

PEMETAAN GEOLOGI DAN UJI SIFAT FISIKA BATUAN ANDESIT DI BAKAUHENI DAN TANJUNGAN, LAMPUNG SELATAN

Ahmad Zaenudin¹, Yoga Aribowo², Diah I Kusumastuti¹, Yul Martin¹

¹Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Indonesia

²Teknik Geologi, Universitas Diponegoro Institusi, Indonesia

³Departemen, Institusi, Negara

E-mail: zaenudin7209@gmail.com

ABSTRAK

Pemetaan geologi dan uji sifat fisika batuan andesit di Lampung Selatan ini sangat penting, dalam rangka mendukung percepatan pembangunan kawasan ini. Pemetaan dilakukan dengan citra satelit yang ditindak lanjuti dengan survey geologi lapangan. Pengujian sifat fisika batuan non-logam pengujian di laboratorium melalui uji keausan Los Angeles, berat jenis dan penyerapan air. Hasil pemerian geologi menunjukkan bahwa batuan non-logam di daerah ini merupakan hasil intrusi batuan vulkanik. Distribusi batuan non-logam muncul secara mengelompok di Gn. Pancong, Gn. Sepan dan sekitarnya di Bakauheni, di Tanjungan dan Tarahan. Pengujian keausan menunjukkan hasil antara 13% - 31%. Sedangkan berat jenis antara 2,35 – 2,68 gram/cc dan tingkat penyerapan terhadap air antara 0,50 % - 1,17%. Sifat fisika ini menunjukkan sifat fisika yang baik, yang berdasarkan SII.0378-80, dapat digunakan untuk podasi bangunan berat. Dari hasil pemetaan dan uji sifat fisika menunjukkan Kualitas batuan di Tanjungan dan Tarahan lebih baik dan berumur lebih tua (F. Komplek Gunung Kasih), sedangkan di Bakauheni dan sekitarnya berumur lebih muda dengan tingkat pelakupan lebih intensif.

Kata Kunci: *pemetaan geologi, uji sifat fisika, Lampung Selatan*

PENDAHULUAN

Kualitas batuan yang memenuhi syarat sebagai bahan baku struktur konstruksi dikontrol oleh sifat fisiknya antara lain kekerasan, kuat tekan, kuat geser, daya rekat, dan sebagainya. Sifat fisik batuan erat kaitannya dengan komposisi kimia dan mineral batuan serta cara terbentuknya batuan tersebut/petrogenesis. Berdasar komposisi kimia dan mineral, batuan yang memenuhi standar kualitas biasanya yang memiliki kadar alumina silikat hidrous atau lempung yang rendah, dan tinggi silika sehingga tidak akan mudah berubah sifat fisiknya jika bereaksi dengan fluida. Berdasar genesanya, jenis batuan yang paling baik adalah yang berasal dari pembekuan magma atau kristalisasi mineral yang saling mengunci, maupun sedimentasi butiran keras yang tersemankan oleh silika dengan baik, sehingga kohesivitasnya tinggi. Berdasar kriteria tersebut, jenis batuan yang memenuhi syarat antara lain batupasir kuarsa, batugamping, dan batuan vulkanik. Berdasar kondisi geologinya, salah satu jenis

batuan di sekitar Lampung Selatan yang kualitasnya baik dan paling potensial berupa batuan vulkanik yang berumur muda/kuarter maupun yang berumur tua/tersier.

Potensi batuan vulkanik di KSN Selat Sunda berkaitan dengan keberadaan gunungapi muda, baik batuan yang merupakan hasil pembekuan magma dalam dan atau hasil erupsi permukaan. Gunungapi yang tersebar di kedua sisi pulau [3], yaitu di Lampung Selatan ada G. Ratai (padam), G. Betung (padam), kompleks G. Rajabasa (tipe C), G. Sebesi (padam), dan G. Krakatau (tipe A). Di wilayah Banten, lokasi potensi terdekat berada di wilayah Dano dan sekitarnya, antara lain berupa kaldera Dano, G. Karang (tipe B), G. Pulasari (tipe B), G. Asepun Muda (padam), G. Asepun Tua (padam), G. Panaitan (padam), dan G. Gede-Merak (padam), dan Gunungapi purba Sangiang di tengah selat.

