

PEMBUATAN PUPUK POTASSIUM DARI PROSES PEMURNIAN GLISEROL HASIL SAMPING INDUSTRI BODIESEL

Dwi Setyaningsih, Erliza Hambali dan Obie Farobie*

*Surfactant and Bioenergy Research Centre (SBRC), LPPM – IPB,
e-mail: info.sbrc@gmail.com; info@sbrc-ipb.com

ABSTRAK

Perkembangan industri biodiesel di Indonesia yang semakin pesat akan menyebabkan melimpahnya produk samping berupa gliserol, yaitu sebesar 10% dari biodiesel yang dihasilkan. Pada tahun 2009, gliserol yang dihasilkan oleh industri biodiesel Indonesia diperkirakan mencapai 72 juta liter per tahun dan menjadi tidak bernilai jual. Konversi gliserol menjadi produk lain perlu dilakukan untuk menghindari timbulnya masalah lingkungan akibat buangan gliserol, selain juga meningkatkan efisiensi industri biodiesel. Pupuk kalium merupakan salah satu produk yang bermanfaat yang diperoleh dari limbah pemurnian gliserol kasar.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pembuatan pupuk kalium dari limbah pemurnian gliserol kasar sebagai hasil samping pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini pupuk kalium diperoleh dengan cara mereaksikan larutan hasil samping pemurnian gliserol dengan asam sulfat. Analisis yang dilakukan di antaranya adalah penentuan kandungan kalium dengan AAS dan titik leleh.

A. Latar Belakang

Gliserol merupakan senyawa penyusun minyak atau lemak nabati dan hewani. Gliserol dihasilkan sebagai produk samping pembuatan sabun melalui saponifikasi minyak atau lemak (Kern 1966). Gliserol juga merupakan hasil samping pembuatan biodiesel yang berasal dari reaksi minyak nabati dengan alkohol. Perkembangan industri biodiesel di Indonesia yang semakin pesat akan menyebabkan melimpahnya produk samping berupa gliserol. Menurut Tyson (2003), peningkatan produksi biodiesel dapat meningkatkan produksi gliserol sebesar 114%. Di tahun 2010, harga gliserol dapat turun dari \$ 0.5/lb menjadi \$ 0.35/lb. Penurunan harga dan peningkatan jumlah produksi tersebut akan menjadikan gliserol sebagai bahan kimia dasar yang penting.

Konversi gliserol menjadi produk lain perlu dilakukan untuk menghindari timbulnya masalah lingkungan akibat buangan gliserol, selain juga meningkatkan efisiensi industri biodiesel. Pupuk potasium merupakan salah satu produk yang bermanfaat yang diperoleh dari limbah pemurnian gliserol kasar. Dengan penambahan asam sulfat, gliserol kasar akan berubah menjadi gliserol murni dan dihasilkan limbah. Limbah pemurnian ini yang akhirnya dapat dimanfaatkan sebagai pupuk potasium.

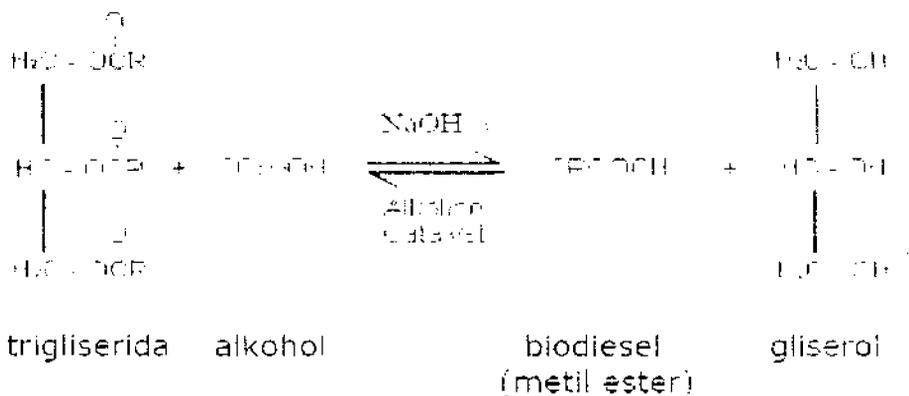
Tujuan penelitian ini adalah melakukan pembuatan pupuk potasium dari limbah pemurnian gliserol kasar sebagai hasil samping pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini pupuk potasium dibuat dengan cara mereaksikan larutan hasil samping pemurnian gliserol dengan asam sulfat. Analisis yang dilakukan di antaranya adalah penentuan kandungan potasium, titik leleh dan kadar abu.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Biodiesel

