

GEOKIMIA BATUGAMPING DAERAH MONTONG, TUBAN, JAWA TIMUR

GEOCHEMISTRY OF LIMESTONE FROM MONTONG AREA, TUBAN, EAST JAVA

Ahmad Widia Santika¹, Dedi Mulyadi²

¹ Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia, Bandung

² Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

ABSTRAK Kabupaten Tuban memiliki material bahan baku utama semen yang melimpah, yaitu batugamping. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kualitas dari batugamping di daerah Tuban untuk bahan baku semen. Kandungan kimia batugamping kami analisa dengan menggunakan X-RD, AAS dan X-RF. Metode X-RD digunakan untuk menentukan komposisi mineral dari batuan. AAS dan X-RF digunakan untuk menentukan kandungan mineral utama batuan. Hasil analisis menunjukkan adanya dua jenis batugamping berdasarkan kandung kimiawi mineralnya, yaitu batugamping terumbu Formasi Paciran dan batugamping klastik Formasi Bulu. Batugamping terumbu Formasi Paciran memiliki kandungan CaO yang tinggi dan MgO yang rendah, sedangkan batugamping klastik Formasi Bulu memiliki kandungan CaO yang sedang – tinggi dan MgO yang tinggi juga. Berdasarkan atas komposisi geokimianya tersebut, batugamping terumbu Formasi Paciran sangat baik sebagai bahan baku semen. Hal tersebut juga dibuktikan dengan hasil X-RD yang menunjukkan kandungan mineral kalsit dominan. Sementara

batugamping klastik Formasi Bulu didominasi oleh kandungan mineral dolomit.

Kata kunci: semen, metode X-RD, metode AAS, metode X-RF, batugamping.

ABSTRACT Tuban Regency has the main materials source for cement in the abundance of limestones. The purpose of this study was to determine the quality of the limestone in the area. We analyzed the chemical contents of limestones using X-RD, AAS, and X-RF. The X-RD method was used to determine the mineral composition of rocks. In addition, AAS and X-RF were used to determine the major mineral contents of rocks. We have found two types of limestones based on their different mineral contents: the reef limestone of Paciran Formation and the clastic Bulu Formation. The CaO content of reef limestone of Paciran Formation is high, and the MgO content is low. Clastic limestone of Bulu Formation has medium to high CaO content, and high MgO content. Therefore, based on its geochemical composition, the limestones of Paciran Formation is a good raw material for cement. As evidenced by the results of X-RD that the mineral calcite is dominant in the limestones of Paciran Formation. Whereas the mineral dolomite is dominant in clastic limestone of Bulu formation.

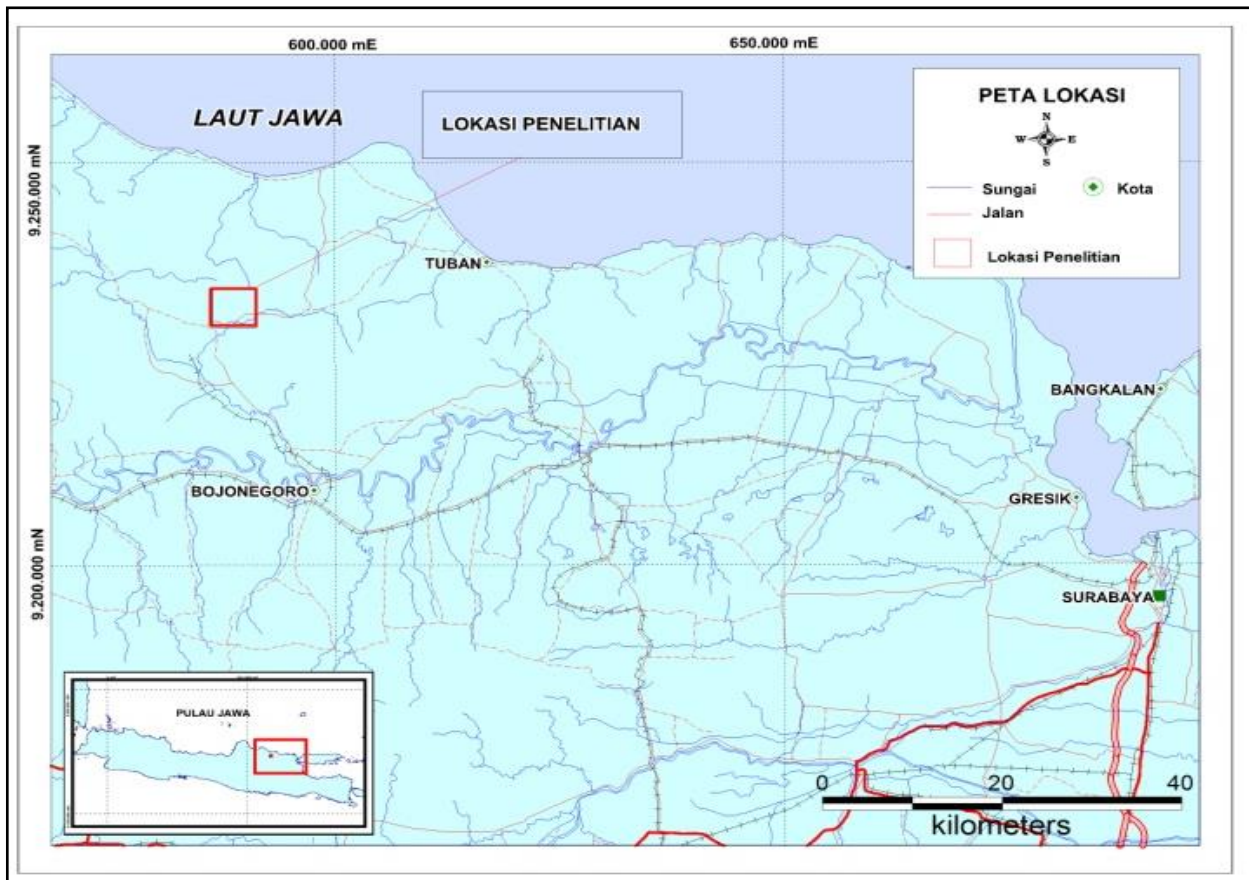
Keywords: cement, X-RD method, AAS method, X-RF method, limestones.

