



ISI

Karakterisasi Batu Zeolit (studi Kasus Batu Zeolit Pada Batuan Andesitis Formasi Halang Daerah Purworejo Jawa Tengah) (D.F. Yudiantoro, Suharwanto, A. Rianto)	1 ✓
Kajian Produktivitas Sebuah Sumur Eksplorasi Gas Berdasar Uji Sentara Dan Uji Deliverabilitas (Dyah Rini Ratnaningsih)	9
Mengatasi Permasalahan Limbah Proses Kalsinasi Batugamping Pada Tungku Tradisional (Mokh Winanto Ajie PH)	19
Interpretasi Fluktuasi Air Laut Kala Pliosen-plistosen Daerah Cepu Kabupaten Blora Jawa Tengah (Mahap Maha & Siti Umiyatun Choiriah)	23
Estimasi Mean Square Sebagai Pedoman Berbagai Uji Dalam Perancangan Percobaan (Abdul Rizal AZ)	31
Pengembangan Pola Agribisnis Di Lahan Kering Timor Barat (Development Of Agribusiness System In The Semi Arid Area, West Timort). (Nurul Sumiasri, Dody Priadi, Dede Kusmawan)	40
Transformasi Korporasi Untuk Peningkatan Keunggulan Kompetitif Berbasis Teknologi Informasi (Agus Sukarno)	49
Substansi Undang-undang No. 5 Tahun 1999 (UU Praktik Monopoli Dan Persaingan Usaha Tidak Sehat), Suatu Kajian Ekonomi (I Ketut Nama)	57
Optimalisasi Otonomi Desa Bervisi Kompetensi Berbasis "Developing The Enterprising Spirit" Di Era Perubahan (Yuni Siswanti)	68
Rekayasa Ulang Sumber Daya Manusia Sebuah Tinjauan Teoritis (Dyah Sugandini)	83
Komparasi Strategi Global Dengan Strategi Global Terintegrasi (Abdul Ghofar)	92
Masihkah Kepuasan Konsumen Merupakan Suatu Konsep Yang Dianggap Paling Penting Bagi Pemasar? (Didit Herlianto)	107
Strategi Penentuan Pasar Sasaran Dalam Pemasaran Eksport (R. Heru Kristanto HC)	116
Performance Appraisal Sebagai Media Penilaian Kinerja Karyawan Dan Dampaknya Bagi Organisasi (Meilan Sugiarto)	128
Peristiwa Amuk Massa Serta Upaya Menumbuhkan Integrasi Nasional Di Indonesia (Sudaryatie)	141

KARAKTERISASI BATU ZEOLIT

(Studi kasus Batu Zeolit pada Batuan Andesitis FORMASI HALANG Daerah Purworejo Jawa Tengah)

D.F. Yudiantoro, Suharwanto, A. Riento

INTISARI

Mineral klinoptilolit merupakan salah satu jenis zeolit. Mineral ini terkandung di dalam batupasir tufan Halang yang terbentuk dari letusan gunungapi bersifat andesitis, yang kemudian mengalami ubahan hidrotermal. Mineral utama penyusun batuan andesitis tersebut meliputi : felspar, piroksen, hornblende dan gelas (abu) vulkanik, dimana sebagian dari mineral tersebut berubah menjadi zeolit. Secara fisik warna batuan yang berubah berwarna kehijauan, pecahan batuan berpola membotol, bersifat porus (mudah menyerap air), kurang kompak dan lebih ringan beratnya bila dibandingkan dengan batuan asalnya (batupasir tufan halus).

Unsur alkali batu zeolit andesitis mempunyai konsentrasi yang lebih rendah bila dibandingkan dengan batu zeolit dasitis, sebaliknya unsur alumina, kalsium dan ferromangesian menunjukkan kandungan yang lebih tinggi. Konsentrasi unsur – unsur tersebut berperan sebagai penyusun mineral utama batuan andesitis, seperti : piroksen, hornblende serta felspar.

Berdasarkan hasil analisis sifat fisik, kimianya batu zeolit daerah telitian, dapat dipergunakan sebagai : penyubur tanah dan mengatasi pencemaran udara.