Biodiesel dari minyak nabati dapat dihasilkan melalui proses transesterifikasi trigliserida dari minyak jarak. Transesterifikasi adalah penggantian gugus alkohol dari ester dengan alkohol lain dalam suatu proses yang menyerupai hidrolisis. Namun, berbeda dengan hidrolisis, pada proses transesterifikasi bahan yang digunakan bukan air melainkan alkohol. Umumnya, katalis yang digunakan adalah NaOH atau KOH.

Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan. Untuk mendorong reaksi agar bergerak ke kanan sehingga dihasilkan metil ester (biodiesel) digunakan alkohol dalam jumlah berlebih atau salah satu produk yang dihasilkan harus dipisahkan. Pada Gambar 1 disajikan reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan metil ester (biodiesel).



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel

Pada proses transesterifikasi selain menghasilkan biodiesel, hasil sampingnya adalah gliserol. Gliserol yang dihasilkan masih merupakan gliserol kasar. Gliserol kasar ini dapat dimurnikan menggunakan H₂SO₄ pekat sampai pH larutan mencapai 5-4,5. Hasil pemurnian ini diperoleh limbah yang kaya akan potasium sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat pupuk.

2. Gliserol

Gliserol (1,2,3-propanatriol) atau disebut juga gliserin merupakan senyawa alkohol trihidrat dengan rumus bangun $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$. Gliserol berwujud cairan jernih, higroskopis, kental, dan terasa manis. Gliserol terdapat pada susunan minyak dan lemak nabati maupun hewani namun jarang ditemukan dalam bentuk tersendiri. Gliserol menyusun minyak dan lemak setelah berkombinasi dengan asam lemak seperti asam stearat, asam oleat, asam palmitat, dan asam laurat (Kem 1966). Sifat fisik gliserol terdapat pada Tabel 1.

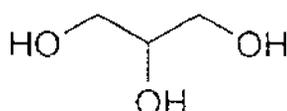
Tabel 1. Sifat-sifat Gliserol

Sifat	Nilai
Bobot molekul	92,09382 g/mol
Viskositas pada suhu 20°C	1499 cP
Panas spesifik pada suhu 26° C	0,5795 kal/ g
Densitas	1,261 g/cm ³
Titik leleh	18°C
Titik didih	290°C

Sumber (Kem, 1966)

Gliserol dari trigliserida dapat diperoleh dari dua sumber. Pertama, gliserol dihasilkan dari pembuatan sabun. Minyak atau lemak direaksikan dengan soda kaustik dalam sehingga menghasilkan garam sabun dan gliserol. Kedua, minyak atau lemak dihidrolisis tanpa penambahan alkali (Kem 1966). Gliserol juga dihasilkan dari proses pembuatan biodiesel. Pada reaksi transesterifikasi minyak nabati, trigliserida bereaksi dengan alkohol dengan adanya asam atau basa kuat. Produk yang dihasilkan adalah metil ester sebagai biodiesel dan gliserol sebagai produk samping (Schuchardt *et al.* 1998). Dari 100% biodiesel hasil transesterifikasi, rendemen gliserol yang dihasilkan sebanyak 10% (Bondioli 2003).

Gliserol memiliki banyak kegunaan, di antaranya sebagai emulsifier, agen pelembut, *plasticizer*, *stabilizer* es krim, pelembab kulit, pasta gigi, dan obat batuk; sebagai media pencegah reaksi pembekuan sel darah merah, sperma, kornea, dan jaringan lainnya; sebagai tinta printing dan bahan aditif pada industri pelapis dan cat; sebagai bahan antibeku, sumber nutrisi dalam proses fermentasi, dan bahan baku untuk nitogliserin. Rumus struktur gliserol dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Gliserol (Solvay, 2001)

Pupuk

Dalam arti luas yang dimaksud dengan pupuk adalah suatu bahan yang dapat mengubah sifat fisis, kimia, atau biologi tanah sehingga menjadi baik bagi pertumbuhan tanaman. Dalam pengertian yang khusus, pupuk ialah suatu bahan yang mengandung satu atau lebih hara tanaman. Dengan pengertian ini, dari kegiatan yang disebutkan di atas hanya urea yang dianggap pupuk karena bahan tersebut yang mengandung hara tanaman, yaitu nitrogen.

