

PEMANFAATAN ZEOLIT SINTETIS SEBAGAI ALTERNATIF PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI

RODHIE SAPUTRA

INTISARI. Mineral zeolit adalah suatu kelompok mineral alumunium 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 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 yang akan dibahas dalam tulisan ini yaitu zeolit sintetis sebagai bahan alternatif pengolah limbah.

1. PENDAHULUAN

Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Mineral ini biasanya dijumpai mengisi celah-celah ataupun rekahan dari batuan tersebut. Selain itu zeolit juga merupakan endapan dari aktivitas vulkanik yang banyak mengandung unsur silika. Pada saat ini penggunaan mineral zeolit semakin meningkat, dari penggunaan dalam industri kecil hingga dalam industri berskala besar. Di negara maju seperti Amerika Serikat, zeolit sudah benar-benar dimanfaatkan dalam industri.

Karena sifat-sifat yang dimiliki oleh zeolit, maka mineral ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti dalam bidang industri yaitu sebagai bahan yang dapat digunakan untuk membantu pengolahan limbah pabrik. Masalah limbah industri semakin meresahkan masyarakat, sehingga banyak dilakukan usaha-usaha untuk mengatasi pencemaran limbah ini, baik itu dengan mengurangi volume limbah yang terbuang ataupun dengan mendaur ulang kembali limbah tersebut.

Zeolit sintetis adalah suatu senyawa kimia yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang sama dengan zeolit alam. Zeolit ini dibuat dari bahan lain dengan proses sintetis. Karena secara umum zeolit mampu menyerap, menukar ion dan menjadi katalis, membuat zeolit sintetis ini dapat dikembangkan untuk keperluan alternatif pengolah limbah.

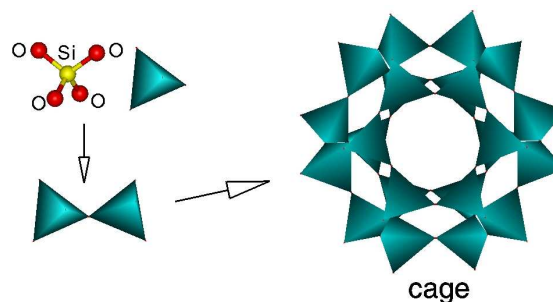
2. KARAKTERISTIK DAN GENESA ZEOLIT

Karakteristik zeolit.

Sifat-sifat kimia dan fisika zeolit. Mineral zeolit adalah kelompok mineral alumunium silikat terhidrasi $L_mAl_xSi_yO_z \cdot nH_2O$, dari logam alkali dan alkali tanah (terutama Ca, dan Na), m, x, y, dan z merupakan bilangan 2 hingga 10, n koefisien dari H_2O , serta L adalah logam. Zeolit secara empiris ditulis $(M_2^+, M^{2+})Al_2O_3gSiO_2 \cdot zH_2O$, M^+ berupa Na atau K dan M^{2+} berupa Mg, Ca, atau Fe. Li, Sr atau Ba dalam jumlah kecil dapat menggantikan M^+ atau M^{2+} , g dan z bilangan koefisien. Beberapa specimen zeolit

berwarna putih, kebiruan, kemerahan, coklat, dll., karena hadirnya oksida besi atau logam lainnya. Densitas zeolit antara $2,0 - 2,3 \text{ g/cm}^3$, dengan bentuk halus dan lunak. Kilap yang dimiliki bermacam-macam. Struktur zeolit dapat dibedakan dalam tiga komponen yaitu rangka aluminosilikat, ruang kosong saling berhubungan yang berisi kation logam, dan molekul air dalam fase occluded (Flanigen, 1981 dalam Harben & Kuzvart, 1996).

Morfologi dan sistem kristal zeolit. Zeolit berbentuk kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung muatan positif dari ion-ion logam alkali dan alkali tanah dalam kerangka kristal tiga dimensi (Hay, 1966), dengan setiap oksigen membatasi antara dua tetrahedra (Gambar 2.1).