PENDAHULUAN

Mineral zeolit merupakan mineral ubahan yang pembentukannya sangat berkaitan erat dengan kegiatan magmatisme dan komposisi magma pembentuk batuan asal. Berdasarkan dari faktor tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi batu zeolit dari batuan asal bersifat andesitis dengan mengambil contoh kasus di daerah Purworejo, Jawa Tengah. Batu zeolit ini diharapkan sangat berbeda bila dibandingkan dengan batu zeolit yang terdapat di wilayah

Sekarindu Kabupaten Malang, Jawa Timur yang berasosiasi dengan batuan dasitis dari breksi pumice Formasi Mandalika.

Metodologi dari penelitian ini adalah menganalisis batuan yang mengandung mineral zeolit dengan secara megaskopis, mikroskopis dan kimiawinya.

Geologi dan magmatisme

Purworejo merupakan daerah yang terletak pada tatanan fisiografi Pegunungan Serayu Selatan. Pada tatanan ini tersingkap batuan-batuan

* Staf Pengajar Jur. T. Geologi FTM UPN "Veteran" Yogyakarta

hasil kegiatan gunungapi, meliputi : breksi vulkanik, batupasir tufan dan batuan beku intermediet (andesit dan diorit). Proses penyusunan batuan tersebut berlangsung sejak berumur 136 juta tahun yang lalu (Kapur Bawah) hingga kegiatan gunungapi sekarang, seperti : Gunung Slamet dan Gunung Sundoro. Kontrol struktur yang mempengaruhi daerah ini berpola barat - timur.

Deskripsi mineral zeolit

Mineral zeolit merupakan kelompok mineral ubahan yang berasal dari mineral utama batuan hasil aktivitas gunungapi. Proses ubahan tersebut dapat berupa ubahan hidrotremal, ubahan air tanah atau terubah selama terendapkan dalam suatu lingkungan yang bersifat alkali (air asin). Dapat pula zeolit terbentuk akibat proses diagenetik (metamorfosa tingkat rendah).

Analsim terbentuk pada lingkungan danau, sedangkan klinoptilolit, erionit, khabazit terbentuk pada kondisi lingkungan bersifat asam dan kering. Klinoptilolit dan mordenit umumnya terbentuk akibat proses ubahan air tanah dan hidrotremal, sedangkan jenis heulandit dan laumontit dihasilkan oleh proses diagenesa maupun proses pensesaran.

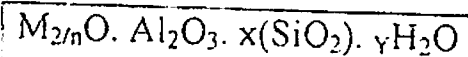
1. Mineralogi dan kristalografi mineral zeolit

Zeolit merupakan senyawa alumino silikat yang telah mengalami hidrasi. Secara fisika kimia zeolit ini berperan sebagai bahan penyerap, penukar kation dan katalis.

Berdasarkan kandungan unsur utama, maka jenis-jenis mineral zeolit meliputi : analsim (Na), heulandit (Ca), stilbite (Ca, Na), khabazit (Ca, Na), natrolit (Na), mesolit (Na, Ca), thomsonit (Na, Ca), scolit (Ca), klinoptilolit (Na, K), mordenit, laumontit, erionit, filipsit, ferierit dan zeolit yang mengandung barium, seperti : harmotom dan breusterit.

Senyawa alumino silikat terhidrasi atau zeolit ini terdiri dari kation alkali dan alkali tanah yang membentuk struktur tiga dimensi. Pori-pori dalam struktur tersebut dapat diisi oleh gugus air. Rumus empiris zeolit adalah :

dimana :



M : kation alkali atau alkali tanah

n : valensi kation

x : suatu harga dari 2 - 10

y : suatu harga dari 2 - 7

Kation alkali atau alkali tanah merupakan kation yang dapat dipertukarkan. Atom Al, Si membentuk struktur tetrahedron berantai, sedangkan atom oksigen berada pada sudutnya. $(SiO_4)^{4-}$ merupakan komponen utama pembangun struktur zeolit yang menempati pada pusat rantai bersama Al. Molekul air yang terdapat pada zeolit merupakan molekul yang mudah lepas, terlebih pada pemanasan di atas $100^\circ C$. Terlepasnya molekul air akan memperbanyak jumlah pori-pori zeolit. Akibatnya zeolit dapat menyerap molekul-molekul yang lebih kecil dari garis tengah pori-

pori tersebut. Air yang dikandung oleh zeolit umumnya berkisar antara 10 - 35 %.

