

PEMISAHAN MINYAK PELUMAS (BASE OIL) DARI MINYAK BUMI ASAL BANGKO, ROHIL-RIAUI DENGAN ZEOLIT A DARI ABU LAYANG

Emrizal Mahidin Tamboesai

Bidang Kimia Anorganik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia

*Alamat Korespondensi: emrizaltamboesai@gmail.com

Abstrak: Zeolit A merupakan zeolit sintesis yang mengandung alumina silikat dan membentuk unit tetrahedral. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk mensintesis zeolit A adalah Abu layang merupakan limbah hasil pembakaran bahan bakar batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Penelitian ini bertujuan pemanfaatan zeolit A sebagai penyaring molekul (*molecular sieve*) untuk memisahkan *n*-parafin dari fraksi-fraksi lain yang ada pada minyak mentah Bangko, Rohil. Sintesis zeolit A dilakukan dengan menggunakan alumunium hidroksida sebagai sumber alumina dan silikon dioksida sebagai sumber silika. Sintesis dilakukan dengan cara mereaksikan natrium silikat dan natrium aluminat melalui proses hidrotermal dalam sistem dengan pH 11-12. melalui peleburan abu layang dengan NaOH pada suhu 500°C. Zeolit dikarakterisasi dengan XRD yang menunjukkan pola difraksi yang menyerupai pola difraksi zeolit A berdasarkan JCPDS no 01-076-0910. Pada spektra FTIR ditunjukkan adanya gugus Si-O-Si dan Al-O-Al pada zeolit. Pada hasil XRF menunjukkan perbandingan Si/Al yaitu 1,3. Fraksinasi minyak bumi Bangko menggunakan silika aktif sebagai fasa diam dan *n*-heksana sebagai pelarut untuk memisahkan fraksi saturat. Fraksi saturat minyak bumi kemudian difraksinasi menggunakan zeolit A yang bertujuan untuk fraksi *n*-parafin. Dari kromatogram hasil fraksinasi menggunakan silika aktif dapat dilihat bahwa silika aktif mampu menyaring atom karbon sampai C₃₀. Sedangkan kromatogram hasil molecular sieve menggunakan zeolit A menunjukkan adanya bagian fraksi saturat yang tertahan pada zeolit A, sehingga zeolit A mampu menyaring hanya sampai atom karbon C₂₇. Zeolit A mampu memisahkan *n*-paraffin dari minyak bumi Bangko yang memiliki efisiensi rata-rata sebesar 98,65 %. Hasil penyaringan dengan Zeolit A tersebut diatas dapat kesimpulan bahwa minyak bumi Bangko, Rohil mengandung minyak pelumas berat.

Kata kunci: Base oil, Fraksinasi, Minyak Bumi, Zeolit A

Abstract: Zeolite A is a synthetic zeolite that contains alumina silicate and formed tetrahedral units. One of the material that can be used to synthesise zeolite A is a fly ash that result of fuel combustion in the coal fired power plant. The objective of this study was to use zeolite A as molecular sieves to separate *n*-paraffins from other factions in Bangko crude oil, Rohil. Synthesis of zeolite A with the use of aluminum hydroxide as a source of alumina and silicon dioxide as a source of silica. Synthesis was done by reacting sodium silicate and sodium aluminate through hydrothermal processes in the system with a pH of 11-12. It was carried through the fusion of the fly ash with NaOH at the temperature of 500°C. Zeolites were characterized by XRD that showed diffraction pattern that resembles the diffraction pattern of zeolite A by JCPDS No. 01-076-0910. From the FTIR spectra indicated the group of Si-O-Si and Al-O-Al in the zeolite. The XRF result showed a concentration ratio of Si/Al was 1,3. Fractionation of Bangko crude oil was conducted using stationary phase active silica and *n*-hexane as a solvent to separate the fractions of saturate. The fraction of saturate crude oil was fractionated using zeolite A which aim to get crude oil *n*-paraffins type. From the result of the chromatogram fractionation using activated silica, it can be seen that the active silica capable of filtering the carbon atom to C₃₀ of fractions saturat crude oil. Whereas, the results of the chromatogram molecular sieve using zeolite A indicated the existence of the fraction saturat retained on the zeolite A, until zeolite A number carbon atoms were reduced to C₂₇. Zeolite A can separate crude oil from the type of *n*-paraffin which another fractions of bangko crude oil which has an average efficiency of 98.65 %. Zeolite A filtering results with the above can be concluded that petroleum Bangko, Rohil containing heavy base oil.

