

PENELITIAN MIKRO DAN REKAYASA BATUGAMPING KALKARENIT DI DESA POLO DAN DESA BATNUN, KECAMATAN AMANUBAN SELATAN, KABUPATEN TIMOR TENGAH SELATAN, PROPINSI NUSA TENGGARA TIMUR

Arie Noor Rakhman
Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta
Email: arie_nr@yahoo.co.id

ABSTRACT

The aims at research is to explore and provide the means of exploitation of calcarenite resources at Polo and Batnun area, South Amanuban Subresidency, South Middle Timor Residency, East Nusa Tenggara Province. This research is intended to make an isopach map which is shown on three dimensions with scale: 1:2000. By this map, the recoverable reserve of calcarenite could estimated. Petrographic, chemical and rock strength analysis show good qualification for wall tiles of building material (exterior/interior ornament) under Indonesian Nation Standarization.

Keywords: calcarenite, resource, wall tiles

INTISARI

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki dan merekayasa sumber daya batugamping kalkarenit di Desa Polo dan Desa Batnun, Kecamatan Amanuban Selatan, Kabupaten Timor Tengah Selatan, Propinsi Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini menghasilkan peta isopach berskala 1:2.000 dalam bentuk diagram blok tiga dimensi. Dari pemetaan tersebut dapat dihitung cadangan batugamping kalkarenit yang dapat ditambang. Hasil analisis petrografi, kimia, fisik, dan analisis kekuatan batuan menunjukkan bahwa jenis batugamping kalkarenit tersebut telah memenuhi persyaratan mutu/kualitas Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) dalam penggunaan sebagai batu hias pada dinding interior/eksterior bangunan.

Kata kunci: kalkarenit, sumber daya, penutup dinding

PENDAHULUAN

Kekayaan alam yang terdapat di suatu daerah belum dikatakan sebagai sumberdaya jika belum dimanfaatkan dengan baik menjadi produk-produk untuk memenuhi hasrat dan kebutuhan manusia (Zimmenmann, 1951 dalam Soerawidjaja, 2003). Untuk mengolah kekayaan alam menjadi sumberdaya tentunya dibutuhkan modal. Yang dimaksud dengan modal disini meliputi dana (*fresh money*), keterampilan (*skill*), teknologi (*technology*), serta sumber daya manusia (*human resources*). Modal teknologi bukan lagi terfokus pada pemanfaatan teknologi pengolahan kekayaan alam sebagai bahan baku dalam industri/produksi semata melainkan teknologi yang menjembatani temuan-temuan ilmiah (*scientific discoveries*) dan komersialisasi (White, 1988 dalam Soerawidjaja, 2003). Oleh karena itu diperlukan sentuhan rekayasa teknik yang tepat dan nyata untuk mengelola kekayaan alam menjadi produk-produk yang unik/khas dan dapat dijual dengan harga yang kompetitif.

Berdasarkan hasil penelitian di dalam "Buku Potensi Bahan Galian Industri di Kabupaten Timor Tengah Selatan, Propinsi Nusa Tenggara Timur" yang dibuat atas kerja sama antara Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Timor Tengah Selatan dengan

Magister Geologi Pertambangan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada tahun 2006 menyebutkan bahwa potensi kekayaan alam berupa bahan galian golongan C di Kabupaten Timor Tengah Selatan sangatlah besar, khususnya batugamping kalkarenit yang terdapat di Desa Polo dan Desa Batnun, Kecamatan Amanuban Selatan. Namun potensi kekayaan alam tersebut belum memberikan banyak manfaat bagi masyarakat sekitarnya, artinya kekayaan alam tersebut belum menjadi sumberdaya. Oleh karena itu ditindaklanjuti dengan kegiatan penelitian berupa "Penelitian mikro dan rekayasa batugamping kalkarenit di Desa Polo dan Desa Batnun, Kecamatan Amanuban Selatan". Kegiatan tersebut dirancang untuk mengetahui potensi batugamping yang dapat ditambang, metode penambangan yang benar dan ramah lingkungan, penerapan teknologi rekayasa yang tepat dengan memperhatikan nilai estetika pada tekstur dan struktur batugamping kalkarenit.

Makalah ini disusun berdasarkan hasil penelitian, sedangkan tujuannya sendiri adalah: (1) mengetahui luas dan volume batugamping kalkarenit di daerah penelitian secara detail pada skala peta 1:2.000; (2) memetakan tekstur dan struktur khusus pada batugamping kalkarenit yang secara estetika

dapat meningkatkan nilai jual; (3) menentukan model produk rekayasa yang mungkin diaplikasikan pada batugamping kalkarenit di daerah penelitian; (4) menentukan teknologi dan peralatan rekayasa yang tepat untuk mengelola batugamping kalkarenit menjadi produk-produk yang dapat dijual dengan harga yang kompetitif; (5) mendesain metode penambangan yang benar, aman dan berwawasan lingkungan; (6) adanya transfer teknologi dan ilmu pengetahuan dari kegiatan ini pada penduduk lokal; (7) merencanakan pemanfaatan lahan pasca penambangan sesuai dengan Rencana Umum Tata Ruang Kabupaten Timor Tengah Selatan; (8) menciptakan lapangan kerja baru di sektor penambangan dan rekayasa batugamping kalkarenit

Sasaran penelitian ini mencakup berbagai informasi, yang berkaitan dengan rekayasa batugamping kalkarenit yang terpetakan di daerah penelitian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal, antara lain: (1) sebagai pedoman di dalam membuat kebijakan, publikasi dan promosi potensi sumberdaya dan rekayasa batugamping kalkarenit di daerah penelitian; (2) sebagai informasi geologi yang berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Ruang lingkup kegiatan penelitian meliputi beberapa hal, yaitu: (1) pemetaan detail luas sebaran batugamping kalkarenit pada skala peta 1: 2.000; (2) perhitungan cadangan batugamping kalkarenit yang dapat ditambang; (3) pemetaan tekstur dan struktur pada batugamping kalkarenit yang akan memberi nilai tambah pada produk rekayasa; (4) mendesain metode penambangan yang benar, aman dan ramah lingkungan, sesuai dengan kondisi batugamping kalkarenit di lapangan.