Bahan pupuk selain mengandung hara tanaman, umumnya mengandung bahan lain, yaitu:

1. Zat pembawa atau karier (*carrier*). Double superfosfat (DS): zat pembawanya adalah CaSO_4 dan hara tanamannya fosfor (P).
2. Senyawa-senyawa lain berupa kotoran (*impurities*) atau campuran bahan lain dalam jumlah relatif sedikit. Misalnya ZA (*zwavelzuure amoniak*) sering mengandung kotoran sekitar 3% berupa klor, asam sulfat (H_2SO_4) dan sebagainya.
3. Bahan mantel (*coated*) ialah bahan yang melapisi pupuk supaya pupuk mempunyai nilai lebih baik misalnya kelarutannya berkurang, nilai higroskopisnya menjadi lebih rendah, dan agar lebih menarik. Bahan yang digunakan untuk selaput berupa aspal, lilin, malam, wax dan sebagainya. Pupuk yang bermantel harganya lebih mahal dibandingkan tanpa mantel.
4. *Filler* (pengisi). Pupuk majemuk atau pupuk campur yang kadarnya tinggi sering diberi *filler* agar *ratio fertilizer* nya dapat tepat sesuai dengan yang diinginkan, juga dengan maksud agar mudah disebar lebih merata.

Dalam praktik, perlu diketahui istilah-istilah khusus yang sering digunakan dalam pupuk antara lain ialah:

Mutu pupuk atau *grade fertilizer* artinya angka yang menunjukkan kadar hara tanaman utama (N,P, dan K) yang dikandung oleh pupuk yang dinyatakan dalam persen N total, P_2O_5 dan K_2O . Misalnya pupuk Rustika Yellow 15-10-12 berarti kadar N 15%, P_2O_5 10% dan K_2O 12%.

Perbandingan pupuk atau *ratio fertilizer* ialah perbandingan unsur N,P dan K yang dinyatakan dalam N total, P_2O_5 dan K_2O merupakan

penyederhanaan dari *grade fertilizer*. Misalnya grade fertilizer 16-12-20 berarti ratio fertilizernya 4:3:5.

- c. *Mixed fertilizer* atau pupuk campuk ialah pupuk yang berasal dari berbagai pupuk yang kemudian dicampur oleh pemakainya. Misalnya pupuk Urea, TSP, dan KCl dicampur menjadi satu dengan perbandingan tertentu sesuai dengan mutu yang diinginkan. Hal ini berbeda dengan pupuk majemuk, yaitu pupuk yang mempunyai dua atau lebih hara tanaman dibuat langsung dari pabriknya.

Pupuk dapat dibedakan berdasarkan bahan asal, senyawa, fase, cara penggunaan, reaksi fisiologi, jumlah dan macam hara yang dikandungnya.

Berdasarkan macam hara tanaman dibedakan:

- a. Pupuk makro ialah pupuk yang mengandung hanya hara makro saja: NPK, nitrophoska, gandasil.
- b. Pupuk mikro ialah pupuk yang hanya mengandung hara mikro saja misalnya: mikrovet, mikroplek, metalik.
- c. Campuran makro dan mikro misalnya pupuk gandasil, bayfolan, rustika. Sering juga ke dalam pupuk campur makro dan mikro ditambahkan juga zat pengatur tumbuh (hormon tumbuh).

4. Pupuk Potassium

Potasium (K) memainkan beberapa peranan di dalam tanaman dari pada nutrien lain. Potasium tidak menjadi bagian langsung pada struktur tanaman tetapi bertindak sebagai pengatur keseimbangan air, peredaran nutrisi dan gula dalam jaringan tanaman, sintesis protein dan pati serta mengatur fiksasi nitrogen. Gejala yang timbul apabila tanaman kekurangan unsur K meliputi pertumbuhan lambat, perkembangan sistem perakaran kurang baik dan batang menjadi lemah, hasil panen (*yield*) rendah, biji atau buah menjadi layu, mudah terserang penyakit dan tidak tahan pada musim dingin, penggunaan air kurang efisien dan pengikatan N berkurang (SSFC, 2006)

Pupuk potasium yang paling banyak digunakan dalam praktek jika dibandingkan dengan pupuk-pupuk K yang lain adalah pupuk kalium atau potasium klorida karena harganya relatif murah. Pupuk potasium klorida atau "Muriate of potash (MOP)" adalah pupuk tunggal dengan unsur hara

kalium, berbentuk serbuk, butiran dengan rumus kimia KCl. Syarat mutu pupuk potassium klorida, yaitu kadar potassium sebagai K₂O minimum sebesar 60% dan kadar air maksimum 0,5% (SNI 1992).