PENDAHULUAN

Sebagian besar batuan di daerah penelitian merupakan batuan karbonat, dengan satuan batugamping klastik Formasi Bulu, yang luasnya 428,3 Ha dan satuan batugamping terumbu

Naskah masuk : 14 September 2017
Naskah direvisi : 12 Desember 2017
Naskah diterima : 12 Desember 2017

Ahmad Widia Santika
Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia, Bandung
40135
Email : ahmadwidia.s89@gmail.com



Gambar 1. Peta lokasi penelitian, berdasarkan Peta Rupabumi tahun 1987.

Formasi Paciran seluas 1423 Ha. Kedua satuan batuan tersebut luas penyebarannya 74,05 % dari luas daerah penelitian seluruhnya, yaitu 2500 Ha (Gambar 1) sehingga penelitian khusus tentang batugamping tersebut diperlukan.

Batugamping adalah salah satu bahan baku untuk pembuatan semen, selain batulempung, gypsum serta pasir silika dan pasir besi sebagai bahan tambahan. Dalam era pembangunan sekarang ini, kebutuhan akan semen selalu meningkat sesuai dengan laju pembangunan diseluruh wilayah Indonesia (Sukandarrumidi, 1999).

Batugamping merupakan bahan galian jenis mineral industri yang tersusun oleh kalsium karbonat (CaCO_3) dan mengandung unsur lain, diantaranya magnesium. Salah satu hal penting yang harus diketahui dalam menganalisis adalah adanya keterdapatan unsur Ca dan Mg. Bila kadar Ca tinggi dan Mg rendah berarti kualitasnya baik, sebaliknya bila kadar Ca rendah dan kadar Mg tinggi maka kualitasnya buruk. Kadar Mg yang tinggi akan mengganggu proses pengerasan, karena unsur Mg tidak dapat terikat dengan unsur

lain dalam semen. Batugamping mengandung CaO lebih dari 50% (persen berat) sangat baik digunakan sebagai bahan bangunan, dalam bentuk semen.

Batugamping pada umumnya bermula dari cangkang moluska, foraminifera, *coelenterate* dan sedimen karbonat. Firmansyah dan Dewi, (2015) menemukan bahwa batugamping di daerah Montong, pada Formasi Paciran terdiri dari 4 fasies, yaitu *coral bafflestone*, *large benthic foram rudstone-Algae bafflestone*, *molusca floatstone-algae rudstone*, *large benthic foram-molusca floatstone*. Alkatiri dan Harmansyah (2016) meneliti dinamika sedimentasi Formasi Prupuh dan Paciran di Lamongan, Jawa Timur, dengan mengamati fasies *wackstone* dan *packstone* berdasarkan fosil bentonik dan melihat paleosoil yang mengindikasikan adanya penurunan muka air laut. Berdasarkan analisis kimia yang telah dilakukan oleh Fadhlillah et al. (2014), batugamping Formasi Bulu pada daerah blok Gunung “Payung” dinyatakan layak sebagai bahan baku semen.



Gambar. 3 Batulanau Formasi Tawun sisipan karbon di daerah barat lokasi penelitian.

Daerah penelitian terletak di Kecamatan Montong, Kecamatan Singgahan dan Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Daerah penelitian seluas 5 x 5 Km secara geografis berada pada koordinat 586.335 - 591323 Timur dan 9.234.355 - 9.229.511 Utara atau 111° 46' 53,7024" - 111° 49' 36,012" BT, 6° 55' 33,6108" - 6° 58' 11,5032" LS (Gambar 1). Daerah tersebut berada pada peta rupa bumi lembar Jojogan skala 1 : 25.000 diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal).

Geologi Regional

Menurut Bemmelen (1949), Jawa Timur dibagi menjadi enam zona fisiografi dengan urutan dari utara ke selatan sebagai berikut: Dataran Aluvial Jawa, Utara Antiklinorium, Rembang, Zona Depresi Randublatung, Antiklinorium Kendeng (Pegunungan Kendeng), Zona Pusat Depresi Jawa (Zona Solo, Subzona Ngawi), Busur Vulkanik Kuarter, dan Pegunungan Selatan. Dan daerah penelitian termasuk dalam zona mandala Rembang, yang termasuk dalam cekungan Jawa Timur utara.