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan penelitian mikro dan rekayasa batugamping kalkarenit di Desa Polo dan Desa Batnun, Kecamatan Amanuban Selatan, Kabupaten Timor Tengah Selatan, Propinsi Nusa Tenggara Timur adalah: peta rupa bumi daerah penelitian sebagai peta dasar skala 1 : 25.000, peta geologi skala 1 : 250.000, GPS (Global Positioning System), kompas, palu geologi, dan behel, loupe, kamera, kantong sampel, buku catatan lapangan, bahan kimia seperti (HCl 0,1 N), alat tulis, pensil warna, seperangkat komputer dan kelengkapannya.

Di dalam pelaksanaan penelitian terdapat beberapa tahapan penelitian yang dilakukan yaitu tahap persiapan, tahap penelitian lapangan, tahap analisis laboratorium, tahap interpretasi dan analisis

data, tahap sintesa, tahap penambangan, dan terakhir, tahap penyusunan laporan.

Tahap persiapan adalah kegiatan yang dilakukan dalam tahap persiapan penelitian yaitu pengumpulan data sekunder dan studi pustaka. Data sekunder yang diperlukan untuk melakukan pemetaan adalah data tentang daerah yang akan dipetakan seperti: peta geologi dari berbagai sumber, peta topografi sebagai peta dasar, serta data tentang kondisi geologi daerah penelitian. Studi pustaka adalah pekerjaan mempelajari data sekunder yang telah dikumpulkan dan dilakukan sebelum tim pelaksana teknis lapangan melaksanakan penelitian lapangan, meliputi kajian tentang laporan/artikel/ makalah tentang daerah penelitian, analisis dan interpretasi peta geologi regional, peta topografi dan peta-peta lain yang terkait, serta mengakses berbagai informasi tentang geologi daerah penelitian melalui jalur internet.

Tahap penelitian lapangan merupakan kegiatan pada penelitian lapangan diawali dengan penentuan lintasan pengamatan. Pada tiap lintasan pengamatan dilakukan pengamatan dan perekaman gejala geologi di lapangan serta pengambilan contoh batuan.

Beberapa hal yang direkam dalam pengamatan lapangan: (1) pemerian batuan beserta batas-batas sebaran batuan; (2) pengambilan contoh batuan untuk analisis laboratorium; (3) pengamatan bentang alam dan singkapan batuan daerah penelitian yaitu batugamping kalkarenit, contoh: morfologi, litologi dan struktur geologi. (4) pengamatan lingkungan, pemerian bahan dan lokasi tambang batugamping yang ada di lokasi penelitian; (5) pengambilan gambar di lapangan berupa foto-foto dan sketsa. Beberapa alat kelengkapan penelitian lapangan, seperti: peta rupa bumi digital Indonesia skala 1 : 25.000 daerah penelitian edisi 1999 terbitan Bakosurtanal digunakan untuk mengetahui bentuk lahan dan tutupan lahan, mengetahui perkembangan infrastruktur di daerah penelitian, serta sebagai dasar dalam kegiatan pemetaan di lapangan; *Global positioning system* (GPS) berguna untuk mengetahui posisi astronomis lokasi penelitian dan singkapan batuan; kompas geologi, palu geologi, kaca pembesar, buku catatan lapangan, kantong contoh batuan, larutan HCl dan pita ukur digunakan untuk mengidentifikasi batuan dan kondisi geologi, seperti: mengetahui arah, jurus dan kemiringan batuan, pengukuran struktur geologi, ketebalan singkapan, pemerian litologi, dan pengambilan contoh batuan untuk berbagai analisis.

Pada tahap analisis laboratorium, sebagian dari contoh batugamping kalkarenit

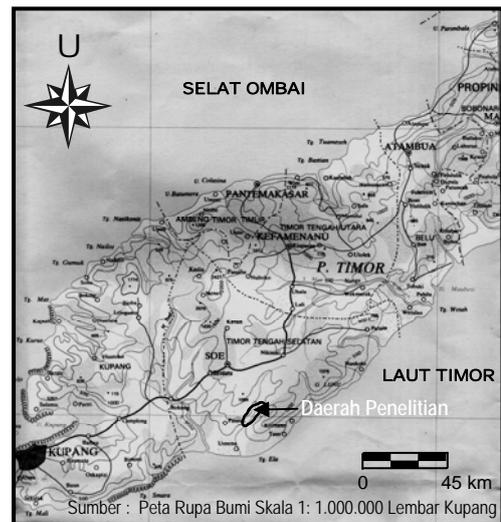
yang diambil dari lokasi penelitian dikirim dan diperiksa ke laboratorium untuk dilakukan uji analisis. Uji analisis yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu: analisis kimia (*Fire-assay*); analisis aspek geologi meliputi analisis petrografi dan analisis sifat fisik keteknikan batuan (kuat tekan batuan). Analisis kimia (*Fire-assay*) dilakukan untuk mengetahui kadar suatu unsur atau senyawa tertentu secara kuantitatif, misalnya CaO (kalsium oksida), Mg (magnesium oksida), SiO₂ (silikon dioksida), dan lain-lain dengan satuan % (persen). Analisis ini menggunakan alat Analytik Jena dengan metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry) - Flame. Dengan analisis petrografi dapat diketahui mineral utama, tekstur dan ukuran butir, tekstur, mineral-mineral yang merusak/mengganggu pada hakekatnya berimplikasi pada kualitas produk rekayasa. Analisis sifat fisik keteknikan batuan berupa uji kuat tekan batuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik batugamping kalkarenit sesuai SNI 13-0089-1987. Kuat tekan suatu bahan adalah kemampuan batuan tersebut dalam menahan beban atau gaya tekan yang dikenakan sehingga batuan tersebut mengalami deformasi. Besarnya kuat tekan batuan dipengaruhi oleh tekstur, mineral penyusun, porositas maupun gesekan dengan bidang penekan.

Selanjutnya tahap interpretasi dan analisis dimana data primer yang berupa kegiatan survei lapangan mengenai geologi dan prospeksi sumber daya batugamping kalkarenit di daerah penyelidikan nantinya dikompilasikan dengan data hasil analisis laboratorium. Pada tahap ini dilakukan analisis data lapangan baik berupa catatan lapangan, peta, sketsa, foto serta hasil analisis laboratorium, kegiatan studio lainnya adalah penggambaran peta. Hasil pengamatan lapangan yang berupa pengamatan singkapan batuan, pengamatan dan pengukuran unsur struktur, pengamatan gejala facies pengendapan, pengamatan fisiografi maupun morfologi daerah setempat tidak akan berarti tanpa adanya data hasil analisis laboratorium, baik secara petrografis, kimia maupun sifat fisik (keteknikan) batuan. Setelah tahap analisis, dilakukan tahap sintesa. Tahap sintesa yaitu penerapan model-model terhadap hasil analisis untuk kemudian dapat disusun suatu kesimpulan hasil penelitian dan rekomendasi.