Keywords: Base Oil, Crude Oil, Fractination, Zeolite A

PENDAHULUAN

Abu layang merupakan salah satu hasil samping pembakaran batubara, yang terutama tersusun atas oksida-oksida dari senyawa anorganik (Cripwell 1992). Sintesis zeolit tergantung pada komposisi material yang diinginkan, ukuran partikel, morfologi dan sebagainya. Zeolit sintesis belum dioptimalkan fungsinya sebagai *molecular sieve* dalam industri-

industri khususnya dalam industri perminyakan. Misalnya, pemisahan hidrokarbon rantai lurus (*n*-parafin) dari campuran minyak mentah dilakukan dengan menggunakan *molekuler sieve*.

Penyaringan molekul minyak mentah ini didasarkan atas kemampuan silika dan zeolit A sebagai penyaring molekul berdasarkan bentuk dan ukuran molekul. Secara selektif silika dan zeolit A

dapat menahan secara kuat molekul-molekul yang ukurannya lebih besar dari pori-porinya dan akan meloloskan molekul-molekul yang berukuran lebih kecil dari pori-porinya.

Penelitian lain menggunakan zeolit A dari abu layang yang memisahkan *n*-parafin pada sampel minyak berasal dari ladang minyak langgak, Riau diperoleh panjang rantai atom karbon 27 sehingga eluen yang diperoleh adalah base oil untuk pembuatan minyak pelumas berat (Silviana 2013). Maka pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan abu layang dalam sintesis zeolit A yang digunakan sebagai penyaring molekul (molecular sieve) fraksi dari minyak mentah yang berasal dari ladang minyak Bangko, Riau.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas standar laboratorium kimia, *furnace*, oven, *magnetic stirrer*, ayakan 100-200 mesh, neraca analitik, kolom, sentrifugasi, corong, *hot plate*, penyaring vakum, pH meter, Fourier Transform Infra Red (FT-IR), Difraksi Sinar-X (XRD), X-ray Fluorescence, dan Kromatografi Gas (GC).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Minyak mentah asal Bangko, Abu Layang, NaOH, Al(OH)₃, Larutan *n*-heksana p.a, diklorometana (DCM), Kapas, Silica gel 60 (0,063-0,200 mm), Kertas saring Whatman 42 dan akuabides.

Preparasi Larutan Natrium Silikat

Abu layang batu bara yang digunakan adalah untuk bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berasal dari PT. RAPP Pangkalan Kerinci Kabupaten Pelalawan. Sebelum digunakan, abu layang batubara terlebih dahulu diayak untuk menyeragamkan ukurannya antara 100-200 mesh. Kemudian sebanyak 25 gr abu layang yang telah dikalsinasi terlebih dahulu (800°C selama 2 jam) dilebur dengan 20 g NaOH dalam *furnace* pada temperatur 500°C selama 15 menit. Campuran didinginkan dalam desikator. Setelah dingin campuran leburan dilarutkan dengan 100 mL akuades lalu dibiarkan selama 1 malam agar larut sempurna. Larutan yang terbentuk disaring dan diencerkan dengan akuades hingga volume 250 mL.

Preparasi Larutan Natrium Aluminat

Larutan aluminat adalah larutan NaOH dalam akuades yang dipanaskan. Secara perlahan-lahan ditambahkan 21,65 g Al(OH)₃ sambil diaduk hingga terbentuk larutan bening. Setelah keseluruhan melarut kemudian diencerkan hingga volume 250 mL menggunakan akuades.