Batuan andesit merupakan batuan vulkanik yang dominan muncul di Lampung Selatan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan galian. Pemanfaatannya kian banyak ditambang, dan telah memenuhi sebagian kebutuhan akan bahan galian dalam membangun infrastruktur di kawasan Lampung dan Sumatera Selatan. Penelitian ini akan memetakan distribusi batuan jenis ini secara luas dan mencari sifat fisika paling baik untuk menyediakan bahan galian kualitas tinggi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara studi literatur secara mendalam tentang geologi, geofisika, bahan galian non-logam, dan pengusahaannya di Lampung Selatan. Pengamatan keberadaan distribusi batuan andesit melalui pengamatan Citra Satelit, data topografi dan analisisnya. Kemudian hasil analisa citra satelit ini ditindak lanjut dengan pengamatan batuan secara langsung (survey geologi) sekaligus pengambilan sampel batuan pada lokasi-lokasi yang potensial di Bakauheuni di bagian Selatan dan Tanjungan dan Tarahan di bagian Utara. Kemudian sampel batuan di uji sifat fisiknya di laboratorium. Sampel batuan juga di uji secara petrografi. Hasil pengamatan secara keseluruhan di analisa dan di interpretasi distribusi batuan andesit dan sifat fisiknya, sehingga dapat direkomendasikan pengembangan area penambangan selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Citra Satelit KSN-Selat Sunda dan Identifikasi Potensi Batuan Non-Logam

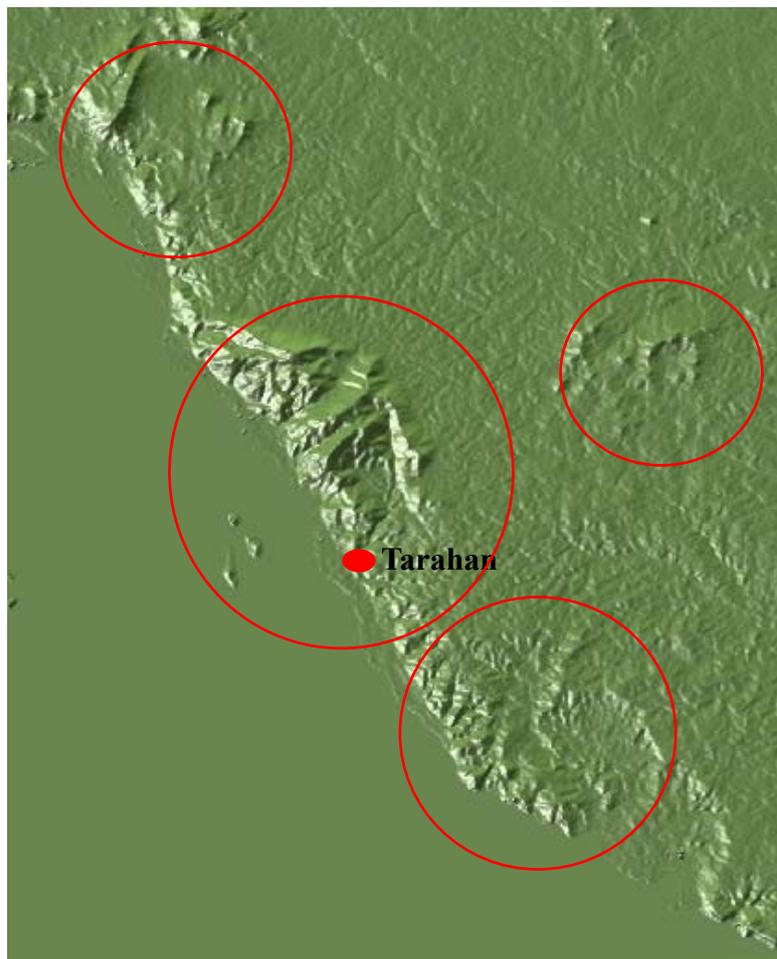
Analisis citra bertujuan untuk mendelineasi objek kajian, atau melokalisir jenis batuan berdasarkan kenampakan tekstur dan ronanya di citra [2], di mana jenis batuan yang menjadi sasaran adalah jenis batuan beku baik plutonik maupun vulkanik. Citra yang digunakan adalah DEM-SRTM (*Digital Elevation Model-Surface Radar Thematic Map*) dan kemudian diproses menggunakan perangkat lunak Map-Info.