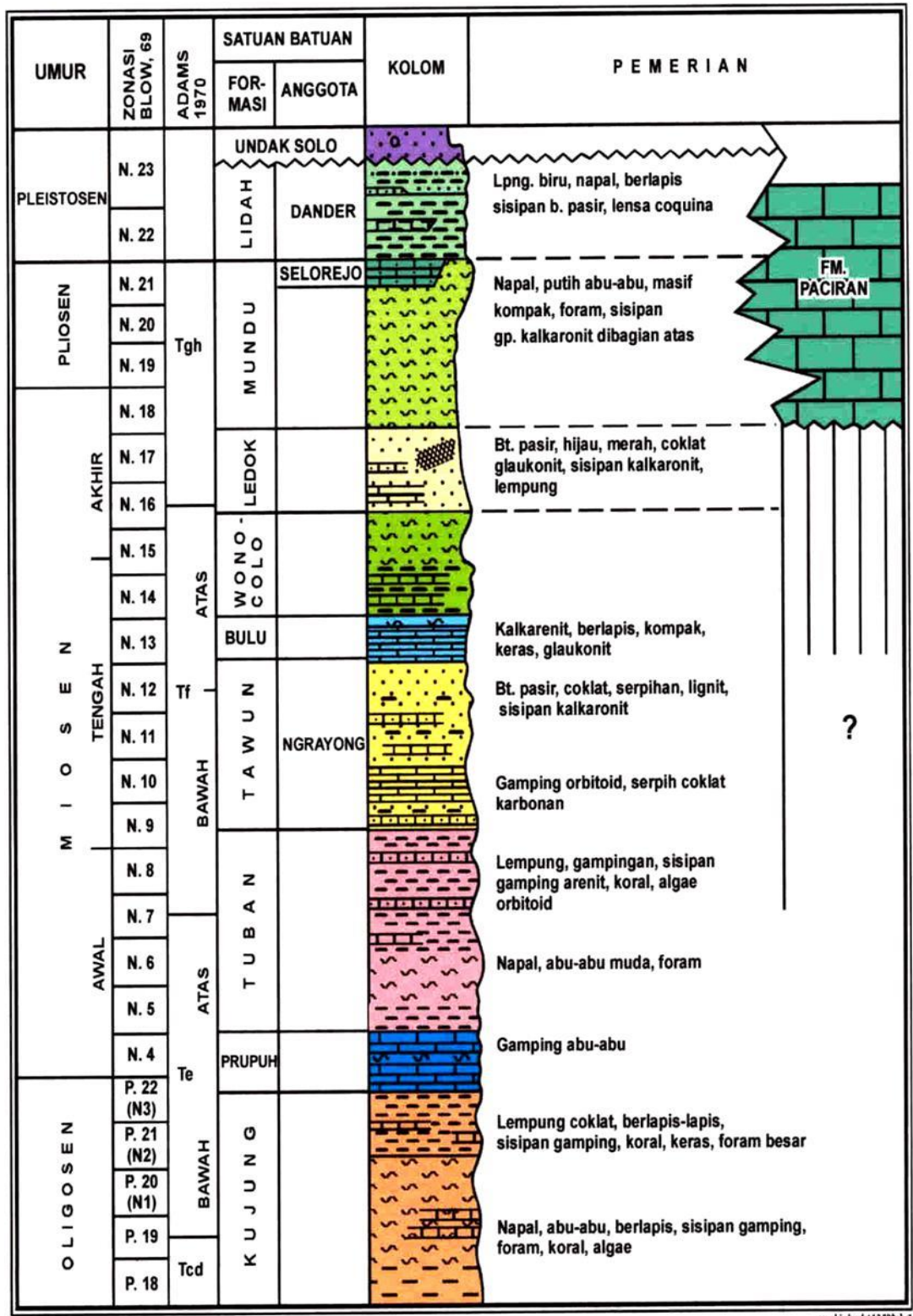
Kolom stratigrafi mandala Rembang (Gambar 2, Pringgoprawiro, 1983), tampak formasi batuan yang terendapkan dari tua sampai ke muda. Di daerah penelitian terdapat 4 formasi yaitu: Formasi Tawun, Formasi Ngrayong, Formasi Bulu dan Formasi Paciran. Formasi Tawun terdiri dari lanau sebagai penyusun utama, dengan sisipan karbon (Gambar 3), serta batulanau berwarna abu - abu kekuningan, struktur berlapis, laminasi, tekstur halus berukuran lanau, batulanau berlapis tipis dan ada perselingan dengan mineral karbon dan mempunyai ketebalan lapisan ± 113 meter. Sisipan batugamping klastik tebal 1 - 8

meter, berwarna lapuk kuning kecoklatan, tekstur kasar terdapat fosil foram dan kuarsa, semen dan massa dasar karbonat (Gambar 4).

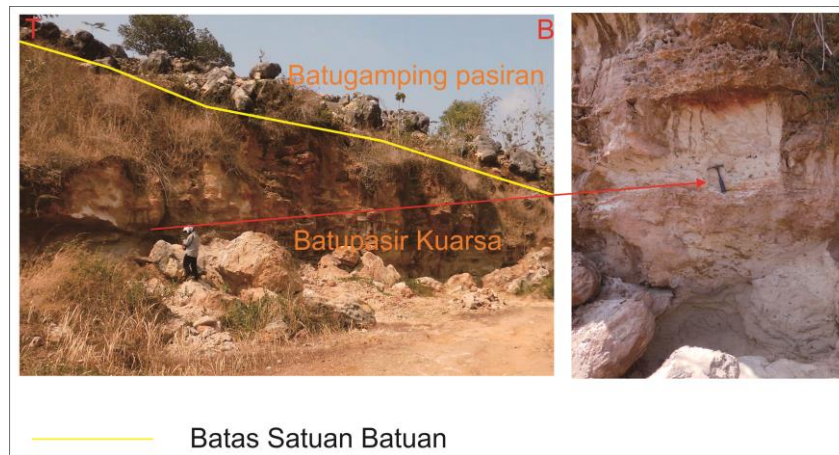
Formasi Ngrayong terdiri dari batupasir kuarsa sebagai penyusun utama. Batupasir berwarna putih sampai coklat, struktur berlapis tipis hingga laminasi (Gambar 5), tekstur sedang - kasar, ditemukan juga pasir lepas dengan sisipan batugamping klastik berwarna coklat kekuningan tekstur halus - kasar, fragmen berukuran 1 - 4 mm, massa dasar halus ditemukan foram berukuran 1 - 2 mm, serta memiliki ketebalan lapisan ± 90, 5 meter.