Tahap berikutnya, tahap penambangan, pada tahap ini ditentukan metode penambangan yang benar, aman dan berwawasan lingkungan, serta arah penambangan yang disesuaikan dengan karakteristik batugamping kalkarenit di lapangan, kemudian dilanjutkan dengan

penambangan dan rekayasa produk dari bahan baku batugamping kalkarenit. Terakhir, tahap penyusunan laporan. Pada tahap ini dilakukan penyusunan draft dan kemudian dipresentasikan, dikoreksi untuk menjadi suatu laporan yang dapat menjawab masalah yang dikemukakan.

Daerah penelitian secara administratif terletak di Desa Polo dan Desa Batnun, Kecamatan Amanuban Selatan, Kabupaten Timor Tengah Selatan, NTT. Secara astronomis daerah penelitian terletak pada koordinat: 124°12'05" BT – 124°16'40" BT dan 10°01'45" LS – 10°05'35" LS, dengan luasan kurang lebih 37,65 km².



Gambar 1. Peta daerah penelitian di Pulau Timor

Daerah penelitian secara karto-grafis tercatat di dalam peta rupa bumi skala 1 : 25.000 terbitan Badan Koordinasi dan Survei Pemetaan Nasional (Bakosurtanal terbitan tahun 2000) dengan nomor lembar peta: 2305-643 dan 2305-634.

Berdasarkan studi pustaka dari peneliti terdahulu, diketahui bahwa daerah penyelidikan dan daerah di sekitarnya, telah dilakukan sejumlah kegiatan survei dan penelitian, baik untuk keperluan ilmu pengetahuan maupun untuk keperluan eksplorasi endapan mineral dan bahan galian.

Fisiografi regional daerah Timor Barat digolongkan dalam 5 (lima) satuan fisiografi (Rosidi dkk, 1979 dan Rosidi dkk, 1996) yaitu: Pegunungan Bergelombang Terjal, Dataran Tinggi, Pegunungan Bergelombang, *Fatu*, dan Dataran Rendah.

Ditinjau dari sisi geologi regional Timor, Timor tersusun oleh tiga elemen struktur otokton, paratokton dan alokton. Paratokton Timor berumur Perm Awal – Pliosen Awal (Audley Charles, 1986b). Batuan-batuan paratokton menunjukkan bukti-bukti diendapkan

pada lingkungan laut dalam. Alokton merupakan bagian yang penting dari batuan metamorf pra-Kapur yang membentuk tubuh masif yang tinggi, biasanya merupakan *nappes* dengan variasi Mesozoik Akhir hingga karbonat laut dangkal Paleogen-Miosen Awal serta ketidakselarasan vulkanik di atas metamorf derajat tinggi – rendah seperti Komplek Lolotoi dan Komplek Mutis di Timor. Otokton diendapkan setelah *nappes* alokton terbentuk. Termasuk di dalamnya semua endapan Timor setelah N20 (Pliosen Tengah-Akhir) dan endapan Seram setelah N18 (Miosen Akhir). Batuan-batuan otokton di Timor dibagi menjadi tiga jenis yaitu: pertumbuhan teras *fringing coral-algal reef*, teras alluvial Kwartar dan fasies turbidit Pliosen Akhir– Kwartar. Batuan-batuan Otokton ini tersebar di atas *nappes* dan paratokton.

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Kupang Atambua skala 1 : 250.000 (Rosidi dkk, 1979), batugamping kalkarenit yang menjadi obyek penelitian termasuk Formasi Noele (QTn) terdiri dari: napal pasir berselang-seling dengan batupasir, konglomeratan dan sedikit tufa dasit. Perubahan fasies ke arah lateral maupun perubahan litologi ke arah vertikal secara cepat. Napal berwarna putih keabu-abuan, pasir, kadang-kadang lanauan, banyak mengandung fosil *Globigerina* dan Foraminifera pelagos lainnya. Batupasirnya litos, kadang-kadang menunjukkan perlapisan bertahap, perlapisan konvolut dan berbutir sedang-kasar. Tebal masing-masing perlapisan berkisar antara 10 – 190 cm. Pecahan-pecahan kangkang moluska umum terdapat dalam batupasir ini. Komponen-komponen konglomerat membulat tanggung sampai membulat dan umumnya berasal dari rombakan-rombakan batuan malihan dan batuan yang lebih tua lainnya serta "*clay pellet*". Tufa berwarna putih, bersusunan dasit, berlapis tipis sejajar dan kadang-kadang konvolut. Terdapat sebagai sisipan di dalam napal. Di lokasi tipe ketebalan Formasi Noele sekitar 700 meter. Kisaran umur Formasi Noele adalah N 18 – N 22 Plio-Pleistosen.

Tektonostratigrafi Pulau Timor menurut Barber (1981) ada beberapa unit tektonik dan stratigrafi yang menyusun geologi daerah Timor, yaitu:

a. **Unit Paparan Benua (Australian Continental Shelf Unit).** Endapan paparan benua Australia tersebar ke arah utara dari paparan Sahul, dan hadir dalam kondisi mengalami pengangkatan dan perlipatan di Pulau Timor. Batuan tertua yang berhasil ditembus dalam pengeboran (Barber, 1981) pada paparan berumur Perm tersusun oleh

sedimen klastik dengan batugamping tipis pada bagian atas.