Berdasarkan analisis citra, morfologi daerah Tarahan dan sekitarnya [4], secara umum berupa perbukitan bergelombang rendah hingga dataran, dan di beberapa bagian terlihat perbukitan bergelombang kuat (Gambar 1, lingkaran merah). Interpretasi geologi mengindikasikan perbukitan bergelombang kuat tersusun atas batuan keras, dalam hal ini

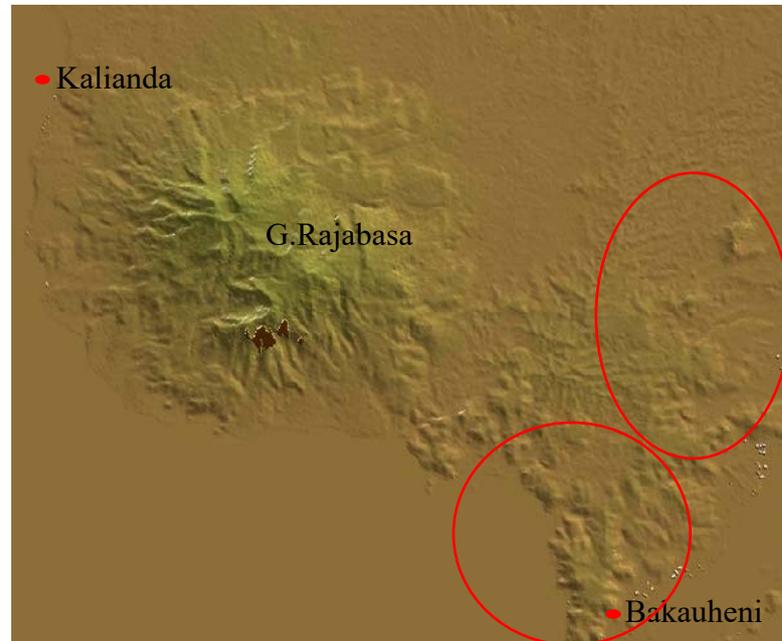
batuan beku atau metamorf, sedangkan morfologi bergelombang rendah hingga dataran diinterpretasi sebagai litologi yang kurang keras (batuan sedimen halus-tuff).

Berdasarkan analisis citra, morfologi daerah Bakauheni dan sekitarnya [4], secara umum berupa perbukitan bergelombang kuat di bagian selatan, pegunungan vulkanik di bagian barat, selebihnya berupa dataran-perbukitan bergelombang rendah di bagian utara (Gambar 2). Interpretasi geologi mengindikasikan perbukitan bergelombang kuat tersusun atas batuan keras, dalam hal ini batuan beku, sedangkan morfologi pegunungan vulkanik diinterpretasi sebagai litologi yang tersusun atas material vulkanik (campuran breksi-lava-tuff). Sedangkan daerah dataran di utara diinterpretasi merupakan dataran alluvial dan sedimen lunak.

Berdasarkan interpretasi citra dapat ditentukan daerah yang akan dilakukan pengecekan lapangan/*ground checking* dan pengambilan sampel batuan untuk analisis laboratorium. Metode *ground checking* dipilih karena daerah kajian terlalu luas, sehingga tidak memungkinkan dilakukan pemetaan geologi detil. Titik pengecekan ditentukan dan dipilih berdasar interpretasi citra yang memperlihatkan tekstur kasar dan *slope* relatif curam dengan morfologi perbukitan bergelombang sedang-kuat, yang diduga merupakan batuan beku.



