



Pemanfaatan Hasil Kondensasi Oli Bekas Menjadi Bahan Aditif Aspal dengan Metode Sulfonasi

Yunus Tonapa Sarungu^{*}, Agustinus Ngatin

Program Studi DIII Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir Ds Ciwaruga

^{*}E-mail : sarungutonapa@gmail.com

Abstract

Increased use of motorized vehicles causes an increase in used oil waste. Waste used oil is classified into B3 waste which can damage the environment. This study aims to utilize the results of used oil condensation as raw material for the manufacture of asphalt additives by sulfonation method. The sulfonation process was carried out by reacting the results of used oil condensation using 98% H₂SO₄ reagent with volume variations (2.5 mL; 5 mL; 7.5 mL; 10 mL and 12.5 mL) and 70% HNO₃ (1.5 mL; 2.5 mL and 3.5 mL) at a temperature of 25 °C with a stirring speed of 135 rpm for 30 minutes. The results obtained showed that the addition of 12.5 mL of 98% H₂SO₄ and 3.5 mL of 70% HNO₃ resulted in the mass of the most sulfonated product. This sulfonation product was added with asphalt at a concentration of 60% sulfonation products at 150 °C resulting in a mixture of asphalt products with a penetration value of 36 mm, ductility of 60 cm, flash point 194 °C, burn point 200 bakar C, and softening point 68.5 ek C. The results obtained show that asphalt still has sub-standard quality (pen type 60/70) for paving the road.

Keywords: waste lube oil, condensation, sulfonation, additives, asphalt

Pendahuluan

Pertumbuhan jumlah penduduk yang besar di Indonesia menyebabkan *volume* penggunaan kendaraan semakin tinggi. Khususnya di kota Bandung yang merupakan salah satu kota besar di Indonesia dengan mobilitas dan jumlah penduduk yang tinggi, tercatat pertumbuhan kendaraan mencapai 11% per tahun^[1]. Hal ini merupakan salah satu faktor terjadinya peningkatan *volume* limbah oli sehingga perlu dilakukan pengelolaan limbah untuk menghindari terjadinya pencemaran.

Limbah oli termasuk sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). PT. Sinergi Global Mandiri salah satu perusahaan pengolahan limbah (B3) untuk pengolahan limbah oli menjadi bahan bakar alternatif yang berasal dari industri maupun kendaraan mobil dan motor. Di dalam limbah oli terkandung sejumlah sisa hasil pembakaran yang bersifat asam dan korosif, deposit, dan logam berat yang bersifat karsinogenik. Cara pemanfaatan limbah oli sampai saat ini adalah dimurnikan kembali (proses *refinery*), dan sebagai *refined lubricant* serta bahan bakar yang telah diaplikasikan pada PT. Sinergi Global Mandiri. Proses pemanfaatan ini memiliki banyak kekurangan yaitu *cost* yang relatif tinggi dan emisi yang dihasilkan pada pembuatan bahan bakar masih tinggi.

Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif pengelolaan limbah dengan harga yang relatif murah. Sulfonasi dapat menjadi proses alternatif lain untuk pengelolaan limbah oli bekas. Sulfonasi adalah proses yang menyebabkan gugus -SO₃H menjadi terikat pada atom karbon dalam senyawa karbon ataupun ion, termasuk reaksi-reaksi yang melibatkan gugus sulfonil halida ataupun garam-garam yang berasal dari gugus asam sulfonat.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses sulfonasi dengan bahan baku hasil kondensasi oli bekas dengan menggunakan H₂SO₄ 98% dan HNO₃ 70%. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbandingan reaktan H₂SO₄ dan HNO₃ dengan hasil kondensasi oli bekas melalui proses sulfonasi. Menentukan kualitas aspal yang dihasilkan berdasarkan pengujian penetrasi, titik leleh, daktilitas, titik lembek, titik nyala dan titik bakar serta dibandingkan dengan aspal tipe pen 60/70.