KARAKTERISASI BATU ZEOLIT DAERAH TELITIAN

Batu zeolit di daerah telitian berasal dari batupasir tufan halus Formasi Halang yang telah mengalami ubahan hidrotermal. Sumber batuan ini berasal dari hasil kegiatan vulkanik yang bersifat andesitis, seperti yang dikemukakan oleh Marks (1956), Bemmelen (1949) dan Asikin, dkk (1981, 1992) dan Soeria-Atmadja, dkk (1991). Para peneliti ini menyatakan bahwa kegiatan magmatisme pada kurun waktu 11.2 - 3.56 juta tahun yang lalu bersifat andesitis dan kegiatan gunungapi ini selaras dengan pembentukan batuan-batuan penyusun Formasi Halang. Batu zeolit di daerah Purworejo tersingkap di Desa Rebug, Desa Wonosuko, Dusun Peniron Kulon dan Desa Plipiran.

Ciri batuan yang mengandung zeolit (batu zeolit)

Pengamatan singkapan batu-

pasir tufan segar (tidak terubah) menunjukkan warna putih keabu-abuan, disusun oleh mineral kuarsa, felspar dan abu vulkanik. Fragmen berukuran pasir halus (< 0.3 mm). Mineral tersebut tertanam dalam masadasar berukuran lebih halus yaitu abu vulkanik dan secara mikroskopis disebut sebagai *vitric tuff*. Tebal lapisan batuan bervariasi antara 40 cm hingga 1.5 m.

Batu zeolit merupakan batupasir tufan yang mengalami ubahan hidrotermal. Ciri fisik batuan yang mengandung zeolit ini memperlihatkan warna kehijauan, pecahan batuan berpola membotol, bersifat porus (mudah menyerap air), kurang kompak dan agak ringan bila dibandingkan dengan batuan asalnya (batupasir tufan halus). Sedangkan secara mikroskopis batuan yang mengandung zeolit dibedakan dengan batuan yang belum nampak perbedaan hadirnya mineral kriptosilika (10 %) dan mineral lempung (45 %) pada batuan yang terubah, seperti terlihat dalam Tabel 1. Hasil analisis defraktometer sinar X menunjukkan batuan ini mengandung

Tabel 1. Ciri mikroskopis batupasir tufan (segar) dan batupasir tufan yang mengandung zeolit (batu zeolit)

	Batupasir tufan (segar)	Batupasir tufan mengandung zeolit (batu zeolit)
Warna	Putih keabu-abuan	Putih kehijauan
Tebal	0.4 - 1.5 m	0.4 - 1 m
Ukuran	0.10 - 0.15 mm	0.2 - 0.15 mm
Fragmen	Kuarsa : 10 % Mikrolit plagioklas : 8 % Piroksen : 3 % Hornblende : 2 % Mineral opak : 2 % Abu vulkanik : 75 %	Kuarsa : 5 % Kriptosilika : 10 % Piroksen : 1 % Felspar : 2 % Mineral opak : 2 % Abu vulkanik : 25 % Mineral lempung (zeolit): 45 %
Kondisi	Segar	Terubah (55 %)

mineral klinoptilolit. Hal ini memberikan arti, bahwa mineral halus yang tidak tampak secara mikroskopis teridentifikasi sebagai klinoptilolit.

Ciri kimia

Batu zeolit daerah telitian mengandung zeolit jenis klinoptilolit, dimana jenis ini memiliki kandungan ion K^+ yang lebih tinggi dari ion Na^+ . Hal ini ditunjukkan dalam komposisi kimia batu zeolit berkonsentrasi unsur K_2O (0.80 %) yang lebih tinggi dibandingkan dengan unsur Na_2O (0.48 %). Adapun pengujian secara kimiawi terhadap contoh batu zeolit dari batuan yang bersifat andesitis (diambil dari Desa Rebug di Purworejo), batuan andesit dan batu zeolit dari batuan yang bersifat dasitis (diambil dari Desa Sekarlindu di Malang) dapat dilihat pada Tabel 2.

Secara kimiawi batu zeolit Rebug (andesitis) ini bila dikorelasikan dengan batuan andesit (yaitu

menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi unsur kimia yang kandungan oleh batuan tersebut. Perbedaan kimiawi ini nampak pada batu zeolit Rebug memiliki unsur Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , Na_2O dan K_2O yang lebih rendah, sedangkan unsur SiO_2 , MgO dan MnO menunjukkan lebih tinggi (lihat Gambar 2).

