

Studi Geologi dan Pemanfaatan Breksi Pumis sebagai Material Konstruksi Bangunan Di Daerah Jeruk dan Sekitarnya, Kecamatan Nawangan, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur

Ismi Ari Anwaningtyas¹ dan Sapto Heru Yuwanto¹

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya¹

e-mail: saptoheru@itats.ac.id

ABSTRACT

The research which was located in Jeruk area and surroundings, Nawangan District, Pacitan Regency, East Java Province aimed at investigating the geological condition and technical features of pumice breccia. It involved several methods such as literature study, field mapping, analysis, data interpretation, results, and reporting. The geomorphological conditions of the research site consisted of: (1) sub unit of top volcano slope, (2) sub unit of denudational high hill of structured caldera wall, (3) sub unit of lava vault high hill, (4) sub unit of dacite intrusive high hill. The patterns of flow in the research site comprised subdendritic, dendritic, fault trellis with youth river stadium, while its stratigraphy was divided in 7 rock units. The sequences of stone from the oldest to the youngest were: (1) burnt andesite lava unit, (2) burnt andesite breccia unit, (3) burnt basalt lava unit, (4) burnt basalt breccia unit, (5) semilir polimik breccia unit, (6) semilir pumice breccia unit, (7) dacite intrusive unit. Meanwhile, the geological structure of the research site included: (1) Bandar normal sinistral tear fault, (2) Kandri sinistral normal fault, (3) Jeruk normal sinistral tear fault, (4) Ngromo normal dextral tear fault, (5) Sempu dextral normal tear fault (6) Jeruk tear sinistral normal fault. The analysis results of stone physical features and compressive strength tests demonstrated that pumice breccia in Jeruk area was not appropriate to be used for the foundation of building, but it can be used as decorative stone and wall stone of building to substitute solid concrete stone because it has better quality and higher compressive strength for the material of building wall. The pumice breccia in Jeruk area is similar to solid concrete stone in quality grade I.

Kata kunci: *geology, physical features, compressive strength, building construction, pumice breccia*

ABSTRAK

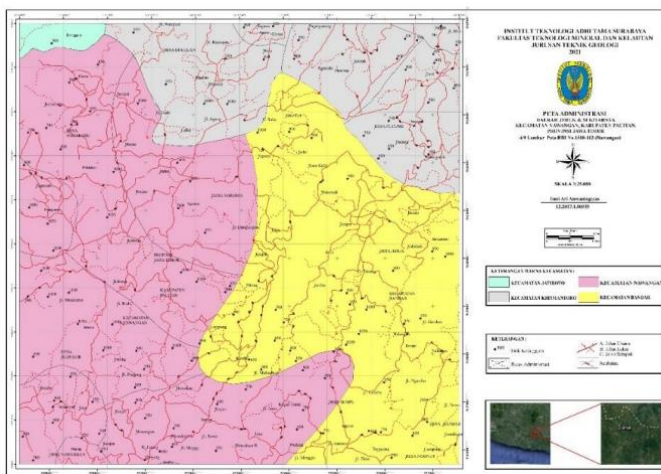
Daerah penelitian terletak di daerah Jeruk dan sekitarnya, Kecamatan Nawangan, Kabupaten Pacitan, Propinsi Jawa Timur. Tujuan penelitian untuk mengetahui keadaan geologi dan sifat keteknikan breksi pumis pada daerah penelitian. Metode yang digunakan adalah studi literatur, pemetaan lapangan, analisis, interpretasi data, hasil, dan penyusunan laporan. Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi : (1)Subsatuan lereng gunungapi atas (2)Subsatuan perbukitan tinggi denudasional dinding kaldera terstruktural (3)Subsatuan perbukitan tinggi kubah lava (4)Subsatuan perbukitan tinggi Intrusi dasit. Pola pengaliran pada daerah penelitian yaitu *subdendritic, dendritic, fault trellis* dengan stadia daerah muda. Stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi 7 satuan batuan. Urutan satuan batuan dari yang tertua sampai yang paling muda adalah : (1)Satuan Lava Andesit Panggang (2)Breksi Andesit Panggang (3)Satuan Lava Basalt Panggang (4)Satuan Breksi Basalt Panggang (5)Satuan Breksi Polimik Semilir (6)Breksi Pumis Semilir (7)Intrusi Dasit. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian berupa : (1)Sesar mendatar kiri turun Bandar (2)Sesar turun kiri Kandri (3)Sesar mendatar kiri turun Jeruk (4)Sesar mendatar kanan turun Ngromo (5)Sesar mendatar turun kanan Sempu (6)Sesar turun kiri mendatar Jeruk. Hasil analisis uji sifat fisik dan kuat tekan batuan menunjukkan, bahwa breksi pumis daerah Jeruk tidak layak digunakan sebagai bahan pondasi bangunan, tetapi dapat digunakan sebagai batu hias dan bahan dinding bangunan menggantikan bata beton pejal dengan kualitas yang lebih baik dengan nilai kuat tekan yang tinggi untuk penggunaan bahan dinding bangunan, breksi pumis daerah Jeruk setara dengan bata beton pejal tingkat mutu I.

Kata kunci: Geologi, sifat fisik, kuat tekan, konstruksi bangunan, breksi pumis.