GAMBAR 2.1. Rangka zeolit yang terbentuk dari ikatan 4 atom O dengan 1 atom Si (Bell, 2001)

Zeolit pada dasarnya memiliki tiga variasi struktur yang berbeda yaitu: a) struktur seperti rantai (*chain-like structure*), dengan bentuk kristal acicular dan prismatic, contoh: natrolit, b) struktur seperti lembaran (*sheet-like structure*), dengan bentuk kristal *platy* atau tabular biasanya dengan *basal cleavage* baik, contoh: heulandit, c) struktur rangka, dimana kristal yang ada memiliki dimensi yang hampir sama, contoh: kabasit. Zeolit mempunyai kerangka terbuka, sehingga memungkinkan untuk melakukan adsorpsi Ca bertukar dengan $2(\text{Na}, \text{K})$ atau CaAl dengan $(\text{Na}, \text{K})\text{Si}$. Morfologi dan struktur kristal yang terdiri dari rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi luas. Morfologi ini terbentuk dari unit dasar pembangunan dasar primer yang membentuk unit dasar pembangunan sekunder dan begitu seterusnya.

Macam-macam zeolit. Zeolit secara umum dibedakan dalam tipe yang calcic dan alkali-rich, dengan komposisi yang berbeda, berikut komposisi dan formula dari zeolit.

Selain jenis zeolit alam, ada zeolit jenis lain yaitu zeolit sintetis. Zeolit sintetis dibuat dengan rekayasa yang sedemikian rupa sehingga mendapatkan karakter yang sama dengan zeolit alam. Zeolit sintetis sangat bergantung pada jumlah Al dan Si, sehingga ada 3 kelompok zeolit sintetis:

- (1) Zeolit sintetis dengan kadar Si rendah
Zeolit jenis ini banyak mengandung Al, berpori, mempunyai nilai ekonomi tinggi karena efektif untuk pemisahan dengan kapasitas besar. Volume porinya dapat mencapai $0,5 \text{ cm}^3$ tiap cm^3 volume zeolit.
- (2) Zeolit sintetis dengan kadar Si sedang
Jenis zeolit modernit mempunyai perbandingan $\text{Si}/\text{Al} = 5$ sangat stabil, maka diusahakan membuat zeolit Y dengan perbandingan $\text{Si}/\text{Al} = 1-3$. Contoh zeolit sintetis jenis ini adalah zeolit omega.

TABEL 1. Komposisi dan formula dari zeolit yang bertipe kalsik (Deer, 1963 dalam Hay, 1966)

Nama	Kation dominan	Rumus kimia	Massa jenis
Stilbit	Ca, Na	$\text{Ca}_{0,5}\text{AlSiM}_{2,6-3,5}\text{O}_{7,2-9,2}\cdot 8-3,5\text{H}_2\text{O}$	2,18
Kabasit	Ca, Na	$\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_{1,7-3,0}\text{O}_{5,4-8,0}\cdot 7-4\text{H}_2\text{O}$	2,08
Heulandit	Ca, Na	$\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_{2,7-3,7}\text{O}_{7,4-9,4}\cdot 2,5-3,1\text{H}_2\text{O}$	2,18
Epistilbit	Ca, Na	$\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_{2,4-3,2}\text{O}_{7,8-8,4}\cdot 2,6-2,8\text{H}_2\text{O}$	2,25
Filipsit	Ca, Na	$\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_{1,3-2,2}\text{O}_{4,6-6,4}\cdot 1,7-2,4\text{H}_2\text{O}$	2,0-2,3
Gismondin	Ca, Na	$\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_{1-1,2}\text{O}_{4-4,4}\cdot 2-2,2\text{H}_2\text{O}$	2,1-2,2
Laumontit	Ca	$\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_2\text{O}_6\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2,29
Skolesit	Ca	$\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_{1,5}\text{O}_5\cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$	2,27
Thomsonit	Ca, Na	$\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_{1-1,1}\text{O}_{4-9,2}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2,37
Wairakit	Ca	$\text{Ca}_{0,5}\text{AlSi}_2\text{O}_6\cdot \text{H}_2\text{O}$	2,265

TABEL 2. Komposisi dan formula zeolit yang bertipe alkali (Deer, 1963 dalam Hay, 1966)