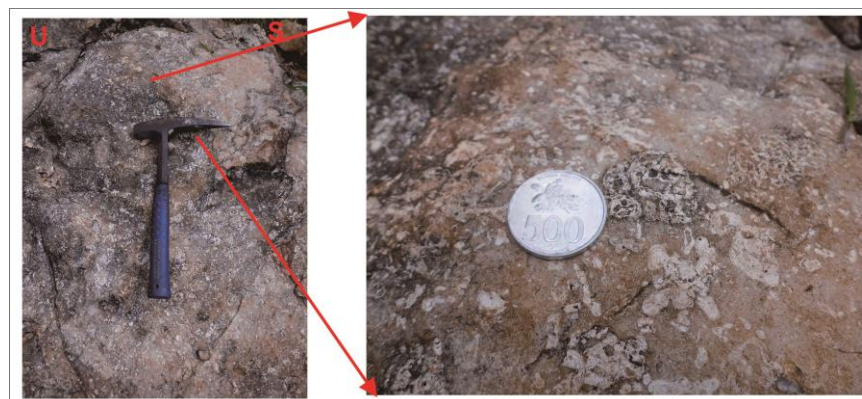
Gambar 4 Batugamping klastik Formasi Tawun di utara lokasi penelitian.



Gambar 2. Kolom Stratigrafi Mandala Rembang (Pringgoprawiro, 1983).



Gambar 5. Singkapan batupasir kuarsa Formasi Ngrayong di utara lokasi penelitian.



Gambar 6. Singkapan batugamping Formasi Bulu di utara lokasi penelitian.



Gambar 7. Singkapan batugamping Formasi Paciran di selatan lokasi penelitian.

Formasi Bulu terdiri dari batugamping klastik berwarna abu – abu, coklat kekuningan dan merah, tekstur sedang, struktur berlapis tebal, kompak, dan terdapat fosil foram besar (Gambar 6). Ditemukan juga sisipan batugamping pasiran berukuran 0,50 m - 1 meter dengan ketebalan lapisan \pm 65 meter.

Formasi Paciran terdiri dari batugamping berwarna putih kecoklatan dan kekuningan, tekstur terumbu, struktur masif, kompak, porositas baik, bereaksi kuat dengan HCL, berongga, terdapat koral dan mempunyai ketebalan lapisan \pm 25 meter.

METODE

Tahapan penelitian terdiri dari pengambilan data lapangan, interpretasi data studio dan analisa laboratorium. Pengumpulan conto batuan disertai dengan pengamatan pada keadaan geologi sekitar daerah penelitian dan juga pada kondisi singkapan batuan, pendeskripsian jenis batuan, penyebarannya, struktur primer, pencatatan, pengukuran kedudukan lapisan, pembuatan sketsa, pengambilan conto menggunakan palu geologi sedimen. Pengukuran elemen struktur di lapangan meliputi observasi bukti sesar, pengukuran kedudukan kekar, cermin sesar dan gores garis, pencatatan, pembuatan sketsa dan dokumentasi.

Sebelum dilakukan pengambilan data di lapangan, juga dilakukan pengumpulan data sekunder seperti peta topografi, dan interpretasi Citra satelit untuk memetakan struktur geologinya.

Analisis Petrografi

Analisa petrografi dilakukan di Laboratorium Fisika mineral, Puslit Geoteknologi LIPI Bandung dengan mengamati sayatan tipis batuan menggunakan mikroskop polarisasi, untuk dapat mengidentifikasi jenis batuan. Hasil analisis ini sangat berperan dalam penentuan satuan batuan dan penyebarannya.

Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) atau Spektrofotometri Serapan Atom merupakan salah satu jenis analisa spektrofotometri dimana dasar pengukurannya adalah pengukuran serapan suatu sinar oleh suatu atom, sinar yang tidak diserap, diteruskan dan diubah menjadi sinyal listrik yang terukur. Spektrofotometri Serapan atom (AAS) adalah suatu metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan

pada penyerapan (absorpsi) radiasi oleh atom-atom bebas unsur tersebut.

Metode yang digunakan penulis adalah metode *Flame*, yaitu dengan menggunakan nyala sebagai sel tempat cuplikan. Cuplikan dalam bentuk larutan disemprotkan ke dalam nyala pembakar bercampur dengan gas bahan bakar dan gas pengoksidasi. Dalam nyala, cuplikan mengalami beberapa proses yaitu penguapan pelarut meninggalkan butiran-butiran padatan yang kemudian langsung terurai menjadi atom atau berubah terlebih dahulu menjadi uap dan kemudian terurai, dan atom-atom energi cahaya dari sumber cahaya dan tereksitasi ke tingkat energi lebih tinggi.

