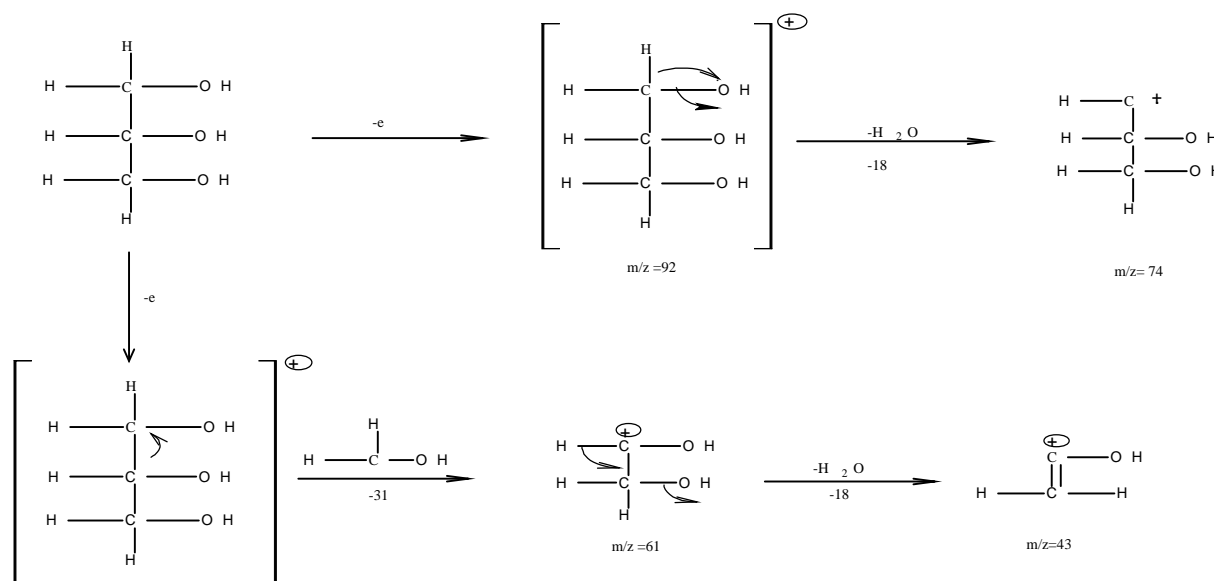
Gambar 9. Spektrum Senyawa Gliserol Hasil Pemurnian



Gambar 10. Spektrum Gliserol Standar

Pendekatan struktur ini dikonfirmasi dengan pola pemenggalan yang terjadi pada senyawa gliserol seperti dipaparkan sebagai Gambar 11.





Gambar 11. Fragmentasi Senyawa Gliserol dengan database NIST (<http://webbook.nist.gov/chemistry>)

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Kadar kemurnian gliserol dipengaruhi oleh konsentrasi asam fosfat dan berat semen putih. Kadar kemurnian gliserol tertinggi diperoleh sebesar 84,20% dengan penggunaan asam fosfat 5% dan berat semen putih 5 gram dengan kualitas pengujian gliserol yang meliputi densitas sebesar  $(1,2595 \pm 3,1622 \times 10^{-5})$  g/mL, viskositas sebesar  $(1,4372 \pm 5,4472 \times 10^{-5})$  Pa.s.

### Saran

Gliserol hasil pemurnian masih memiliki hasil samping berupa garam fosfat dan asam lemak bebas maka perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap pemanfaatan hasil samping gliserol hasil pemurnian serta perlu dilakukan optimasi konsentrasi asam fosfat dan berat semen putih untuk mendapatkan kadar kemurnian gliserol yang tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Pua Muhammad Saleh dan Bapak Tri Hermawan selaku Direktur dan Manajer Yayasan Lengis Hijau yang telah membantu memfasilitasi dalam penelitian serta terima kasih kepada Bapak Dr. Drs. Manuntun Manurung, M.S., Ibu Dr. Dra. Ni Made Suaniti, M.Si dan Ibu Sri Rahayu Santi, S.Si., M.Si yang telah memberikan saran-saran dalam penulisan sehingga dapat terselesaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azis, I., Nurhayati, S., dan Luthfiana, F., 2008, Pemurnian Gliserol dari Hasil Samping Pembuatan Biodiesel Menggunakan Bahan Baku Minyak Goreng Bekas, *Tesis*, Program Studi Kimia dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta

- Bird, T., 1994, Kimia Fisik untuk Universitas, Gramedia Pustaka, Jakarta
- Hambali, Erliza., 2007, Jarak Pagar: Tanaman Penghasil Biodiesel, Penebar Swadaya, Bogor
- Haryono, S., 2010, Pengolahan Minyak Goreng Kelapa Sawit Bekas menjadi Biodiesel, studi kasus : Minyak Goreng Bekas dari KFC Dago Bandung, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, Bandung, 1-5
- Kinanthi, A., 2008, Pengaruh Perlakuan Awal Sekam Padi dan Ampas Tebu sebagai Adsorben untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Goreng Bekas, AKIN, Semarang
- Mutia, Y., Evi, A., dan Susila, A.R., 2013, Pengaruh Kandungan CaO dari Jenis Adsorben Semen terhadap Kemurnian Gliserol, *Jurnal Teknik Kimia*, 19 (2) : 33-42
- Nist., 2011, Gliserol, <http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=glycerol&Units=SI&cMS=on#Mass-Spec>, 24 Desember 2014
- Silverstein, D.F., Atkins, P.W., and Morrill, T.C., 1981, *Penyelidikan Spektrometri Senyawa Organik*, 4<sup>th</sup> ed., a.b. Hartomo. A.J., Anny, V.C., Erlangga, Jakarta
- Maceiras, R., Vega, M., Costa, C., Ramos, P., and Marquez, M.C., 2011, Enzyme Deactivation during Biodiesel Production, *J.Chem. Eng.*, 166 : 358-361
- Rahmi, U., 2006, Pengaruh JenisAsam dan pH pada Pemurnian Residu Gliserol dari Hasil Samping Produksi Biodiesel, *Skripsi*, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Yang, T.R., 2003, *Adsorbents Fundamentals and Applications*, John Wiley and Sons Inc., USA