Apabila dibandingkan maka harga pupuk potasium sulfat lebih mahal dari pada pupuk muriate (KCl). Perkembangan harga pupuk potasium dari tahun 2001-2003 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perkembangan harga pupuk potasium di dunia.

Pupuk	Harga (US\$/ton)		
	2000	2001	2002
Urea	-	463	-
Ammonium sulphate	58	63	56
Ammonium nitrate	40	-	-
Calcium nitrate	100	116	106
Potassium sulphate	167	167	177

Sumber : Malr, 2003

Pupuk potassium sulfat (K₂SO₄) banyak digunakan baik untuk perkebunan maupun petani kecil. Harganya lebih mahal jika dibandingkan dengan pupuk muriate. Kadar K₂O sekitar 48-50%. relatif mengandung Cl sedikit lebih kurang hanya 2.5%. McKenzie (2000) menambahkan potasium sulfat merupakan pupuk potasium yang penting bagi area yang membutuhkan nutrien K sekaligus S. Potasium sulfat (K₂SO₄) merupakan pupuk rendah klorida (Cl) yang paling populer di dunia yang menyediakan nutrien dalam konsentrasi tinggi bagi tanaman.

Unsur S merupakan makro nutrien keempat bagi tanaman selain N, P dan K. Amonium sulfat, *single superphosphate* (SSP) dan potasium sulfat (K₂SO₄) merupakan jenis pupuk yang banyak tersedia di dunia sebagai sumber S. Setiap tahunnya sekitar 75% dari 10 juta ton produksi sulfur digunakan sebagai pupuk. Kebanyakan pupuk sulfat berasal dari anion SO₄²⁻ (Messick dan Brey, 2002).

Pupuk ZK dapat dibuat dari garam kompleks K₂SO₄.2MgSO₄. Garam kompleks ini dilarutkan dalam air kemudian diberi KCl. Reaksinya:



K₂SO₄ akan mengendap dan untuk memisahkannya maka MgCl₂ didekantasi. Pupuk ini sejak lama banyak digunakan di Indonesia. Untuk

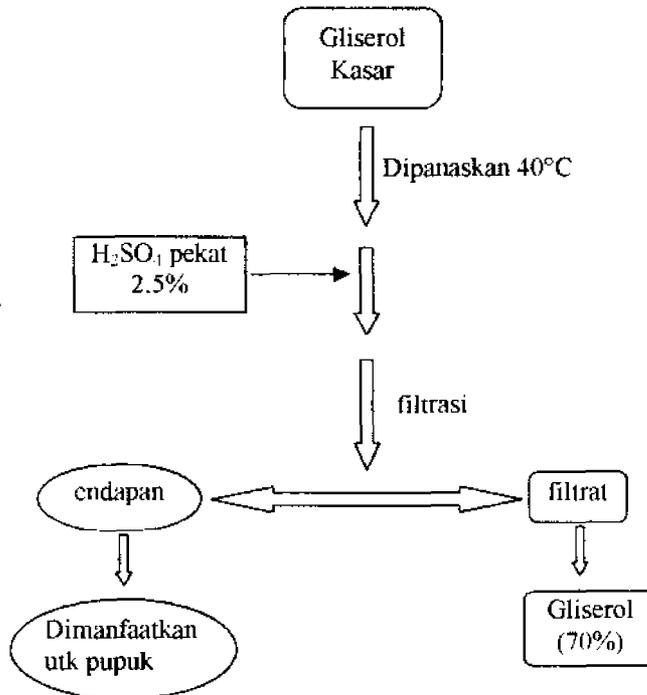
tanaman serat misalnya rami, rosella, dan kapas, pemupukan K mengakibatkan kualitas seratnya lebih tinggi.

