

**SINTESIS DAN APLIKASI ZEOLIT MODIFIKASI SURFAKTAN
SEBAGAI ADSORBEN LIMBAH CAIR TAPIOKA
(PERBANDINGAN DENGAN ZEOLIT ALAM KALSINASI)**

**SYNTHESIS AND APPLICATIONS OF SURFACTANT MODIFIED ZEOLITE
AS ADSORBENT LIQUID WASTE TAPIOCA
(COMPARISON WITH CALSINED NATURAL ZEOLITE)**

Darmansyah¹, Lilis Hermida¹, Arjun Fatahillah¹, M. Yuli Atrafatrin¹
¹Jurusan Teknik Kimia – Fakultas Teknik - Universitas Lampung,
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1 – Bandar Lampung 35145
Penulis Korespondensi : email arjunfatahillah@gmail.com

ABSTRAK

Zeolit Alam (ZA) adalah kristal aluminosilikat terhidrasi dengan struktur kerangka berpori yang ditempati oleh air, alkali dan alkali tanah kation. Dalam penelitian ini Zeolit Alam Kalsinasi (ZAK), Zeolit Modifikasi Surfaktan - Kationik (ZMS-K) dan Zeolit Modifikasi Surfaktan - Kationik Anionik (ZMS-KA) digunakan untuk menghilangkan kekeruhan warna, serta penurunan nilai pH dan COD pada limbah tapioka dengan fungsi penukar kation dan adsorpsi. Adapun karakterisasi zeolit dianalisis dengan metode XRD, SEM, dan BET. Hasil XRD menunjukkan stabilitas termal zeolit yang baik ketika proses kalsinasi dan modifikasi. Hasil SEM menunjukkan bahwa morfologi ZAK dan ZMS-KA terdapat kristalinitas tetapi masih mengandung sedikit amorf. Dan hasil BET menunjukkan material mesopori pada ketiga jenis zeolit ini dengan pendekatan Isoterm Langmuir. Pada limbah tapioka; ZAK, ZMS-K, dan ZMS-KA mampu mengadsorpsi kandungan organik sehingga menurunkan COD dari 300 menjadi masing-masing 255, 200, dan 278 dalam satuan mg/l. ZMS-K mampu menjernihkan warna limbah tapioka lebih baik, sedangkan pH limbah cenderung konstan dari sebelum sampai sesudah adsorpsi untuk tiga jenis zeolit.

Kata Kunci : adsorpsi, COD, limbah tapioka, zeolit alam kalsinasi, zeolit modifikasi surfaktan

ABSTRACT

Natural Zeolite (ZA) is a crystalline hydrated aluminosilicate porous framework structure occupied by water, cations alkali and alkaline earth cations. In this study Calsined Natural Zeolite (ZAK), Cationic - Zeolite Modified Surfactants - (ZMS-K) and Cationic Anionic - Zeolite Modified Surfactants (ZMS-KA) serves as a cation exchange and adsorption are used to reduce turbidity of color, as well as lowering the pH value and COD in waste tapioca. Characterization of Zeolite analyzed through the method of XRD, SEM, and BET. XRD analysis results showed good thermal stability zeolite when calcination and modification. SEM analysis results show that the morphology of ZAK and ZMS-KA contained crystallinity but still contains a bit amorphous. And BET analysis results showed mesoporous material for the three types of zeolites with Langmuir isotherm approach. On tapioca waste; ZAK, ZMS-K, and ZMS-KA is able to adsorb organic content thus reducing the COD of 300 to respectively 255, 200, and 278 in units of mg / l. ZMS-K was able to clear a better color tapioca waste, while waste pH is relatively constant from before to after the adsorption for the three types of zeolites.

