

KONVERSI SAMPAH PLASTIK *STYROFOAM* MENJADI BAHAN PEMBERSIH *SULFUR LIGHT DIESEL OIL*

A. Z. Abidin, O. W. Lukman dan Christian

Program Studi Teknik Kimia, FTI-ITB

Jl. Ganesha 10, Bandung 40132

e-mail: zainal@che.itb.ac.id

Diterima: 14 Juli 2014

Diperbaiki: 15 Agustus 2014

Disetujui: 18 September 2014

ABSTRAK

KONVERSI SAMPAH PLASTIK *STYROFOAM* MENJADI BAHAN PEMBERSIH *SULFUR LIGHT DIESEL OIL*. Sampah plastik *styrofoam* dimanfaatkan sebagai bahan utama untuk isolasi polistiren, yang kemudian disintesis menjadi Natrium N-kloro-polistiren sulfonamida (PI) yang dapat menyerap sulfur di dalam minyak diesel. PI ini digunakan pada proses desulfurisasi minyak diesel ringan dan dapat digunakan kembali setelah melalui proses regenerasi menggunakan *solvent washing*. Hasil penelitian menunjukkan proses isolasi polistiren menghasilkan polistiren yang memiliki karakteristik dan struktur molekul yang menyerupai polistiren standar. PI juga berhasil mendesulfurisasi minyak diesel dari 1491 *ppm* menjadi 463 *ppm*. Proses desulfurisasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan polimer PI hasil regenerasi namun dengan hasil yang tidak sebaik menggunakan polimer PI baru. Proses regenerasi terbaik dilakukan dengan menggunakan kombinasi pelarut toluen dan NaOCl dengan hasil yang dapat mengurangi kadar sulfur dari 1491 *ppm* menjadi 603 *ppm*.

Kata kunci: *Styrofoam*, Sulfur, Natrium N-kloro-polistiren sulfonamida, Adsorpsi, Regenerasi

ABSTRACT

CONVERSION OF *STYROFOAM* PLASTIC WASTE INTO DIESEL OIL DESULFURIZATION AGENT. Styrofoam plastic waste can be used as the main material for polystyrene isolation, which then synthesized into sodium N-chloro-polystyrene sulfonamide (PI) which can absorb sulfur in diesel oil. PI is used in light diesel oil desulfurization process and can be reused after regeneration process using solvent washing. The results show the isolation process produces polystyrene that has characteristics and molecular structures that resemble a standard polystyrene. PI also managed to desulfurize diesel from 1491 *ppm* to 463 *ppm*. The desulfurization process can also be done using a regenerated PI polymer but the results are not as good as using fresh PI polymers. Regeneration process best done using a combination of solvent toluene and NaOCl with results showing reduced sulfur content was 1491 *ppm* to 603 *ppm*.

Keywords: *Styrofoam*, Sulfur, Sodium N-chloro-polystyrene sulfonamide, Adsorption, Regeneration

PENDAHULUAN

Bahan bakar diesel merupakan salah satu sumber energi yang potensial, namun kandungan sulfur yang tinggi di dalamnya menyebabkan harganya rendah di pasaran minyak dunia. Pembakaran minyak diesel yang mengandung sulfur dengan konsentrasi tinggi akan membentuk oksida sulfur (SO_x). Senyawa ini telah diakui selama puluhan tahun sebagai penyebab utama dari peristiwa hujan asam dan polusi udara yang mempengaruhi daerah perkotaan dan industri. Selain itu, kandungan sulfur pada bahan bakar diesel juga bersifat

korosif. Sebagai langkah antisipasinya, saat ini telah terbit regulasi di berbagai negara maju yang menetapkan konsentrasi maksimum sulfur di dalam minyak diesel sebesar 1000 *ppm*, kemudian turun ke 500 *ppm*, bahkan sampai ke 15 *ppm* [1].

Saat ini, proses desulfurisasi minyak diesel banyak dilakukan dengan proses hidrodiesulfurisasi (HDS). Proses hidrodiesulfurisasi adalah sebuah proses *hydrotreating* menggunakan reaktor termal yang dioperasikan pada tekanan tinggi. Langkah ini dapat

menurunkan kadar sulfur dalam bahan bakar diesel, tetapi kurang cukup untuk menghilangkan senyawa belerang *hydrogenize* dalam bentuk *dibenzothiophenes (DBT)* dan juga biaya operasinya cukup mahal karena dilakukan pada tekanan tinggi dan menggunakan katalis. *DBT* dikeluarkan dengan metode ekstraksi yang dibantu oleh gelombang ultrasonik dan ozonasi katalitik [2]. Penelitian lain menggunakan cairan ionik (*ionic liquid*) untuk ekstraksi *DBT* [3].