Nama	Kation dominan	Rumus kimia	Massa jenis
Faujasit	Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{2,4}\text{O}_{7,2}\cdot 4,6\text{H}_2\text{O}$	1.92
Klinoptilotit	K, Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{4,2-5}\text{O}_{10,4-12}\cdot 3,5-4\text{H}_2\text{O}$	2.13-2.17
Mordenit	Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{4,5-5}\text{O}_{11-12}\cdot 3,2-3,5\text{H}_2\text{O}$	2.12
Erionit	Na, K, Ca	$\text{NaAlSi}_{3-3,5}\text{O}_{8-9}\cdot 3-3,4\text{H}_2\text{O}$	2.07
Kabasit	Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{1,7-3}\text{O}_{5,4-8}\cdot 2,7-4\text{H}_2\text{O}$	2.08
Filipsit	K, Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{1,3-3,4}\text{O}_{4,6-8,8}\cdot 1,7-3,3\text{H}_2\text{O}$	2.0-2.3
Gonardit	Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{1,1-1,4}\text{O}_{4,4-4,8}\cdot 1,2-1,3\text{H}_2\text{O}$	2.27
Analsim	Na	$\text{NaAlSi}_{2-2,8}\text{O}_{6-7,6}\cdot 1-1,3\text{H}_2\text{O}$	2.26
Natrolit	Na	$\text{NaAlSi}_{1,5}\text{O}_5\cdot \text{H}_2\text{O}$	2.24

(3) Zeolit sintetis dengan kadar Si tinggi

Zeolit jenis ini sangat higroskopis dan menyerap molekul non polar sehingga baik untuk digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon. Zeolit jenis ini misalnya zeolit ZSM-5, ZSM-11, ZSM-21, ZSM-24.

Genesa zeolit. Nama zeolit ini berasal dari bahasa Yunani yaitu “*Zeni*” dan “*Lithos*” yang berarti batu yang mendidih, karena apabila dipanaskan membiuh dan mengeluarkan air (Breck, 1974 dalam Lefond, 1983). Berdasarkan pada asalnya zeolit dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis.

Zeolit alam. Pada umumnya, zeolit dibentuk oleh reaksi dari air pori dengan berbagai material seperti gelas, poorly cristalline clay, plagioklas, ataupun silika. Bentuk zeolit mengandung perbandingan yang besar dari M^{2+} dan H^+ pada Na^+ , K^+ dan Ca^{2+} . Pembentukan zeolit alam ini tergantung pada komposisi dari batuan induk, temperatur, tekanan, tekanan parsial dari air, pH dan aktifitas dari ion-ion tertentu.

Zeolit sintetis. Mineral zeolit sintetis yang dibuat tidak dapat persis sama dengan mineral zeolit alam, walaupun zeolit sintetis mempunyai sifat fisis yang jauh lebih baik. Beberapa ahli menamakan zeolit sintetis sama dengan nama mineral zeolit alam dengan menambahkan kata sintetis di belakangnya, dalam dunia perdagangan muncul nama zeolit sintetis seperti zeolit A, zeolit K-C dll. Zeolit sintetis terbentuk ketika gel yang ada terkristalisasi pada temperatur dari temperatur kamar sampai dengan 200 °C pada tekanan atmosferik

ataupun autogenous. Metode ini sangat baik diterapkan pada logam alkali untuk menyiapkan campuran gel yang reaktif dan homogen (Breck, 1974; Breck & Flanigen, 1968 dalam Lefond, 1983). Struktur gel terbentuk karena polimerisasi anion aluminat dan silikat. Komposisi dan struktur gel hidrat ini ditentukan oleh ukuran dan struktur dari jenis polimerisasi. Zeolit dibentuk dalam kondisi hidrothermal, bahan utama pembentuknya adalah aluminat silikat (gel) dan berbagai logam sebagai kation. Komposisi gel, sifat fisik dan kimia reaktan, serta jenis kation dan kondisi kristalisasi sangat menentukan struktur yang diperoleh.

3. PROSES PENGOLAHAN ZEOLIT

Proses komersial yang pertama dilakukan berdasar atas sintesis laboratorium yang asli menggunakan hidrogel yang amorf. Pengolahan zeolit secara garis besar dapat dibagi dalam dua tahap, yaitu preparasi dan aktivasi:

Tahapan preparasi zeolit diperlakukan sedemikian rupa agar mendapatkan zeolit yang siap olah. Tahap ini berupa pengecilan ukuran dan pengayakan. Tahapan ini dapat menggunakan mesin secara keseluruhan atau dengan cara sedikit konvensional. Aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan cara pemanasan atau penambahan pereaksi kimia baik asam maupun basa:

- (1) Aktivasi pemanasan, dilakukan zeolit dalam pengering putar menggunakan bahan umpan yang mempunyai kadar air sekitar 40%, dengan suhu tetap 230 °C dan waktu pemanasan selama tiga jam.
- (2) Penambahan pereaksi kimia, dilakukan di dalam bak pengaktifan dengan NaOH dan H₂SO₄, dimaksudkan untuk memperoleh temperatur yang dibutuhkan dalam aktivasi. Zeolit yang telah diaktivasi perlu dikeringkan terlebih dahulu, pengeringan ini dapat dilakukan dengan cara menjemurnya di bawah sinar matahari.

4. PEMBUATAN DAN PENGGUNAAN ZEOLIT SINTETIS

Proses pembuatan. Salah satu pembuatan zeolit sintetis adalah dengan proses hidrogel (Lefond, 1983). Alumina trihidrat Al₂O₃·3H₂O, diuraikan dalam suhu tertentu dan dicampur dengan sodium silikat dalam suatu tangki pembuat gel hingga terbentuk suatu gel yang homogen. Gel ini kemudian dipompakan pada suatu tangki yang lain, sesudah itu dikristalisasikan setelah beberapa jam pada suhu 200 °F diikuti dengan difraksi oleh sinar X (Lefond, 1983). Zeolit sintetis juga dapat dibuat dengan proses clay conversion, proses ini menghasilkan bubuk yang memiliki tingkat kemurnian rendah – tinggi yang tidak saling terikat yang kemudian menghasilkan zeolit dalam matriks lempung.

Penggunaan. Zeolit sintetis memiliki sifat yang lebih baik dibanding dengan zeolit alam. Perbedaan terbesar antara zeolit sintesis dengan zeolit alam adalah:

- (1) Zeolit sintetis dibuat dari bahan kimia dan bahan-bahan alam yang kemudian diproses dari tubuh bijih alam.
- (2) Zeolit sintetis memiliki perbandingan silika dan alumina yaitu 1:1 dan sedangkan pada zeolit alam hingga 5:1.
- (3) Zeolit alam tidak terpisah dalam lingkungan asam seperti halnya zeolit sintetis.

TABEL 3. Proses-proses dalam pembuatan zeolit sintetis (Lefond, 1983)

Proses	Reaktan	Produk
<i>Hydrogel</i>	<i>Reactive oxides, soluble silicates, soluble aluminates, caustic</i>	<i>High purity powder</i> <i>Gel preform</i> <i>Zeolite in matrix</i>
<i>Clay conversion</i>	<i>Raw kaolin, meta-kaolin, calcined kaolin, acid treated clay, soluble silicates, caustic, sodium chloride</i>	<i>Low to high purity powder</i> <i>Binderless, high purity preform</i> <i>Zeolite in clay-derived matrix</i>
<i>Other</i>	<i>Natural SiO₂, amorphous minerals, volcanic glass, caustic, Al₂O₃·3H₂O</i>	<i>Low to high purity powder</i> <i>Zeolite on ceramic support</i> <i>Binderless preform</i>

TABEL 4. Contoh penggunaan zeolit sintetis

Jenis zeolit	Kegunaan
Zeolit X	<i>catalytic cracking</i> (FCC) dan <i>hydrocracking</i> , mereduksi NO, NO ₂ dan CO ₂
Zeolit Y	removal, pemisah fruktosa-glukosa, pemisah N ₂ di udara, bahan pendingin kering
Zeolit US-Y	memisahkan monosakarida
Zeolit A	pengkonsentrasi alkohol, pengering olifin, bahan gas alam padat, pembersih CO ₂ dari udara
Zeolit ZSM-5	<i>dewaxing</i> , produksi <i>synfuel</i> , mensintesis ethylbenzene
Linde Zeolite-A	bubuk pembersih untuk memindahkan ion Ca dan Mg

5. SIFAT-SIFAT ZEOLIT SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PENGOLAHAN LIMBAH

Prinsip operasi katalis. Zeolit sebagai katalis hanya mempengaruhi laju reaksi tanpa mempengaruhi kesetimbangan reaksi karena mampu menaikkan perbedaan lintasan molekuler dari reaksi yang terjadi. Katalis berpori dengan pori-pori yang sangat kecil akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk. Zeolit dapat menjadi katalis yang shape-selective dengan tingkat transisi selektifitas atau dengan pengeluaran reaktan pada dasar diameter molekul. Zeolit mampu menjadi katalis asam dan dapat digunakan sebagai pendukung logam aktif atau sebagai reagen, serta dapat digunakan dalam katalis oksida.

