

# **KAJIAN PROSPEK PEMANFAATAN ZEOLIT PADA INDUSTRI KERTAS**

*Lies Indriati\*, Jenni Rismijana*

\* Peneliti Kelompok Kertas, Balai Besar Pulp dan Kertas

## ***THE REVIEW ON PROSPECT OF ZEOLITE UTILIZATION IN PAPER INDUSTRY***

### ***ABSTRACT***

*Zeolite is one of natural mineral which can be used as an additive in papermaking process; i.e. as paper filler, coating pigment, stickies control agent, etc. The utilization of zeolite as filler for paper has been developed. It has been produced commercially in Japan. In Indonesia, its usage in papermaking process has not been developed yet.*

*A laboratory scale investigation of zeolite utilization as paper filler has been carried out. The zeolite used was not meet the requirements as paper filler. It was caused by a large content of impurities in zeolite used, as well as its silica content. Mechanical process in production of zeolite as paper filler is not enough to meet the requirements of paper filler.*

*Another usage of zeolite in papermaking process has been investigated. The result showed that zeolite can be used as a stickies control agent in waste paper recycling. It reduces dirt count while increases the brightness of paper produced.*

*This potential should be developed further since there is a large availability of zeolite in Indonesia and a number of paper industries which can utilize zeolite in their papermaking process.*

Key words : zeolite, utilization, additive, filler, papermaking

### ***INTISARI***

*Zeolit merupakan mineral alam yang dapat digunakan sebagai bahan penolong pada proses pembuatan kertas, diantaranya sebagai bahan pengisi kertas, pigmen salut, bahan pengendali sticky (pengotor yang bersifat lengket) pada kertas bekas. Penggunaan zeolit sebagai bahan pengisi kertas telah dikembangkan di beberapa negara. Di Jepang, bahan pengisi dari zeolit telah diproduksi secara komersial, di China telah diteliti dan diupayakan pemanfaatannya. Sementara di Indonesia, penggunaannya pada proses pembuatan kertas masih dalam penelitian dan pemanfaatannya di industri kertas belum dikembangkan.*

*Hasil penelitian skala laboratorium yang dilakukan telah menunjukkan bahwa penggunaan zeolit sebagai bahan pengisi kertas belum memenuhi syarat. Hal ini disebabkan oleh kandungan bahan pengotor dan silika dalam zeolit alam cukup tinggi sehingga masih perlu pengolahan sebelum dimanfaatkan. Namun pada penggunaan zeolit sebagai bahan pengendali stickies, hasil penelitian menunjukkan potensinya yang prospektif menurunkan jumlah noda dan meningkatkan derajat putih kertas*

*Potensi zeolit tersebut di atas perlu dikembangkan potensinya dan diaplikasikan lebih lanjut mengingat ketersediaan zeolit yang cukup tinggi di Indonesia dan banyaknya industri kertas yang dapat memanfaatkan zeolit pada proses pembuatan kertasnya*

Kata kunci : Zeolit, pemanfaatan, aditif, bahan pengisi, pembuatan kertas

## PENDAHULUAN

Perkembangan industri pulp dan kertas di Indonesia menunjukkan adanya peningkatan yang sangat pesat dalam sepuluh tahun terakhir. Dari hanya 42 industri yang tercatat pada awal tahun 1990-an berkembang menjadi lebih dari 80 industri pada tahun 2003. Pada tahun yang sama, Indonesia menduduki peringkat ke 9 untuk produksi pulp dan peringkat ke 12 dalam produksi kertas dunia. Perkembangan ini menuntut tersedianya bahan baku, baik serat maupun bahan penolong kertas dalam jumlah yang mencukupi.<sup>(1)</sup>

Berbagai bahan penolong digunakan pada proses pembuatan kertas, baik yang berfungsi untuk membentuk sifat-sifat tertentu pada kertas atau bahan penolong yang membantu kelancaran jalannya proses pembuatan kertas. Adanya bahan penolong ini memiliki peran yang sangat penting dalam proses pembuatan kertas secara keseluruhan. Bahan pengisi (filler) kertas yang digunakan sebagai substitusi serat serta bahan pengendali kontaminan, khususnya stickies pada daur ulang kertas bekas, merupakan dua diantara berbagai jenis bahan penolong yang digunakan pada proses pembuatan kertas.