Keywords : adsorption, calsined natural zeolite, COD, surfactant modified zeolite, waste tapioca

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maju yang berkembang. Perkembangan dunia industri tidak lepas dari pemanfaatan reaksi kimia dan fisika suatu zat dalam proses produksi. Reaksi kimia yang terjadi dalam industri menghasilkan produk utama dan juga produk sampingan. Produk utama dari satu proses kimia dapat dijadikan bahan baku pada proses selanjutnya, sedangkan produk sampingan bisa di-recycle

untuk konversi yang lebih baik, ataupun dapat langsung di buang ke lingkungan dengan proses *removal*, tetap dengan syarat tidak berbahaya bagi lingkungan. Agar tidak berbahaya bagi lingkungan biasanya limbah harus melalui beberapa tahap perlakuan atau limbah dimanfaatkan lagi untuk mendukung sistem yang lain. Produk sampingan yang tidak dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada proses inti disebut sebagai limbah. Air limbah industri tapioka memiliki kandungan bahan-bahan organik yang cukup tinggi yang menyebabkan pencemaran lingkungan khususnya air sungai. Bahan – bahan organik ini terdiri dari protein, karbohidrat, deterjen, dan phenol yang mempunyai sifat larut dalam air (Mahardiani, 2010).

Di sisi lain, pemanfaatan zeolit sebagai Mineral zeolit adalah suatu kelompok mineral aluminium silikat terhidrasi dari logam alkali dan alkali tanah (terutama Ca, dan Na), dengan rumus umum $L_mAl_xSi_yO_z \cdot nH_2O$ dimana L adalah logam. Zeolit memiliki muatan negatif dari isomorf substitusi Al^{+3} untuk Si^{+4} dan ini muatan negatif dinetralkan oleh penukaran kation. Sifat pertukaran kation zeolit alam (NZ) telah digunakan untuk berbagai keperluan lingkungan, seperti penghapusan amonium dan perlakuan logam berat. Zeolit sintetis adalah suatu senyawa kimia yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang sama dengan zeolit yang ada di alam, zeolit sintetis ini dibuat dari bahan lain dengan proses sintetis, yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai zeolit yang ada di alam. Karena secara umum, zeolit mempunyai kemampuan untuk menyerap, menukar ion, dan menjadi katalis, membuat zeolit sintetis ini dapat dikembangkan untuk keperluan industri, seperti bahan alternatif pengolah limbah. NZ modifikasi surfaktan, modifikasi dengan kation yang surfaktan *heksadesil trimetil amonium bromida* (disebut dimodifikasi surfaktan-zeolit, atau SMZ), telah digunakan untuk menghapus pewarna dari pewarnaan limbah tekstil dalam skala laboratorium (Ribeiro, 1984).

Penelitian ini bertujuan untuk menyintesis Zeolit Modifikasi Surfaktan untuk netralisasi limbah cair tepung tapioka. Zeolit Modifikasi Surfaktan yang dimaksud adalah Zeolit Modifikasi Surfaktan (Kationik, Anionik, dan Kationik-Anionik) yang dalam beberapa kali penelitian mampu menunjukkan performa yang baik pada adsorpsi kandungan limbah cair tekstil yang memiliki tingkat warna (kekeruhan), pH, COD, BOD, yang tinggi.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam dari daerah Kalianda (Lampung Selatan), Larutan Uniquat QAC-80 dan Larutan C2MSF Miranol sebagai larutan Surfaktan, aquades. Peralatan yang digunakan gelas ukur molekular, desikator, furnace, oven, neraca digital, phmeter, magnetic stirrer.

Metode

Sintesis Zeolit

Zeolit ditempatkan dalam furnace pada suhu 600 °C selama 1 jam dan kemudian dikeringkan dalam desikator selama 2 jam., ini yang kemudian disebut dengan Zeolit Alam Kalsinasi. ZAK dicampur dengan larutan Uniquat QAC-80, campuran diaduk dengan pengaduk magnetik di suhu kamar selama 4 jam pada 300 rpm. Zeolit dipisahkan dari campuran dengan penyaring, dikeringkan pada 105 °C di dalam Oven selama 15 jam. Prosedur ini diulang dengan menggunakan larutan Miranol C2MSF. Zeolit didesain sebagai Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik dan Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik-Anionik (Syafalni dkk, 2013).

Adsorpsi Zeolit Modifikasi Surfaktan

Adsorpsi dilakukan dengan mencampurkan masing-masing 500 mL sampel limbah cair dengan Zeolit Alam Kalsinasi, Zeolit Modifikasi Surfaktan - Kationik, dan Zeolit Modifikasi Surfaktan - Kationik-anionik, hasil 3 percobaan. Campuran limbah cair tapioka dengan Zeolit Modifikasi Surfaktan diaduk dengan kecepatan 30 rpm selama 15 menit, suspensi limbah cair dibiarkan tenggelam selama 24 jam. 24 sampel limbah cair tapioka dari hasil adsorpsi dengan variasi waktu dianalisis terhadap warna, pH, dan COD.