Metode lain yang efektif menghilangkan senyawa *DBT* dari bahan bakar diesel adalah metode adsorpsi. Metode ini dapat berlangsung pada suhu kamar dan tekanan atmosfer sehingga tidak membutuhkan biaya operasi yang mahal. Adsorben karbon aktif digunakan untuk mengurangi kadar sulfur dalam minyak diesel dari 410 ppm menjadi 251 ppm [4]. Adsorben lain yang dapat digunakan adalah Zn yang diimpregnasi dengan montmorillonite [5] dengan desulfurisasi sebesar 77%. Bentonite juga dapat digunakan sebagai adsorben dengan daya desulfurisasi 7,97 g sulfur/g adsorben [6].

Sampah plastik *styrofoam* dimanfaatkan sebagai bahan utama untuk membuat *agent* pengadsorpsi sulfur di dalam minyak diesel. Sampah plastik *styrofoam* diisolasi dan disintesis menjadi polimer yang digunakan sebagai bahan pembersih untuk mengurangi kandungan sulfur dalam minyak diesel ringan [7,8]. Sampah plastik *styrofoam* diisolasi menjadi polistiren yang kemudian disintesis menjadi polimer Natrium N-kloro-polistiren sulfonamida (PI). Polimer inilah yang akan menjadi agen pembersih dengan menerapkan prinsip adsorpsi untuk proses desulfurisasi minyak diesel. Setelah dilakukan proses desulfurisasi, polimer tersebut dapat digunakan kembali menjadi *agent* pembersih dengan metode regenerasi menggunakan *solvent washing* [9]. Manfaat yang dapat diperoleh dari metode ini tidak hanya dapat menurunkan kadar sulfur dalam minyak diesel ringan, tetapi juga dapat mengurangi masalah *global warming* yang disebabkan sampah plastik *styrofoam*.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan di dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. Peralatan yang digunakan di dalam penelitian ini merupakan peralatan laboratorium sederhana yang dirancang sedemikian rupa sebagai reaktor untuk mengisolasi polistiren dari sampah plastik *styrofoam*, mensintesis polimer Natrium N-kloro-polistiren sulfonamida (PI), melakukan desulfurisasi minyak diesel dengan polimer PI dan melakukan regenerasi polimer PI.

Alat utama yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2. Alat tersebut terdiri dari cawan, *heater*, *oven*, dan lain lain. Skema peralatan yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan tahap percobaan yang dilakukan.

Tabel 1. Daftar bahan yang digunakan

Bahan	Grade	Bahan	Grade
air (aqua dm)	-	Kloroform	teknis
<i>ammonia solution</i>	PA	Metanol	teknis
asam asetat glasial	PA	natrium hipoklorit (Bayclin)	-
asam klorosulfonat	PA	sampah plastik <i>styrofoam</i>	-
Dietileter	PA	minyak diesel komersil	PT Pertamina RU IV Cilacap Teknis
Dikloroetana	PA	Toluen	

Tabel 2. Daftar peralatan yang digunakan

cawan porselen	labu leher tiga
corong pisah	<i>magnetic stirrer</i>
desikator	neraca analitis
gelas kimia	oven
gelas ukur	pipet tetes
<i>heater</i>	spatula
kondensor	termometer

Cara Kerja

a) Tahap Isolasi Polistiren [10]

20 g *styrofoam* dilarutkan dalam 200 mL kloroform. Kemudian larutan *styrofoam* disaring menggunakan kertas saring *whatman*, untuk memisahkan polistiren dari pengotor-pengotornya. Filtrat yang diperoleh selanjutnya dipresipitasi dengan cara diteteskan ke dalam gelas kimia yang berisi 1 L metanol sambil terus diaduk menggunakan pengaduk magnetik. Polistiren yang terbentuk selanjutnya disaring menggunakan corong *buchner* dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C.

b) Tahap sintesis polimer Natrium N-kloro-polistiren sulfonamida (PI) yang mencakup sintesis polistiren sulfonil klorida, sintesis polistiren sulfonamida dan sintesis polimer PI.