Sebagai salah satu mineral alam yang ketersediaannya di Indonesia cukup berlimpah, zeolit memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan penolong pada proses pembuatan kertas. Pemanfaatan yang prospektif diantaranya adalah sebagai bahan pengisi kertas dan bahan pengendali stickies pada daur ulang kertas bekas.<sup>(2)</sup>

Pada tulisan ini dijelaskan tentang potensi dan unjuk kerja zeolit dari hasil penelitian penggunaannya sebagai bahan pengisi kertas dan bahan pengendali stickies pada daur ulang kertas bekas.

## ADITIF KERTAS

Pada proses pembuatan kertas selain bahan baku serat ditambahkan juga bahan penolong atau aditif. Aditif ini dibagi dalam dua golongan yaitu aditif fungsional terdiri dari bahan pengisi (filler), *sizing*, *dry* dan *wet strength*, serta warna; biasanya digunakan untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu dari lembaran kertas. Sedang aditif lainnya yaitu aditif kontrol yang terdiri dari *defoamer*, *retention* dan *drainage aid*, anti pitch dan stikies, *biocide*; digunakan untuk mengontrol jalannya proses pembuatan kertas.<sup>(5)</sup>

## Bahan Pengisi Kertas

Dalam proses pembuatan kertas, bahan pengisi berfungsi untuk meningkatkan sifat cetak, sifat optik meliputi opasitas dan derajat putih, juga dapat melicinkan permukaan kertas, meningkatkan absorpsi tinta cetak, dan sebagai pensubstitusi serat. Jenis bahan pengisi yang biasa digunakan antara lain kaolin, kalsium karbonat, dan titanium dioksida. Kaolin dan kalsium karbonat merupakan bahan pengisi yang paling banyak digunakan, sedangkan titanium dioksida digunakan untuk keperluan tertentu karena titanium dioksida mempunyai sifat-sifat yang spesial.<sup>(5)</sup>

Kaolin banyak digunakan sebagai bahan pengisi dalam pembuatan kertas buku, kertas majalah dan kertas cetak lainnya. Karakteristik dari kaolin umumnya mempunyai derajat putih sekitar 70 – 85%, indeks refraksi 1,56, *specific gravity* 2,6 dan ukuran partikel berkisar antara 0,5 - 5  $\mu\text{m}$ . Kalsium karbonat digunakan sebagai bahan pengisi dalam berbagai macam kertas cetak, juga pada kertas sigaret dan kertas kitab. Dengan penggunaan kalsium karbonat dapat diperoleh derajat putih yang lebih tinggi, dan membantu kecepatan absorpsi minyak sehingga meningkatkan kecepatan pengeringan tinta cetak. Karakteristik dari kalsium karbonat umumnya mempunyai derajat putih sekitar 93 – 95 %, indeks refraksi 1,56, *specific gravity* 2,7 – 3,0 dengan ukuran partikel berkisar antara 0,2 – 3  $\mu\text{m}$ . Titanium dioksida mempunyai karakteristik indeks refraksi 2,55 dan 2,70, *specific gravity* 3,9 – 4,2, derajat putih 98 – 98,5%, ukuran partikel 0,3 – 0,35  $\mu\text{m}$ . Titanium dioksida digunakan sebagai bahan pengisi untuk kertas yang mempunyai sifat khusus terhadap opasitas dan derajat putih, selain itu biasa digunakan juga untuk kertas bond, kertas buku dan kertas kitab.<sup>(7)</sup>

## Bahan Pengendali Stickies

Stickies merupakan kontaminan atau bahan pengotor yang bersifat lengket yang umumnya terdapat pada daur ulang kertas bekas, berasal dari adhesive tape, plastik film dan *hot melt glue*. Stickies merupakan salah satu penyebab terbentuknya deposit pada sistim wet end di mesin kertas.

Pengendalian stickies berjalan bersamaan dengan pengendalian kontaminan saat proses penyiapan stok, meliputi penyaringan, pembersihan, dan pedispersian. Sebagian stickies yang masih terbawa

bersama stok, umumnya dapat dikendalikan dengan cara :