Sintesis Zeolit (Akbar 1997)

Zeolit disintesis dilakukan dengan menambahkan larutan natrium aluminat secara perlahan-lahan ke dalam larutan natrium silikat sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 3 jam, lalu terbentuk gel berwarna putih. Gel yang terbentuk disaring kemudian dipanaskan pada suhu 80°C selama 8 jam. Kristal yang terbentuk dicuci dengan akuades hingga pH netral.

Karakterisasi Zeolit Sintesis (Ojha et al. 2004)

Zeolit hasil sintesis dikarakterisasi dengan difraktometer X-ray (XRD), fourier transform infra red (FT-IR), dan X-ray fluorescence spectrometer (XRF).

Penyaringan Minyak Bumi

Whole Oil Chromatogram

Sampel minyak diekstrak dengan menggunakan diklorometana p.a. untuk mendapatkan minyak dari sampel tersebut. Sebanyak 200 mg sampel dilarutkan dengan 3 mL diklorometana p.a. Sampel yang diekstrak dikocok selama 30 detik menggunakan ultrasonik (warna larutan berubah menjadi kuning kehitaman jika minyak terekstrak). Kemudian sampel disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Kemudian pelarutnya diuapkan setelah pelarut menguap sampel dianalisis dengan kromatografi gas (GC).

Fraksinasi Crude Oil

Kolom beserta peralatan gelas lainnya dicuci dengan diklorometana teknis untuk menghilangkan minyak yang menempel. Kemudian kolom beserta peralatan gelas tersebut kemudian dikeringkan di oven pada suhu 100°C. Kolom diisi dengan kapas steril sebagai penyumbat. Sebanyak 40 mL *n*-heksana dituangkan pada beaker yang berisi 4 gram silika aktif (silika gel yang sudah dipanaskan dalam oven pada suhu 110°C selama minimal 1 jam) dan aduk sampai rata. Selanjutnya dituang ke kolom sambil digetarkan sehingga didapat kolom yang padat. Kolom dielusi dengan 40 mL *n*-heksana setelah kolom benar-benar padat. Kolom dielusi dengan 200 mg minyak mentah (Bangko), kemudian dituangkan 40 mL *n*-heksana sehingga didapat fraksi saturat. Hasilnya kemudian dimasukkan ke dalam vial untuk analisis kromatografi gas (GC).

Penyaringan *n*-parafin dengan zeolite A

Kolom disumbat dengan kapas. Kolom tersebut kemudian diisi dengan zeolit sintesis ± 1,5 cm lalu dielusi dengan *n*-heksana sampai benar-benar padat. Sampel yang telah disaring dengan abu layang aktif dilarutkan dengan 3 mL *n*-heksana. Sampel tersebut kemudian dielusi ke dalam kolom. Eluen yang dihasilkan kemudian ditampung dan dikonsentratkan. Hasilnya kemudian diuji dengan kromatografi gas (GC).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Abu Layang dengan FTIR

Penelitian ini dilakukan karakterisasi abu layang dengan Fourier Transform Infra Red pada bilangan gelombang 5000 – 500 cm^{-1} , untuk mengetahui gugus fungsi penyusun abu layang. Hasil analisis abu layang sebelum dan sesudah kalsinasi suhu 800°C dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil analisa abu layang di inframerah sebelum dan sesudah kalsinasi mempunyai serapan yang hampir sama pada yaitu pada serapan 1063,79 cm^{-1} menunjukkan vibrasi renggang Si-O-Si, pada serapan 953,84 cm^{-1} menunjukkan gugus Si-O dan vibrasi Si-O, pada serapan 480,30 cm^{-1} menunjukkan ikatan T-O tetrahedral luar, hal ini menunjukkan abu layang sebelum dan sesudah kalsinasi tidak mempunyai perbedaan yang nyata.