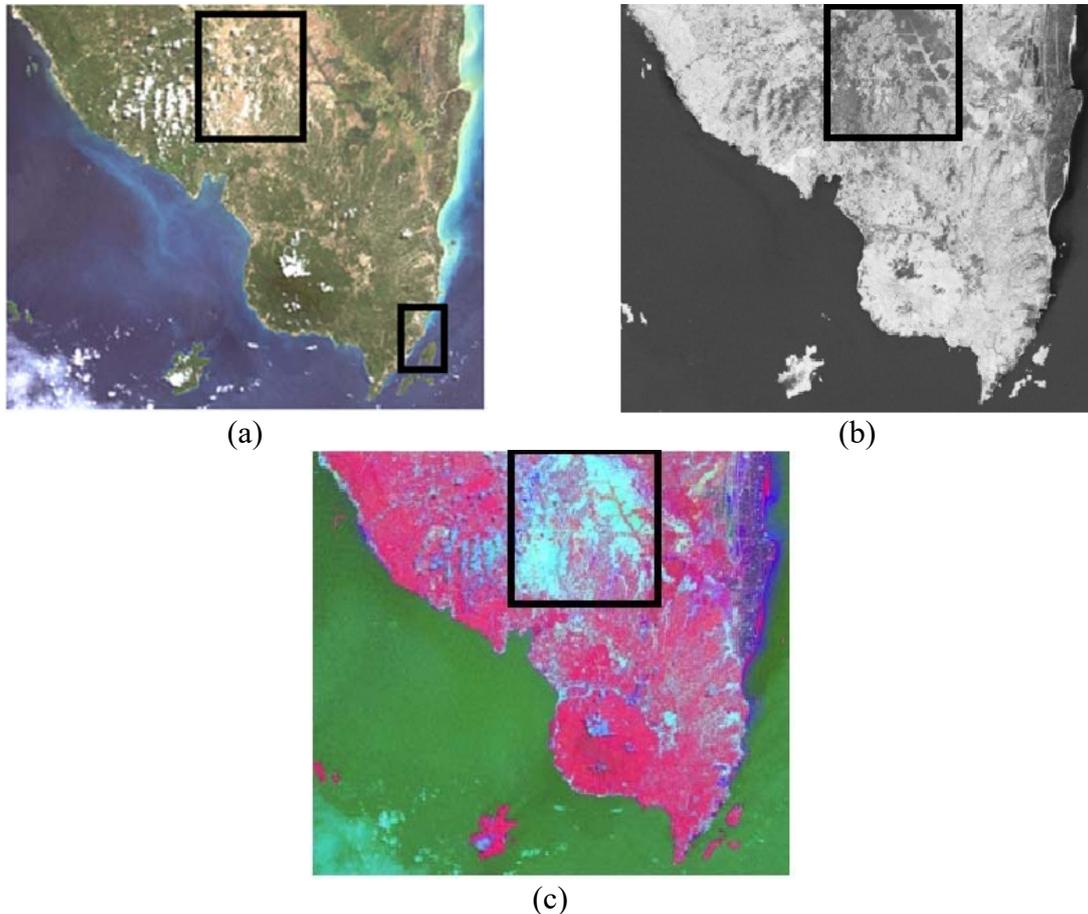
Gambar 1. Analisis citra daerah Tarahan dan sekitarnya [4]



Gambar 2. Penentuan titik observasi geologi dan sampling berdasar analisis citra daerah Bakauheni dan sekitarnya lingkaran merah [4].

Pengamatan dengan citra satelit dilakukan dengan tiga jenis citra, yaitu citra rgb, ndvi dan komposit mineral, seperti ditunjukkan masing-masing pada Gambar 3a, 3b dan 3c. Citra rgb menunjukkan citra warna merah-hijau-biru (*red-green-blue*).

Area yang dilingkari merupakan area dengan tutupan lahan yang minimal (Gambar 3a). Gambar 3b menunjukkan citra ndvi, dimana bagian yang hitam menunjukkan area dengan vegetasi yang minimal. Terlihat ada kesebandingan area antara Gambar 3a dengan 3b. Gambar 3c menunjukkan komposit mineral, dimana bagian anomali yang ditunjukkan oleh Gambar 3a dan 3c juga ditunjukkan dengan anomali citra biru pada komposit mineral.



Gambar 3. Citra satelit dan indikasi batuan non-logam potensial [4]

3.2 Geologi Lampung bagian Selatan

Berdasar objek dan lokasi kajian, geologi Lampung bagian Selatan dibagi menjadi dua wilayah yaitu Tarahan dan sekitarnya serta Bakauheni dan sekitarnya. Pembagian ini didasarkan pada sebaran batuan yang dijadikan objek kajian utama pada penelitian ini.