- b. **Unit Kolbano.** Unit ini terdiri dari endapan laut dalam yang mengandung radiolaria, kalsilitit dan rijang, berumur Kapur – Pliosen Awal, tersingkap sepanjang pantai selatan Timor di daerah Kolbano, Aliambata dan Iliomar.
- c. **Unit Lolotoi/Mutis.** Unit ini didominasi oleh batuan kristalin dari batuan beku maupun metamorf dan membentuk seri pegunungan massif di seluruh Timor. Di daerah Mutis dan Mollo terdapat batuan metamorf yang terisolasi dan terletak di atas serpentinit.
- d. **Unit Maubisse – Aileu.** Formasi Maubisse berumur Perm terdiri dari batugamping *crinoid* berwarna *pink*, dan berasosiasi dengan batuan vulkanik dengan ciri terisi oleh kalsit dan terdapat gelembung-gelembung yang dijumpai hampir di seluruh Timor, namun kadang-kadang Formasi Maubisse ini berbentuk gunung. Formasi ini kelihatannya saling jari jemari dengan lava bantal (Rosidi dkk, 1996).
- e. **Unit Oeccusi dan Unit Atapupu.** Sepanjang pantai utara Timor barat antara Oeccusi dan Atapupu terdapat lava bantal *basaltic* dan agglomerat vulkanik yang ditutupi oleh lutite berumur N 18 (Barber, 1981).

Berdasarkan uraian di atas, dapat dirangkumkan bahwa daerah yang akan diteliti adalah termasuk elemen struktur otokton yang diendapkan setelah *nappes* alokton terbentuk. Batugamping kalkarenit yang diteliti termasuk di dalam Formasi Noele (QTn) yang terletak tidak selaras di atas Formasi Batuputih.

Berdasarkan tinjauan pustaka, daerah yang diteliti disusun oleh batuan karbonat berupa batugamping kalkarenit, bagian dari Formasi Noele. Beberapa pengertian umum batuan karbonat dapat diuraikan sebagai berikut.

Batuan karbonat adalah batuan sedimen dengan komposisi yang dominan (lebih dari 50%) terdiri dari mineral-mineral atau garam-garam karbonat, yang dalam prakteknya secara umum meliputi batugamping dan dolomit. Proses pembentukannya dapat terjadi secara insitu berasal dari larutan yang mengalami proses kimia maupun biokimia dimana organisme turut berperan, dapat terjadi dari butiran rombakan yang mengalami transportasi secara mekanik dan diendapkan di tempat lain. Seluruh proses tersebut berlangsung pada lingkungan air laut, jadi praktis bebas dari detritus asal darat (Koesoemadinata, 1987).

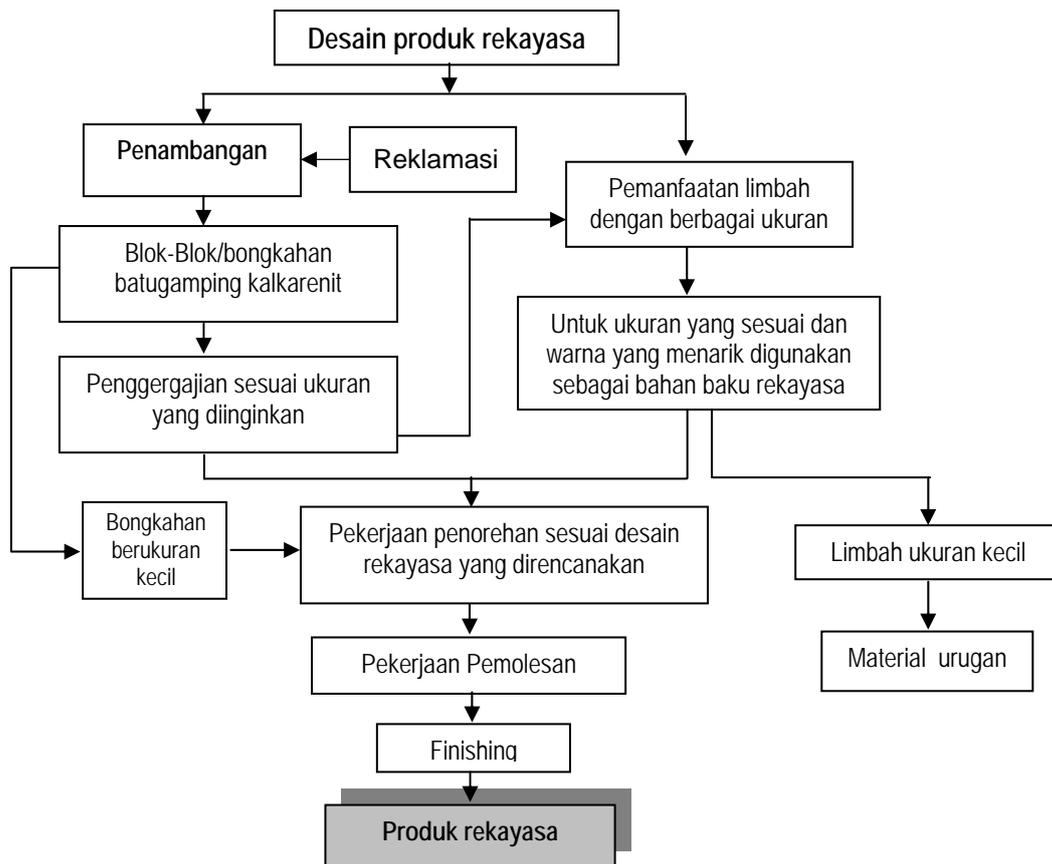
Menurut Pettijohn (1975), batuan karbonat adalah batuan yang fraksi karbonat

lebih besar dari fraksi non karbonat. Fraksi karbonat tersusun oleh unsur logam + CO₃ seperti aragonit, kalsit, dolomit, magnesit, ankerit dan siderit, sedangkan fraksi non karbonat antara lain: kuarsa, feldspar, lempung, gypsum, anhidrit, glaukonit. Komponen penyusun batuan karbonat, dibedakan atas: *non skeletal grain*, *skeletal grain*, *micrite* dan *sparite* (Tucker, 1991).

Klasifikasi batuan karbonat menurut Pettijohn (1975) didasarkan pada genesanya, dibagi menjadi 3 (tiga) komponen utama yaitu: batugamping *autochthonous* (intra basinal), batugamping *allochthonous* dan batugamping metasomatis. Batugamping *autochthonous* adalah batugamping yang terdiri dari unsur kalsium karbonat, terbentuk langsung dari presipitasi air laut akibat proses biokimia. Batugamping ini merupakan batuan karbonat yang *insitu* atau yang terbentuk pada tempat asalnya. Batugamping *allochthonous*, atau batugamping detritus adalah batu-gamping yang telah mengalami proses transportasi dari

tempat asalnya. Komposisi batuan jenis ini masih terdiri dari 50% lebih butiran karbonat. Contoh: kalsirudit, kalkarenit dan kalsilitit. Batugamping metasomatis adalah batugamping yang terbentuk karena adanya proses diagenesa, sehingga sifat dan karakteristiknya berbeda dengan batuan asalnya. Contoh: dolomit dan batugamping dolomit.