- a. Dispersi, dalam cara ini dilakukan kombinasi perlakuan kimia dengan energi panas dan mekanik pada stok untuk memecah partikel stickies menjadi berukuran kecil dan stabil. Ukuran partikel akhir dipengaruhi oleh kombinasi bahan pendispersi, bahan aktif permukaan dan campuran pelarut yang digunakan.
- b. Pasivasi, suatu bahan polimer kationik dengan berat molekul rendah dan densitas muatan yang tinggi disemprotkan pada fabric atau felt yang bersifat hidrofobik sama dengan partikel stickies, untuk mengurangi sifat afinitas yang tinggi dari fabric dan felt terhadap partikel stickies.
- c. Defatikasi, pada cara ini permukaan partikel stickies yang bersifat lengket dilapisi dengan suatu bahan organik atau mineral, sehingga dapat mengurangi sifat lengket pada permukaan partikel stickies. Bahan organik dapat berasal dari talk, garam zirkonium, atau polimer organik.<sup>(7)</sup>

### **ZEOLIT SEBAGAI ADITIF KERTAS**

Zeolit merupakan suatu jenis mineral yang memiliki sifat mirip dengan kaolin yang merupakan salah satu bahan pengisi kertas komersial, namun pemanfaatannya dalam industri kertas di Indonesia masih belum didayagunakan. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, zeolit berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengisi kertas, bahkan di Jepang bahan pengisi kertas dari zeolit telah diproduksi secara komersial. Salah satu faktor yang perlu mendapat perhatian pada zeolit alam Indonesia apabila akan digunakan sebagai bahan pengisi kertas adalah tahap pengolahan yang ada saat ini masih perlu dioptimalkan.

Potensi zeolit alam Indonesia cukup besar dan tersebar luas di sekitar 46 lokasi, diantaranya di Bayah (Kabupaten Lebak), Nanggung (Kabupaten Bogor), Cikotok, Tasikmalaya, Sukabumi, Pacitan, Malang, Nusa Tenggara Barat, Martapura, Jambi, dan Lampung. Dari beberapa lokasi zeolit, yaitu Lampung dan Sukabumi, jumlah cadangan zeolit terukur sebanyak 27.182.000 ton, sedangkan di beberapa daerah di Sukabumi dan Lebak 125.243.000 ton. Pada beberapa lokasi telah dilakukan penambangan secara komersial, yaitu di Lampung Selatan, Jawa Barat (Lebak, Sukabumi, Tasikmalaya), dan Jawa Timur. Dari penelitian yang telah dilakukan, umumnya zeolit alam yang diperoleh adalah dari jenis klinoptilolit, dan modernit dengan komposisi dan kandungan zeolit total yang bervariasi.<sup>(6)</sup>

### **Zeolit Sebagai Bahan Pengisi Kertas**

Zeolit merupakan bahan alumina-silikat dengan dengan struktur kerangka tertentu yang berpori, dimana didalamnya terdapat ion-ion logam dan molekul air. Ion-ion logam dan molekul air ini dapat digantikan melalui suatu proses pertukaran ion dan dehidrasi yang bersifat reversibel. Berdasarkan asalnya, zeolit dapat diperoleh dari alam yang dikenal dengan nama zeolit alam, atau dari suatu proses sintesa, yang disebut zeolit sintetis.<sup>(9)</sup>

Pada Tabel 1 dapat dilihat karakteristik zeolit hasil produksi komersial dibandingkan dengan beberapa bahan pengisi kertas komersial. Dilihat dari nilai derajat putih, distribusi ukuran partikel dan sifat daya kikis, terlihat bahwa zeolit memiliki kualitas yang lebih rendah dibanding bahan pengisi kertas komersial seperti kaolin, talk dan kalsium karbonat. Selain sebagai pengganti sebagian serat, bahan pengisi juga berfungsi ganda untuk meningkatkan derajat putih kertas. Oleh karenanya, sifat derajat putih menjadi parameter yang penting pada bahan pengisi kertas. Partikel berukuran lebih kecil dari 2 µm pada zeolit jumlahnya sangat tinggi. Pada proses pembentukan lembaran di wire, fraksi ini kemungkinan besar akan lolos bersama *white water* sehingga retensi bahan pengisi dalam kertas menjadi rendah. Daya kikis yang tinggi dapat menyebabkan peralatan produksi kertas menjadi cepat aus, sehingga bahan pengisi kertas diharapkan memiliki daya kikis yang serendah mungkin. Namun demikian, dengan proses tertentu zeolit masih bisa diolah lebih lanjut menjadi bahan pengisi kertas seperti yang telah dilakukan di Jepang.