Batu zeolit Rebug bila dibandingkan dengan batu zeolit Sekarlindu (dari asal batuan bersifat dasitis), maka batu zeolit Rebug ini menunjukkan kandungan unsur Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan MgO yang lebih tinggi, sedangkan unsur Na_2O dan K_2O menunjukkan konsentrasi yang lebih rendah. Unsur-unsur lain tidak menunjukkan pola yang signifikan.

Hal demikian ini diyakini, bahwa batuan andesitis mengandung unsur alkali yang lebih rendah, sedangkan unsur ferromagnesian dan kalsium menunjukkan kandungan yang lebih tinggi, bila dibandingkan dengan batuan dasitis. Karena pada batuan andesitis unsure-unsur terse-

Tabel 2. Analisis kimia batuan andesit segar dan batuan mengandung zeolit.

Unsur	Andesit (Yudiantoro, 1989)	Batu zeolit Rebug (andesitis)	Batu zeolit Sekarlindu (dasitis)
SiO_2	52.41	53.17	73.5
Al_2O_3	18.64	14.04	9.82
Fe_2O_3	11.96	6.16	0.84
CaO	7.8	2.65	2.52
MgO	2.08	3.17	0.43
MnO	0.25	0.48	0
TiO_2	0.86	0.8	0.14
P_2O_5	0.01	0	0
Na_2O	2.19	0.63	0.75
K_2O	0.6	0.23	0.84
H_2O	2.53	8.45	3.57

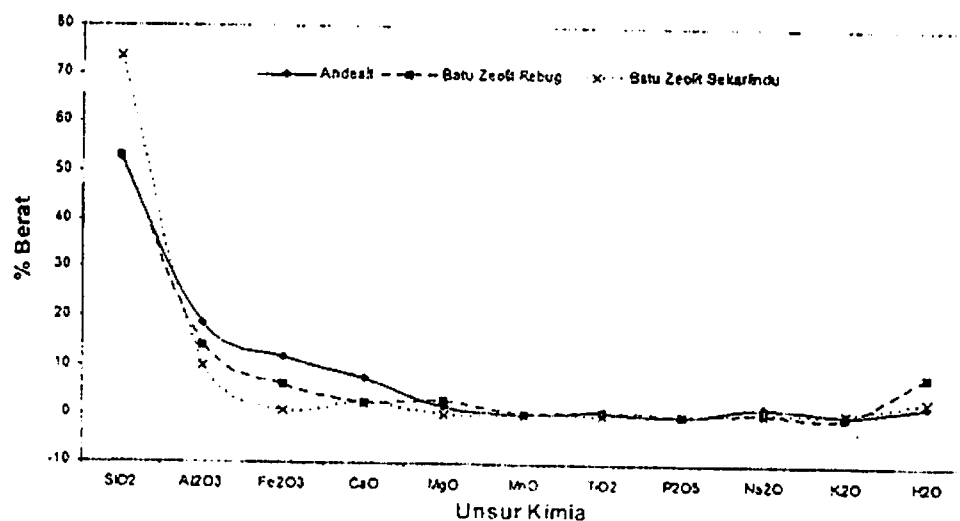
batuan yang dianggap sebagai sumber atau asal batupasir tufan) me-

but terekam sebagai mineral piroksen dan hornblende yang merupakan

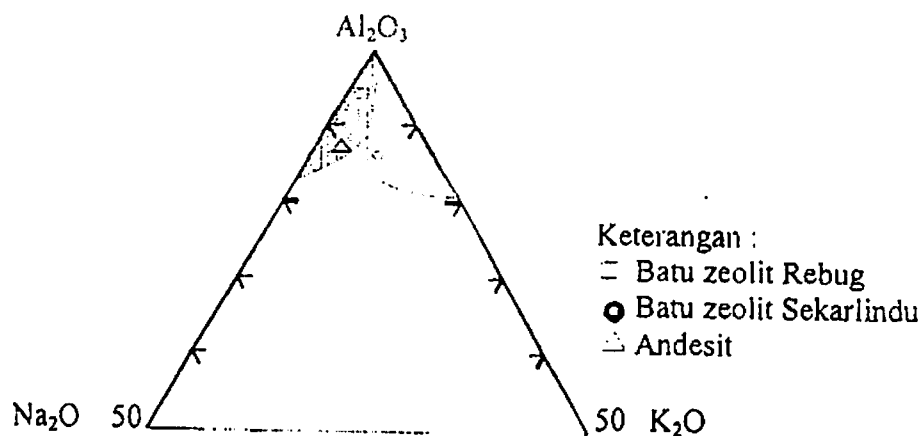
komposisi utama batuan andesit, dimana mineral ini jarang ditemukan pada batuan dasitis.

penyerap, penukar kation dan katalis. Sebagai penyerap, karena zeolit ini bersifat selektif dan mempunyai

Gambar 1. Grafik perbedaan unsur kimia batuan andesit, batu zeolit Rebug (andesitis) dan batu zeolit Sekarlindu (dasitis).