Sintesis Zeolit Modifikasi Surfaktan pada penelitian ini dilakukan untuk mengaktifasi fungsi Zeolit sebagai penukar ion dan adsorben yaitu dengan menggunakan bahan dasar Zeolit Alam (Kalianda, Lampung) yang diketahui mengandung SiO_2 sebesar 68,5% dan Al_2O_3 sebesar 13,17%. Selain Zeolit Alam yang menjadi bahan baku utama adalah Larutan Surfaktan Uniquat QAC dan Larutan Surfaktan Miranol C2MSF. Fungsi dari kedua larutan ini adalah membentuk masing-masing Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik (ZMS-K) dan Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik-Anionik (ZMS-KA).

Pada penelitian ini pada dasarnya akan membandingkan karakterisasi hasil sintesis dan kemampuan adsorpsi limbah dari 3 macam Zeolit yaitu Zeolit Alam yang telah dikalsinasi (ZAK), ZMS-K dan ZMS-KA. Penelitian ini dimulai dengan melakukan pembersihan terhadap Zeolit Alam (ZA) dengan perendaman (sedikit pengadukan agar homogen) di dalam aquades selama 2 jam. Adapun ZA yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis zeolit P-1. ZA (P-1) dipilih dalam penelitian ini karena memiliki KTK yang cukup tinggi berdasarkan referensi. Setelah direndam, kemudin ZA disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkannya dari aquades. ZA dimasukkan ke dalam Furnace dengan cawan sebagai wadahnya. ZA dikalsinasi di dalam Furnace pada suhu $600\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Untuk membuat suhu Furnace menjadi $600\text{ }^\circ\text{C}$ tentu tidak bisa instan, ada proses menaikkan suhu dari suhu ruangan ke suhu yang diinginkan. Untuk itu dipilih kecepatan kenaikan suhu sebesar $1\text{ }^\circ\text{C}$ / menit. Pengkondisian tersebut untuk mencapai hasil yang maksimal, tujuannya agar penguapan berjalan dengan sempurna dan ZA yang telah dikalsinasi tidak mengalami kerusakan struktur. Setelah dikalsinasi ZAK ditumbuk hingga berbentuk bubuk, kemudian disimpan di dalam Desikator, tujuannya agar tidak ada uap air yang masuk atau kondisinya terjaga tetap kering. Pada tahap sebelumnya, proses kalsinasi harus dihentikan pada suhu ruangan, secara teknis Furnace dapat dibuka setelah suhu mencapai kondisi ruangan. Hal ini dimaksudkan agar ZAK tidak rusak, retak dan rapuh. Dan selain itu menjaga agar Furnace tidak mengalami kerusakan coil pemanas, keretakan dinding dan gangguan sensor. ZAK yang telah jadi siap disintesis menjadi Zeolit Modifikasi Surfaktan. Dimulai dengan pembuatan Larutan Surfaktan dengan konsentrasi 0,02 M. ZAK kemudian dicampur dengan Larutan Surfaktan Uniquat QAC dan Larutan Miranol C2MSF. Masing-masing dihomogenkan melalui proses pengadukan selama 4 jam dengan kecepatan 300 radian / sekon. Campuran Larutan ZAK dan Surfaktan dipisah dengan penyaringan dan dikeringkan di dalam Oven dalam suhu $105\text{ }^\circ\text{C}$ selama 15 jam. Setelah pengeringan ZAK yang telah disintesis dengan tambahan Larutan Surfaktan ditumbuk dan disimpan dalam Desikator. Adapun hasil kalsinasi Zeolit Alam dan sintesisnya bersama Larutan Surfaktan Uniquat QAC dan Miranol C2 MSF didesain sebagai sampel; Zeolit Alam Kalsinasi (ZAK), Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik (ZMS-K) dan Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik-Anionik (ZMS-KA).