Prinsip operasi penukaran ion. Tipe pertukaran ion dilakukan dalam kondisi isoter-mis. Kondisi isoter-mis dari empat ion univalen yaitu Ag⁺, K⁺, Li⁺, dan Ca²⁺, menunjukkan variasi dalam kisaran selektifitas yaitu dari selektifitas tinggi untuk Ag⁺ hingga ke rendah untuk Li⁺, untuk ion seperti K⁺, nilainya berkisar dari negatif hingga positif. Dalam kasus lain seperti Ca²⁺, isoter-mis tidaklah menghilangkan batas teoritis dari substitusi yang lengkap pada tingkat yang paling rendah. Tipe isoter-mis ini dijumpai pada zeolit Y untuk kation yang jarang. Operasi pertukaran ion dapat dilakukan dalam kondisi setimbang. Keseimbangan antara larutan dengan zeolit dinyatakan $ZaB (Z)^{zb} + ZbA (S)^{zb} = ZaB (S)^{zb} + ZbA (Z)^{za}$.

Prinsip operasi penyerapan dan penyaringan ion. Unsur-unsur kimia yang memiliki diameter kinetik yang terlalu besar membuat unsur-unsur kimia ini tidak dapat melewati pori-pori zeolit, sehingga secara efektif unsur-unsur ini tersaring, hal ini kemudian digunakan sebagai separasi molekul berdasarkan atas ukuran dan bentuk. Afinitas dari masing-masing jenis molekul yang dapat tertangkap dalam rongga-rongga yang ada dalam zeolit bergantung pada lingkup elektroniknya. Medan elektrostatis yang kuat yang ada di dalam rongga-rongga zeolit menghasilkan interaksi yang sangat kuat dengan molekul polar seperti air. Molekul nonpolar juga dapat diserap dengan kuat berkaitan dengan tenaga polarisasi dari medan listrik yang ada. Sehingga separasi dapat dilakukan oleh zeolit.

6. PEMANFAATAN ZEOLIT SINTETIS DALAM PENGOLAHAN LIMBAH

Limbah. Limbah adalah segala sesuatu yang merupakan sisa hasil buangan dari suatu kegiatan/produksi yang sudah tidak terpakai lagi. Limbah menurut jenisnya dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu limbah padat, cair dan gas. Komposisi limbah pada umumnya terdiri dari dua komponen utama yaitu anorganik dan organik. Komposisi limbah organik, dapat berupa sampah padat yang terdiri dari daun-daun kering, sampah rumah tangga, yang biasanya dihasilkan oleh daerah pemukiman. Sedangkan yang anorganik seperti gelas, plastik dan lain-lain untuk daerah pemukiman lebih sedikit dijumpai.

Metode pengolahan limbah dengan zeolit. Berdasarkan PP. 18/1999, kategori pengelolaan limbah adalah Penghasil, Pengumpul, Pengangkut, Pengawas, Pengolah, Penimbun, dan Pemanfaat. Untuk pengelolaan limbah yang berbahaya, ada tahapan yang harus dilakukan yaitu penyiapan fasilitas pengelolaan dan pembuangan limbah beracun, penandatanganan surat pernyataan bagi industri penghasil limbah, clean up program, emergency response, ekspor limbah beracun dan pencegahan impor ilegal limbah beracun. Zeolit juga dapat digunakan untuk mendapatkan gas metan yang murni dari limbah yang berupa sampah yang membusuk ataupun limbah dari suatu peternakan. Gas metan yang kering tersebut kemudian dialirkan melalui tabung-tabung yang berisi bubuk mineral zeolit kering, biasanya yang dipakai adalah zeolit jenis kabasit ataupun erionit, ke dalam tabung tersebut gas CO_2 akan terserap dan terikat oleh zeolit sehingga akan dihasilkan gas metan yang murni (Harjanto, 1987). Contoh lain adalah penggunaan mineral klinoptilolit, mineral ini digunakan untuk menyerap ion radioaktif dari suatu reaktor atom misalnya ^{90}Sr dan ^{137}Cs , pertama-tama klinoptilolit digerus hingga mencapai ukuran butir 20-59 mesh, air buangan yang berasal dari reaktor atom dialirkan melalui tabung-tabung yang berisi bubuk mineral zeolit, apabila ion-ion radioaktif yang terperangkap tersebut tidak akan dipergunakan lagi maka tabung-tabungnya dibuang atau ditanam di suatu tempat yang aman (Harjanto, 1987).