3.3 Geologi Tarahan dan sekitarnya

Menurut Peta Geologi Lembar Tanjungkarang [1], daerah Tarahan dan sekitarnya tersusun oleh beberapa satuan batuan yang berumur kapur hingga kuartar (Gambar 4). Batuan tertua yang tersingkap adalah Granodiorit Sulan, yang terdiri atas granodiorit dan diorit, merupakan batuan beku dalam komposisi intermediet-sedikit asam, diperkirakan berumur kapur (> 66 juta tahun yl), satuan ini menyebar di bagian utara daerah pemetaan (warna merah, kode Kgdsn). Batuan yang lebih muda berumur Eosen yaitu sumbat basalt, dimensi dan sebarannya tidak terlalu besar dan menerobos batuan jenis lain (warna coklat, kode Tpeb). Satuan berikutnya adalah sekis Way Galih, yang terdiri atas batuan metamorf sekis amfibol dan amfibolit hijau, menyebar di bagian Selatan satuan granodiorit (warna ungu, kode Pzgs).

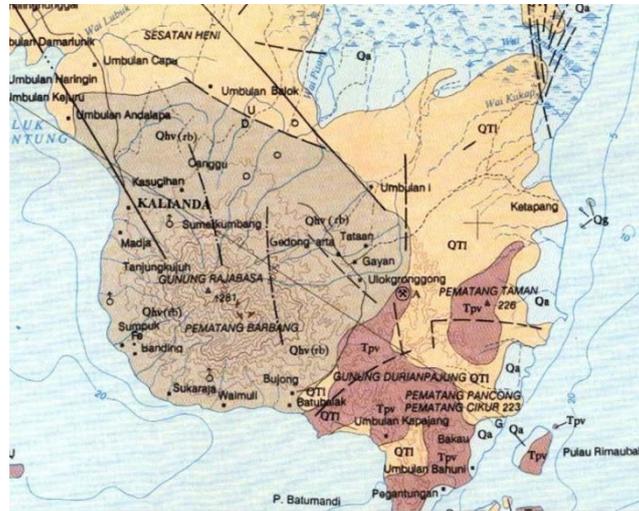
Satuan berikutnya yang lebih muda adalah Formasi Tarahan, yang terdiri atas asosiasi batuan tuff dengan breksi sisipan rijang, berumur Oligosen, penyebarannya memanjang di bagian barat dari utara ke selatan (warna coklat, kode Tpot), satuan berikutnya yang lebih muda Formasi Sabu, terdiri dari breksi konglomeratan dan batupasir berumur oligosen akhir, Formasi Surungbatang berupa tuf, breksi tufan, tuff pasiran dan grewake berumur pliosen, dan Formasi Lampung berupa tuf lapilli, batulempung tufan, dan batupasir tufan, berumur kuartar. Penyebaran Formasi Lampung ini paling luas menyebar dari tengah kearah Selatan-Timur (warna pink, kode Qtl).



Gambar 4. Peta geologi Tarahan dan sekitarnya [1]

3.4 Geologi Bakauheni dan sekitarnya

Geologi daerah Bakauheni dan sekitarnya relatif lebih sederhana [1], hanya tersusun oleh empat jenis batuan, yaitu yang tertua andesit berumur Paleosen dengan karakteristik kekar lembaran, Formasi Lampung berupa asosiasi tuf lapilli, batupasir tufan dan batulempung tufan, Endapan vulkanik Rajabasa berupa asosiasi breksi, lava, dan tuf, dan satuan termuda berumur Resen berupa endapan alluvial (Gambar 5)



Gambar 5. Peta geologi Bakauheni dan sekitarnya [1]

3.5 Survey Geologi Semi Detail KSN-Selat Sunda Sisi Sumatera (Lampung Selatan)

Survey geologi semi detil dilakukan di titik-titik dan wilayah yang sudah ditentukan dengan menggunakan interpretasi citra, observasi meliputi identifikasi dimensi singkapan, geometri, warna, struktur, tekstur, kekerasan, tingkat pelapukan, komponen penyusun, dan kemenerusan batuan.