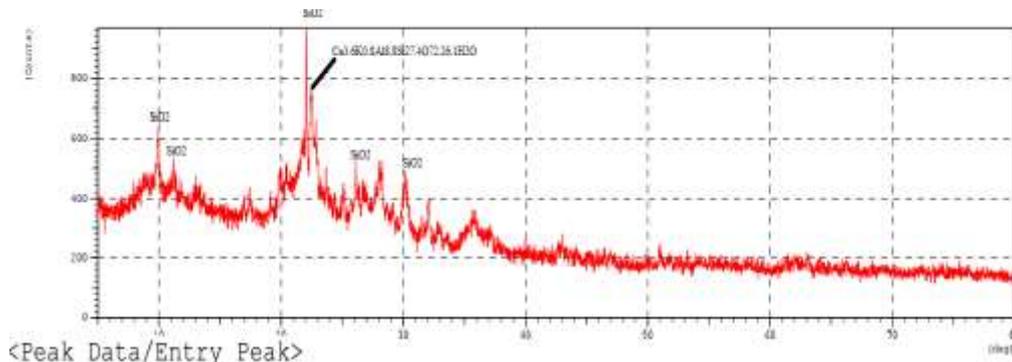
HASIL DAN PEMBAHASAN

X-ray Diffraction (XRD)

Produk yang dihasilkan dari proses sintesis dikarakterisasi untuk mengetahui struktur yang terbentuk yaitu dengan metode Difraksi Sinar-X (XRD) yang dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Jakarta. Dari hasil XRD dapat dilihat bahwa kation-kation yang berasal dari garam dapat berfungsi untuk memenuhi kebutuhan tersebut, sehingga derajat polimerisasi, ketebalan dan kristalinitas dinding pori meningkat. Oleh sebab itu untuk penelitian sintesis Zeolit Modifikasi Surfaktan, selanjutnya perlu dilakukan penambahan NaCl untuk mencegah kerusakan struktur Zeolit Modifikasi Surfaktan. Kristalinitas Zeolit Modifikasi Surfaktan berperan penting dalam mencegah terjadinya hidrolisis (Taffarel and Rubio, 2010). Kristalinitas Zeolit Modifikasi Surfaktan dapat ditingkatkan dengan cara menambahkan suatu garam dalam sintesis bahan tersebut (Ozgur *et al.*, 2009).

Dari hasil analisa XRD pada Gambar 1 secara umum dapat terlihat bahwa pada proses kalsinasi Zeolit Alam menunjukkan adanya puncak spesifik dari Zeolit Alam Kalsinasi. Hasil penyidikan struktur terhadap puncak-puncak struktur pada pola difraksi Zeolit Alam Kalsinasi $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ dan produk samping, yaitu zeolit analcim $(\text{Na}_2\text{O})1.52\text{Al}_2\text{O}_3(\text{SiO}_2)65 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ dan mineral kuarsa (SiO_2). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran Gambar 1 dan Tabel 1 yang menunjukkan perbandingan difraktogram sampel dari masing-masing run, serta mineral kuarsa berdasarkan nilai 2θ , dan intensitas

sampel yang diperoleh dari analisis XRD. Pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa produk Zeolit Alam Kalsinasi terbentuk pada sudut 2θ 22,06°, 22,08°, 22,1°, 22,04°, 22,02°.

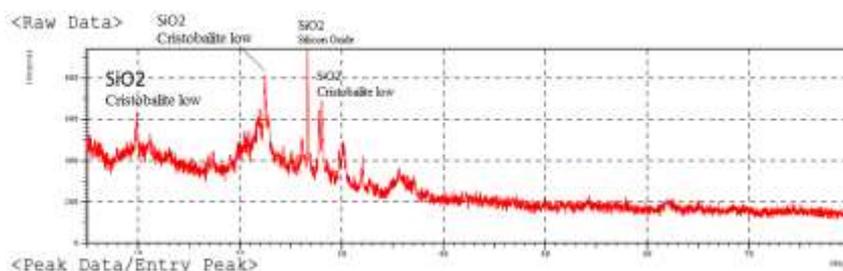


Gambar 1. Grafik XRD Zeolit Alam Kalsinasi

Tabel 1. XRD untuk ZAK

2 theta (θ)	Intensitas (Cps)
22,06	100
22,08	99,38017
22,1	93,80165
22,04	92,97521
22,02	81,19835

Pada Zeolit Modifikasi Surfaktan seperti Zeolit Alam Kalsinasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, hanya terlihat puncak-puncak berupa SiO₂ (Cristobalite low). Hal ini terjadi karena penambahan larutan Uniquat QAC. Hasil penyidikan struktur terhadap puncak-puncak struktur pada pola difraksi Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik KNa₂Ca₂(Si₂₉Al₇)O₇₂.24H₂O. Dari hasil analisis tersebut secara umum puncak grafik yang terdapat nilai 2θ yang sesuai dengan Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik yaitu pada 2θ 26,64°, 26,62°, 22,48°, 22,46°, 26,66°. Hasil analisis XRD untuk ZMS-K dapat dilihat pada Tabel 2.