Di Jepang, bahan pengisi kertas dari zeolit jenis klinoptilolit telah diproduksi secara komersial dan dijual dengan nama dagang "SGW" dan "HiZ". Jenis SGW umumnya digunakan untuk kertas yang mengandung pulp mekanis, sedangkan HiZ digunakan untuk kertas yang tidak mengandung pulp mekanis. Perbedaan yang mendasar dari kedua jenis zeolit ini adalah pada proses produksinya. Jenis SGW diproduksi dengan proses penggerusan mekanis pada kondisi kering diikuti dengan pengklasifikasian pada cyclone. Jenis HiZ diproduksi dengan cara basah dimana penggerusan berlangsung pada kondisi basah kemudian dilakukan pemurnian untuk menghilangkan komponen pengotor (impurities) dan meningkatkan derajat putih zeolit.<sup>(10)</sup> Pada Tabel 2 berikut ini dapat dilihat sifat dari SGW dan HiZ

Tabel 1. Karakteristik beberapa bahan pengisi kertas

Parameter	Zeolit (SGW) <sup>a)</sup>	Kaolin <sup>b)</sup>	Talk <sup>b)</sup>	Kalsium karbonat (ground) <sup>b)</sup>
Rumus molekul	<sup>c)</sup>	$Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	$CaCO_3$
Struktur kristal	<sup>c)</sup>	Triclinic, hexagonal platelets	Monolitic, lamellae	Trigonic, rhombohedral
Densitas, kg/dm <sup>3</sup>	<sup>c)</sup>	2,7	2,8	2,7
Indeks refraksi	<sup>c)</sup>	1,56	1,57	1,6
Hardness, skala Mhos	<sup>c)</sup>	2 - 2,5	1 - 1,5	3
Derajat putih, %	78,5	> 81	> 82	Chalk: 80-90 Marble: 85-95
Distribusi ukuran partikel, %				
< 10 $\mu m$	83,55	94	84	98
< 5 $\mu m$	63,50	75	45	90
< 2 $\mu m$	38,96	48	16	40
Luas area spesifik (BET), m <sup>2</sup> /g	<sup>c)</sup>	10	6	3
$\zeta$ -potential, mV		-24 (pH 7)	-19 (pH 9)	-26 (pH 9)
Daya kikis (AT 1000), g/m <sup>2</sup>	70,5			
- kasa bronze		45	31	24
- kasa plastik		3	13	27
Hilang pijar, %				
- 600 °C	<sup>c)</sup>	11	5,5	0-2
- 925 °C		12	6,3	42
pH	9,6	5	9	9

Sumber :a) Ziekelite (1971)  
b) Neimo, L. (1999)  
c) Tidak ada data

Tabel 2. Sifat zeolit SGW dan HiZ

No	Parameter	SGW	HiZ
1	Derajat putih, %	78,5	84,2
2	Kadar air, %	5,0	12,9
3	pH	9,6	4,5
4	Daya kikis, mg	70,5	85,2
5	Distribusi ukuran partikel, %		
	- > 10 $\mu m$	16,45	14,7
	- 10 – 5 $\mu m$	20,05	25,1
	- 5 – 2 $\mu m$	24,54	27,4
	- < 2 $\mu m$	38,96	32,6

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Jepang, kertas yang mengandung SGW memiliki sifat kelicinan, densitas dan derajat putih yang lebih rendah dibandingkan dengan kertas yang mengandung kaolin, namun opasitasnya lebih tinggi.

Di Cina, pernah pula dilakukan upaya untuk memanfaatkan zeolit jenis klinoptilolit sebagai bahan pengisi kertas. Percobaan dilakukan terhadap beberapa jenis kertas, yaitu kertas yang mengalami "machine glazed", kertas tulis, kertas frisket, dan

kertas koran. Hasil dari penelitian ini menyimpulkan bahwa derajat putih lembaran umumnya lebih rendah daripada kertas yang mengandung talc, dengan jumlah bahan pengisi yang tertahan dalam lembaran dan sifat kekuatan lembaran yang relatif lebih tinggi.<sup>(10)</sup>

Di Indonesia, sampai dengan saat ini, potensi zeolit sebagai bahan pengisi kertas masih belum dimanfaatkan. Upaya ke arah tersebut telah mulai dirintis dengan dilakukannya penelitian pendahuluan

penggunaan zeolit alam lokal yang berasal dari Bayah. Pada percobaan tersebut digunakan zeolit berbentuk serbuk yang dibuat dengan cara penggerusan pada kondisi kering kemudian dilakukan pengayakan dengan saringan dengan ukuran mesh tertentu.<sup>(9)</sup>

