

Keramik Pori Berbasis Zeolit Alam Sebagai Penyaring Kation Mg, Ca, Fe Dan Mn

Oleh :

Dewi Fatimah, Lenny M. Estiaty, Eko Tri Sumarnadi,
Gurharyanto, Fuad Saebani, Nita Yusianita

ABSTRAK: Pembuatan keramik pori berbasis zeolit alam dilakukan tanpa merubah sifat zeolit (reversible) sebagai bahan utama untuk mempertahankan struktur kristal alamiahnya. Tetapi terhadap bahan tambahan (Mineral Admixtures) dilakukan secara irreversible, agar membentuk binders yang cukup kuat mengikat matriks. Bahan tambahan tersebut adalah : kapur, abu sekam dan lempung, pembakaran dilakukan pada suhu 900 dan 1000°C selama 3 jam. Pengujian penyaringan kation Ca 1956.91 ppm, Mg 1002,9 ppm, Fe 20.47 ppm dan Mn 2.13 ppm dari larutan, dengan mengalirkan larutan tersebut ke dalam keramik tersebut selama 1, 2, 3 dan 4 jam. Analisis kation dilakukan dengan metoda AAS & kompleksometri (EDTA). Kapasitas penyaringan kation-kation oleh keramik pori hasil bakar 900°C berturut-turut Mg>Fe>Mn>Ca.

PENDAHULUAN

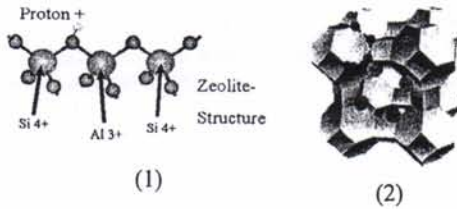
Latar Belakang

Keramik pori merupakan keramik fungsional dibentuk oleh fasa berstruktur kristalin menyebabkan keramik bersifat keras dan kuat, stabilitas dan titik leleh relatif tinggi dan tahan terhadap perubahan kimia, serta sangat stabil dalam lingkungan yang memerlukan persyaratan berat. Keramik tersebut dibuat dengan menggunakan bahan yang berkualitas baik, penambahan aditif serta proses yang terkendali. Salah satu penggunaannya adalah sebagai penyaring, struktur dibentuk oleh sel terbuka 40-50% (*open cellular structure*) dan tertutup (*closed cellular structure*). Struktur porus bervariasi dari kasar hingga ukuran halus (0.2 - 100 mikron), saling terkoneksi, dengan bukaan hingga 10 nanometer pada celah yang paling sempit. Sehingga dapat melalukan fluida dari satu bidang ke bidang lain. Berbentuk batang, silinder atau plat tipis¹³⁾

Salah satu usaha pengkajian dan pengembangan ilmu bahan dan material, adalah memberdayakan

zeolit alam sebagai bahan utama pembentuk keramik pori dengan tambahan bahan alam lain seperti lempung, kapur dan limbah pertanian berupa sekam padi. Pemilihan zeolit sebagai bahan utama didasarkan pada sifat rongga, penyaring molekul, penukar ion, maupun sebagai penyerap. Sebagai penyaring, keramik pori tersebut mempunyai kelebihan dari penyaring biasa, karena dapat dicuci/di-regenerasi. Kristal zeolit, dibentuk oleh tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ melalui jembatan oksigen (-Si-O-Al-). Substitusi Si (IV) oleh Al (III) dalam tetrahedral mengakibatkan muatan negatif dalam struktur.

Tetrahedron tersebut membentuk kerangka tiga dimensi yang membentuk banyak ruang terbuka dengan diameter 5-10Å, membentuk lorong yang saling terkoneksi, rongga diisi oleh air dan kation yang menempel pada posisi *negative charge*.