o Sintesis Polistiren Sulfonil Klorida

Ke dalam Labu distilasi leher tiga 500 mL ditambahkan asam klorosulfonat dalam dikloroetana kering dan didinginkan menjadi 0 °C dengan es batu. Pencampuran polistiren dan dikloroetan dilakukan dengan meneteskan polistiren melalui corong pisah dengan kecepatan tertentu sehingga suhu reaksi tidak naik selama proses pencampuran berlangsung selama 1 jam. Pengadukan dilakukan sampai suhu reaksi mencapai suhu ruang dan warna larutan berubah menjadi coklat muda. Larutan akan terus mengalami pengadukan dan suhu dinaikkan menjadi 80 °C dan dibiarkan selama semalam agar reaksi sempurna. Produk difiltrasi secara vakum dan dikeringkan pada suhu 50 °C kemudian ditambahkan asam asetat glasial dan dicuci dengan dietileter untuk menghilangkan asam diklorosulfonat.

o Sintesis Polistiren Sulfonamida

Polistiren sulfonil klorida dicampurkan dengan larutan ammonia dan diaduk selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah produk difiltrasi secara vakum sesekali dicuci dengan air kemudian dikeringkan pada suhu ruang. Produk yang dihasilkan berupa serbuk kekuningan.

o Sintesis Polimer PI

Polistiren sulfonamida dicampurkan dengan larutan natrium hipoklorit kemudian diaduk selama 10 jam pada suhu ruang. Produk difiltrasi secara vakum sesekali dicuci dengan air kemudian dikeringkan pada suhu ruang.

c) Tahap Desulfurisasi Minyak Diesel

50 mL minyak diesel dicampur dengan 50 mL metanol dan dipanaskan sampai 50 °C. PI dan asam asetat kemudian ditambahkan ke minyak diesel. Pengadukan menggunakan pengaduk magnetik dilakukan sampai waktu kontak yang ditentukan. Campuran kemudian didinginkan hingga suhu ruang. PI dipisahkan dengan cara filtrasi. Minyak diesel dipisahkan dari metanol dan dicuci dengan air beberapa kali. Konsentrasi sulfur yang tersisa dalam minyak diesel kemudian diukur.

d) Tahap Regenerasi Polimer PI

PI yang telah digunakan ditambahkan ke dalam *solvent washing* yang telah ditentukan kemudian diaduk selama 8 jam pada suhu ruang. Produk difiltrasi secara vakum sesekali dicuci dengan air kemudian dikeringkan pada suhu ruang.



Gambar 1. Skema alat pencampuran pada suhu 0 °C (kiri) dan suhu tinggi (kanan).



Gambar 2. Skema alat pencampuran pada suhu kamar (kiri) dan penyaringan secara vakum (kanan).

Skema alat yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu alat untuk pencampuran pada suhu kamar, pencampuran suhu 0 °C, pencampuran pada suhu tinggi, dan penyaringan dengan pompa vakum. Berikut skema alat yang digunakan seperti ditunjukkan oleh Gambar 1 dan Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