Gambar 2. Distribusi perbedaan unsur Al_2O_3 , Na_2O dan K_2O dari batuan andesit, batu zeolit



SARAN KEGUNAAN BATU ZEOLIT DAERAH TELITAN

Pada dasarnya penggunaan zeolit yang didasarkan pada sifat-sifat kimia dan fisiknya, maka mineral ini dapat digunakan sebagai

kapasitas tukar kation yang cukup tinggi. Selain itu dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan bentuk dari struktur kristal zeolit. Zeolit berperan sebagai penukar anion dan kation, karena ion-ion dalam pori kristal

zeolit selalu dapat memelihara kenetralan muatan listriknya dan selalu dapat bergerak bebas. Selain hal tersebut gugus hidroksil dalam zeolit sangat penting dalam fungsi penukaran anion. Berperan sebagai katalis umumnya dimiliki oleh zeolit buatan, dimana reaksi katalis terjadi pada pori-pori dan volume kosong yang besar dalam zeolit.

Batu zeolit daerah telitian berdasarkan hasil analisis sifat fisik, kimia dan spesifikasi kegunaannya, maka batu zeolit daerah telitian dapat digunakan sebagai berikut : a). bidang pertanian : penyubur tanah b). bidang industri : mengatasi pencemaran udara c). bidang energi : sebagai penyerap gas pengotor.

1. Bidang pertanian

Dalam bidang pertanian, zeolit dipergunakan untuk penyuburan tanah. Pada proses ini melibatkan peranan ion Na^+ , karena ion Na^+ dapat melakukan substitusi dengan kation K^+ . Akibat proses pertukaran ion dengan kation ini, maka tanah menjadi lebih gembur dan

semakin subur. Spesifikasi zeolit yang berguna sebagai penyubur tanah, bila kandungan ion Na^+ lebih rendah dari kation K^+ , hal ini dimiliki oleh zeolit daerah telitian, dimana kandungan ion Na^+ (0,48 %) lebih rendah dari kation K^+ (0,80 %).

2. Bidang industri

Pada bidang ini zeolit digunakan sebagai bahan penyerap gas CO_2 atau gas metan. Gas-gas ini berasal umumnya dari pembusukan sampah atau kotoran binatang. Gas metan merupakan pengotor, bersifat korosif dan nilai kalorinya sangat rendah, sehingga perlu pemurnian. Proses pemurnian ini berlangsung dengan menggunakan fungsi zeolit. Dengan demikian dapat dipergunakan untuk mengatasi pencemaran udara untuk melestarikan lingkungan dan air. Spesifikasi zeolit yang berfungsi sebagai bahan pengontrol polusi disajikan pada Tabel 1.

3. Bidang energi

Dalam proses pemurnian gas

Tabel 1. Spesifikasi zeolit sebagai bahan pengontrol polusi (Suhala dan Arifin, 1997)

Jenis Limbah	Spesifikasi
<i>Limbah radioaktif</i> Jenis zeolit Bahan yang diserap Ukuran butir	Klinoptilolit Cesium dan strontium 20 - 50 mesh
<i>Limbah rumah tangga</i> Jenis zeolit Bahan yang diserap Ukuran butir	Klinoptilolit NH_4 (amonium) dan logam berat 20 - 50 mesh
<i>Limbah peternakan</i> Jenis zeolit Bahan yang diserap Ukuran butir	Klinoptilolit NH_4 (amonium) 100 mesh

yang terkandung dalam batubara, zeolit berperan sebagai katalisator. Khususnya batubara yang mempunyai kadar belerang dan atau nitrogen yang tinggi. Hal ini zeolit dapat menyerap unsur-unsur pengotor dalam batubara. Kegunaan zeolit ini dapat menggantikan gas oksigen untuk menghasilkan gas batubara yang bersih, disamping itu lebih aman, tidak menimbulkan kebakaran dan biaya lebih murah, bila dibandingkan dengan menggunakan gas oksigen. Spesifikasi zeolit sebagai bahan penyerap gas pada industri listrik bahan batubara dapat dilihat pada Tabel 2.

berpola membotol, bersifat porus (mudah menyerap air), kurang kompak dan agak ringan bila dibandingkan dengan batuan asalnya batupasir tufan halus. Secara petrografis disebut "*Vitric tuff*".