Secara umum ada tiga jenis litologi dominan yang dijumpai di Tarahan yaitu andesit basaltik, andesit, dan tuf lapili [4].

a. Amfibolit

Litologi secara umum berwarna gelap, sangat kompak dan keras, tekstur hornfelsik, mineral penyusun utama berupa hornblende, piroksen dan sedikit olivine. Singkapan cukup besar dengan dimensi sekitar 4x8 meter.

b. Andesit porfiri

Litologi berwarna gelap, masih cukup segar, keras dan kompak, terdapat struktur kekar berlembar, tekstur porfiritik-afanitik dengan mineral penyusun utama plagioklas dan hornblende, dimensi singkapan cukup besar hingga beberapa meter.

c. Tuf lapili

Litologi berwarna abu-abu cerah, tekstur fragmental tersusun atas abu vulkanik berukuran halus hingga kasar, agak lapuk, kekerasan rendah/relatif lunak.

d. Andesit

Litologi andesit dijumpai di sepanjang Pesisir Timur Lampung bagian selatan, dari Bakauheni hingga wilayah Kecamatan Penengahan Lampung Selatan. Karakteristik andesit yang dijumpai pada umumnya hamper sama yaitu warna segar abu-abu gelap, warna lapuk abu-abu kecoklatan, tekstur afanitik hingga porfiritik, struktur kekar berlembar/*sheeting joint*, dalam kondisi segar sangat keras, mineral penyusun utama berupa plagioklas dan hornblende.

e. Batupasir tufan

Batupasir tufan dan tuf dijumpai di sekitar gunung pancung, sekitar 1km sebelah utara

Bakauheni. Karakteristik batupasir tufan yaitu warna abu-abu cerah, berlapis tebal dengan perlapisan 30 cm hingga > 1 meter, tekstur klastik, sortasi baik, struktur sedimen *graded bedding*, ukuran butir 0,1-1 mm, kekerasan sedang-lunak.

f. Breksi tufan

Breksi tufan dijumpai di sekitar 2 km sebelah barat Bakau, juga dijumpai di Gunung Pancong, berasosiasi dengan endapan tuff dan pasir tufan. Tekstur batuan matriks supported, sortasi buruk, dengan matriks dominan tuff sedangkan fragmen penyusunnya berupa pecahan andesit berbagai ukuran beberapa cm hingga puluhan cm.

Survey geologi di lokasi Bakauheni dan sekitarnya difokuskan pada bagian Selatan dan perbukitan di sepanjang Pantai Timur hal ini juga didasarkan pada analisis citra yang dilakukan sebelumnya, di mana secara umum litologi yang dijumpai berupa andesit berstruktur kekar lembar dan kekar kolom, perselingan tuf dan breksi tufan, dan batupasir tufan.

3.6 Analisis Petrografi

Analisis petrografi adalah pengamatan dan identifikasi batuan secara mikroskopis dengan objek analisis berupa sayatan tipis batuan, yaitu batuan yang dipotong dan diasah sampai ketebalan 0,03 mm, dan kemudian dianalisis dengan menggunakan mikroskop polarisasi. Analisis petrografi dimaksudkan untuk mengidentifikasi kenampakan mikroskopis batuan, meliputi tekstur, struktur dan jenis mineral yang menyusun batuan beserta kelimpahannya. Determinasi/pembedaan jenis mineral secara mikroskopis didasarkan pada perbedaan sifat optik mineral (sifat mineral yang berhubungan dengan kemampuan mineral menyerap dan meneruskan cahaya terpolarisasi).

Analisis petrografi diperlukan untuk mengkonfirmasi jenis batuan dan jenis mineral penyusun batuan secara lebih akurat, karena keterbatasan pengamatan dengan mata tanpa menggunakan alat bantu. Analisis dilakukan pada sampel terpilih yang dianggap mewakili tiap variasi batuan yang terlihat secara visual, dan mewakili satuan batuan dari tiap lokasi di Tarahan dan Bakauheni.

Secara umum ada tiga jenis batuan yang diamati [4], yaitu basalt-amfibol, andesit dan tuff, dengan variasi batuan pada andesit meliputi andesit hornblende, andesit, dan andesit porfiri, sementara variasi tuf meliputi tuf halus dan tuf lapilli.