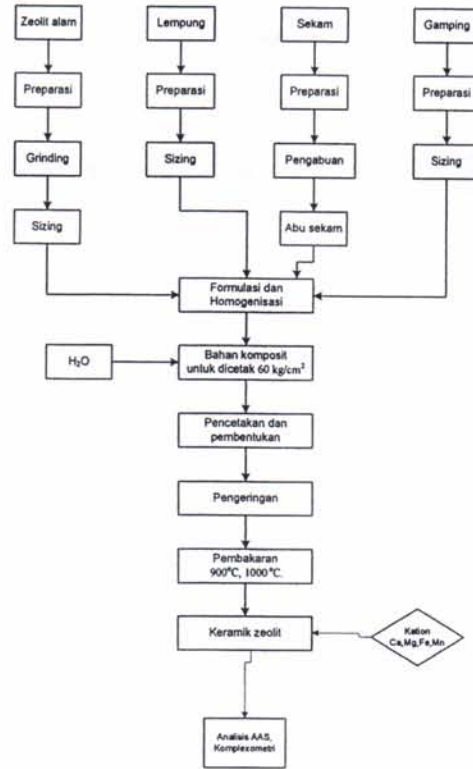
Gambar 1. Tetrahedral AlO_4 dan SiO_4
 Gambar 2. Struktur Zeolit²⁾

Meskipun banyak media berpori yang digunakan sebagai penyerap atau pemisah campuran cairan, tetapi distribusi diameter dari pori-pori media tersebut tidak cukup selektif seperti halnya zeolit yang mampu memisahkan berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk dan polaritas dari molekul yang disaring. Pada proses pembentukan media berpori dengan zeolit, ditambahkan kapur dan lempung sebagai pengikat saat pembentukan *body*. Kalsium dengan silika amorf dari abu sekam membentuk *calcium silicate hydrate (CSH)* yang berfungsi sebagai semen-hidrolik.

Metoda Penelitian

Bahan utama keramik pori terdiri 70% zeolit alam dari Cikanca Tasikmalaya. Sedangkan 30% selebihnya adalah bahan tambahan seperti lempung, kapur dan abu sekam. Sekam padi terlebih dahulu dibakar agar menghasilkan abu sekam dengan kadar silika yang tinggi. Pembakaran atau pengarangan dilakukan diatas api di udara terbuka. Pada awalnya terbentuk karbon sekam ditandai dengan warna hitam dari sekam padi, kemudian dilakukan pembakaran terbuka pada suhu 900°C sehingga dihasilkan abu dengan kandungan silika amorf yang cukup tinggi. Seluruh bahan keramik pori berukuran lolos -100 mesh.

Proses diuraikan dalam diagram berikut (Gambar 3) :

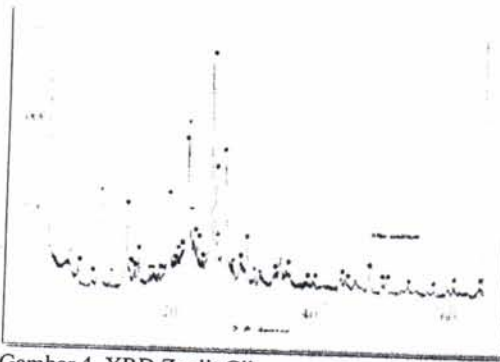


Gambar 3. Peta Alir Proses Eksperimentasi

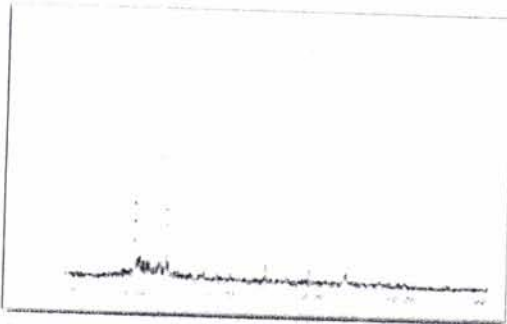
HASIL DAN PEMBAHASAN

X-Ray Diffraktometer Zeolit dan Keramik Pori

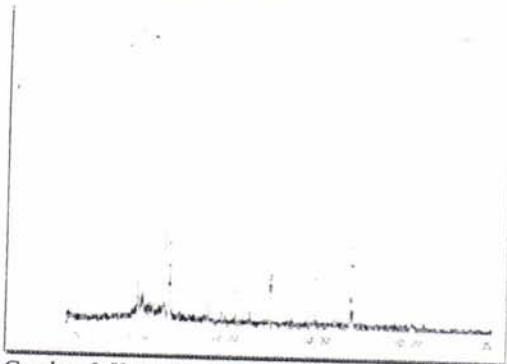
Analisis XRD (Gambar 4, 5 dan 6) zeolit Cikanca didominasi oleh mordenit, diikuti oleh kuarsa, dan klinoptilolit. Pada keramik pori hasil bakar suhu 900°C masih terlihat puncak mordenit dan klinoptilolit, tetapi puncak kuarsa mulai meningkat, hal ini mungkin disebabkan oleh silika lempung yang mulai bebas dan terbentuknya oksida-oksida logam dari logam yang terikat pada struktur kristal. Sedangkan suhu bakar 1000°C tidak teridentifikasi puncak mordenit, ini menunjukkan bahwa kristal zeolit telah mengalami destruksi. Pada suhu bakar tersebut, difraktogram didominasi oleh kuarsa dan plagioklas. Dari hasil XRD, pembakaran *body* keramik dengan bahan dasar zeolit alam sebaiknya dilakukan pada suhu maksimal 900°C untuk mempertahankan sifat alamiah struktur kristalnya.