Karakterisasi Zeolit dengan FTIR

Zeolit sintetis dikarakterisasi dengan Spektroskopi Inframerah (IR) bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang diperoleh pada pola spektrum (Gambar 2) adanya pita-pita serapan yang muncul pada serapan 3426,69 cm^{-1} menunjukkan gugus OH, sedangkan pita serapan 2466,10 cm^{-1} menunjukkan gugus aril-SH, pada pita serapan 1444,75 cm^{-1} menunjukkan $(\text{CH})_3\text{-CH}$, pada pita serapan 1052,21 cm^{-1} menunjukkan regangan asimetri Al dalam situs tetrahedral, pita serapan 949,02 cm^{-1} menunjukkan regangan simetri tetrahedral luar, pita serapan 710,80 cm^{-1} menunjukkan gugus Si-O dan pita serapan 481,26 cm^{-1} menunjukkan ikatan T-O tetrahedral luar, sedangkan pada pita serapan 467,46 cm^{-1} menunjukkan pembukaan pori.

Karakterisasi Zeolit dengan XRD

Hasil zeolit sintetis dilakukan karakterisasi dengan menggunakan Instrumen Difraksi Sinar-X (XRD). Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa produk sintesis yang terbentuk adalah mineral thermonatrite

dan mineral gibbsite. Dari hasil diperoleh 5 puncak tajam adalah 2 θ : 32,2927 menunjukkan mineral thermonatrite; 2 θ : 37,8327 menunjukkan mineral thermonatrite; 2 θ : 33,3703 menunjukkan mineral thermonatrite; 2 θ : 44,9619; 2 θ : 36,1382 menunjukkan mineral thermonatrite dan 2 θ =18,2806 menunjukkan mineral Gibbsite, yang dibandingkan dengan Joint Committee of Powder Diffraction Standard (JCPDS) No.01-076-0910 menunjukkan kesamaan puncak dengan hasil difraktogram zeolit hasil sintesis. Pada Joint Committee of Powder Diffraction Standard (JCPDS) No. 01-076-0910 mempunyai puncak tertinggi 2 θ : 32,285; 2 θ : 37,841; 2 θ : 33,546; 2 θ : 44,995; 2 θ : 36,632.

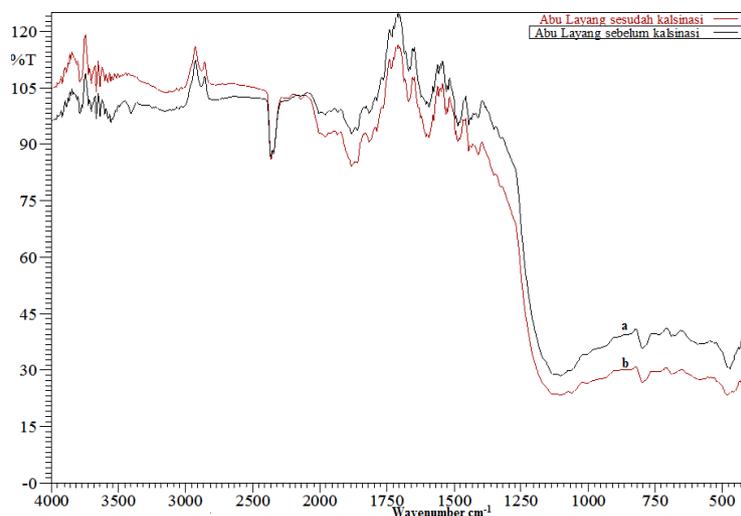
Untuk mempelajari ukuran kristal dari zeolit diperoleh dari perhitungan persamaan Scherrer sebagai berikut:

$$D = \frac{0,89\lambda}{\beta \cos \theta}$$

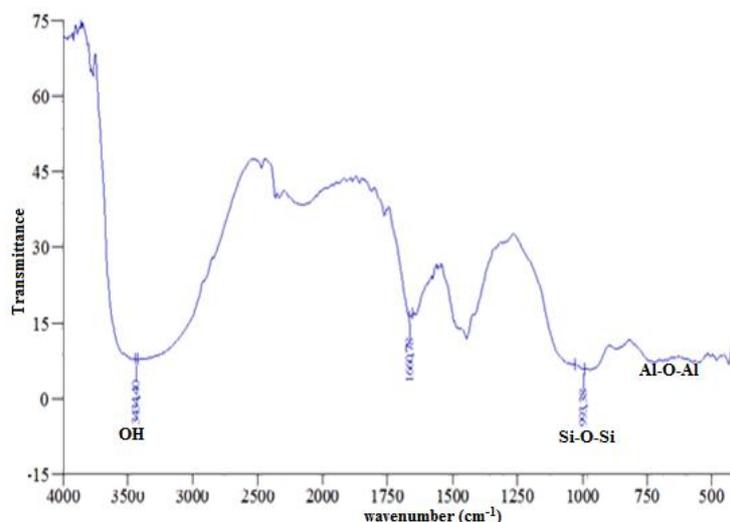
Dimana λ adalah panjang gelombang ($\text{CuK}\alpha = 1,540562 \text{ nm}$), β adalah full width at half maximum (FWHM) dan θ adalah sudut XRD. Ukuran kristal yang diperoleh yaitu 177 nm.

Karakterisasi Zeolit dengan X-ray Fluorescence (XRF)

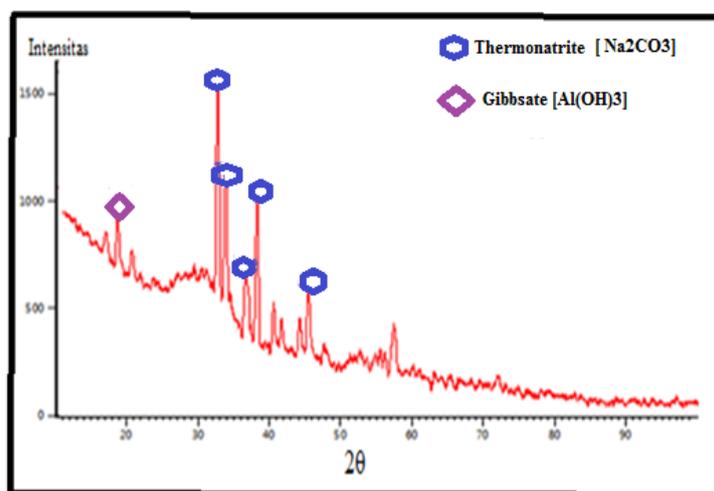
Zeolit sintetis dikarakterisasi dengan instrumen X-ray Fluorescence untuk mengetahui kandungan oksida-oksida zeolit sintesis yang dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisis X-ray Fluorescence zeolit hasil sintesis yang menunjukkan perbandingan konsentrasi SiO_2 : 35,32 % dan Al_2O_3 : 33,85 % sehingga diperoleh perbandingan Si/Al zeolit A sintesis yaitu 1,3. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Dirgantara (2012) menyatakan bahwa zeolit A memperoleh rasio perbandingan Si/Al mendekati 1 gram. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit sintesis yang terbentuk adalah zeolit A.



Gambar 1. Spektrum infra merah abu layang (a) sebelum kalsinasi dan (b) sesudah kalsinasi



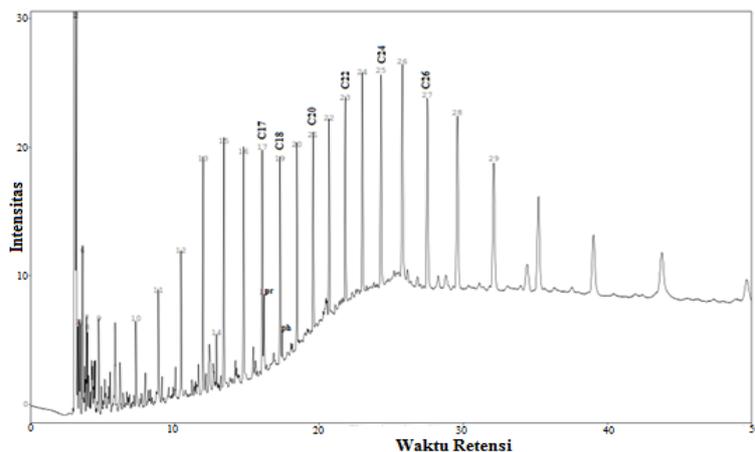
Gambar 2. Spektrum inframerah zeolit sintesis A