Metode Penelitian

Aspal adalah material termoplastik yang akan menjadi keras dan lebih kental jika suhu berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika suhu bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan suhu, yang dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspal walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada suhu tertentu. Kepekaan terhadap suhu akan menjadi dasar perbedaan umur aspal untuk menjadi retak



ataupun mengeras. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan^[2]. Sifat fisika dan kimia aspal dapat dilihat pada tabel. 1

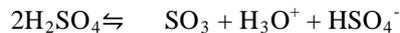
Tabel 1. Sifat fisika dan kimia aspal

Sifat Fisika dan Kimia	
Rumus Kimia	$C_{200}H_{246}N_2S_7O_4$
Berat Molekul	1800-3000
Kandungan C	$C_{200}>$
Warna	Hitam atau Coklat
Titik Didih (5-95%)	>700 F
Densitas	945-1126 kg/m ³
Spesific Gravity	0.95-1.13

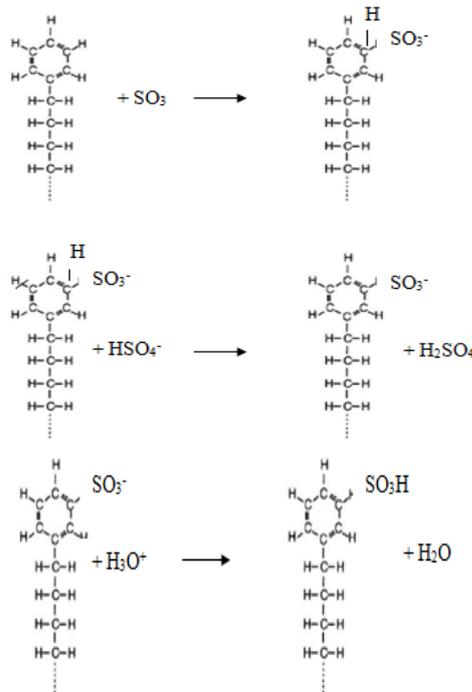
Aspal bersifat viskos atau padat, berwarna hitam atau coklat, mempunyai daya lekat, mengandung bagian utama yaitu hidrokarbon yang dihasilkan dari minyak bumi atau kejadian alami dan terlarut dalam karbon disulfida^[3]. Aspal tidak larut dalam n-pentana atau n-heksana, tetapi larut dalam toluena atau benzena.

Sulfonasi adalah suatu reaksi untuk memodifikasi bahan polimer yang memiliki cincin aromatik sebagai rantai utamanya. Karena sulfonasi termasuk ke dalam reaksi elektrofilik maka reaksi ini sangat bergantung pada tipe gugus yang terikat pada cincin aromatis dimana polimer dengan gugus difenil eter dapat disulfonasi di bawah kondisi dingin karena adanya efek donasi elektron dari gugus eter. Sulfonasi dari polimer aromatis bisa menjadi sangat kompleks karena reversibilitasnya. Untuk itu, reproduksibilitas dengan menggunakan kondisi reaksi yang sama bisa menjadi hal yang sangat sulit [4].

Mekanisme sulfonasi dengan *sulfonating agent concentrated* H_2SO_4 diawali dengan pembentukan elektrofilik (SO_3). Pada tahap ini terjadi penguraian asam sulfat.



Reaksi yang mungkin terjadi pada proses sulfonasi antara hasil kondensasi oli bekas dan asam sulfat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme reaksi

Gugus asam sulfonat mudah digantikan oleh keanekaragaman gugus lain. Oleh karena itu, asam arilsulfonat merupakan zat antara yang bermanfaat dalam sintesis^[5].

Suhu dan rasio mol reaktan merupakan faktor penting dalam proses sulfonasi dimana peningkatan suhu dapat mempercepat laju reaksi dengan meningkatkan jumlah fraksi molekul yang mencapai energi aktivasi, sementara

rasio mol reaktan harus dikendalikan dalam proses sulfonasi karena kelebihan reaktan (SO_3) akan menyebabkan pembentukan produk samping).