Kandungan unsur yang signifikan dari batu zeolit ini menunjukkan konsentrasi K_2O (0,80 %) yang lebih tinggi dari Na_2O (0,48 %), dimana batuan tersebut mengandung zeolit jenis NaK-zeolit atau klinoptilolit $[(Na_3, K_3) (Al_{16}Si_{30}O_{72}). 24H_2O]$.

Unsur alkali batu zeolit andesitis mempunyai konsentrasi yang lebih rendah bila dibandingkan

Tabel 2. Spesifikasi zeolit sebagai bahan penangkap gas CO_2 pada cerobong asap pabrik Asam Sulfat dan PLTU Batubara (Suhala dan Arifin, 1997)

Spesifikasi	Nilai
Jenis zeolit	Klinoptilolit atau Mordenit
Ukuran butir	50 - 85 mesh
Pengaktifan	Pemanasan pada temperatur 500 - 600 °C
Kemampuan serap	200 mg SO_2 /gr zeolit pada kondisi statik

KESIMPULAN

Mineral zeolit daerah telitian diyakini terbentuk dari hasil kegiatan magmatisme berafinitas andesitis yang berupa material vulkanik halus yang kemudian terendapkan sebagai batuan batupasir tufan Formasi Halang. Setelah terendapkan batuan tersebut mengalami ubahan hidrotermal yang mengakibatkan mineral penyusun utama batuan asal, seperti : mikrolit plagioklas, piroksen, hornblende dan mineral gelas (abu) vulkanik berubah menjadi zeolit.

Batu zeolit andesitis daerah telitian mempunyai ciri fisik berwarna kehijauan, pecahan batuan

dengan batu zeolit dasitis, sedangkan unsur Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan MgO menunjukkan kandungan yang lebih tinggi. Konsentrasi unsur-unsur tersebut sebagai penyusun mineral utama batuan andesitis, seperti : piroksen, hornblende dan plagioklas.

Merujuk spesifikasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, yang didasarkan pada sifat fisik dan kimia batuan, maka kegunaan batu zeolit daerah telitian dapat dimanfaatkan sebagai berikut : penyubur tanah, sebagai penyerap gas CO_2 dan gas pengotor atau mengatasi pencemaran udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, S., dkk, 1992, *Pemetaan Geologi Lembar Kebumen, P3G Bandung*.
- Bemmelen, R.W. van, 1949, *The Geology of Indonesia*, vol. I A, Martinus Nijhoff, The Hagues Printing Office.
- Mark, P., 1956, *Stratigraphic Lexicon of Indonesia*, Publikasi Keilmuan, No. 31, Seri Geologi, Pusat Jawatan Geologi, Bandung.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., Priadi, B., 1991, *The Tertiary Magmatic Belts in Java*, proc. Silver Jubilee Symposium on The Dynamics of Subduction and Its Products, RDCG - LIPI.
- Suhala, S. dan Arifin, M., 1997, *Bahan Galian Industri, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral*.
- Sukandarrumidi, 1999, *Bahan Galian Industri*, Gajah Mada University Press.
- Suharwanto, 2000, *Penelitian Zeolit Daerah Malang Selatan Jawa Timur*, Kerjasama dengan Dinas Pertambangan Jawa Timur.
- Williams, Turner, Gilbert, 1982, *Petrography, Introduction to Study of Rocks in Thin Section*, McGraw Hill, New York.
- Yudiantoro, D.F., 1989, *Geologi dan Studi Batuan Vulkanik Daerah Watukumpul dan Sekitarnya, Kecamatan Watukumpul, Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah, Tesis S1*.
- Badan Perencanaan Daerah Kab. Purworejo dan Lembaga Penelitian UPN "Veteran" Yogyakarta, 2002, *Penelitian Zeolit dan Bentonit Kabupaten Purworejo, Laporan Penelitian*.