Menurut Messick dan Brey (2002), potasium sulfat (K_2SO_4) dapat diproduksi dengan cara mendekomposisi potasium klorida (KCl) menggunakan asam sulfat (H_2SO_4), hidrogen klorida yang terbentuk dievaporasi dan dapat digunakan untuk memproduksi asam hidroklorida. Metode tersebut dikenal sebagai proses Mannheim. Mereka juga menyatakan bahwa pupuk potasium sulfat dapat digunakan sebagai sumber K bagi tanaman yang rentan terhadap tingginya kandungan klorida. Kondisi ini menyebabkan terjadinya persaingan dengan potasium nitrat sebagai pupuk sumber K bebas klorida. Walaupun demikian, potasium sulfat lebih disukai karena tanaman selain membutuhkan K juga membutuhkan S sebagai makro nutrien.

C. METODOLOGI

Alat yang digunakan meliputi hotplate, termometer, gelas piala, pompa vakum, dan corong pemisah. Bahan yang digunakan adalah gliserol hasil samping pembuatan biodiesel dari minyak jarak, H_2SO_4 pekat, akuades, dan etanol 96%.

Pembuatan pupuk kalium dilakukan dengan memanaskan sejumlah gliserol pada suhu $40^\circ C$. Setelah itu, ditambahkan H_2SO_4 pekat sebanyak 2,5% (v/v) sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Larutan yang terbentuk kemudian didiamkan selama 30 menit. Setelah 30 menit, endapan yang terbentuk dipisahkan dari filtratnya dengan pompa vakum. Endapan yang terbentuk ditambahkan air (5:1) untuk memisahkan larutan garam dari sisa gliserol yang tidak bereaksi. Larutan garam kemudian diuapkan di atas hot plate sampai terbentuk kristal. Kristal yang terbentuk kemudian disaring dengan penyaring vakum sambil dicuci dengan etanol 96% sehingga terbentuk kristal K_2SO_4 mumi. Diagram alir pembuatan pupuk kalium sulfat disajikan pada Gambar 3. dan Gambar 4.



Gambar 3. Pembuatan pupuk potassium (Tahap 1 Pemisahan)

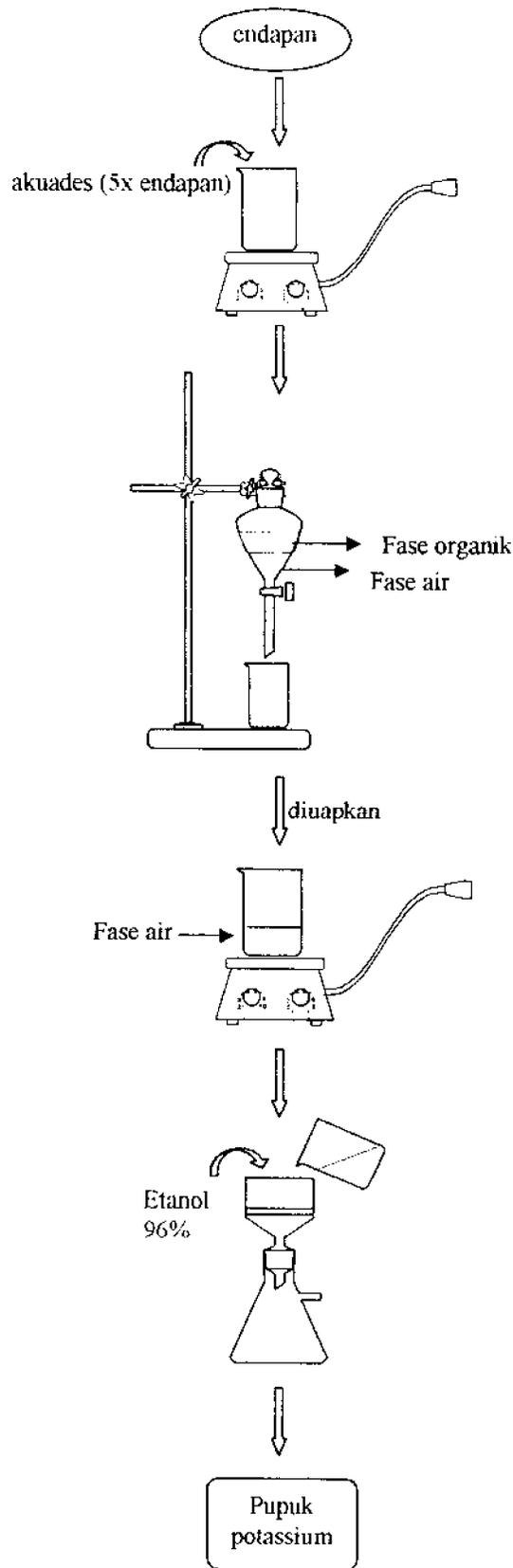
D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan Pupuk Potassium Sulfat dari Gliserol Kasar