Metode penelitian yang digunakan pada pemanfaatan hasil kondensasi oli bekas merupakan metode eksperimental yang terdiri dari beberapa tahapan. Tahap I adalah persiapan dan analisis awal hasil kondensasi oli bekas, meliputi uji viskositas dan densitas. Tahap II adalah proses sulfonasi hasil kondensasi oli bekas menggunakan gelas kimia. Pada tahap ini jumlah oli bekas hasil kondensasi yang digunakan adalah 100 mL yang direaksikan dengan H_2SO_4 98% dan HNO_3 70% selama 30 menit dengan pengadukan 135 rpm dan suhu 25°C . Pada saat volume H_2SO_4 98% bervariasi (2,5 mL; 5 mL; 7,5 mL; 10 mL dan 12,5 mL) volume HNO_3 70% tetap, sedangkan jika volume H_2SO_4 98% tetap maka volume HNO_3 70% bervariasi (1,5 mL; 2,5 mL; 3,5 mL). Tahap III adalah analisis produk sulfonasi yang terbentuk dengan menguji massa jenis serta massa produk untuk mengetahui seberapa banyak produk yang terbentuk dan perbandingan reaktan yang baik untuk dilakukan proses sulfonasi dengan volume 1 liter. Tahap IV adalah proses sulfonasi *scale up* menggunakan wadah yang terbuat dari PVC. Berdasarkan massa produk sulfonasi yang terbentuk, pada tahap ini jumlah H_2SO_4 98% digunakan adalah 25 mL; 75 mL; 125 mL serta HNO_3 70% 35 mL selama 30 menit dengan pengadukan 135 rpm dan suhu 25°C . Tahap V adalah proses pencampuran produk sulfonasi dengan aspal untuk menghasilkan produk aspal yang memiliki karakteristik seperti aspal yang digunakan untuk pengaspalan jalan. Komposisi produk sulfonasi (0%; 60% dan 80%) dengan H_2SO_4 98% 125 mL dan HNO_3 70% 35 mL. Pada proses pencampuran aspal sulfonasi dan aspal dengan perbandingan tersebut dilakukan didalam wajan yang dipanaskan hingga suhu 150°C selama 1 jam. Tahap VI adalah analisis produk aspal campuran, meliputi uji penetrasi, daktilitas, titik lembek, titik nyala dan titik bakar untuk mengetahui kualitas produk aspal yang dihasilkan. Tahap VII adalah proses pengolahan data yaitu membandingkan hasil aspal yang diperoleh dengan aspal tipe pen 60/70.

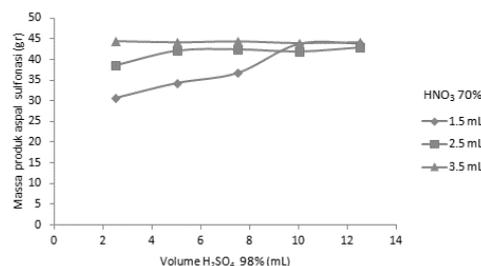
Proses sulfonasi hasil kondensasi oli bekas dilakukan secara *batch* di dalam gelas kimia dengan volume 100 mL. Hasil kondensasi oli bekas ditambahkan H_2SO_4 teknis (98%) sedikit demi sedikit sampai habis dilanjutkan dengan penambahan HNO_3 70% secara perlahan-lahan dengan laju pengadukan 135 rpm. Proses sulfonasi berlangsung selama 30 menit, dan di dekantasi selama 1 minggu.

Analisis yang dilakukan terhadap produk aspal yang dihasilkan dengan penambahan bahan aditif produk sulfonasi adalah uji penetrasi aspal menggunakan alat penetrometer, daktilitas aspal menggunakan mesin uji, uji titik nyala dan titik bakar serta titik lembek yang dilakukan di Laboratorium Transportasi, Fakultas Teknik Sipil ITB.

Hasil dan Pembahasan

• Massa Produk Sulfonasi

Hasil pengujian massa produk sulfonasi disajikan pada Gambar 2.

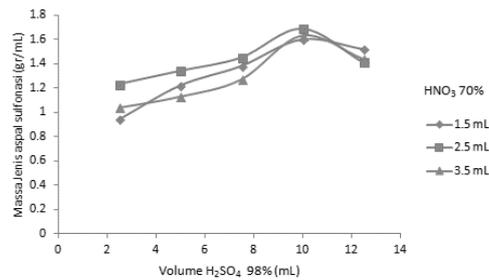


Gambar 2. Massa produk sulfonasi terhadap volume H_2SO_4 98%

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan volume H_2SO_4 untuk HNO_3 1,5 mL dan 2,5 mL menyebabkan produk sulfonasi yang dihasilkan meningkat, sedangkan untuk HNO_3 3,5 mL penambahan H_2SO_4 yang semakin meningkat menunjukkan massa produk yang konstan. Diperkirakan peningkatan jumlah massa produk sulfonasi dipengaruhi oleh bertambahnya jumlah rantai yang disubstitusi melalui proses sulfonasi. Senyawa aromatik yang terdapat pada oli akan mengikat gugus sulfonat (SO_3H) dan mensubstitusi atom H pada senyawa aromatik^[6].