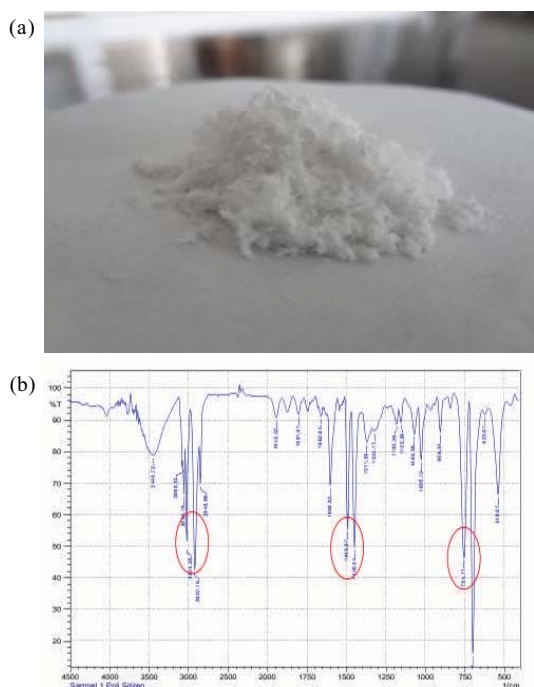
Tahap Isolasi Polistiren

Polistiren diperoleh dari hasil isolasi sampah plastik *styrofoam*. Sampah plastik *styrofoam* dilarutkan ke dalam kloroform dengan perbandingan 1:10. Kloroform dengan polistiren akan bercampur sempurna pada suhu kamar karena tingkat kelarutan yang hampir sama. Kemudian campuran antara *styrofoam* dan kloroform tersebut diteteskan ke dalam metanol dengan perbandingan volume antara keduanya sebesar 1:5. Polistiren yang berfasa non polar yang diteteskan ke dalam metanol yang berfasa polar sehingga akan mengalami pengendapan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kelarutan antara polistiren di dalam kloroform dan metanol. Kloroform akan cenderung meninggalkan polistiren dan bermigrasi ke dalam metanol sehingga diperoleh polistiren murni dari proses presipitasi tersebut.

Pencampuran yang dilakukan pada tahap isolasi ini menggunakan perbandingan pelarut yang tertentu. Terutama untuk proses presipitasi campuran larutan kloroform dan *styrofoam* ke dalam metanol. Apabila perbandingan volume larutan tidak sesuai dengan yang seharusnya, maka akan mempengaruhi hasil produk (polistiren yang terbentuk). Hasil isolasi polistiren yang tidak sesuai dengan perbandingan tersebut akan berupa gumpalan berwarna putih sedangkan yang seharusnya adalah serbuk berwarna putih. Selain itu, proses pengeringannya akan semakin lama karena produk yang terbentuk masih mengandung air yang cukup banyak.

Dari hasil pengujian struktur molekul polistiren yang telah dilakukan, diperoleh senyawa polistiren yang cukup baik. Hal ini ditandai oleh nilai gugus fungsi dan puncak-puncak senyawa hasil isolasi dari *styrofoam* dengan polistiren standar. Perbedaan signifikan terjadi pada puncak O-H dari hasil isolasi *styrofoam*, di mana pada polistiren standar tidak dijumpai adanya puncak tersebut. Dari analisis yang dilakukan dan pengulangan proses isolasi polistiren dari sampah plastik *styrofoam*, puncak O-H yang terdapat pada sampel yang dianalisis kemungkinan berasal dari senyawa metanol yang digunakan sebagai *agent* presipitasi. Adanya metanol tersebut diduga menyebabkan terbentuknya puncak O-H karena terdapat senyawa menyerupai air. Namun secara umum, isolasi polistiren yang dilakukan dengan menggunakan sampah

plastik styrofoam ini menunjukkan hasil yang cukup baik. Berikut hasil isolasi polistiren beserta uji struktur molekul yang dilakukan dengan *FT-IR* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

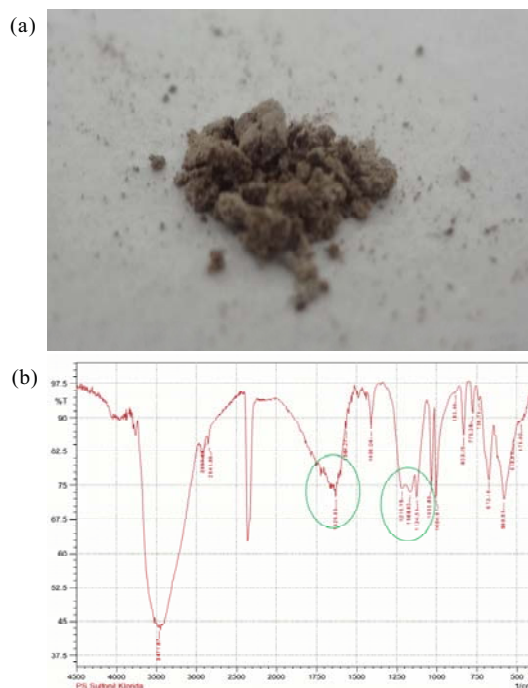


Gambar 3. Hasil isolasi polistiren (a) dan uji analisis *FT-IR* (b).