3.7 Uji Kuat Tekan Uniaxial

Penekanan uniaksial terhadap contoh batuan silinder merupakan uji sifat mekanik yang paling umum digunakan. Uji kuat tekan uniaksial dilakukan untuk menentukan kuat tekan batuan (σ), Modulus Young (E), Nisbah Poisson (ν), dan kurva tegangan-regangan. Contoh batuan berbentuk silinder ditekan atau dibebani sampai runtuh. Perbandingan antara tinggi dan diameter contoh silinder yang umum digunakan adalah 2 sampai 2,5 dengan luas permukaan pembebanan yang datar, halus dan paralel tegak lurus terhadap sumbu aksis contoh batuan. Dari hasil pengujian akan didapat data kuat tekan batuan (σ_c atau q_u) sebagai berikut:

Harga tegangan pada saat contoh batuan hancur didefinisikan sebagai kuat tekan uniaksial batuan dan diberikan oleh hubungan :

$$\sigma_c = F/A \quad (1)$$

dengan :

σ_c = Kuat tekan uniaksial batuan (MPa)

F = Gaya yang bekerja pada saat contoh batuan hancur (kN)

A = Luas penampang awal contoh batuan yang tegak lurus arah gaya (mm)

Berdasar analisis kuat tekan dan densitas batuan 3 sampel dari Tarahan dan sampel dari Bakauheni, secara umum menunjukkan nilai kuat tekan yang cukup tinggi, andesit memiliki kisaran kuat tekan ultimate antara 1125 hingga 1364 kg/cm² sedangkan ampibolit memiliki nilai kuat tekan lebih besar yaitu 1558 kg/cm² (Tabel 1).

Bila mengacu pada SII.0378-80, kuat tekan minimum untuk pondasi bangunan berat adalah 1500 kg/cm² dan kuat tekan minimum untuk pondasi bangunan sedang adalah 1000 kg/cm², maka batuan jenis ampibolit memenuhi syarat untuk digunakan sebagai pondasi bangunan berat (angka $q_u > 1500$ kg/cm²), sedangkan seluruh andesit yang diuji memenuhi kriteria sebagai bahan pondasi bangunan sedang karena $1500 >$ nilai q_u -nya > 1000 kg/cm² (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Analisis Kuat tekan dan densitas batuan

No	Kode	Lokasi	Jenis batuan	Kuat tekan ultimate (q_u) kg/cm ²	Kuat tekan ijin (q_a) kg/cm ²	Densitas (gr/cm ³)
1	T-01	Tarahan	Andesit basaltik	1364.755	454.9184	2.89
2	T-02	Tarahan	ampibolit	1558.244	519.4148	3.23
3	T-03	Tarahan	Andesit	1254.858	418.2859	2.83
4	B-01	Bakauheni	Andesit	1294.154	431.3846	2.79
5	B-02	Bakauheni	Andesit	1125.224	375.0746	2.86
6	B-03	Bakauheni	Andesit	1232.621	410.8738	2.77
7	B-04	Bakauheni	Andesit	1253.924	417.9746	2.74
8	B-05	Bakauheni	Andesit	1139.289	379.7629	2.59

3.8 Uji Sifat Keausan (Los Angeles), Daya Serap terhadap air dan Densitas

Pemetaan dilakukan di daerah potensial batuan untuk bahan bangunan, yang dilengkapi dengan sampel batuan yang akan di uji sifat fisika nya di laboratorium. Sampel batuan terdiri dari 9 sampel, masing-masing dari Gn. Sepan, Gn. Pancong, Kelawi, Tanjung Tua dan Durian Payung di sekitar Bakauheni, dan 2 sampel dari Tanjungan, juga 2 sampel dari Tarahan.

Batuan yang potensial sebagai bahan bangunan meliputi batuan andesit, basalt dan marmer.

Uji sifat fisika batuan meliputi sifat keausan cara Los Angeles (%), sifat penyerapan terhadap air (%) dan densitas Bulk batuan (gr/cc). Hasil pengujian sifat fisika ini ditunjukkan seperti pada Tabel 2 di bawah ini [4].