Hasil analisis sifat kimia dan fisik zeolit alam yang digunakan pada penelitian yang dilakukan terdahulu dibandingkan dengan kaolin komersial dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Komposisi kimia zeolit vs kaolin

Komponen	Zeolit	Kaolin
- SiO <sub>2</sub> , %	72,60	46,50
- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	11,50	38,20
- Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	1,27	0,51
- TiO <sub>2</sub> , %	0,22	0,11
- CaO, %	1,95	0,04
- MgO, %	0,86	0,09
- K <sub>2</sub> O, %	2,29	1,05
- Na <sub>2</sub> O, %	0,45	0,10
- Hilang pijar, %	8,63	13,30

Tabel 4. Sifat fisik zeolit vs kaolin

Parameter	Zeolit	Kaolin
- Kadar air, %	3,33-5,00	-
- pH	6,31-7,23	5
- Daya kikis, mg	17,9-287,8	45
- Densitas, g/ml	2,03-2,04	2,7
- Derajat putih, %	62,82-66,26	>81
- Residu 325 mesh, %	0,4-5,9	-
- Distribusi ukuran partikel		
< 10 µm	39-78	94
< 5 µm	24-55	75
< 2 µm	12-45	48

Dari hasil analisis kimia terlihat bahwa zeolit tersebut memiliki kandungan pengotor, diantaranya Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang cukup tinggi, sehingga menyebabkan rendahnya derajat putih zeolit. Kandungan silika zeolit yang dianalisa juga terlalu tinggi sehingga menyebabkan daya kikis yang tinggi pula terhadap

wire, sedangkan distribusi ukuran partikel masih belum optimal. Dari hasil analisis tersebut serta percobaan aplikasinya pada kertas, disimpulkan bahwa untuk dapat digunakan secara optimal sebagai bahan pengisi kertas, zeolit alam yang digunakan (dari Bayah) masih harus diolah terlebih dahulu.<sup>(3)</sup>

Mengingat potensi zeolit alam Indonesia yang cukup besar serta besarnya peluang untuk memanfaatkannya sebagai bahan pengisi kertas, maka penelitian lebih lanjut dalam rangka mengoptimalkan proses pengolahan zeolit alam lokal agar hasilnya dapat memenuhi kriteria sebagai bahan pengisi kertas, masih harus dilakukan dan dikembangkan aplikasinya

### Zeolit Sebagai Bahan Penolong pada Daur Ulang Kertas Bekas

Ketersediaan serat asli (virgin fiber) yang berasal dari tanaman kayu maupun nonkayu saat ini semakin terbatas mengingat akibat yang ditimbulkannya terhadap kelestarian alam. Kegiatan pembukaan hutan untuk penanaman pohon sebagai bahan baku pulp kertas, serta penggunaan bahan kimia pada proses pemasakan pulp sangat berpotensi untuk mengakibatkan pencemaran dan kerusakan pada lingkungan. Dilain pihak, konsumsi kertas yang meningkat menyebabkan meningkatnya jumlah sampah kertas yang apabila tidak dikelola dengan semestinya juga dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan.

Dilain pihak, dengan alasan lingkungan, kertas bekas yang memiliki nilai ekonomis tinggi digunakan kembali sebagai bahan baku pada proses pembuatan kertas. Upaya mendaur ulang kertas bekas telah banyak dilakukan terutama untuk tujuan menekan biaya produksi, melindungi sumber daya hutan, mengurangi pencemaran lingkungan dan menghemat penggunaan air dan energi. Selain itu juga untuk memenuhi keinginan konsumen akhir, terutama di negara-negara tujuan ekspor yang menerapkan standar ekolabel.

Salah satu kendala yang dihadapi dalam pendaurulangan kertas bekas adalah tingginya kandungan kontaminan yang menyebabkan proses pembersihannya memerlukan perhatian serius terutama bila serat yang diperoleh akan digunakan

Tabel 5. Hasil uji lembaran daur ulang kertas bekas

Sifat Lembaran	Satuan	Blanko	Zeolit	Kaolin	Talk
Derajat putih	%	65.65	73.15	74.14	73.96
Opasitas	%	94.52	96.3	95.6	96.5
Noda	mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	1087	301	350	410
	Dot/m <sup>2</sup>	30000	8260	8400	8260
Indeks tarik	Nm/g	25.4	38.5	34.75	36.0
Indeks sobek	mNm <sup>2</sup> /g	5.8	6.8	6.0	5.6

untuk pembuatan jenis kertas tulis-cetak. Stickies adalah salah satu jenis kontaminan yang banyak dijumpai pada daur ulang kertas bekas. Adalah stickies ini dapat menyebabkan turunnya kualitas kertas yang dihasilkan serta menimbulkan masalah pada proses di mesin kertas.