XRD merupakan metode analisa non destruktif yang didasarkan pada pengukuran radiasi sinar-X yang terdifraksi oleh bidang kristal ketika terjadi interaksi antara suatu materi dengan radiasi elektromagnetik sinar X. Suatu kristal memiliki kisi kristal tertentu dengan jarak antar bidang kristal (d) spesifik juga sehingga bidang kristal tersebut akan memantulkan radiasi sinar X dengan sudut-sudut tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Carter (1958) dan Misnandar (1981) menyatakan bahwa kadar CaO untuk standar *portland cement* “*High early strength cement and retarded cement*” berturut-turut adalah 65,5%, 66,5% dan 64%. Sedangkan pabrik semen Indonesia pada umumnya, seperti pada pabrik semen Gresik dan pabrik semen Baturaja, mempunyai ketentuan kadar CaO adalah 50% - 55%. Khusus untuk semen *portland* tipe I *Reguler Portland Cement* MgO maksimum 2%, ketentuan luluhan 3200 centipoise (40% H₂O), kadar Fe₂O₃ 2,47% dan Al₂O₃ 0,95% (Adipura, 1977).

Semen *portland* adalah semen hidraulis yang disusun oleh senyawa - senyawa utama CaO, SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃ yang dapat diperoleh dari berbagai sumber bahan (Tabel 1). Semen *portland* juga merupakan hasil yang didapat dengan jalan menghaluskan *clinker* dan *gypsum* (Warnijati, 1959 dalam Misnandar, 1981). Terok/*clinker* terdiri dari 2 buah *ceous* material. Bahan gamping (*calcareous materials*) terdiri dari kapur, batugamping dan *marine shell* sedangkan *argillaceous* material dapat terdiri dari lempung, serpih, batu sabak dan debu vulkanik.

Tabel 1. Tabel hasil analisa kimia AAS (*Atomic Absorption Spect*) dan X-RF (*X-ray Fluorescence*) dalam satuan persen (%) dari batugamping klastik Formasi Bulu.

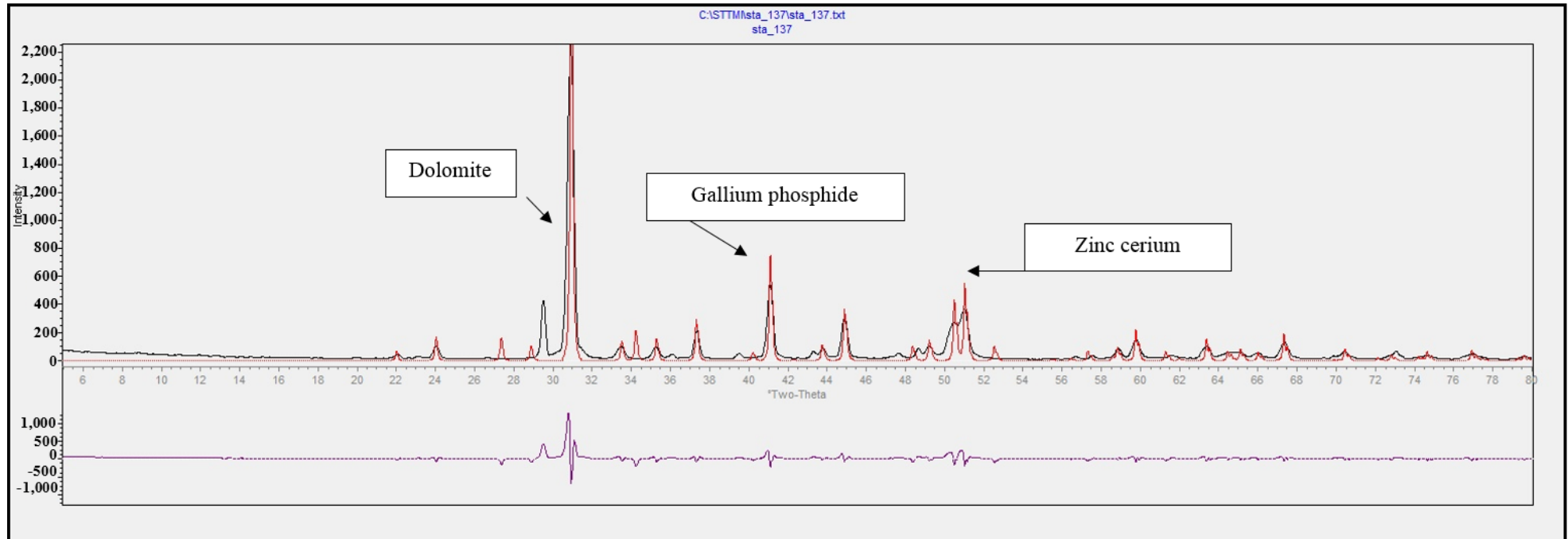
No.	Major Element	STA 137	STA 109
		%	%
1	CaO	47,9000	52,1000
2	MgO	5,6700	3,4000
3	Fe ₂ O ₃	0,0525	0,0207
4	Mn O	0,0086	0,0116
5	Na ₂ O	0,0270	0,0170
6	K ₂ O	0,0147	0,0119
7	P ₂ O ₅	0,2100	0,2200
8	TiO ₂	0,2500	0,1200
9	Al ₂ O ₃	0,2100	0,4200
10	SiO ₂	0,6000	1,1900
11	H ₂ O-	0,0700	0,0890
12	H ₂ O+	38,0990	42,4510
13	LOI	45,0070	41,1200

Tabel 2. Tabel hasil analisa kimia AAS (*Atomic Absorption Spect*) X-RF (*X-ray Fluorescence*) dalam satuan persen (%) dari batugamping terumbu Formasi Paciran.