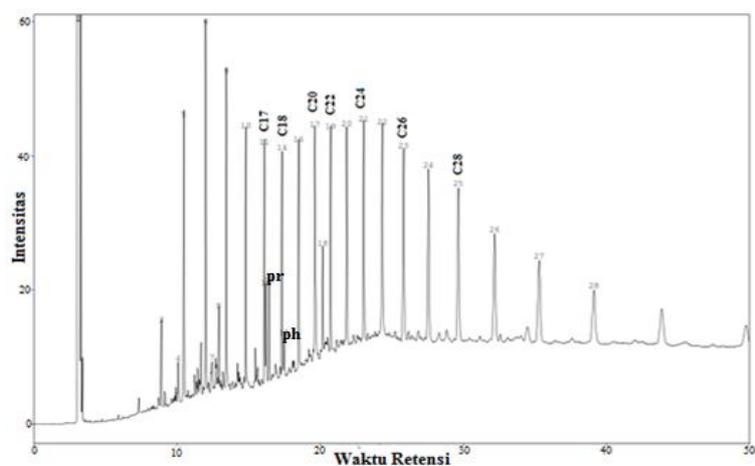
Gambar 3. Difraktogram Zeolit A

Tabel 1. Perbandingan Konsentrasi Oksida-Oksida Sintesis Zeolit A

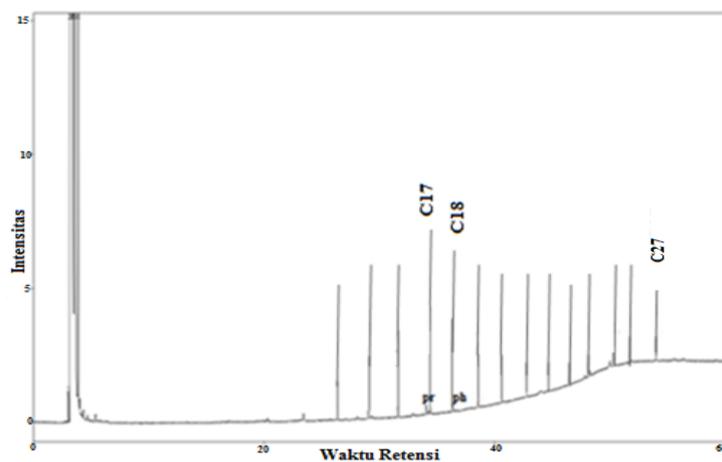
| Senyawa Kimia | Konsentrasi SiO ₂ dan Al ₂ O ₃ Sintesis Zeolit A (% b/b) |
|--------------------------------|---|
| SiO ₂ | 35,32 |
| Al ₂ O ₃ | 33,85 |
| Na ₂ O | 24,07 |
| MgO | 3,26 |
| P ₂ O ₅ | 1,02 |
| SO ₃ | 0,68 |
| Cl | 0,66 |
| CaO | 0,49 |
| K ₂ O | 0,33 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,09 |
| TiO ₂ | 0,09 |
| CeO ₂ | 0,04 |
| ZrO ₂ | 0,02 |
| V ₂ O ₅ | 0,01 |



Gambar 4. Whole Oil Chromatogram



Gambar 5. Kromatogram Fraksi Saturat sebelum disaring dengan Zeolit A



Gambar 6. Kromatogram Fraksi Saturat setelah disaring dengan Zeolit A

Penyaringan Minyak Bumi

Pada penelitian ini sampel yang digunakan merupakan minyak mentah asal Bangko, Riau yang siap dianalisis.