Tahap Sintesis Polistiren Sulfonil Klorida

Pada tahap ini, polistiren dicampurkan dengan dikloroetan dan beberapa mL asam klorosulfonat pada suhu 80 °C selama semalam sehingga reaksi berlangsung sempurna. Polimer polistiren sulfonil klorida yang terbentuk masih berada dalam larutan sehingga dipisahkan sesuai prosedurnya. Tahap ini membutuhkan suhu reaksi yang cukup tinggi sehingga proses pencampuran harus dilakukan secara benar karena dapat menyebabkan kekosongan pada produk akibat suhu tinggi apabila pengadukan tidak sempurna. Hasil dari tahap ini mempengaruhi hasil untuk tahap berikutnya. Polimer polistiren sulfonil klorida yang sudah dipisahkan berbentuk serbuk kasar berwarna coklat.

Analisis *FT-IR* perlu dilakukan agar dapat diketahui secara pasti bahwa polimer ini sudah mengandung gugus sulfonil klorida. Gugus sulfonil klorida pada spektrum IR memiliki daerah serapan disekitar 1120 cm^{-1} hingga 1380 cm^{-1} . Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat puncak-puncak pada *absorption band* 1124 cm^{-1} hingga 1215 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus sulfonil klorida. Hasil karakterisasi ini menunjukkan bahwa sintesis polimer polistiren sulfonil klorida sudah sesuai dengan yang diinginkan. Hasil sintesis polistiren sulfonil klorida dan uji struktur molekul dengan *FT-IR* disajikan pada Gambar 4.



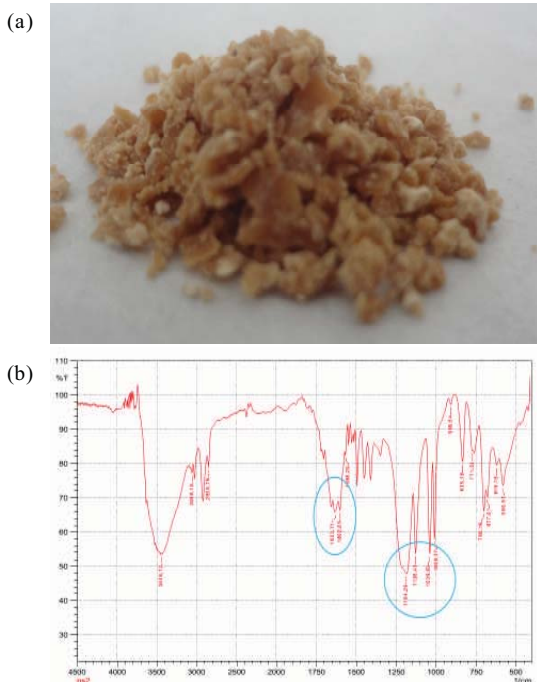
Gambar 4. Hasil sintesis polistiren sulfonil klorida (a) dan uji analisis *FT-IR* (b).

Tahap Sintesis Polistiren Sulfonamida

Pada tahap ini, polimer polistiren sulfonamida diperoleh dari pencampuran polistiren sulfonil klorida dengan larutan amoniak yang diaduk selama 24 jam pada suhu ruang. Proses ini bertujuan agar polimer dapat mengandung gugus amina (ikatan N-H). Polimer yang terbentuk mempunyai bentuk serbuk berwarna coklat muda kekuning-kuningan. Warna ini sesuai dengan ciri-ciri warna dari polimer polistiren sulfonamida. Hasil sintesis polimer polistiren sulfonamida perlu dilakukan karakterisasi dengan menggunakan instrumen analisis *FT-IR*. Karakterisasi ini untuk melihat adanya spektrum ikatan N-H. Pada spektrum IR, ikatan N-H memiliki daerah serapan pada sekitar 1637 cm^{-1} dan hasil sintesis yang dilakukan menunjukkan adanya puncak pada daerah serapan 1633 cm^{-1} . Hasil ini menunjukkan bahwa polistiren sulfonamida yang disintesis benar mengandung ikatan N-H. Hasil sintesis polistiren sulfonamida dan uji struktur molekul dengan *FT-IR* ditunjukkan oleh Gambar 5.