• Pengujian Massa Jenis Produk Sulfonasi

Hasil pengujian massa produk sulfonasi pada variasi volume H_2SO_4 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Massa Jenis Produk terhadap Volume H₂SO₄ 98%

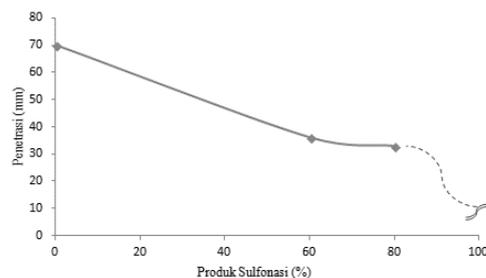
Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil massa jenis produk naik pada penambahan H₂SO₄ sampai volume 10 mL sedangkan pada volume 12,5 mL H₂SO₄ terjadi penurunan massa jenis. Seharusnya semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini tidak sesuai dengan teori yang ada karena produk yang diukur terdapat bagian yang tidak mengeras sehingga produk tidak dapat diukur secara tepat.

- **Hasil Pengujian Produk Sulfonasi dengan Aspal**

Proses sulfonasi pada tahap ini menggunakan hasil kondensasi oli bekas dalam volume 1 liter dilakukan selama 30 menit pada suhu 50°C dengan pengadukan 135 rpm dengan jumlah pereaksi volume H₂SO₄ 98% 125 mL dan HNO₃ 70% 35 mL. Hasil sulfonasi dilakukan pencampuran dengan aspal menggunakan produk sulfonasi (0%; 60% dan 80%) dengan pemanasan sampai suhu 150 °C selama 1 jam. Produk yang dihasilkan dilakukan uji penetrasi, daktilitas, titik leleh, titik nyala dan titik bakar.

- **Penetrasi**

Pengujian penetrasi dilakukan sesuai dengan Metode SNI 06-2456-1991 (Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen). Hasil pengujian penetrasi ditampilkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Penetrasi terhadap produk sulfonasi

Berdasarkan grafik yang ditampilkan terlihat bahwa nilai penetrasi dengan aspal yang lebih banyak memiliki nilai penetrasi yang tinggi dibandingkan dengan jumlah aspal yang lebih sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa sampel dengan produk sulfonasi 60% memiliki konsistensi aspal yang lebih lunak dibandingkan dengan produk sulfonasi 80% dengan nilai 36 mm. Berdasarkan RSNI S-01-2003 jenis aspal ini belum memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan pelapis jalan karena nilai penetrasi aspal lebih rendah dari kelas penetrasi/ tipe aspal berdasarkan standar rujukan yaitu 60/70. Jika nilai penetrasi yang didapat lebih rendah dari nilai standar yaitu 59-69 mm maka aspal yang dihasilkan belum bisa digunakan karena akan mengurangi umur pada aspal sehingga aspal yang digunakan akan cepat rapuh. Karena produk sulfonasi yang masih di bawah standar untuk itu perlu dicari perbandingan komposisi lebih lanjut. Secara visual dan beberapa standar aspal sudah terpenuhi tetapi aspal yang dihasilkan masih belum layak digunakan sebagai pengaspalan jalan, dikarenakan rantai karbon dalam senyawa aspal lebih sedikit dibandingkan dengan senyawa aspal tipe pen 60/70.