Whole oil chromatogram

Hasil analisis kromatogram *whole oil* minyak bangko ditunjukkan pada Gambar 4. *Whole oil*

merupakan minyak mentah (*crude oil*) yang diinjeksikan kedalam kromatografi gas yang belum terpisahnya fraksi saturat dan fraksi aromatnya. Puncak dari fraksi saturat identik dengan puncak yang tinggi sedangkan fraksi aromatik identik dengan puncak yang rendah (Tamboesai 2002). Minyak mentah yang digunakan bahwa sampel tersebut mengandung fraksinasi aromatik, saturat dan residu.

Tabel 2. Efisiensi kelimpahan sebelum dan sesudah disaring dengan zeolit A

| No atom Karbon | Konsentrasi | | Efisiensi (%) |
|----------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|
| | Sebelum disaring dengan zeolit A | Sesudah disaring dengan zeolit A | |
| 17 | 1,3806 | 0,0158 | 98,85 |
| 18 | 1,2814 | 0,0140 | 98,90 |
| 19 | 1,8111 | 0,0140 | 99,22 |
| 20 | 1,4033 | 0,0132 | 99,05 |
| 21 | 1,4924 | 0,0169 | 98,86 |
| 22 | 1,6406 | 0,0397 | 97,58 |
| 23 | 1,8635 | 0,0194 | 98,95 |
| 24 | 1,9176 | 0,0238 | 98,75 |
| 25 | 1,9043 | 0,0367 | 98,07 |
| 26 | 1,9753 | 0,0264 | 98,66 |
| 27 | 1,6872 | 0,0290 | 98,28 |

Fraksinasi Minyak Mentah

Hasil fraksinasi dianalisis menggunakan kromatografi gas diperoleh berupa kromatogram yang dapat dilihat pada Gambar 5 terlihat bahwa kromatogram pada bagian tengah terdapat 2 puncak yang berdampingan (duplet).

Pada kedua puncak tersebut merupakan pristana dan phitana. Puncak yang berdampingan dengan pristana merupakan C₁₇ dan puncak yang berdampingan dengan phitana merupakan C₁₈. Dengan mengetahui letak pristana dan phitana tersebut kita dapat menentukan puncak disebelah kiri C₁₇ merupakan C₁₆ dan puncak sebelah kanan C₁₈ merupakan C₁₉. Kedua puncak ini merupakan awal dari penentuan nomor rantai karbon, biasanya nomor rantai karbon dapat ditentukan pada puncak sebelum maupun sesudah dari puncak pristana dan phitana. Dalam penelitian ini didapatkan minyak mentah rasio Pr/Ph sebesar 2,50 yang menandakan bahwa sampel berasal dari danau dan transisi air tawar (lacustrin).

Penyaringan molekul normal paraffin dengan Zeolit A

Untuk mengetahui seberapa besar kemampuan zeolit A hasil sintesis sebagai penyaring molekul (molekuler sieve) dari molekul hidrokarbon minyak mentah, maka pada penelitian ini dilakukan penyaringan molekul minyak mentah. Hasil kromatogram molecular sieve dengan zeolit A dapat dilihat pada Gambar 6.

Pada kromatogram yang ditunjukkan Gambar 5 dan Gambar 6, sebelum dan setelah proses molekuler sieve terlihat adanya perbedaan panjang rantai karbon. Bila diamati, puncak karbon yang didapat sangat kecil, hal ini menunjukkan adanya sebagian fraksi saturat yang tertahan pada zeolit A.