Batuan karbonat menarik untuk dipelajari karena antara lain memiliki arti penting dalam mengungkap kondisi lingkungan di masa lampau, memiliki proses diagenesa yang menarik, memiliki corak, dan nilai estetika karena seringkali ditemukan kerangka atau cangkang binatang-binatang laut, sehingga menarik pula untuk direkayasa menjadi berbagai bentuk ornamen dan asesoris rumah tangga. Berdasarkan landasan teori di atas, batugamping kalkarenit sangat dimungkinkan untuk direkayasa menjadi berbagai ornamen dan mempunyai nilai jual yang kompetitif. Berikut gambaran bagan alir proses rekayasa batugamping kalkarenit di daerah penelitian.



Gambar 2. Bagan alir rekayasa pemanfaatan batugamping kalkarenit

PEMBAHASAN

Morfologi daerah penelitian dibagi menjadi satuan morfologi perbukitan dan dataran. Morfologi perbukitan mempunyai prosentase sebaran kurang lebih 85% dari

luas daerah penelitian, sisanya, kurang lebih 15% merupakan bagian dari morfologi dataran.

Di daerah penelitian, morfologi perbukitan tersebut bergelombang lemah dengan kelerengan miring - curam (klasifikasi lereng menurut Van Zuidam, 1983: kelas

persen lereng 10%-55%) didominasi oleh satuan batuan Batugamping Noele sebagai batuan penyusunnya. Contoh morfologi perbukitan, di Desa Polo terdapat di Tubu Alitio, Tubu Kobebiuki dan Tubu Nonbesa; di Desa Batnun terdapat di daerah Fatupane, Taeflolo, Kabuka, Suna dan Fatumuti. Elevasi tertinggi morfologi perbukitan pada daerah yang diteliti, 266 meter dari permukaan air laut, berada di Tubu Nonbesa di Desa Polo; elevasi terendah yaitu 66 meter dari permukaan air laut berada di daerah Taeflolo di Desa Batnun.

Satuan morfologi dataran dengan kelerengan hampir rata hingga landai (klasifikasi lereng menurut Van Zuidam, 1983: kelas persen lereng 2%-7%) tersusun oleh satuan batuan Batugamping Noele dan endapan aluvial. Elevasi tertinggi morfologi dataran yaitu 87,5 meter di atas permukaan air laut berada di dataran banjir Noe Panite di Desa Polo; terendah yaitu 32 meter di lembah Noel Maeskalen di Desa Polo. Contoh morfologi dataran banjir lainnya: lembah Noe Fatumuti di Desa Batnun.

Perbukitan batugamping di daerah penelitian umumnya dikontrol oleh struktur geologi berupa kekar dan sesar. Perbukitan batugamping di Desa Polo merupakan gawir/tebing sesar yang memanjang berarah N 35° E dengan kemiringan lereng berkisar 50° hingga 60°. Contoh gawir sesar pada posisi koordinat 10°03'46,8" LS dan 124°13'21,6" BT. Hasil orientasi pada perbukitan batugamping di Desa Batnun, banyak dijumpai bentuk morfologi bukit batugamping yang melonjong. Bukit-bukit yang melonjong tersebut mempunyai sumbu panjang yang searah dengan lineasi struktur kekar mayor berpasangan di daerah penelitian yang berarah umum N 330° E dan N 230° E. Contoh perbukitan pada posisi koordinat 10°04'32,4" LS dan 124°14'46,2" BT.

Batuan penyusun daerah penelitian didominasi oleh batugamping kalkarenit tufan, bagian dari Formasi Noele. Batugamping kalkarenit tufan, bagian bawah berwarna putih, semakin ke atas berubah warna menjadi abu-abu kekuning-kuningan, abu-abu kecoklat-coklatan dan coklat kekuningan-kuningan. Hasil analisis kimia menunjukkan kadar Fe₂O₃ pada contoh batugamping kalkarenit berwarna kuning berkode 02C/II-TF/R/Km (10°04'32,4" LS dan 124°14'46,2" BT): 1,36%. Perubahan warna pada batugamping kalkarenit dari putih menjadi kuning diinterpretasikan sebagai hasil oksidasi pada mineral-mineral Fe penyusun tuf yang hadir sebagai fragmen dan matrik batuan, bagian dari proses pelapukan.

Batuan tersebut umumnya masif, beberapa telah berongga dengan diameter

rongga berukuran setara pasir halus (0,25 – 0,125 mm), komposisi allochem dan mikrit berupa interclast, terdapat butiran tuf berukuran halus (0,25 – 0,5 mm), mengandung banyak fosil plankton yang tidak utuh dan kompak. Asosiasi batuan lainnya berupa batugamping kalsilitit dan batugamping koral. Kontak batugamping kalkarenit dengan batuan tersebut diperkirakan tidak selaras. Contoh singkapan batugamping kalsilitit di Desa Polo terdapat pada posisi koordinat 10°03'51,6" LS dan 124°13'22,8" BT. Batugamping kalsilitit tersebut telah terlipat (*microfold*) berkedudukan umum sayap N 165° E / 33° dan N 265° E / 29° dengan bidang sumbu lipatan berarah N 130° E. Batugamping kalsilitit berwarna putih keabu-abuan; berlapis dengan ketebalan lapisan batuan berkisar 5 – 20 cm, tidak menerus, kedudukan batuan tidak beraturan, pada beberapa permukaan batuan dijumpai lapies; komposisi allochem dan mikrit berupa interclast, banyak dijumpai fosil plankton yang tidak utuh. Beberapa bongkah batugamping koral banyak terdapat di Kampung Maeskolen, Desa Polo, pada posisi koordinat 10°03'37,2" LS dan 124°13'08,4" BT.