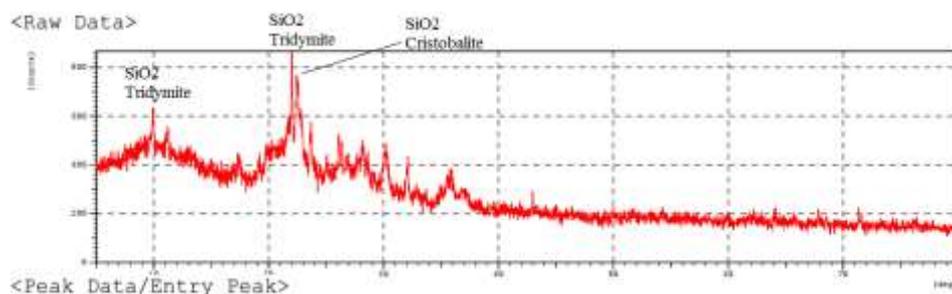


Gambar 2. Grafik XRD Zeolit Modifikasi Surfaktan - Kationik

Tabel 2. XRD untuk ZMS-K

2 theta (θ)	Intensitas (Cps)
26,64	100
26,62	99,78769
22,48	86,41189
22,46	85,138
26,66	82,16561

Pada ZMS Kationik-Anionik, hasil karakteristik XRD pada penelitian ini tidak terlihat adanya puncak dari Zeolit Modifikasi Surfaktan seperti Zeolit Alam Kalsinasi, hanya terlihat puncak-puncak berupa SiO₂ (Cristobalite low). Hal ini terjadi karena penambahan larutan Uniquat QAC. Hasil penyidikan struktur terhadap puncak-puncak struktur pada pola difraksi Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik KNa₂Ca₂(Si₂₉Al₇)O₇₂·24H₂O. Dari hasil analisis tersebut secara umum puncak grafik yang terdapat nilai 2θ yang sesuai dengan Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik yaitu pada 2θ 26,64°, 26,62°, 22,48°, 22,46°, 26,66°. Hal tersebut menandakan bahwa kalsinasi pada Zeolit Alam dapat meluruh menjadi produk Zeolit Alam Kalsinasi pada suhu kristalisasi 600°C pada waktu 15 jam. Hasil analisis XRD untuk ZMS-K dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 3.



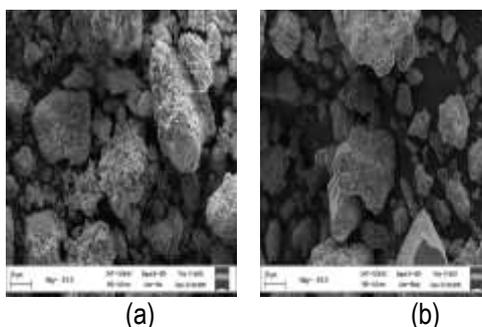
Gambar 3. Grafik XRD Zeolit Modifikasi Surfaktan - Kationik Anionik

Tabel 3. XRD untuk ZMS-KA

2 theta (θ)	Intensitas (Cps)
22	100
22,02	99,53917
21,98	97,23502
22,04	94,00922
22,42	88,70968

SEM (Scanning Electron Microscopy)