- **Daktilitas**

Pengujian daktilitas aspal dilakukan sesuai dengan Metode SNI 06-2432-1991 (Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal). Pengujian daktilitas dilakukan pada aspal yang telah dicetak pada cetakan kuning yang direndam di sebuah bak berisi 10 L air dengan suhu aspal 25°C yang ditarik teratur dengan kecepatan tetap menggunakan mesin. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai Daktilitas pada Produk Sulfonasi

Produk Sulfonasi (%)	0	60	80
Daktilitas	100 cm	60 cm	1 cm

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa dengan produk sulfonasi 80% semakin banyak penambahan produk sulfonasi yang diberikan ke dalam aspal akan menyebabkan nilai daktilitas aspal semakin kecil dengan nilai yang di dapat sebesar 1 cm. Jika nilai daktilitas lebih rendah dari nilai standar ≥ 100 cm maka kualitas aspal yang didapat sangat rapuh dan sukar untuk mengikat batuan atau pasir pengaspalan jalan, sehingga pada saat mulai digunakan sebagai pelapis jalan, aspal akan mudah mengelupas dan sangat rapuh dari permukaan jalan karena daya elastisitas yang sangat rendah. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa semakin banyak produk sulfonasi yang ditambahkan akan menyebabkan kemampuan aspal untuk menahan kekuatan tarik semakin kecil dan membuat aspal terlalu kental pada saat mengalami pemanasan sehingga saat kondisi aspal pada saat suhu 25°C sifat fisik aspal mudah putus. Namun demikian, produk sulfonasi 60% dengan nilai daktilitas 60 cm sudah cukup baik walaupun masih jauh di bawah nilai spesifikasi yang ada. Hal ini disebabkan banyaknya atom C pada rantai senyawa membuat aspal lebih elastis.

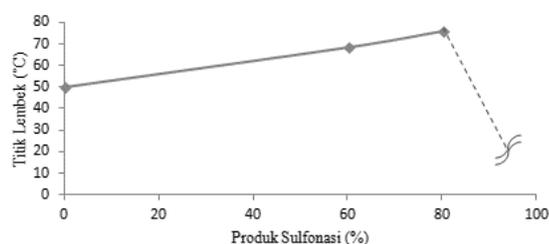
- **Titik Lembek**

Pengujian titik lembek dilakukan sesuai dengan SNI 06-2434-1991 Metoda Pengujian Titik Lembek dan Ter. Pengujian titik lembek menggunakan metoda *Ring and Ball* dengan memasukkan aspal ke dalam cincin kuningan yang direndam di dalam gelas kimia berisi air/gliserin hingga suhu 4°C lalu dipanaskan sampai bola baja akan mendesak turun aspal yang sudah melembek, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak dibawah cincin seperti Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian Titik Lembek

Hasil pengujian nilai titik lembek aspal terhadap produk sulfonasi disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Titik Lembek terhadap Produk Sulfonasi

Berdasarkan Gambar 6 bahwa semakin banyak produk sulfonasi yang ditambahkan ke dalam aspal akan menyebabkan nilai titik lembek semakin kecil. Produk sulfonasi 60% mempunyai titik lembek $68,5^{\circ}\text{C}$ sedangkan produk sulfonasi 80% memiliki titik lembek 76°C .

Menurut Sukirman, aspal dengan titik lembek yang lebih tinggi lebih rendah peka terhadap perubahan suhu dan lebih rendah baik untuk bahan pelapisan jalan. Aspal yang sering digunakan untuk pelapisan jalan memiliki suhu titik lembek 50°C dan sesuai untuk bahan pengikat pada batuan. Untuk melihat seberapa pekanya aspal yang ditambahkan aspal asli terhadap temperature maka harus diperiksa dengan menghitung nilai *Penetration Index*. *Penetration Index* aspal merupakan fungsi dari nilai penetrasi aspal dan nilai titik lembeknya. Nilai indeks penetrasi aspal yang diuji dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

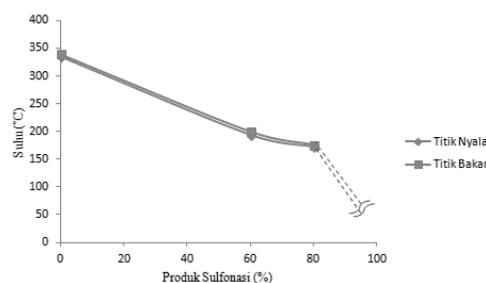
Tabel 3. Nilai Penetration Index terhadap Produk Sulfonasi

Produk Sulfonasi (%)	80	60	0
Penetration Index (PI)	2,03	1.76	-0.32

Berdasarkan nilai *Penetration Index* (PI) aspal pada Tabel 3 dapat diperkirakan bahwa dengan penambahan aspal asli akan dapat memperkecil deformasi campuran. Nilai PI (*Penetration Index*) antara -1 dan +1 adalah nilai PI yang dimiliki oleh aspal yang dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan, sedangkan nilai PI yang diperoleh dari kedua produk yang dihasilkan memiliki nilai $PI > +1$, berarti aspal tersebut tidak sesuai untuk digunakan sebagai material perkerasan jalan.