Gambar 4. XRD Zeolit Cikancra

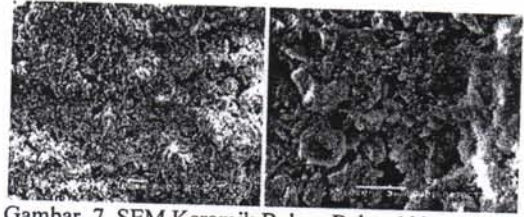


Gambar 5. Keramik Pori 900°C

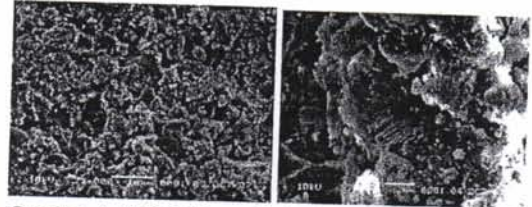


Gambar 6. Keramik Pori 1000°C

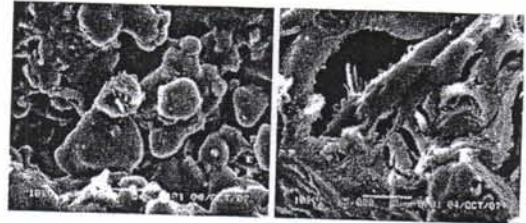
sintering, terbentuk *platy* dan *sheet* CSH. ²⁾ Pada suhu bakar 1000°C, perbesaran 5000 kali tekstur lebih kompak dan proses *sintering* tampak merata. Dari SEM dapat diketahui ukuran pori antar partikel hasil bakar sekitar 0.2 – 2 mikron.



Gambar 7. SEM Keramik Belum Bakar 100 x dan 5000 x



Gambar 8. SEM Keramik Pori 900°C, 2000x dan 7500x



Gambar 9. SEM Keramik Pori 1000°C, 5000 x

Selama pembakaran terjadi perubahan volume secara berangsur karena keramik mengalami penyusutan. Dan *body* keramik berubah warna dari putih kehijau-hijauan menjadi agak kemerahan. Hal ini disebabkan oleh perubahan tingkat oksidasi Fe yang terkandung dalam bahan mentah (Foto 1.)

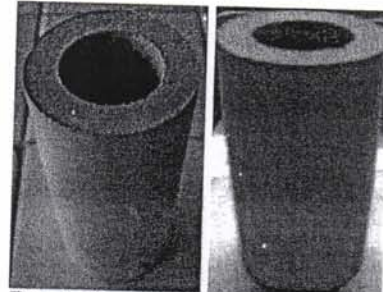


Foto 1. Keramik Pori Pra-Bakar dan Bakaran 900°C

Scanning Electron Microscop Keramik Pori

Dari analisis SEM (Gambar 7, 8 dan 9), pada matriks belum bakar perbesaran 100 kali maupun 5000 kali, tampak partikel bahan cukup homogen, dan dapat diamati adanya kristal jarum dari mordenit dan sudah terbentuk *platy* dan *sheet calcium silicate hydrate* (CSH). Keramik pori suhu bakar 900°C pada perbesaran 2000 kali dan 10.000 kali tampak lebih kompak dan lebih merata, sudah terjadi proses