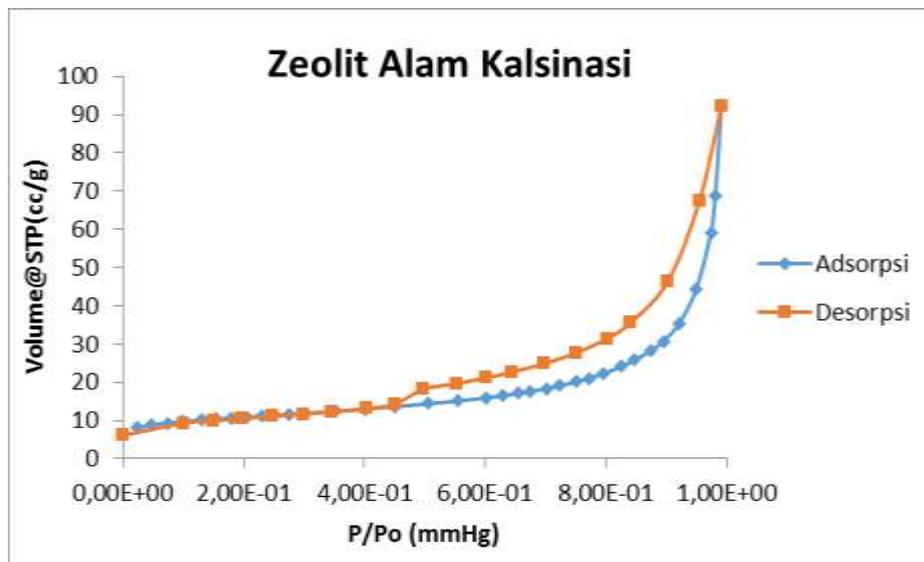
Dari hasil analisis SEM yang ditunjukkan pada Gambar 4, dapat disimpulkan bahwa hasil yang didapat menunjukkan morfologi kristal Zeolit Alam Kalsinasi dan ZMS – Kationik Anionik yang diperoleh terdapat kristalinitas dan sedikit mengandung amorf. Hal ini dikarenakan produk Zeolit Alam Kalsinasi dan Zeolit Modifikasi Surfaktan yang terbentuk dari pencucian Zeolit Alam Kalianda tidak murni, tidak menggunakan larutan asam, sehingga tidak terlalu bersih, tetapi terdapat juga mineral-mineral lain. Keseragaman morfologi kristal dan keteraturan morfologi kristal akan memberikan aksesibilitas yang baik pada situs pusat aktif dan juga dapat memberikan mobilitas yang tinggi terhadap produk reaksi (Tatsumi *et al.*, 1998).



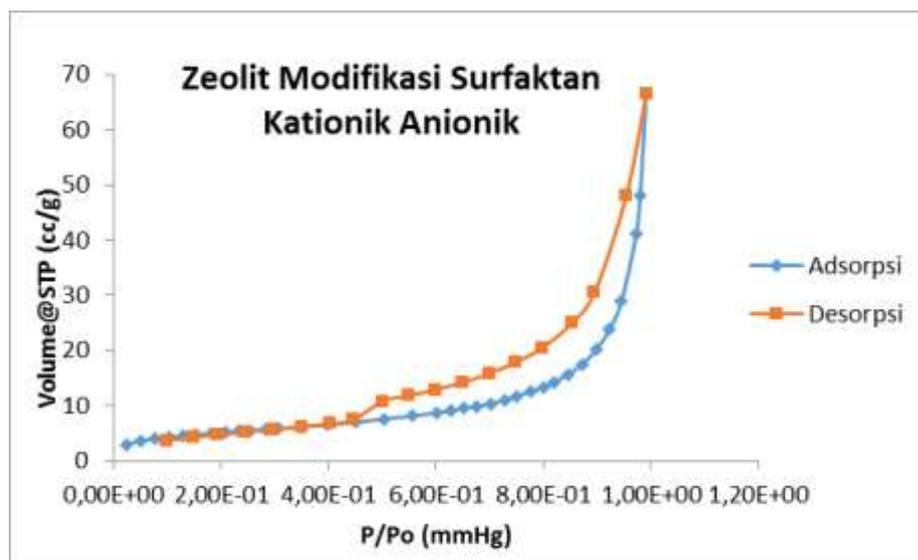
Gambar 4. Mikrostruktur Zeolit mesopori
 a) Zeolit Alam Kalsinasi. b) Zeolit Modifikasi Surfaktan Kationik-Anionik

BET (Brunauer-Emmet-Tellet)