Zeolit sintetis sebagai bahan pengolahan limbah. Hasil produksi industri berupa gas berbahaya seperti gas yang mengandung logam berat, H_2S , juga gas metan, digunakan zeolit, karena dapat menyerap molekul polar baik dalam fase cair maupun fase gas. Sedangkan pada pengolahan limbah padat hanya limbah padat tertentu saja yang dapat diolah oleh zeolit. Pengolahan oleh zeolit ini hanya mengurangi volume bahan berbahaya yang terdapat pada limbah padat, tidak menghilangkan limbah padat tersebut. Salah satu contoh penggunaan zeolit sintetis yang akan dibahas adalah penggunaan zeolit sintetis yang digunakan memindahkan sulfur dioksida dari gas sisa. Kapasitas adsorpsi terhadap

sulfur dioksida (SO_2) zeolit sintetis jenis zeolit Y berlaku pada suhu 25 hingga 200 °C dan kandungan sulfur dioksida dengan konsentrasi terkandung 0,92 hingga 5,04 %.

Proses adsorpsi muncul dalam tingkat perpindahan yang tinggi tapi proses ini membutuhkan volume yang besar dari adsorben dan pemakaian energi yang tinggi untuk regenerasi dari proses ini. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan materi penyerap dengan kemampuan kapasitas adsorpsi SO_2 yang tinggi. Dalam proses adsorpsi SO_2 , sebelumnya telah diuji kemampuan adsorpsi yang tinggi dari zeolit alam maupun zeolit sintetis, yang memiliki aktifitas yang paling tinggi ternyata zeolit sintetis, kemudian dalam proses ini digunakan zeolit sintetis. Metode yang digunakan adalah dengan mencampur zeolit sintetis dengan alumina atau bentonit yang kemudian digunakan sebagai adsorben. Penyerapan SO_2 berlangsung dalam suatu reaktor yang menggunakan zeolit sintetis sekitar 2-3 gr (dengan diameter ukuran butir >5cm). Gas pengisi mensintesis campuran dari nitrogen dan sulfur dioksida (SO_2). Sebelumnya zeolit sintetis diaktivasi dengan pemanasan, selama satu jam pada suhu 120 °C, kemudian setelah itu selama satu jam pada suhu 400 °C dalam arus nitrogen. Temperatur adsorpsi yang berlangsung berkisar antara 20 – 200 °C. Desorpsi SO_2 berlangsung dalam kondisi termal (400 °C) dalam arus nitrogen dan kuantitas adsorben dari sulfur dioksida berlangsung dalam titrasi iodometrik. Regenerasi adsorben berlangsung pada suhu 400 °C selama 30 menit.

Gas residu suatu industri yang mengandung SO_2 memiliki temperatur yang relatif lebih tinggi dengan lingkungan. Sehingga perlu diperhatikan penurunan adsorpsi dari zeolit yang digunakan. Zeolit sintetis Y yang digunakan adalah zeolit sintetis YHNa dan zeolit sintetis YH. Zeolit menjaga nilai kapasitas adsorpsi dalam kisaran temperatur 75–100 °C tetapi apabila temperaturnya naik maka nilai kapasitas adsorpsinya menjadi nol. Nilai kapasitas adsorpsi yang tinggi pada temperatur yang rendah merupakan hasil dari physicaladsorption dan chemisorption, bentukan dalam kondisi ini menjadi dominan. Kandungan sulfur dioksida dalam gas residu nilainya fluktuatif bergantung ada sumber emisinya. Zeolit YH dan zeolit YHNa tidak teralterasi secara signifikan, setelah 20 kali siklus adsorpsi-desorpsi-regenerasi berlangsung pada kondisi eksperimen yang identik yaitu pada suhu 25 °C, 1,82 SO_2 dalam N_2 , aliran gas 131 ml/min. Jadi zeolit sintetis jenis YHNa memiliki sifat yang baik dalam menyerap SO_2 .