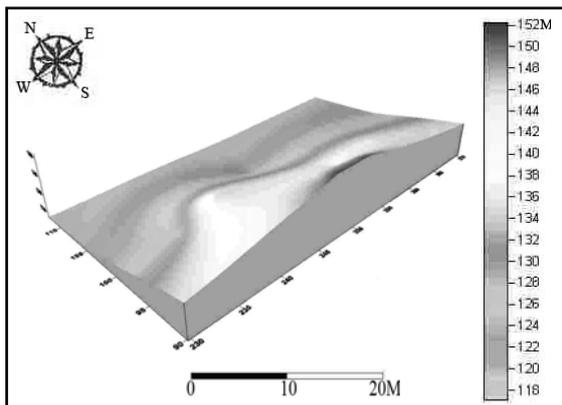
Dari hasil analisis petrografi yang mengacu Williams, dkk. (1982), contoh batugamping kalkarenit berwarna putih dan masif yang diambil di Desa Polo pada posisi koordinat 10°03'51,0" LS dan 124°13'20,4" BT diketahui nama petrografis batuan tersebut *Grainstone* (kode contoh: 01A/I-PL/R/Pf) dan *Wackestone* (kode contoh 01B/I-PL/R/Pf) serta pada posisi koordinat 10°03'37,2" LS dan 124°13'08,4" BT yaitu *Packstone* (kode contoh: 03/II-TF/R/Pf). Contoh batugamping kalkarenit berwarna putih dan masif dari Desa Batnun pada posisi koordinat 10°04'31,2" LS & 124°14'48,0" BT berkode contoh: 01/II-TF/R/Pf) serta batugamping kalkarenit berwarna kuning atau coklat kekuning-kuningan dan berongga pada posisi koordinat 10°04'32,4" LS & 124°14'46,2" BT dengan kode contoh: 02A/II-TF/R/Pf, 02B/II-TF/R/Pf, 02C/II-TF/R/Pf) mempunyai nama petrografis *Wackestone*. Dibandingkan contoh batugamping berwarna putih dan masif, pada contoh batugamping kalkarenit berwarna kuning atau coklat kekuning-kuningan dan berongga banyak dijumpai fragmen dan matrik batuan berupa mineral besi (Fe) yang telah teroksidasi.

Secara keteknikan, banyak dijumpai bidang lemah berupa kekar-kekar yang berpotongan sebagai struktur minor dari sesar yang berarah lineasi struktur N 235° E pada batugamping kalkarenit berwarna kuning. Contoh: batugamping kalkarenit di Kampung Taeflolo pada posisi koordinat 10°04'32,4" LS & 124°14'46,2" BT. Sifat fisik pada batugamping

kalkarenit tufan berwarna kuning mempunyai kandungan tuf yang telah teroksidasi, lebih porus, kurang pejal, sehingga kekuatan batuan tersebut kurang jika dibandingkan dengan batugamping kalkarenit tufan berwarna putih. Hasil uji kuat tekan yang dilakukan pada 20 contoh batugamping kalkarenit berwarna putih dari Desa Polo dan Desa Batnun yaitu rata-rata 5 kg/cm^2 (metode pengujian standarisasi ASTM D 2938).

Kadar CaO dan MgO pada contoh batugamping kalkarenit berwarna kuning dari Kampung Taeflolo, Desa Batnun (kode contoh 02C/II-TF/R/Km) sebesar 50,18% dan 3,18%. Kadar MgO dalam kisaran 2,2% hingga 10,9% tersebut menandakan batugamping tersebut kemungkinan telah berubah menjadi dolomitan (Sukandarrumidi, 1999). Secara geologi, perubahan tersebut dapat terjadi oleh pengaruh pelindian (*leaching*), dimana air (air hujan) dapat masuk ke batugamping, melarutkan batugamping yang dilaluinya melalui bidang lemah batuan berupa rekahan batuan, struktur-struktur minor dari sesar atau kekar-kekar yang berpotongan.

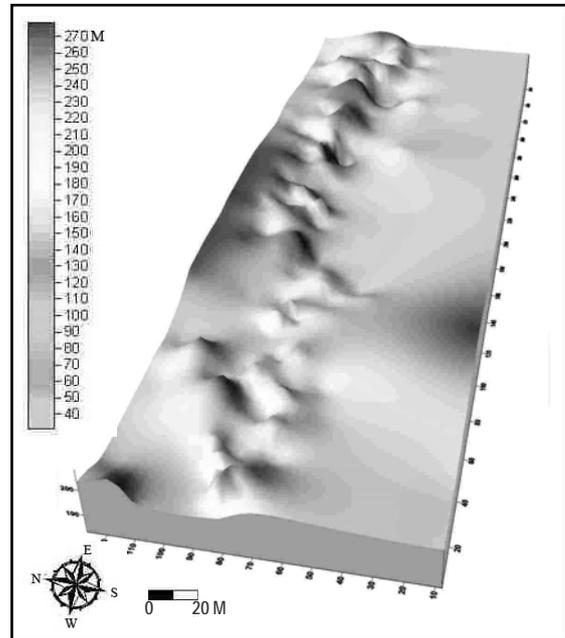
Dari peta isopach yang dibuat dari data pemetaan di lapangan dengan skala 1 : 2000 dapat dihitung cadangan batugamping kalkarenit yang dapat ditambang. Hasil perhitungan cadangan batugamping kalkarenit yang dapat ditambang di Desa Polo pada posisi koordinat $10^{\circ}03'46,8''$ LS dan $124^{\circ}13'21,6''$ BT yaitu seluas $879,35 \text{ m}^2$ dengan volume dan berat batugamping kalkarenit: $9.419,06 \text{ m}^3$ dan $18.838,13 \text{ ton}$, dimana berat jenis batugamping: 2 gr/cm^3 . Peta isopach hasil pemetaan di Desa Polo dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok tiga dimensi pemetaan isopach di Desa Polo ($10^{\circ}03'46,8''$ LS dan $124^{\circ}13'21,6''$ BT)

Dari peta topografi yang dibuat dari data pemetaan lapangan di Kampung Taeflolo, Desa Batnun pada posisi koordinat $10^{\circ}04'31,2''$ LS dan $124^{\circ}14'48,0''$ BT dapat dihitung cadangan batugamping kalkarenit yang dapat

ditambang di Desa Batnun yaitu seluas $37.649,04 \text{ m}^2$ dengan volume dan berat batugamping kalkarenit: $4.268.666,90 \text{ m}^3$ dan $8.537.333,79 \text{ ton}$, dimana berat jenis batugamping: 2 gr/cm^3 . Peta isopach hasil pemetaan di lapangan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram blok tiga dimensi pemetaan isopach di Desa Batnun ($10^{\circ}04'31,2''$ LS dan $124^{\circ}14'48,0''$ BT)

Pemanfaatan batugamping kalkarenit oleh penduduk di lokasi penelitian berupa batubata untuk bangunan. Batugamping dipotong-potong menjadi bata berukuran $20 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$. Contoh penambangan batugamping kalkarenit berada di tebing bukit bagian selatan, Kampung Taeflolo, Desa Batnun ($10^{\circ}04'31,2''$ LS dan $124^{\circ}14'48,0''$ BT) dan Kampung Maeskolen, Desa Polo ($10^{\circ}03'37,2''$ LS dan $124^{\circ}13'08,4''$ BT).