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5, pada tekanan $P/P_0 = 0$, gas yang teradsorpsi sangat sedikit dan daerah monolayer belum penuh kemudian pada saat tekanan dinaikkan lebih dari 0,1 mulai terjadi adsorpsi gas yang menjenuhi monolayer. Perubahan gas yang tajam terjadi pada tekanan relatif (P/P_0) sekitar 0,4 – 0,6 yang menunjukkan terjadinya pengisian mesopori, Semua sampel menunjukkan pola yang sama, dengan kata lain semua sampel mengindikasikan adanya mesopori (Tatsumi *et al.*, 1998). Melalui grafik adsorpsi dan desorpsi terlihat bahwa tidak terdapat pori mikro pada semua sampel katalis. Secara keseluruhan terlihat bahwa sampel katalis menunjukkan pori berukuran meso. Semakin besar nilai kristalinitas suatu sampel menunjukkan bahwa semakin sempit distribusinya. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 6. yang menunjukkan bahwa pada diameter pori sekitar 2-5 nm yang pori nya dapat digunakan untuk mengakses reaktan. Hal ini merupakan indikasi bahwa distribusi ukuran pori semua sampel pada daerah mesopori. Distribusi ukuran pori zeolit tersaji pada Tabel 4.

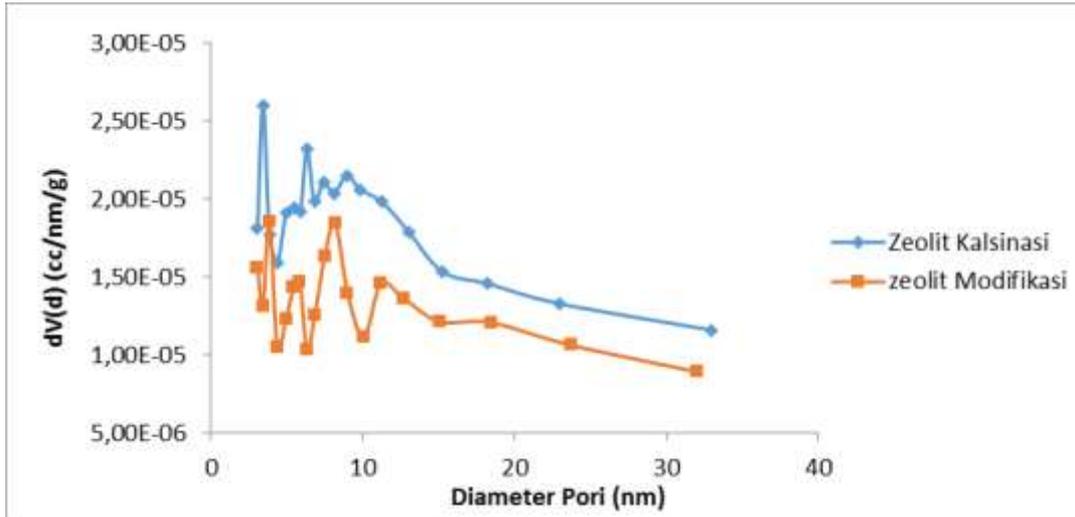


(a)



(b)

Gambar 5. Grafik Adsorpsi – Desorpsi Nitrogen
(a) pada Zeolit Alam Kalsinasi (b) pada Zeolit Modifikasi Surfaktan – Kationik Anionik



Gambar 6. Grafik Distribusi Ukuran Pori

Tabel 4. Hasil analisis dengan metode BET

Sampel	Luas Permukaan (m ² /g)	Total Volume Pori (cc/g)	Diameter Pori Rata - Rata (nm)
Kalsinasi	21,295	0,134	3,44
Modifikasi	31,325	0,101	3,84

Adsorpsi Limbah Cair Tapioka

Proses adsorpsi Zeolit Alam Kalsinasi dan Zeolit Modifikasi Surfaktan tidak berhasil terhadap kandungan TSS dan COD, pH yang cenderung konstan, dan hanya pada variabel warna terjadi perubahan oleh adsorpsi yang dilakukan Zeolit Kationik.