Nilai ekonomis dari zeolit sintetis. Secara umum zeolit baik itu zeolit alam maupun zeolit sintetis memiliki nilai ekonomi yang bisa dikatakan tinggi, hal ini mengingat dari mineral zeolit ini jika diolah lebih lanjut akan dapat dimanfaatkan secara optimum. Contoh penggunaan mineral zeolit secara umum adalah sebagai berikut: bahan bangunan dan ornamen, bahan puzolan dan semen portland-puzolan, bahan agregat ringan, bahan pengembang dan pengisi, bahan pembuat tapal gigi, dll.

Seperti halnya zeolit alam, zeolit sintetis seperti zeolit A, zeolit K-C, zeolit α , zeolite β , zeolit ZK, dll. juga dapat dioptimalkan penggunaannya. Zeolit jenis ini dapat digunakan antara lain: sebagai bahan semen puzolan, dan semen portland-puzolan, bahan agregat ringan, bahan pengembang dan pengisi, bahan penambal gigi.

7. KESIMPULAN

Zeolit sangat bermanfaat dalam bidang industri, sebagai bahan alternatif pengolahan limbah industri. Hal ini adalah karena sifat-sifat yang dimiliki oleh zeolit itu sendiri yaitu kemampuan untuk menyerap molekul, menukar ion, dan menjadi katalis. 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. Zeolit sintetis mampu sebagai bahan pengolah limbah yang efektif, karena sifat yang dimiliki jauh lebih baik dari zeolit alam, sebagai contoh zeolit sintetis tipe YHNa mampu menyerap SO₂ dari gas residu dari limbah pabrik, pada akhirnya dapat menjaga lingkungan dan kesehatan masyarakat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Paper di atas berdasarkan atas karya referat dari penulis yang berjudul “Pemanfaatan zeolit sintetis sebagai alternatif pengolahan limbah industri”. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. I Wayan Warmada selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan arahan dan bimbingan. Penulis juga mengucapkan pada seluruh pihak yang membantu sumbang saran, semoga paper ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR ACUAN

- [1] Bateman, A. M & Jensen, M. L., 1981, *Economic mineral deposits*, 3rd ed, John Wiley & Sons, New York.
- [2] Bell, R. G., 2001, What are zeolites? URL: <http://www.bza.org/zeolites.html>.
- [3] Dragan, G. & Sandulescu, I., The removal of sulfur dioxide from residual gases with synthetic zeolites, Faculty of Chemistry, University of Bucharest, Romania.
- [4] Ehlers, E. G. & Blatt, H., 1982, *Petrology: Igneous, sedimentary, and metamorphic*, W.H. Freeman & Co, San Fransisco.
- [5] Harben, P.W & Kuřvart, M., 1996, *Industrial minerals: A global geology*, Industrial Minerals Information Ltd, Metal Bulletin PLC, London, p. 445-450.
- [6] Harjanto, S, 1987, Lempung, zeolit, dolomit, dan magnesit: Jenis, sifat fisik, cara terjadi dan penggunaannya, Publikasi Khusus Direktorat Sumberdaya Mineral, direktoat Sumberdaya Mineral, Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi Republik Indonesia, Jakarta, h. 108-166.
- [7] Hay, R. L., 1966, *Zeolites and zeolitic reactions in sedimentary rocks*, Dept. Geology and Geophysics, University of Califonia, Berkeley, California.
- [8] Lefond, S. J., 1983, *Industrial minerals and rocks (Nonmetallic other than fuels)*, fifth 5th edition, Vol. 2, AIME. Inc, New York, p. 1391-1431.
- [9] Purwadi, B., Pariadi, Kamulyan. B. & Ariseno. A., 1998, Pemanfaatan zeolit alam Indonesia sebagai adsorben limbah cair dan media fluidasi dalam kolom fluidasi. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Teknik (Engineering)* v. 10/1, p. 13-25
- [10] Sherman, J, D, 1999, Synthetic zeolites and other microporous oxide molecular sieves, *Colloquium Paper Proc. Natl. Acad. Sci.* Vol. 96, p. 3471-3478.
- [11] PT. Agnia Perkasa, 1999, Zeolite. URL: <http://www.agnia.co.id/about.html>