Gambar 5. Kegiatan pemotongan batuan di Kampung Taeflolo, Desa Batnun ($10^{\circ}04'31,2''$ LS dan $124^{\circ}14'48,0''$ BT)

Batugamping kalkarenit di daerah penelitian tergolong batuan yang lunak sehingga mudah dipotong dengan menggunakan gergaji tangan. Karena batuan bersifat lunak (hasil uji kuat tekan: rata-rata 5 kg/cm²), sesuai Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) batugamping kalkarenit tersebut lebih cocok direkayasa menjadi batu ornamen atau hiasan pada dinding bangunan.

Beberapa tahapan teknik rekayasa batugamping kalkarenit yang dilakukan yaitu tahap persiapan bahan baku dan tahap rekayasa batugamping kalkarenit. Tahap persiapan bahan baku dapat diuraikan sebagai berikut. Pertama, mengambil batugamping kalkarenit dari lokasi penambangan, kemudian memotong batugamping kalkarenit menjadi blok balok dengan berukuran kurang lebih: 40 cm x 40 cm x 10 cm; 80 cm x 40 cm x 10 cm; dan 80 cm x 60 cm x 10 cm. Blok-blok batugamping kalkarenit kemudian diangkut ke tempat pengolahan (rekayasa batuan). Di tempat pengolahan, blok-blok batugamping kalkarenit yang akan direkayasa dipilih sesuai ukuran mal (design pola) dan motif tekstur/struktur batuan. Tahap rekayasa batugamping kalkarenit, diawali dengan pengeplotan/menggambar pola desain dari gambar mal pada blok batugamping kalkarenit yang dipilih. Langkah berikutnya yaitu pengukiran atau pemahatan blok batugamping kalkarenit dengan menggunakan alat ukir/pahat beserta kelengkapannya. Terakhir, membuat ukiran lebih detil dan halus sehingga kenampakan tiga dimensi ukiran batu terkesan lebih hidup. Beberapa contoh produk hasil rekayasa batugamping kalkarenit dapat dilihat pada gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Hasil rekayasa batugamping kalkarenit berupa blok batugamping hias

Dari hasil pekerjaan rekayasa batuan dengan mengukir batugamping kalkarenit

menjadi ornamen atau hiasan pada dinding, diketahui bahwa batugamping kalkarenit yang bagus untuk diukir, dipengaruhi oleh sifat porus, dan kekuatan batuan. Batugamping kalkarenit berwarna kuning cenderung tidak bagus untuk diukir karena lebih porus (berongga) dan kurang kuat, dibandingkan dengan batugamping kalkarenit berwarna putih. Blok batugamping kalkarenit hasil rekayasa berwarna putih bagus digunakan untuk dinding eksterior dan interior.

Dikutip dari Tabloid Rumah edisi 71 tahun 2005, Niman M.A. (dari Art Stonescapes) mengemukakan bahwa jenis batu hias dengan kombinasi warna mempunyai nilai estetika batuan dan banyak dicari di pasaran. Oleh karena kekuatan batugamping kalkarenit berwarna kuning cenderung rendah, maka blok batugamping kalkarenit berwarna putih dengan beberapa cerat berwarna kuning akibat proses oksidasi, disarankan lebih cocok digunakan sebagai dinding interior.

Sebagai tambahan saran, pemasangan blok-blok batugamping hias secara umum seperti memasang keramik/ubin. Jika terjadi kesulitan dalam pemasangannya, sering atau mudah lepas setelah dipasang, ada beberapa cara solusi pemasangannya:

- membuat beberapa guratan pada bagian belakangnya menggunakan pisau keramik, sehingga semen bisa menempel lebih kuat.
- atau dengan melubangi blok batugamping dengan bor tangan pada bagian tertentu, untuk dipasangkan pada besi pancang di dinding. Agar ujung pancang besi tidak terlihat dari luar, pada lubang blok batugamping dapat ditutupi dengan semen putih.

Untuk perawatan, blok batu hias dari batugamping kalkarenit terutama pada blok batu hias sebagai hiasan eksterior rumah sebaiknya dihindarkan dari kontak langsung dengan air hujan sebab bagaimanapun kerasnya batugamping akan mudah lapuk dan larut oleh air hujan. Sebagai antisipasinya blok batu hias perlu diberi *coating* (pelapis).

Salah satu kelemahan batu adalah memiliki pori-pori (bersifat porus), sehingga batu mudah ditumbuhi jamur, lumut, dan menyimpan debu. Setelah diberi *coating*, batu menjadi tidak porus, sehingga debu menjadi lebih sulit untuk menempel. Bila terkena kotoranpun, menjadi lebih mudah membersihkannya. *Coating* untuk batu hias di dinding luar (eksterior) bertahan 2 tahunan, *coating* untuk batu hias di dinding dalam (interior) bisa mencapai 3 – 4 tahunan. Setelah jangka waktu tersebut, batu perlu di-*coating* kembali. Kebutuhan *coating* untuk masing-masing batu bisa berbeda. Semakin porus batu,

semakin boros *coating*. Sebagai informasi tambahan, untuk batu yang tidak terlalu porus (sekelas batuan beku andesit masif), 1 liter *coating* cukup untuk 7 – 10 m². Sementara untuk batu yang berporus (sekelas batu candi, nama komersial basalt dengan struktur vesikuler), 1 liter *coating* hanya cukup untuk 5 – 7 m² (Rumah edisi 71, 2005). *Coating* banyak dijual dalam kemasan kaleng per 1 liter atau kemasan botol plastik besar. Kisaran harganya adalah Rp. 30.000,- sampai dengan Rp. 70.000,-/liter.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian berupa data kenampakan lapangan pada sebaran batugamping kalkarenit, data analisis kimiawi, petrografi, karakteristik keteknikan batuan serta hasil pelaksanaan rekayasa batugamping kalkarenit, dapat disimpulkan bahwa jenis batugamping kalkarenit tufan berwarna putih dapat direkayasa menjadi batu ukir (batu hias). Batuan ini bagus dipasang di dinding baik eksterior maupun interior sedangkan batu hias dengan warna kombinasi yaitu dominan putih bercerat kuning lebih cocok dipasang pada dinding interior.