Adapun ZMS Kationik yang memiliki diameter pori yang besar, akibat daripada pengaruh surfaktan QAC yang memiliki cabang alkyl yang panjang, sehingga dapat membentuk produk yang terstruktur. ZMS-Kationik mampu mengikat zat warna limbah tapioka yang bersifat anionik. Sedangkan Zeolit Alam Kalsinasi dan Zeolit Modifikasi Surfaktan yang cenderung bersifat netral sulit untuk mengikat zat warna limbah tapioka yang bersifat anionik, sehingga warna cenderung tetap keruh. Begitu pun dengan kandungan COD, sebelum mendapat perlakuan kandungan COD limbah tapioka sudah sesuai dengan Baku Mutu Limbah yang tertera pada Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, yaitu sebesar 300 mg/l. Tetapi setelah perlakuan terlihat performa Zeolit Modifikasi Surfaktan – Kationik lebih dibandingkan dengan yang lainnya. Molekul ZMS – Kationik yang bermuatan positif atau bersifat Kationik mengikat beberapa molekul limbah yang kebanyakan adalah bersifat Anionik, seperti CN⁻ (Sianida), sehingga ion positif daripada kationik dapat mengikat Sianida, kebalikan daripada yang terdapat pada ZAK dan SMS – Kationik Anionik yang masing-masing bersifat netral dan memiliki ion positif dan negatif yang saling, ZAK tidak dapat mengikat Sianida secara kuat dan ZMS - Kationik Anionik masih menyisahkan ion positif bebas sehabis proses adsorpsi karena molekul Kationiknya hanya mengikat Sianida. Perbandingan hasil analisis limbah sebelum dan sesudah adsorpsi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan hasil adsorpsi beberapa Zeolit terhadap Limbah

Variabel	Sebelum Adsorpsi	ZAK	ZMS-K	ZMS-KA
Warna	Keruh	Keruh	Agak Keruh	Keruh
pH	4,9	4,9	4,9	4,9
COD (mg/l)	300	255	200	278

SIMPULAN

Tidak adanya penambahan NaCl sebagai garam yang memiliki muatan positif pada kalsinasi zeolit, tidak dapat mengikat kelebihan molekul negatif yang dimiliki surfaktan, sehingga derajat polimerisasi, ketebalan, dan kiralinitas dinding pori sulit meningkat. Berdasarkan hasil analisis XRD terhadap ketiga jenis Zeolit, Zeolit Alam Kalsinasi dan Zeolit Modifikasi Surfaktan, terdapat banyak kandungan SiO₂ (Cristobalite Low) yang terlihat pada grafik intensitas dan 2 Theta. Berdasarkan hasil analisis SEM, morfologi kristal Zeolit Alam Kalsinasi dan Zeolit Modifikasi Surfaktan – Kationik Anionik terdapat kiralinitas, tetapi masih menandung *amorf*. Berdasarkan hasil analisis BET dapat diketahui bahwa luas permukaan, dipengaruhi oleh volume pori dan ukuran pori rata-rata pada tiap sampel dan semakin besar diameter pori disebabkan banyaknya gugus alkil pada molekul tersebut. Grafik Adsorpsi – desorpsi Nitrogen dengan metode isoterm langmuir dan BJH memperlihatkan bahwa Zeolit Alam Kalsinasi dan Zeolit Modifikasi Surfaktan – Kationik Anionik merupakan material mesopori. Zeolit Modifikasi Surfaktan memiliki performa terbaik dibandingkan Zeolit Alam Kalsinasi dan Zeolit Modifikasi Surfaktan – Kationik Anionik dan penurunan nilai pH dan kandungan COD.

DAFTAR PUSTAKA

- Mahardiani L. 2010. Preparation and characterization of Ni/Zeolite from natural zeolite for hydrocracking process. The 2th International Conference on Chemical Sciences (ICCS-2010).
- Ozgur O, Turan M, Turan AZ, Faki A and Engin AB. 2009. Feasibility analysis of color removal from textile dyeing wastewater in a fixed-bed column system by surfactant-modified zeolite (SMZ). Journal of Hazardous Materials. 166: 647-654.
- Ribeiro FR. 1984. Zeolite : Science and Technology. Martinus Nijhoff Publishers, Netherland.
- Syafalni S, Abustan I, Brahmana A, Zakaria SNF, Abdullah R. 2013. Peat water treatment using combination of cationic surfactant modified zeolite, granular activated carbon and limestone. Modern Applied Science. 7(2): 37-51.
- Taffarel S R and Rubio J. 2010. Adsorption of sodium dodecyl benzene sulfonate from aqueous solution using a modified zeolite with CTAB. Minerals Engineering, 23: 771-779. Clay Science, 35: 276-281.
- Tatsumi T, Koyano KA and Igarashi N. 1998, Remarkable activity enhancement by trimethylsilylation in oxidation of alkenes and alkanes with H₂O₂ catalyzed by titanium-containing mesoporous molecular sieves. Chem. Commun., 325-326.