Gliserol kasar yang digunakan dalam pembuatan pupuk potassium sulfat ini adalah hasil samping pembuatan biodiesel jarak pagar dengan menggunakan katalis KOH. Katalis KOH dipilih karena lebih murah dibanding NaOH, hasil samping yang berupa gliserol kasar berbentuk cair sehingga lebih mudah penanganannya, dan sisa KOH dapat dimanfaatkan untuk membuat pupuk. Gliserol kasar ini berbentuk cair dan berwarna coklat kemerahan (Gambar 5).

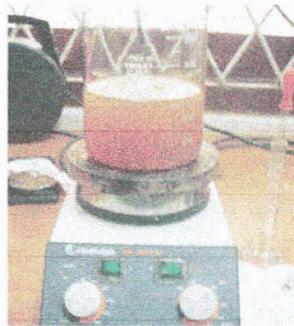


Gambar 5. Gliserol kasar dari jarak pagar



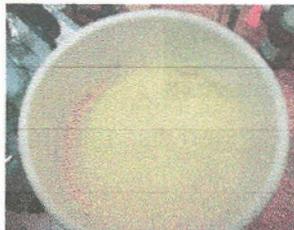
Gambar 4. Pembuatan pupuk potassium (Tahap 2 Pemurnian pupuk)

Penambahan H_2SO_4 pekat ke dalam gliserol kasar dilakukan tetes demi tetes karena larutan yang terbentuk bersifat eksoterm. Larutan yang terbentuk setelah ditambahkan H_2SO_4 pekat semakin menguning dan terbentuk endapan (Gambar 6). Endapan tersebut merupakan endapan K_2SO_4 . Hal ini dikarenakan sisa KOH yang terdapat dalam gliserol kasar bereaksi dengan H_2SO_4 berdasarkan persamaan reaksi sebagai berikut:



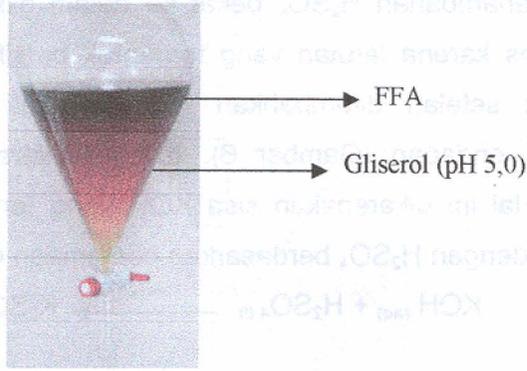
Gambar 6. Gliserol kasar setelah ditambah H_2SO_4

Endapan kemudian dipisahkan dari larutan dengan penyaring vakum. Endapan yang terbentuk masih berwarna kuning (Gambar 7). Hal ini dikarenakan masih ada sisa gliserol dan asam lemak bebas yang tidak bereaksi.



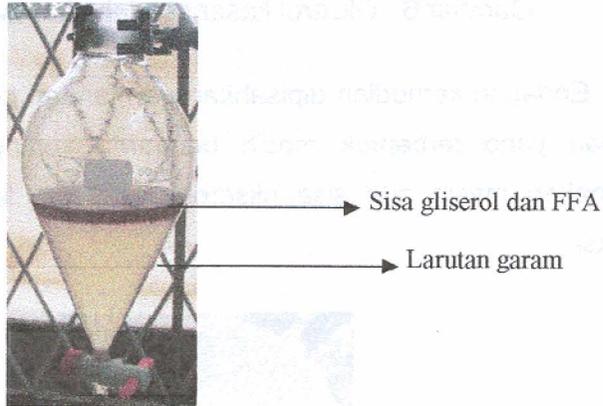
Gambar 7. pupuk K_2SO_4 sebelum dimurnikan.