Batugamping kalkarenit tufan berwarna kuning, tidak bagus direkayasa karena batuan bersifat porus. Batuan tersebut sudah mengalami pelapukan, dimana dari hasil analisis petrografi dapat diketahui kehadiran mineral Fe yang telah teroksidasi sebagai fragmen dan matrik batuan. Proses pelapukan diduga dipicu oleh pengaruh pelindian yang ditandai oleh perubahan batugamping menjadi dolomitan (kadar Mg: 3,18%). Pelindian terjadi melalui bidang lemah batuan. Secara keteknikan, batugamping kalkarenit tufan berwarna kuning mempunyai banyak bidang lemah sehingga kekuatan batumannya cenderung lebih rendah daripada batugamping kalkarenit tufan berwarna putih.

Untuk mencari sebaran horisontal batugamping kalkarenit, terutama batugamping kalkarenit tufan berwarna putih, bagian satuan batuan batugamping dari Formasi Noele perlu dilakukan pemetaan detail pada daerah di sekitar wilayah Desa Polo dan Desa Batnun, Kecamatan Amanuban Selatan, Kabupaten Timor Tengah Selatan. Selain itu masih perlu dilakukan analisis lebih lanjut dan detail untuk menambah keyakinan hasil penerapan teknologi rekayasa yang tepat pada batugamping kalkarenit di daerah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian bentuk dari kerjasama antara Dinas Pertambangan dan Energi, Pemerintah Kabupaten Timor Tengah

Selatan, Propinsi Nusa Tenggara Timur dengan Magister Geologi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Ucapan terima kasih atas fasilitas penelitian yang diberikan Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Timor Tengah Selatan, Universitas Gadjah Mada, dan Universitas Cendana. Terakhir, tidak lupa penulis menghaturkan ucapan terima kasih juga kepada Bapak Prof. Sukandarrumidi, M.Sc, Ph.D., Dr. Herry Zadrak Kotta, S.T., M.T, Ir. Jermias Nomleni, M.T., Dr. Wayan Warmada, S.T. atas kontribusi, saran dan kerja sama yang baik hingga penelitian ini dapat selesai tepat pada waktunya serta rekan-rekan mitra pengrajin batu dari Prambanan yang khusus didatangkan untuk memberikan pelatihan teknik ukir batuan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 1996, *1996 Annual Book of ASTM Standarts*, Section 4, Volume 04.08, ASTM, STM 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, Philadelphia.
- Anonimous, 2005, *Batu Selalu Punya Rupa Baru*, artikel tabloid Rumah, Edisi 71, 11 Oktober – 24 Oktober 2005, Jakarta
- Anonimous, 2006, *Buku Potensi Bahan Galian Industri di Kabupaten Timor Tengah Selatan, Propinsi Nusa Tenggara Timur*, Magister Geologi Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Anonimous, 2008, *Laporan Penelitian Mikro dan Rekayasa Batugamping Kalkarenit di Desa Polo dan Desa Batnun, Kecamatan Amanuban Selatan, Kabupaten Timor Tengah Selatan, Propinsi Nusa Tenggara Timur*, Magister Geologi Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Audley-Charles, M.G., 1968b, *Rate of Neogene and Quarternary Tectonic movements in the Souhtern Banda Arc Based on Micropaleontology*, J.geol.Soc. Lond, 143, p.161-175.
- Barber, A.J., 1981, *Structural Interpretations of The Island of Timor, Eastern Indonesia*, The Geology and Tectonics of Eastern Indonesia, Geological Research and Development Centre, Spec. Publ. no.2, p. 183-197.
- Charlton, T.R., Barber, A.J., Barkham, S.T., 1991, *The Strutural Evolution of The Timor Collision Complex, Eastern Indonesia*. Structural Geology, v.13, no.5, p. 489-500, Great Britain.
- Koesoemadinata, R.P., 1981, *Prinsip-prinsip Sedimentasi*, Departemen Teknik

- Geologi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Koesoemadinata, R.P., 1987, *Kursus Reef Carbonate Exploration*, Jurusan Geologi, Institut Teknologi Bandung, Program IWPL – Migas, Jakarta.
- Pettijhon, F.J., 1975, *Sedimentary Rocks*. Third edition, Marker and Bow Publiser.
- Rosidi. H.M.D., Suwitodirdjo.K., Tjokrosapoetro. S., 1979, *Peta Geologi Lembar Kupang – Atambua, Timor*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Direktorat Geologi Bandung.
- Rosidi. H.M.D., Tjokrosapoetro. S., Gafoer. S., 1996, *Peta Geologi Lembar Kupang – Atambua, Timor*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Soerawidjaja, T.H., 2003, *Tinjauan Mawas Diri Seputar Kegagalan Bangsa di Dalam Menjelmakan Kekayaan Alam Menjadi Sumber Daya*, Majalah online Migas Indonesia, situs: <http://migas-indonesia.com/index.php?module=article&sub=article&act=view&id=118&page=1>.
- Sukandarrumidi, 1996, *Metodologi Penelitian*, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sukandarrumidi, 1999, *Bahan Galian Industri*, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tucker, M.E., 2001, *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin Sedimentary Rocks*, 3rd ed, Oxford Scientific Publications, London.
- Tushadi, M., 1990, *Bahan Galian Industri di Indonesia*, Direktorat Sumber-daya Mineral, Bandung.
- Williams, H., Turner, F.J. and Gilbert, C. M., 1982, *Petrography an Intro-duction to Study of Rocks in Thin Section*, W.H. Freeman Co, New York.