Penyaringan Kation-Kation oleh Keramik Pori

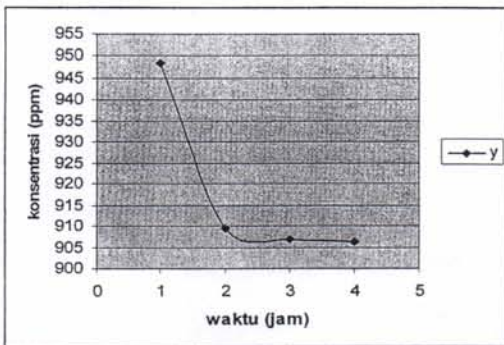
Penentuan kandungan kation-kation dalam sampel dilakukan dengan menggunakan metoda AAS dan kompleksometri (EDTA) bergantung kepada konsentrasi kation tersebut. Kation-kation logam yang terdapat dalam struktur zeolit berperan sebagai pengontrol terhadap aktivitas penyaringan. Kation dari logam alkali seperti Na, K dapat menyebabkan deaktivasi terhadap penyaringan sampel di dalam larutan. Dari analisis AAS dan EDTA dihasilkan seperti berikut :

Konsentrasi Mg^{2+} dalam percobaan adalah 1002,87 ppm, penyerapan kation Mg oleh keramik pori pada jam ke-1 cukup tinggi yaitu sebesar 96,28% (Tabel 1). Demikian juga pada jam ke-2, ke-3 dan ke-4 penyerapan sangat baik. Hal ini disebabkan dalam struktur kristal zeolit alam Cikanca miskin Mg sehingga dapat diserap dengan baik. Analisis dengan metode kompleksometri (EDTA), karena konsentrasi Mg dalam larutan sampel cukup tinggi.

Tabel 1. Keramik terhadap Mg^{2+} 1002.87 ppm

Kode	jam	Mg yang diserap (ppm)
800°C	1	965.55
	2	924.77
	3	917.29
	4	913.65

Kurva 1. Penyerapan Mg^{2+}



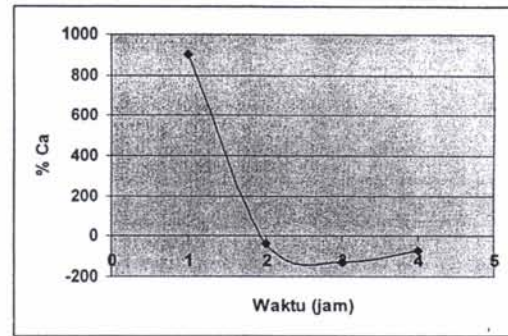
Konsentrasi kalsium awal dalam larutan sampel adalah 1956.91ppm, dari hasil percobaan didapat keramik pori mampu menyerap Ca^{2+} dalam larutan sampel pada jam ke-1, sebesar 46,19 %, tetapi pada jam berikutnya tidak mampu menyerap kation Ca^{2+} yang dielusikan. Tetapi sebaliknya terjadi pelepasan kation Ca dari matriks keramik pori ke dalam larutan. Hal ini mungkin terjadi tukar kation alkali

tanah dalam struktur kristal zeolit, sehingga konsentrasi Ca^{2+} dalam larutan lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi larutan Ca^{2+} yang dielusikan .

Tabel 2. Keramik terhadap Ca^{2+} 1956.91 ppm

Kode	jam	Ca yang diserap (ppm)
800°C	1	903.804
	2	-36.994
	3	-128.094
	4	-68.136

Kurva 2. Penyerapan Ca^{2+}

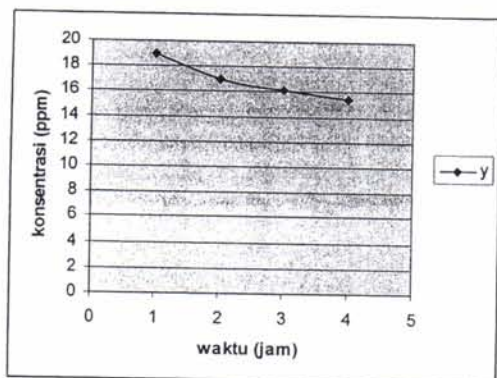


Terhadap kation besi, keramik pori memiliki kemampuan daya serap yang tinggi, pada jam ke-1 sebesar 80,65%, hal ini disebabkan karena Fe dalam struktur zeolit yang berperan sebagai pengotor maupun sebagai logam penetral, maupun Fe dalam bahan tambahan seperti lempung dan kapur telah mengalami oksidasi membentuk Fe_2O_3 . Ini ditunjukkan pula oleh warna merah dari keramik pori hasil bakar (Gambar 11). Proses pembakaran 900°C, juga menyebabkan menurunnya kandungan aluminium tempat terkaitnya logam-logam penetral muatan listrik pada zeolit. Dengan berkurangnya aluminium tersebut menyebabkan berkurangnya kandungan logam-logam tersebut sehingga penyerapan Fe cukup tinggi.