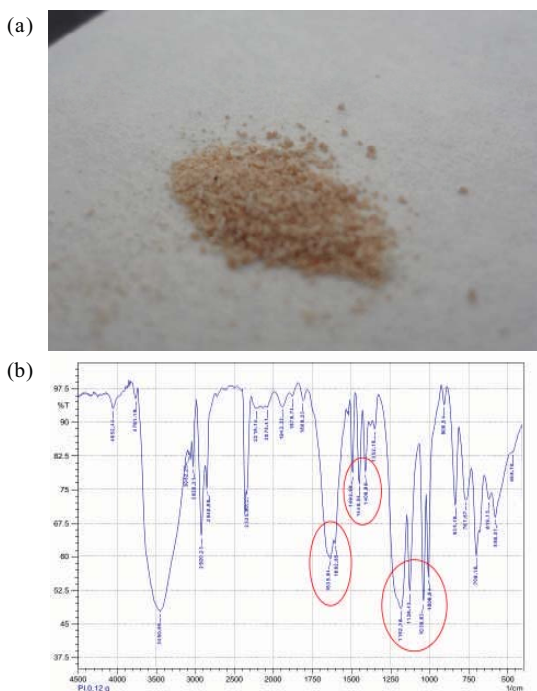
Tahap Sintesis Polimer Natrium N-Kloro-Polistiren Sulfonamida (PI)

Polimer natrium N-kloro-polistiren sulfonamida disintesis dengan cara melarutkan polimer polistiren sulfonamida ke dalam larutan natrium hipoklorit untuk memberikan senyawa natrium dan kloro ke polimer polistiren sulfonamida. Proses pencampuran berlangsung selama 10 jam pada suhu ruang. Polimer natrium N-kloro-polistiren sulfonamida yang berhasil disintesis mempunyai bentuk serbuk halus berwarna



Gambar 5. Hasil sintesis polistiren sulfonamida (a) dan uji analisis dengan FT-IR (b).

uning keputihan. Polimer yang terbentuk dikarakterisasi menggunakan FT-IR. Hasil analisis spektrum IR menunjukkan adanya puncak-puncak pada beberapa daerah serapan. Puncak pada daerah serapan 1182 cm^{-1} dan 1126 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan S=O, pada daerah serapan 1635 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan N-H, pada daerah serapan 1448 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan S-OH. Puncak-puncak ini menunjukkan adanya ikatan-ikatan pada polimer natrium N-kloro-

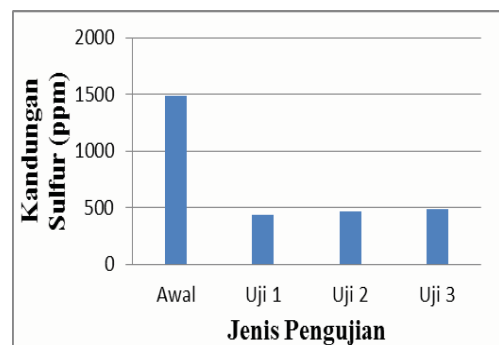


Gambar 6. Hasil sintesis polimer PI (a) dan uji analisis dengan FT-IR (b).

polistiren sulfonamida. Hasil karakterisasi FT-IR dan bentuk serbuk yang dihasilkan menunjukkan bahwa senyawa polimer ini sudah sesuai dengan yang dibutuhkan untuk dilakukan uji aktivitasnya. Hasil sintesis polimer PI dan uji struktur molekul dengan FT-IR ditunjukkan oleh Gambar 6.

Tahap Desulfurisasi Minyak Diesel dengan Polimer PI

Minyak diesel ringan didesulfurisasi dengan menggunakan senyawa PI melalui media pelarut metanol dan sedikit asam asetat glasial. Senyawa PI dikontakkan dengan minyak diesel ringan selama delapan jam. Durasi interaksi selama delapan jam merupakan durasi optimal untuk mengurangi kadar sulfur dalam minyak diesel ringan menggunakan senyawa PI [11]. Proses desulfurisasi minyak diesel ringan dilakukan sebanyak tiga kali (triplo) dengan menggunakan senyawa PI yang disintesis. Hasil dari tiga kali uji aktivitas tersebut menunjukkan bahwa kandungan sulfur dalam minyak diesel ringan setelah didesulfurisasi hampir sama. Hasil ini menunjukkan bahwa uji aktivitas ini cukup berhasil walaupun kandungan sulfur dalam minyak diesel tidak berkurang hingga sangat kecil. Hasil uji aktivitas proses desulfurisasi minyak diesel ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil uji aktivitas desulfurisasi minyak diesel.