Tabel 2. Sifat Fisika Batuan non-logam di Bakauheni, Tanjungan dan Tarahan

No	Nama Daerah	UTM X	UTM Y	Jenis Batuan	Sifat Fisika Batuan		
					Keausan (%)	Penyerapan (%)	Berat Jenis (gr/cc)
1	Gunung Sepan	583891	9354829	Andesit	16,49	2,45	2,35
2	Gunung Pancong	584661	9355680	Andesit	13,57	0,58	2,69
3	Kelawi	578612	9353786	Andesit	27,19	1,16	2,55
4	Durian Payung	584976	9357273	Basalt	31,52	1,70	2,62
5	Tanjung Tua	580903	9351778	Andesit	14,07	1,37	2,52
6	Tanjungan 1	547635	9389996	Andesit	16,30	1,24	2,61
7	Tanjungan 2	549513	9384768	Andesit	13,77	1,16	2,55
8	Tarahan Bawah	548777	9383527	Marmer	15,62	1,65	2,52
9	Tarahan Atas	540116	9390153	Andesit	14,37	1,48	2,66

Hasil pengujian sifat fisika menunjukkan sifat keausan (Los Angeles) antara 13,57 – 31,52 %. Harga ini masih lebih kecil dari harga maksimum yang dipersyaratkan, yaitu 40 % (SII.0378-80). Namun harga sifat keausan yang relatif besar terlihat di Kelawi (27,19%) dan Durian Payung (31,52%). Sifat keausan yang merata terlihat di Tarahan dan Tanjungan.

Sifat fisika terhadap penyerapan air menunjukkan sifat yang baik, karena masih dibawah nilai ambang maksimum, yaitu 5 % (SII.0378-80). Harga penyerapan terhadap air yang relatif besar nampak pada sampel dari Gn. Sepan. Adapun berat jenis Bulk dari keseluruhan sampel menunjukkan nilai antara 2,35 – 2,69 gr/cc. Nilai berat jenis ini relatif baik sebagai bahan bangunan.

KESIMPULAN

1. Inventarisasi sumber daya mineral khususnya perlu terus dilakukan, untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat di Lampung. Terutama di Wilayah Pengembangan Strategis (WPS) di Lampung Selatan melalui program yang dirancang Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Pengembangan Merak-Bakauheni-Bandar Lampung-Palembang-Tanjung Api-Api (MBBPT).
2. Metode pencitraan satelit yang ditindak lanjuti dengan pemetaan geologi, merupakan langkah yang efektif dalam pemetaan sumber daya mineral dan dapat memberikan gambaran distribusi dan kuantitas.
3. Pengujian sifat fisika (densitas, kuat tekan, kausan dan daya serap terhadap air) di laboratorium menggambarkan kualitas batuan andesit.
4. Hasil pengujian sifat fisika menunjukkan bahwa batuan di Bakauheni dan Tanjungan memiliki densitas antara 2,7 – 3,2 gram/cc, dimana densitas batuan rata-rata di Tanjungan lebih tinggi daripada batuan di Bakauheni dan sekitarnya.

5. Berdasar analisis kuat tekan dan densitas batuan 3 sampel dari Tarahan dan sampel dari Bakauheni, secara umum menunjukkan nilai kuat tekan yang cukup tinggi, andesit memiliki kisaran kuat tekan ultimate antara 1125 hingga 1364 kg/cm² sedangkan ampibolit memiliki nilai kuat tekan lebih besar yaitu 1558 kg/cm².
6. Bila mengacu pada SII.0378-80, kuat tekan minimum untuk pondasi bangunan berat adalah 1500 kg/cm² dan kuat tekan minimum untuk pondasi bangunan sedang adalah 1000 kg/cm², maka batuan jenis ampibolit memenuhi syarat untuk digunakan sebagai pondasi bangunan berat (angka $q_u > 1500$ kg/cm²), sedangkan seluruh andesit yang diuji memenuhi kriteria sebagai bahan pondasi bangunan sedang karena $1500 >$ nilai q_u -nya $>$ 1000 kg/cm².

REFERENSI

- [1] Mangga, SA., Amirudin, T., Suwarti, S., Gafoer dan Sidarto., 1993, *Peta Geologi Lembar Tanjungkarang, Sumatra*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Masberry, 2008, Inventarisasi Potensi Bahan Galian Tambang dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh & GIS (Studi Kasus di Indragiri Hulu), *Jurnal Sains dan Teknologi* 7 (1), hal 20-30.
- Sukhyar, 2012, Geodinamika Selat Sunda sebagai Dasar Pertimbangan Pembangunan Jembatan Selat Sunda, *Makalah Presentasi*, Badan Geologi, Bandung.
- Zaenudin, A., Wibowo, Y., Kusumastuti, D. I., Martin, Y., 2015, *Laporan Penelitian MP3EI, Proyek Multitahun*, Dikti, Jakarta.