No.	Major Element	STA 08	STA 57
		%	%
1	CaO	55,1500	54,4700
2	MgO	1,3300	1,5000
3	Fe ₂ O ₃	0,0200	0,0049
4	Mn O	0,0083	0,0044
5	Na ₂ O	0,2100	0,2107
6	K ₂ O	0,0075	0,0069
7	P ₂ O ₅	0,1400	0,1300
8	TiO ₂	0,1200	0,0700
9	Al ₂ O ₃	0,2100	0,0690
10	SiO ₂	0,5400	0,3000
11	H ₂ O-	0,0400	0,0800
12	H ₂ O+	38,2800	38,9100
13	LOI	40,8700	41,8700

Bahan baku yang diperlukan untuk membuat semen di setiap pabrik tidak selalu sama, tergantung dari macam semen *portland* yang dihasilkan. Terdapat jenis yang terdiri dari 2 macam bahan baku saja, yaitu batugamping dan lempung saja. Serta ada juga yang terdiri dari 3

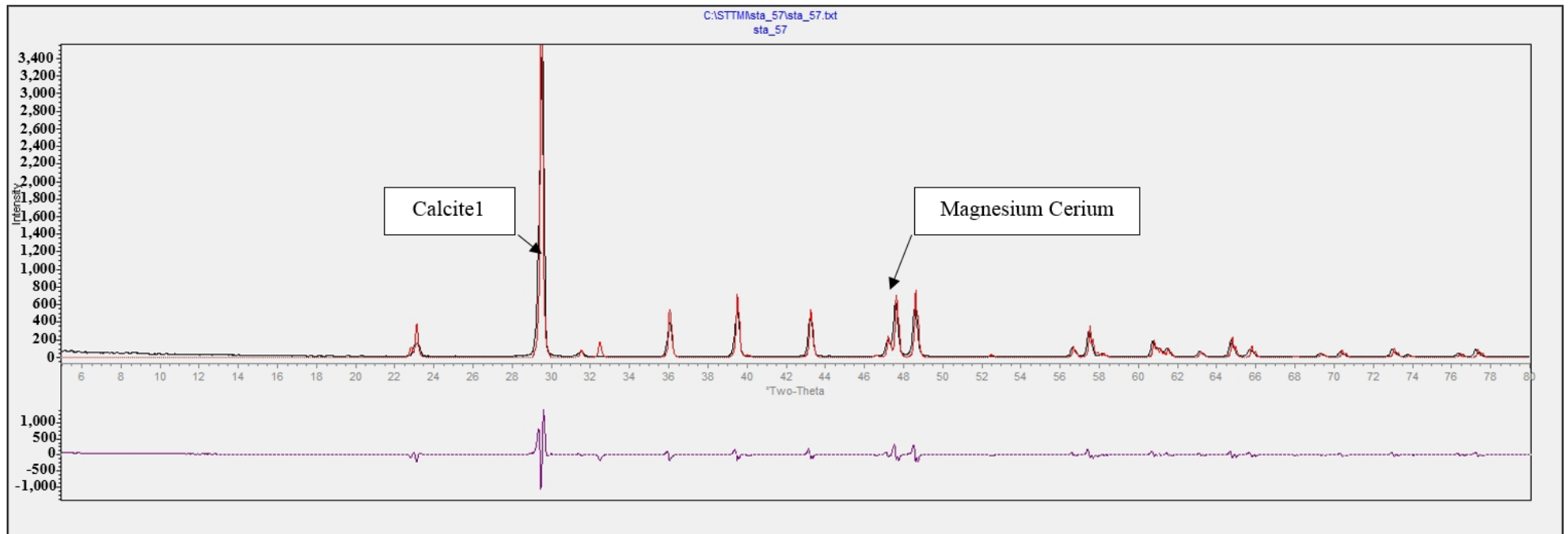
macam bahan baku, yaitu batugamping, lempung dan pasir silica. Selain itu ada juga yang terdiri dari 4 macam bahan baku, antara lain batugamping, lempung, pasir *silica* dan pasir besi seperti pada pabrik semen Gresik (Sosrokusumo, 1966, dalam Misnandar 1981).



Gambar 8. Grafik hasil analisa kimia X-RD (*X-ray Diffraction*) dari batugamping klastik Formasi Bulu pada sampel STA 137.

Tabel 3. Tabel hasil analisa kimia X-RD (*X-ray Diffraction*) dalam satuan persen (%) dari batugamping klastik Formasi Bulu pada sampel STA 137 (Konversi menggunakan *software Siroquant*).