Hasil pemisahan endapan ini dihasilkan filtrat dengan dua lapisan. Lapisan atas adalah sisa asam lemak bebas (FFA) sedangkan lapisan bawah adalah gliserol dengan pH 5,0 (Gambar 8). Gliserol yang dihasilkan ini dapat dimurnikan hingga mencapai konsentrasai 70%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada proses pembuatan pupuk ini juga dapat dilakukan tahap pemurnian gliserol.



Gambar 8. Filtrat hasil pemisahan pupuk

Endapan yang terbentuk dari hasil pemisahan larutan masih berwarna kuning dan mengandung sisa gliserol dan asam lemak bebas. Pupuk K_2SO_4 dipisahkan dari sisa gliserol dan asam lemak bebas dengan menambahkan air. K_2SO_4 larut dalam air sedangkan sisa asam lemak bebas dan gliserol tidak. Larutan yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 9.



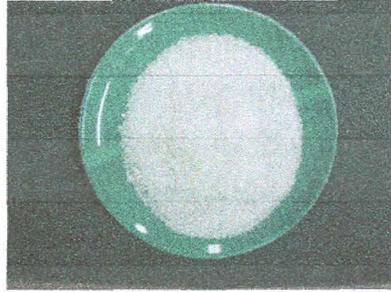
Gambar 9. Larutan garam dengan sisa gliserol dan asam lemak bebas.

Larutan garam yang terbentuk diuapkan di atas hotplate sampai jenuh. Setelah jenuh larutan didinginkan pada suhu ruang lalu dilanjutkan dengan pendinginan dalam penangas es. Setelah dingin, larutan garam akan mengkristal membentuk pupuk K_2SO_4 (Gambar 10).



Gambar 10. Pupuk K_2SO_4 sebelum divakum.

Pupuk K_2SO_4 yang dihasilkan masih mengandung air sehingga perlu dikeringkan menggunakan pompa vakum. Pada saat dikeringkan dengan pompa vakum, perlu ditambahkan etanol 96%. Fungsi penambahan etanol 96% adalah supaya pupuk K_2SO_4 cepat mengering. Pupuk K_2SO_4 hasil pemurnian dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Pupuk K_2SO_4 hasil pemurnian

Semua bahan pada industri pembuatan biodiesel dapat bermanfaat. Hasil transesterifikasi minyak jarak pagar diperoleh biodiesel kasar sebanyak 96% dan gliserol kasar 20%. Biodiesel kasar ini dapat dimurnikan dengan pencucian menggunakan air hangat sebanyak tiga kali sehingga diperoleh biodiesel murni sebesar 85%. Gliserol kasar dimurnikan dengan penambahan asam sulfat dan dihasilkan 60% gliserol dan 8,6% pupuk kalium kasar. Pupuk kalium kasar selanjutnya dimurnikan dan diperoleh rendemen sebesar 2,8%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan cara ini sebanyak kira-kira 18% dari kalium yang ditambahkan pada produksi biodiesel dapat diperoleh kembali. Hasil ini masih relatif rendah sehingga masih dimungkinkan untuk perbaikan proses sehingga diperoleh recovery yang lebih tinggi.

Menurut Ghosh, *et al.* (2006), pembuatan pupuk potasium dapat dilakukan dengan cara merecovery sisa katalis (KOH) yang digunakan pada saat pembuatan biodiesel. Potasium sulfat dapat dimanfaatkan sebagai pupuk sumber K bagi tanaman yang sifatnya non klorida. Proses pembuatan potasium sulfat dilakukan dengan cara memisahkan KOH yang tercampur dalam gliserol dengan menambahkan SO_x sehingga menjadi potasium sulfat. Proses *recovery* KOH menjadi potasium sulfat dapat dilakukan dengan cara menambahkan 1,315 kg H_2SO_4 98% ke dalam 37 kg *crude* gliserol yang mengandung 1,69 kg KOH pada suatu vesel yang diaduk pada suhu ruang selama 5 menit. Padatan kristal yang terbentuk dipisahkan dengan cara

filtrasi. Padatan kristalnya kemudian dicuci dengan 4,5 kg metanol dan dikeringkan pada suhu 100°C selama satu jam. Potasium sulfat yang diperoleh sebanyak 2,48 kg dengan kandungan K₂O sebesar 47,3%.