Berdasarkan dari kromatogram sebelum dan sesudah disaring dengan zeolit A, dapat dilihat adanya perbedaan kromatogram pada minyak mentah Bangko, Riau. Dari kromatogram tersebut dapat

dilihat seberapa efisiensi zeolit A sebagai pemisahan molekul yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Pemakaian molekuler sieve salah satunya pada proses pemisahan. Molekuler sieve untuk proses pemisahan kebanyakan dilakukan dalam industri minyak (petrokimia). Misalnya pemisahan hidrokarbon rantai lurus (*n*-parafin) dari campuran dilakukan dengan menggunakan molekuler sieve. Dalam hal ini, dilakukan pemisahan *n*-parafin (rantai lurus karbon) akan lolos melewati pori-pori zeolit dan eluen yang diperoleh dianalisis menggunakan GC (Gambar 6).

Pada kromatogram hasil molekuler sieve terlihat adanya perbedaan tinggi puncak atom karbon bila dibandingkan kromatogram saturat awal. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit A mampu memisahkan molekul sikloalkana fraksi saturat minyak bumi sehingga didapatkan molekul normal alkana yang dapat dijadikan sebagai base oil. Menurut Audino *et al.* (2004) base oil ringan terbuat dari *n*-parafin C₁₈ – C₂₅ sedangkan base oil berat terbuat dari *n*-parafin C₂₆ – C₃₅.

Untuk mengetahui efisiensi zeolit A terhadap pemisahan crude oil yang memiliki efisiensi rata-rata 98,65 % (Tabel 2) yang membuktikan bahwa zeolit A mampu memisahkan molekul siklo-alkana fraksi saturat sehingga didapatkan normal parafin. Fraksi berat akan tertahan pada zeolit A sedangkan fraksi ringan akan lolos melewati rongga-rongga zeolit A tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa sintesis zeolit A dari abu layang dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X diperoleh 2θ: 32,2927 ; 2θ : 37,8327 ; 2θ : 33,546 ; 2θ : 44,995 ; 2θ : 36,632 sedangkan spectra FTIR menunjukkan adanya gugus Si dan Al, sedangkan analisis X-ray fluorescence diperoleh perbandingan Si/Al zeolit A adalah 1:3 Fraksinasi menggunakan silika sebagai fase diam dan pelarut *n*-heksana mampu memisahkan

fraksi saturat dan fraksi aromatis. Zeolit A mampu memisahkan *n*-parafin dari fraksi saturat campuran hidrokarbon hingga panjang rantai atom karbon 27 sehingga eluen yang diperoleh merupakan base oil untuk pelumas berat (*n*-paraffin 27). Efisiensi rata-rata zeolit A sebagai penyaring molekul adalah 98,65%.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F. (1997). Sintesis dan Karakterisasi Zeolit A dari Bahan Dasar Abu Layang Batu Bara dengan Metoda Peleburan. *Jurnal Jurusan Kimia, Lembaga Penelitian Universitas Riau, Pekanbaru*.
- Audino, M., Grice, K., Alexander, R. & Kagi, R. (2004). Macrocyclic alkanes in crude oils and sediment extracts: enrichment using molecular sieves. *Organic Geochemistry*. 35(5): 661-663.
- Cripwell, J.B. (1992). Pulverised Fuel Ash: Understanding the Material. National seminar on the use of PFA in construction. Concrete Technology Unit Departement of Civil Engineering, University of Dundee.
- Dirgantara, F. (2012). Penggunaan Zeolit A Sintesis Dari Abu Layang Sebagai Penyaring Minyak Bumi Asal Minas-Riau. Skripsi. FMIPA Universitas Riau.
- Ojha, K., Pradhan, N.C. & Samantha, A.N. (2004). Zeolite from fly ash: Synthesis and characterization. *Bulletin of Materials Science*. 27(6): 555-564.
- Silviana, T. S. 2013. Pengolahan Minyak Mentah Menjadi Pelumas dari Sumur Minyak Langgak, Riau. Skripsi. FMIPA Universitas Riau.
- Tamboesai, E.M. (2002). Korelasi Antar Minyak Bumi dari Sumur Produksi Sumatera Tengah. Tesis. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia, Depok.