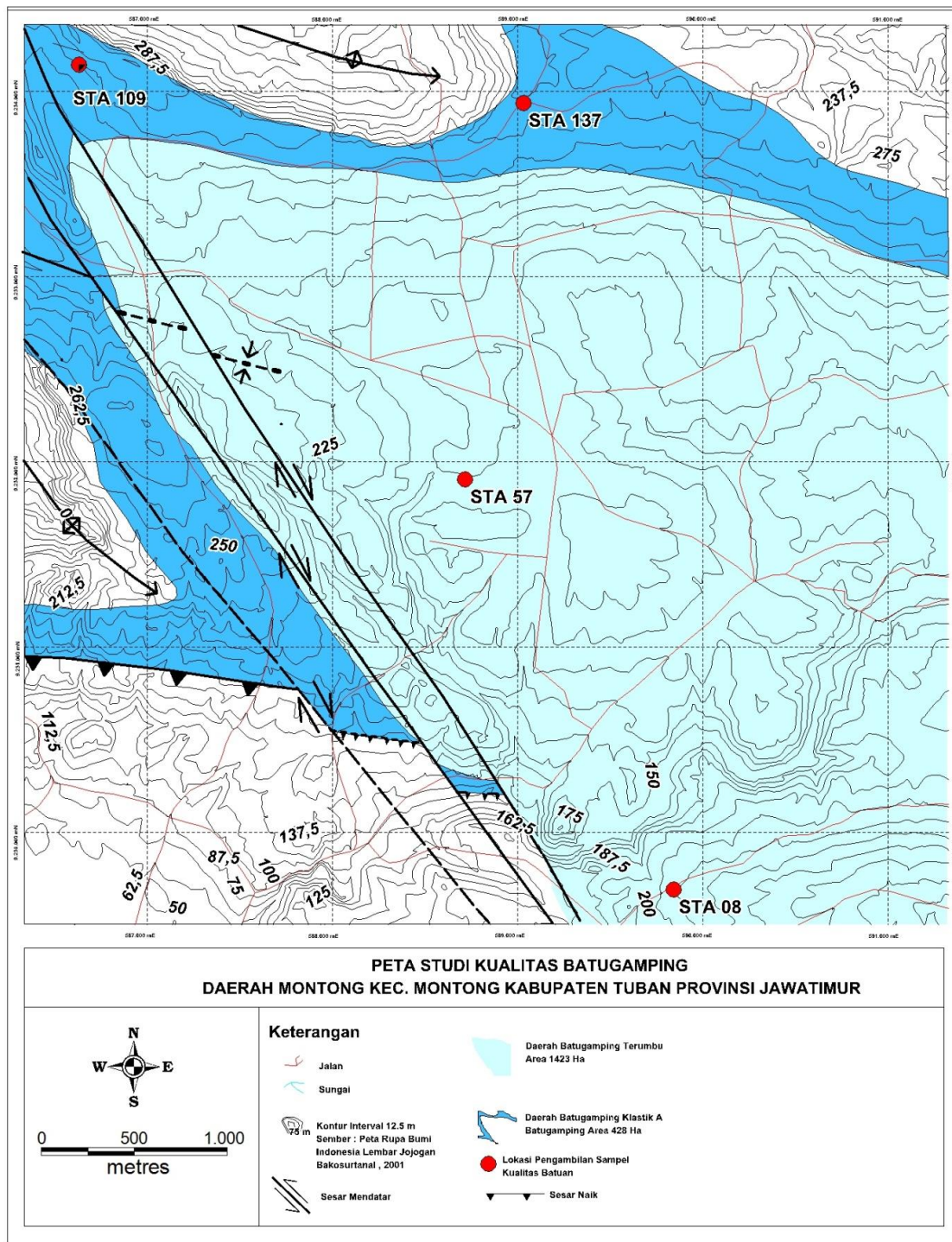
No.	ID	Phase	Weight%
1	31	Dolomite	95
2	1429	Gallium phosphide 2	3,6
3	1194	Zinc cerium	1,4



Gambar 9. Grafik hasil analisa kimia X-RD (*X-ray Diffraction*) dari batugamping terumbu Formasi Paciran pada sampel STA 57.

Tabel 4. Tabel hasil analisa kimia X-RD (*X-ray Diffraction*) dalam satuan persen (%) dari batugamping terumbu Formasi Paciran pada sampel STA 57 (Konversi menggunakan *software Siroquant*).

No.	ID	Phase	Weight%
1	10	Calcite 1	99,1
2	1181	Magnesium cerium	0,9



Gambar 10. Peta studi kualitas batugamping di daerah Montong Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur.

Batugamping di daerah penelitian tersingkap hampir $\pm 74,05\%$ dari luas keseluruhan daerah penelitian yang terdiri dari batugamping klastik Formasi Bulu dan batugamping terumbu Formasi Paciran, sejauh ini dimanfaatkan untuk pondasi rumah dan urugan jalan.

Komposisi batuan karbonat pada Formasi Paciran ini termasuk kategori baik dengan kemurnian relatif tinggi dan pada Formasi Bulu relatif sedang dengan kemurnian relatif buruk sampai sedang. Batugamping yang rentan terhadap karstifikasi mempunyai sifat masif, kristalin, kandungan

kalsitnya tinggi, banyak retakan, dan terdapat dalam susunan stratigrafi yang tebal. Batugamping di daerah penelitian ternyata memiliki sifat-sifat yang identik dengan kerentanan batugamping terhadap karstifikasi, dengan demikian, batugamping di daerah penelitian juga mempunyai sifat rentan terhadap karstifikasi.

Analisis Kualitas Batugamping

Analisis kimia batugamping dilakukan dengan menggunakan 3 metode yaitu, AAS (*Atomic Absorption Spect*), X-RF (*X-ray Fluorescence*), dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Adapun persyaratan yang harus kita perhatikan untuk analisis tersebut adalah menghindari adanya perubahan unsur dari luar (kontaminasi); misalnya, batuan harus homogen.

Kami menganalisis 4 sampel batuan yang berupa batugamping klastik Formasi Bulu dan batugamping terumbu Formasi Paciran dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spect*) dan X-RF (*X-ray Fluorescence*, pada STA 08, STA 57, STA109 dan STA 137. Dua sampel digunakan untuk X-RD (*X-Ray diffraction*). Ditemukan hasil yang berbeda antara batugamping klastik Formasi Bulu (Tabel 1) dan batugamping terumbu Formasi Paciran (Tabel 2). Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan kandungan CaO yang memenuhi syarat sebagai bahan baku semen (SNI, 2004), kecuali sampel dari STA 137.