• Titik Nyala dan Titik Bakar

Pengujian titik nyala dan bakar dilakukan dengan menggunakan *cleveland open cup* sesuai prosedur SK SNI M-19-1990-H. Hasil pengujian nilai titik nyala dan titik bakar terhadap beberapa variasi perbandingan produk sulfonasi dan aspal disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Titik Nyala dan Titik Bakar terhadap Produk Sulfonasi

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan dengan nilai titik nyala aspal pada suhu 194°C dan nilai titik bakar 200°C dengan produk sulfonasi 60% diatas diperkirakan bahwa semakin banyak ditamhkannya aspal cenderung akan menaikkan titik nyala aspal. Pengujian titik nyala dan titik bakar dapat menjadi indikasi temperatur pemanasan maksimum dalam batas aman pengerjaan serta mencegah terjadinya kerusakan pada karakteristik aspal akibat dipanaskan melebihi temperatur batas titik bakar. Nilai titik nyala dan titik bakar yang didapat pada produk sulfonasi 60% adalah 194°C dan 200°C yang telah mendekati nilai spesifikasi tipe pen 60/70. Namun demikian hal ini juga harus diperhatikan dengan parameter sifat aspal yang lain seperti nilai penetrasi.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa produk sulfonasi hasil kondensasi oli bekas menunjukkan peningkatan dengan penambahan $\text{H}_2\text{SO}_4(98\%)12,5\text{ mL}$ semakin banyak dengan perbandingan $\text{H}_2\text{SO}_4(98\%)$ dan hasil sulfonasi oli bekas 1:8. Kualitas campuran aspal dengan produk sulfonasi 60% berdasarkan analisis penetrasi 36 mm, daktilitas 60 cm, titik nyala 194°C , titik bakar 200°C , dan titik lembek $68,5^{\circ}\text{C}$, maka produk sulfonasi sebagai bahan aditif aspal masih jauh di bawah standar aspal (tipe pen 60/70).

Daftar pustaka

- Audrina. Pengaruh Pertumbuhan Penduduk Terhadap Penggunaan Kendaraan Bermotor, 2014. Kompasiana (dtrieved Maret 4, 2016).
- Sukirman S. Perkerasan lentur jalan raya. Bandung: Nova, 1999.
- Wignall A & dkk. Proyek jalan teori dan praktek (4th ed.). Jakarta: Erlangga. 2003.
- Pinto, B. P. Sulfonated poly(ether imide): a versatile route to prepare functionalized polymers by homogenes sulfonation. 2006.
- Fessenden R & Fessenden J. Organic Chemistry, 2nd Edition. Massachusetts, USA: Williard Grant Press Publisher. 1982.



Lembar Tanya Jawab

Moderator : Zami Furqon (PEM AKAMIGAS Cepu)
Notulen : Yusmardhany Yusuf (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Diah Puspita Nurmalasari (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apa alasan menggunakan H_2SO_4 sebagai bahan campuran pada penelitian ini ?
Apakah pengaruh nya ?
Jawaban : Penambahan H_2SO_4 sebagai penjaga sifat fisis, saat bahan aditif dari hasil penelitian ini dicampur pada aspal maka aspal akan memiliki sifat fisis yang tidak terlalu keras saat mendingin.
2. Penanya : Sri Hastutiningrum (Teknik Lingkungan IST Akprind)
Pertanyaan : Apa alasan menggunakan bahan penelitian yang berasal dari hasil kondensasi limbah oli daripada menggunakan limbah oli mentah ?
Jawaban : Karena hasil kondensasi limbah oli merupakan unsur oli murni yang sudah terbebas dari impuritis, dari pada limbah oli mentah yang masih banyak mengandung impuritis.