Salah satu cara yang dapat digunakan dalam mengendalikan stickies adalah dengan menggunakan bahan penolong yang dapat memodifikasi sifat permukaan partikel stickies di dalam stok sehingga tidak beraglomerasi dan membentuk deposit selama proses daur ulang kertas bekas.

Penambahan zeolit sebanyak 2 % dari berat kering serat ke dalam bubur kertas bekas hasil proses penghilangan tinta telah diteliti pengaruhnya terhadap efektifitas pengendalian stickies pada daur ulang kertas majalah bekas. Pada Tabel 5 berikut ini dapat dilihat sifat-sifat lembaran yang dihasilkan dibandingkan dengan kaolin dan talk yang umum digunakan sebagai bahan pengendali stickies.

Dari data di atas terlihat bahwa walaupun belum terlalu efektif, secara umum zeolit memiliki kemampuan yang cukup baik untuk digunakan sebagai bahan pengendali stickies pada daur ulang kertas bekas. Hal ini terlihat dari kemampuannya untuk menurunkan noda stickies pada lembaran dan menaikkan derajat putih dan kekuatan (indeks tarik dan indeks sobek) lembaran dibandingkan dengan lembaran blanko

## PENUTUP

Industri kertas merupakan industri yang cukup prospektif untuk masa yang akan datang. Pengembangan sektor penunjang seperti industri bahan penolong kertas sangat diperlukan dalam rangka menjamin ketersediaan bahan-bahan untuk proses pembuatan kertas. Pemanfaatan sumber daya alam lokal dapat mengurangi ketergantungan industri

kertas akan produk impor yang pada akhirnya dapat menghemat devisa negara. Zeolit yang merupakan salah satu sumber daya alam yang jumlahnya berlimpah di Indonesia sangat prospektif untuk didayagunakan pada industri kertas.

Dari data hasil penelitian dan uji coba yang telah dilakukan, pengembangan produk bahan pengisi dan bahan pengendali stickies dengan bahan dasar zeolit memiliki peluang yang cukup baik untuk bersaing dengan bahan komersial yang telah ada. Namun demikian masih diperlukan upaya lebih lanjut dalam mengembangkan produk zeolit yang dapat memenuhi karakteristik sebagai bahan penolong pada proses pembuatan kertas.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous, 2003, Direktori Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia 2003, APKI, Jakarta
2. Arifin, M., Harsodo, 1991, Zeolit Alam, Potensi, Kegunaan dan Prospeknya di Indonesia, PPTM, Bandung
3. Arifin, M., Endang, 1989, Pendataan dan Inventarisasi Endapan Zeolit Indonesia di Propinsi Nusa Tenggara Barat, Ditjen Pertambangan Umum - PPTM, Bandung
4. Barrer, R.M.FRS., 1978, Zeolites and Clay Minerals as Sorbent and Molecular Sieves, Academic Press, Atlanta, New York – San Fransisco
5. Gill, R.A., Hagemeyer, R.W., 1992, Filler for Paper di dalam Kocurek, M.J., Pulp and Paper Industry, Atlanta G.A.
6. Indriati, L., Budi S.F., Drajat S., 2001, Penggunaan Zeolit sebagai Bahan Pengisi

- Kertas, Prosiding Seminar Zeolit II, Bandung
7. Krogerus, B., 1999, Fillers and Pigments di dalam Papermaking Science and Technology : Papermaking Chemistry, 1999, hal.124
  8. Munson, R.A., Natural Zeolites : Their Properties, Occurences, and Uses, Mineral Science Engineering, Vo. 6, Januari 1974
  9. Suryantono, dkk., 1985, Penerapan Model Pengolahan dan Pemanfaatan Zeolit Bayah untuk Gas dan Cairan, Ditjen Pertambangan Umum – PPTM, Bandung.
  10. Torrii, K., Utilization of Natural Zeolites in Japan, National Industrial Research Institute, Tohoku, Japan
-