Batugamping Klastik Formasi Bulu

Hasil perbandingan analisa AAS (*Atomic Absorption Spect*), X-RF (*X-ray Fluorescence*) dan X-RD (*X-ray Diffraction*) pada Tabel 1 dan 3 menunjukkan perbedaan. Batugamping klastik Formasi Bulu memiliki kandungan kimia mineral yang tidak sesuai dengan bahan baku untuk komposisi semen *portland*. Di dalam Tabel 1, pada singkapan STA 137 terdapat kandungan MgO lebih dari 5% dan pada pada STA 109 memberikan kandungan MgO yang kurang dari 5% akan tetapi lebih dari 2%. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil analisa XRD (*X-ray Diffraction*) di dalam Tabel 3 dan Gambar 8. Pada singkapan STA 137 terdapat kadungan mineral dolomit ($MgCaCO_3$) \pm 95%. Sudah dipastikan untuk satuan batugamping klastik Formasi Bulu tidak bisa digunakan sebagai bahan baku semen *portland* di Indonesia (terutama Semen Gresik dan Semen Baturaja), dikarenakan kandungan

MgO tidak sesuai dengan kriteria untuk dijadikan bahan baku semen portland.

Batugamping terumbu formasi Paciran

Hasil perbandingan analisa AAS (*Atomic Absorption Spect*) dan X-RF (*X-ray Fluorescence*) dan X-RD (*X-Ray Diffraction*) pada Tabel 2 dan 4 menunjukkan bahwa batugamping terumbu Formasi Paciran memiliki kandungan kimia mineral yang sesuai untuk bahan baku semen. Di dalam Tabel 2, sampel dari singkapan STA 08 dan STA 57 menunjukkan kandungan MgO yang kurang dari 2%. Dan analisa XRD (*X-ray Diffraction*) pada Tabel 4 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa sampel dari singkapan STA 57 memiliki kandungan mineral kalsit ($CaCO_3$) \pm 99% dominan. Oleh sebab itu, batugamping terumbu Formasi Paciran dinyatakan ideal dan dapat digunakan untuk bahan baku semen *portland*, dikarenakan kandungan CaO yang tinggi dan MgO yang rendah.

KESIMPULAN

Satuan batugamping klastik Formasi Bulu dan batugamping terumbu Formasi Paciran memiliki perbedaan unsur senyawa kimia. Satuan batugamping klastik Formasi Bulu telah mengalami proses sedimentasi sehingga unsur senyawa kimia yang masih murni telah berubah. Sedangkan satuan batugamping terumbu Formasi Paciran tumbuh secara insitu sehingga unsur senyawa kimia masih murni dan belum berubah. Satuan batugamping terumbu Paciran mempunyai potensi cukup besar, dimana hasil analisa menjelaskan bahwa satuan ini memiliki kadar CaO dan MgO yang sesuai dengan kriteria bahan baku semen yang ideal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih saya sampaikan kepada Dekan STTMI yang telah memberikan kesempatan untuk menyelesaikan karya tulis ilmiah dan kami sampaikan terimakasih kepada pembimbing yang membantu dalam penulisan, Terimakasih kami ucapkan kepada Kepala Puslit Geoteknologi LIPI yang telah memberikan kesempatan untuk menggunakan laboratorium Optik dalam penyelesaian tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alkatiri, F. dan Harmansyah, 2016. Dinamika Sedimentasi Formasi Prupuh dan Paciran daerah Solokuro dan Paciran,

- Lamongan, Jawa Timur. Prosiding Seminar Nasional XI “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal). Peta Rupa Bumi Lembar Jojogan skala 1 : 25.000.
- Carter, J., 1958. Mangrove succession and coastal change in South-West Malaya, *Transactions and Papers (Institute of British Geographers)*, 26, 79-88, DOI: 10.2307/621044.
- Fadhilillah, A. P., Aribowo, Y., dan Widiarso, D. A., 2014. Mikrofasis Batugamping Formasi Bulu Dan Kualitas Bahan Baku Semen, Pada Lapangan Gunung “Payung”, Kecamatan Bogorejo, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. *Geological Engineering e-Journal*, 6 (2), 554-569.
- Firmansyah, D. P. dan Dewi, I. K., 2015. Fasies Batugamping Formasi Paciran Berdasarkan Data Biostratigrafi, Sedimentologi dan Petrografi. Seminar Nasional ke-II FTG “Sumber Daya Geologi dalam Menghadapi Masyarakat ASEAN Universitas Padjadjaran.
- Madiadipura, T., Zulfahmi, A., 1977. Batu Gamping dan Dolomit di Indonesia, Direktorat Geologi, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum, Departemen Pertambangan, 48 pp.
- Misnandar, 1981. Batugamping Salah Satu Bahan Baku Semen Portland di Indonesia, Seminar Jurusan Teknik, Geologi Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Pringgoprawiro, H., 1983. Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara: Suatu Pendekatan Baru. Disertasi Doktor, ITB, Bandung (tidak diterbitkan).
- SNI, Standar Nasional Indonesia ,2004. Nomor 15-2049-2004, Badan Standar Nasional, ICS 91.100.10.
- Sukandarrumidi,1999. Bahan Galian Industri, Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 51pp.
- Van Bemmelen, R. W., 1949. *The Geology of Indonesia*.The Hague. Jakarta.