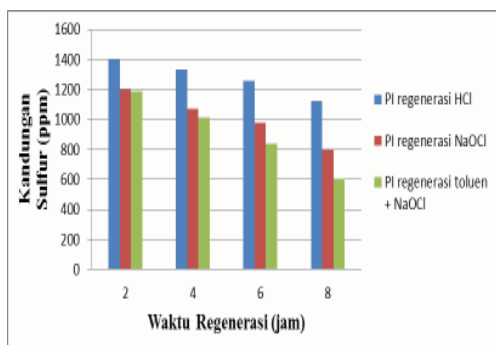
Tahap Regenerasi Polimer PI dengan Solvent Washing

Senyawa PI yang sudah mengadsorpsi kandungan sulfur dalam minyak diesel ringan kemudian diregenerasi untuk melepaskan kandungan sulfur yang diadsorpsi kemudian digunakan kembali. Proses regenerasi senyawa PI dilakukan dengan menggunakan metode solvent washing. Variasi solvent yang digunakan dalam proses regenerasi ini adalah NaOCl, kombinasi toluen dan NaOCl, serta HCl. Proses regenerasi berlangsung dengan mencampurkan senyawa PI yang akan diregenerasi ke dalam solvent pada suhu ruangan. Selain variasi terhadap jenis solvent, juga divariasikan durasi proses pencampuran. Proses pencampuran dilakukan selama 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 8 jam.

Solvent NaOCl digunakan untuk memberikan atom Na dan Cl ke senyawa PI sehingga adsorban PI

dapat memiliki struktur molekul yang sama seperti PI baru. Hasil desulfurisasi menggunakan senyawa PI regenerasi menunjukkan adanya pengurangan kandungan sulfur dalam minyak diesel. Senyawa PI yang mengalami waktu regenerasi lebih lama akan menyebabkan pengurangan kandungan sulfur yang lebih besar. Hal ini disebabkan senyawa PI yang diregenerasi lebih lama memiliki daya adsorpsi yang mendekati PI baru. Regenerasi menggunakan *solvent* HCl dilakukan sama seperti menggunakan *solvent* NaOCl. Penggunaan senyawa HCl bertujuan untuk memberikan atom Cl ke senyawa PI. Sedangkan untuk *solvent washing* berupa kombinasi toluen dan NaOCl, regenerasi dilakukan dengan menggunakan *solvent* toluen terlebih dahulu. Pada penelitian ini, larutan toluen digunakan untuk mengikat kandungan sulfur yang diadsorpsi oleh senyawa PI sehingga senyawa sulfur yang menempel di permukaan senyawa PI lepas dan larut ke dalam toluen. Kemudian, senyawa PI dicampurkan dengan larutan NaOCl dengan tujuan untuk memberikan atom Na dan Cl.

Proses regenerasi dilakukan dengan menggunakan tiga jenis *solvent* yang berbeda. Tiga jenis *solvent* yang berbeda memberikan hasil desulfurisasi yang berbeda. Setiap jenis *solvent* yang digunakan dapat menghasilkan senyawa PI yang dapat mengadsorpsi sulfur kembali, namun daya adsorpsinya berbeda. Perbandingan hasil desulfurisasi oleh tiga jenis *solvent* tersebut disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan hasil desulfurisasi minyak diesel dengan PI hasil regenerasi berbagai variasi.

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa kandungan sulfur yang paling sedikit diperoleh setelah didesulfurisasi adalah menggunakan senyawa PI yang diregenerasi dengan menggunakan kombinasi *solvent* toluen dan NaOCl. Menggunakan NaOCl saja tidak cukup untuk membuat senyawa PI hasil regenerasi menjadi bagus, tetapi butuh *solvent* toluen juga karena *solvent* toluen dapat melarutkan senyawa sulfur yang ada di permukaan adsorban senyawa sulfur [9]. Regenerasi menggunakan larutan HCl memberikan hasil pengurangan sulfur yang sedikit sehingga tidak efektif. Hal ini disebabkan senyawa PI mempunyai ikatan terhadap atom Na, sehingga butuh atom Na supaya mempunyai daya adsorpsi yang bagus. Sedangkan

solvent HCl hanya mampu memberikan atom Cl kepada polimer PI.