Tabel 3. Keramik terhadap Fe^{3+} 20.47 ppm

Kode	Jam	Fe yang diserap(ppm)
800 °C	1	16,51
	2	14,73
	3	6,49
	4	3,20

Kurva 3. Penyerapan Fe^{3+}

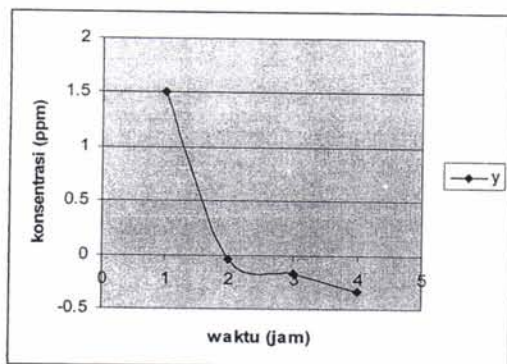


Penyerapan terhadap kation Mangan, pada jam pertama cukup tinggi yaitu sebesar 63.47% dari konsentrasi sampel Mn dalam larutan percobaan. Tetapi pada jam kedua, ketiga dan keempat hampir terjadi penurunan penyerapan.

Tabel 4. Keramik terhadap Mn^{2+} (2.13 ppm)

Kode	Jam	Mn^{2+} yang diserap (ppm)
800°C	1	1,352
	2	0,029
	3	0,0034
	4	-0,044

Kurva 4. Penyerapan Mn^{2+}



KESIMPULAN

Keramik pori berbasis zeolit alam dengan suhu bakar 900°C masih memperlihatkan sifat alamiah zeolit. Kapasitas penyaringan keramik pori terhadap kation-kation berturut-turut $Mg > Fe > Mn > Ca$. Kemampuan penyaringan kation Fe dan Mg pada

jam ke-1 sampai dengan ke-4 cukup tinggi, tetapi terhadap kation Mn dan Ca hasil yang optimal hanya pada jam ke-1.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1983. Kapur Untuk Bahan Bangunan. Petunjuk Teknis Manuskrip Standard SII. Departemen Perindustrian
- Anonim chemistry0sh.blogfa.com
- Anonim (2001) The American Ceramic Society, Anna Maria Island, Florida, Nov.2001, pp.59-72.
- Dewi Fatimah dkk (2005), Laporan Penelitian (*In House Research*), *Keramik Pori Berbahan Baku Mineral Silikat Alam*, Puslit Geoteknologi-LIPI
- Dewi Fatimah dkk (2006), Laporan Penelitian (IPTEK) No.1055h/IPK.1/OT/2006, Sub Kegiatan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Proses, Puslit Geoteknologi-LIPI
- D.Setiawan Handoko (2002) (*The Effect of Acid, Hydrothermal and Support Chromium treatments of Natural Zeolite in Catalyst Preparation*) Jurnal ILMU DASAR, Vol. 3 No. 2, 2002: 103-109
- Husaini. 1992. *Daya Pertukaran Ion Zeolit Pomas Terhadap Beberapa Jenis ion Logam Berat*, Bandung: Pusat Penelitian Teknologi Mineral.
- Heru Harsono, 2002, *Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi (Syntesis of Amorphous Silicon from Outer Shell of Rice Seeds)* Jurnal ILMU DASAR, Vol. 3 No.2, 2002: 98-103
- Joelianingsih (2004) *Peningkatan Kualitas Genteng Keramik dengan Penambahan Sekam Padi dan Daun Bambu*, PPS 702, Sekolah Pasca Sarjana/S3 IPB, Nov. 2004
- Mumpton, F.A. 1981. *Mineralogy and Geology of Natural Zeolites*. Second Edition Microsoft® Encarta® Reference Library. 2005. 1993-2004 Microsoft Corporation ©.
- Suhala, Supriatna., Arifin, M. 1997. *Bahan Galian Industri*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral
- www.tech-ceramics.co.uk; Porous Ceramics
- www.zeolitanatural.com/structure.
- www.zeolitemineral.com
- www.Chemmacl.usc.edu