Ghosh, *et al.* (2006) juga melakukan pembuatan potasium sulfat dengan cara mengalirkan gas SO₃ (*bubbling system*) untuk menetralkan 2,5 *crude* gliserol yang mengandung 101,3 g KOH. Padatan kristal yang diperoleh difiltrasi, dicuci dan dikeringkan sehingga diperoleh 147,2 g potasium sulfat.

Grazmil dan Kic (2005) melakukan pembuatan potasium sulfat dengan cara mengkonversi sodium sulfat (Na₂SO₄) dengan potasium klorida (KCl) dalam suatu larutan dengan suhu 20-25°C. Bahan mentah berupa sodium sulfat yang digunakan merupakan hasil samping dari sintesis trimetilol propana. Rasio mol $n(\text{KCl}) : n(\text{Na}_2\text{SO}_4) \geq 6$ dan $n(\text{K}_2\text{SO}_4) : n(\text{NaCl}) \geq 1$. Potasium sulfat yang dihasilkan mengandung 96 % (b/b) K₂SO₄, 0.5 % (b/b) Cl⁻ dan 0.2 % (b/b)Na⁺.

2. Karakteristik pupuk potasium

Hasil pengujian pupuk potasium sulfat menunjukkan kadar air sebesar 7,76% (b/b), kadar sulfat 61% (b/b) dan kadar potasium 0,078% (b/b). Sifat fisis dari potasium sulfat ialah berwujud padat dan berwarna putih. Menurut anonim (2006) potasium sulfat memiliki titik leleh sebesar 1069°C, titik didih 1689°C, struktur kristal ortorombik, dan kelarutannya sebesar 11,1 g dalam 100 g air pada suhu 20°C. Di pasaran terdapat beberapa jenis pupuk potasium. Tabel 3 menunjukkan kadar N, P, K dan S pada beberapa jenis pupuk potasium.

Tabel 3. Perbandingan beberapa jenis pupuk potasium

Nama	Kadar (%)				Keterangan
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	
Potasium klorida (KCl)	0	0	60	0	Kebanyakan jenis pupuk K dan harganya murah
Potasium sulfat (K ₂ SO ₄)	0	0	50	18	Mengandung S yang sama baik dengan K
Potasium nitrat (KNO ₃)	13	0	37	0	Terutama untuk sayuran dan buah

Sumber : McKenzie (2000)

E. KESIMPULAN DAN SARAN

Pupuk potasium sulfat dapat dihasilkan dari proses pemurnian gliserol sehingga memberikan nilai tambah bagi pemanfaatan gliserol. Pupuk

potasium sulfat yang dihasilkan dari proses ini adalah sebesar 2,8% dengan recovery sebesar 18%. Hasil ini masih memerlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan recovery potasium dengan menggunakan berbagai tingkat konsentrasi asam sulfat dan cara pemurnian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. Potassium Sulphate. <http://www.usda.gov/ars/2006/02/19/> [19 Februari 2006]
- Haryanto B. 2002. Bahan Bakar alternatif biodiesel. USU digital Library.
- Grzmil, B. U. dan B. Kic. 2005. Single-Stage Process for Manufacturing of Potassium Sulphate from Sodium Sulphate. Institute of Chemical and Environment Engineering, Technical University of Szczecin, PL-70 322 Szczecin.
- Kern, J. 1966. Glycerol. *Di dalam*. H. Mark, J. McKetta, dan D. Othmer. 1966. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology Vol.10. Interscience Publishers, New York.
- McKenzie, R. 2000. Potassium Fertilizer Application in Crop Production. Agriculture and Food, Government of Alberta [<http://www.agric.gov.ab.ca>].
- Messick, D. L. dan C. de Brey. 2002. Sulphur Fertilizers - New Products Add to Conventional Sources to Offer a Wide Range of Options. The Sulphur Institute, Washington, USA.
- SSFC. 2006. Potassium Fertilization in Crop Production. Saskatchewan Soil Fertility Committee, Saskatchewan Agriculture and Food, Canada [<http://www.agr.gov.sk.ca/>].
- Tyson, S. 2003. Biodiesel R&D Potential. Montana Biodiesel Workshop 8 Oktober 2003. National Bioenergy Center and Renewable Energy Laboratory US. Department of Energy.
- Willke, TH and K.-D. Vorlop 2004. Industrial bioconversion of renewable resources as an alternative to conventional chemistry, *Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*. page:131-142.