KESIMPULAN

Polistiren yang diperoleh dari hasil isolasi sampah plastik *styrofoam* memiliki struktur molekul dan karakteristik yang menyerupai polistiren standar. Polistiren ini disintesis menjadi polimer PI dan terbukti memiliki struktur molekul serta karakteristik yang sesuai dengan hipotesis awal. Proses desulfurisasi minyak diesel dengan menggunakan polimer PI dapat mengurangi kandungan sulfur dalam minyak diesel dengan waktu kontak optimum selama 8 jam. Proses regenerasi polimer PI terbaik dapat dilakukan dengan menggunakan *solvent washing* berupa kombinasi toluen dan NaOCl. Hasil ini dapat menjadi alternatif aplikasi industrial dalam pengurangi kadar sulfur dari *light diesel oil* sehingga keuntungan ganda dapat diperoleh, yaitu bersih dari sampah *styrofoam* dan pencemaran sulfur di udara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilakukan dengan adanya bantuan dari beberapa pihak, baik dalam bentuk moril maupun materiil terutama kepada :

- PT Pertamina RU IV Cilacap atas sampel minyak diesel ringan yang digunakan dalam penelitian ini.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia serta Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, yang telah memberikan pendanaan melalui dana hibah program kreativitas mahasiswa tahun 2013.
- Laboratorium Lemigas Jakarta, yang telah membantu di dalam proses analisis sampel hasil penelitian.

DAFTAR ACUAN

- Y. S. Al-Zeghayer, P. Sunderland, W. Al-Masry, F. Al-Mubaddel, A. A. Ibrahim, B. K. Bhartiya, and B. Y. Jibril, "Activity of CoMo/ γ -Al₂O₃ as a catalyst in hydrodesulfurization: effects of Co/Mo ratio and drying condition". *Appl. Catal. A Gen.*, vol. 282, no. 1-2, pp. 163-171, Mar. 2005.
- Y. Zhao and R. Wang, "Deep Desulfurization of Diesel Oil by Ultrasound-assisted Catalytic Ozonation Combined with Extraction Process". *Pet. Coal*, vol. 55, no. 1, pp. 62-67, 2013.
- A. Seeberger and A. Jess, "Desulfurization of diesel oil by selective oxidation and extraction of sulfur compounds by ionic liquids—a contribution to a competitive process design". *Green Chem.*, vol. 12, no. 4, pp. 602-608, 2010.
- I. A. H. Al Zubaidy, F. Bin Tarsh, N. N. Darwish, B. S. S. A. Majeed, A. Al Sharafi, and L. A. Chacra, "Adsorption Process of Sulfur Removal from Diesel

- Oil Using Sorbent Materials,” *J. Clean Energy Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 66-68, 2013.
- [5]. W. Ahmad, I. Ahmad, M. Ishaq, and K. Ihsan, “Adsorptive desulfurization of kerosene and diesel oil by Zn impregnated montmorillonite clay,” *Arab. J. Chem.*, In Press, Corrected Proof-Note to users, 2014.
- [6]. T. N. C. Dantas, A. A. D. Neto, M. C. P. A. Moura, E. L. B. Neto, and K. R. F. Duarte, “Study of New Alternatives for Removal of Sulfur From Diesel,” *Brazilian J. Pet. Gas*, [doi:10.5419/bjpg2014-0002].
- [7]. Y. Shiraishi, T. Naito, and T. Hirai, “Desulfurization Process for Light Oil Based on Chemical Adsorption of Sulfur Compounds on Polymer-Supported Imidation Agent,” *J. Chem. Eng. Japan*, vol. 36, no. 12, pp. 1528-1531, 2002.
- [8]. Y. Shiraishi, T. Naito, T. Hirai, and I. Komasaawa, “Novel Desulfurization Process for Light Oils Based on the Formation and Subsequent Adsorption of N-tosylsulfimides”. *Fuel Chem. Div. Prepr.*, vol. 47, no. 2, pp. 701-702, 2002.
- [9]. S. Velu, S. Watanabe, X. Ma, and C. Song, “Regenerable adsorbents for the adsorptive desulfurization of transportation fuels for fuel cell applications”. *Chem. Soc., Fuel Chem. Div. Prepr.*, vol. 48, pp. 526-528, 2003.
- [10]. K. Hatta, “Modifikasi polistiren dari limbah styrofoam serta poliblendnya dengan lignosulfonat untuk aplikasi membrane sel bahan bakar,” Institut Teknologi Bandung, 2010.
- [11]. Z. S. Fadhel, “Desulfurization of Light Diesel Fuel Using Chloramine T and Polymer Supported Imidation Agent.” University of Technology, Iraq, 2010.