PENDAHULUAN

Penelitian ini dilakukan berada di lokasi daerah Jeruk dan sekitarnya, Nawangan, Pacitan, Jawa Timur. Lokasi penelitian termasuk dalam jalur Pegunungan Selatan, bagian utara dibatasi oleh Gunung Lawu yang termasuk dalam Gunungapi Kuarter, sedangkan bagian selatan masuk dalam jalur Pegunungan Selatan [1]. Menurut Peta Geologi Lembar Ponorogo, daerah penelitian dan sekitarnya tersusun oleh batuan yang paling tua berumur Oligosen-Miosen Bawah dan diintrusi oleh batuan dasit dan andesit [2]. Semakin berkembangnya zaman dan pertumbuhan penduduk, maka semakin meningkat pula kebutuhan akan infrastruktur - infrastruktur untuk menunjang pertumbuhan tersebut. Infrastruktur yang paling vital dalam menunjang pertumbuhan tersebut adalah bangunan, baik itu rumah, gedung, hotel, dan lain sebagainya[3]. Eksploitasi secara umum dilakukan dengan tambang terbuka dan secara manual, tidak membutuhkan peralatan yang khusus untuk mendapatkan. Penambangannya batu apung (pumis) dipisahkan berdasarkan ukurannya yang kemudian dijual dengan variasi ukuran tersebut. *Pumice* terjadi bila magma asam muncul ke permukaan dan bersentuhan dengan udara secara tiba-tiba. Batuan ini terbentuk dari magma asam hasil dari letusan gunung api, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik. *Pumice* adalah hasil gunung api yang kaya akan silika yang mempunyai struktur porous, terjadi akibat keluarnya uap dan gas-gas yang larut di dalamnya pada waktu terbentuk, berbentuk blok padat, fragmen hingga pasir halus dan kasar. Keterdapatn batuan apung selalu berkaitan dengan rangkaian gunung api Kuarter sampai Tersier muda [4].

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kondisi geologi daerah penelitian, serta mengetahui sifat keteknikan breksi pumis yang meliputi nilai berat jenis, kuat tekan, daya serap air (porositas), pemanfaatan, karakteristik, dan kelayakan breksi pumis daerah Jeruk, Nawangan, Pacitan, Jawa Timur berdasarkan pengujian kuat tekan dan sifat fisik. Daerah penelitian terletak pada posisi $07^{\circ} 55' 00'' - 08^{\circ} 00' 00''$ LS dan $111^{\circ} 10' 00'' - 111^{\circ} 15' 00''$ BT. Secara administrasi terdapat pada 4 Kecamatan yaitu Kecamatan Jatiroto, Kecamatan Krismantoro yang berada di Kabupaten Wonogiri, Kecamatan Nawangan, dan Kecamatan Bandar yang berada di Kabupaten Pacitan. Daerah penelitian mempunyai skala peta 1 : 25.000 dengan luas daerah penelitian adalah $9 \text{ km} \times 9 \text{ km}$ atau 81 km^2 (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

TINJAUAN PUSTAKA

Geologi Regional

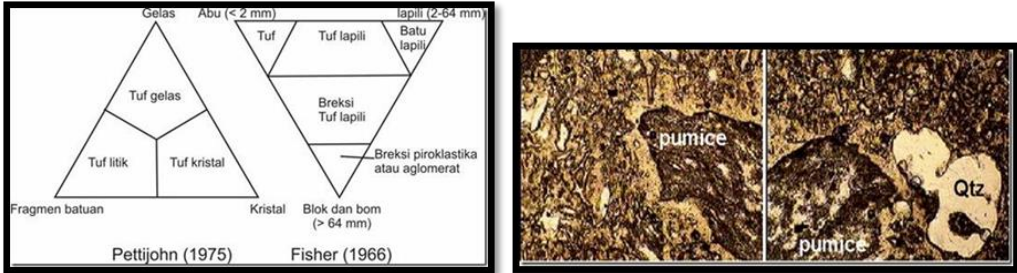
Secara Fisiografi daerah penelitian terletak pada Zona Pegunungan Selatan dan Zona Gunungapi Tengah (Bemmelen, 1949). Zona ini dibentuk oleh 2 satuan batuan yaitu batuan vulkanik, dan batugamping. Dari kenampakan morfologinya zona ini dapat dipisahkan menjadi Subzona Baturagung, Subzona Wonosari dan Subzona Gunung Sewu. Adapun karakteristik Subzona Pegunungan Selatan dapat dijelaskan secara terperinci seperti Subzona Baturagung, relief morfologinya perbukitan terjal, merupakan ekspresi dari batuan vulkanik (intrusi dan ekstrusi), sedimen vulkanik klastik, dan karbonat, dengan kemiringan batuan relatif ke selatan, Subzona Wonosari merupakan dataran tinggi, ke arah timur bersambung Baturetno yang merupakan cekungan sedimen Kuartar berupa lempung hitam endapan danau purba dan Subzona Gunung Sewu merupakan perbukitan karst, dengan bukit-bukit gamping, bentuk kerucut, membentang dari Parangtritis (bagian barat) sampai Pacitan (bagian timur). Semakin ke timur morfologi bukit kerucut semakin berkurang dan muncul bukit yang terdiri dari batuan vulkanik (Pacitan-Ponorogo).

Stratigrafi regional daerah penelitian secara regional termasuk dalam bagian stratigrafi daerah Ponorogo-Madiun [2]. Formasi Dayakan (Tomd) Perulangan batupasir dan batulampung berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal. Formasi Panggang (Tomp) breksi gunungapi dan lava berumur andesit dan basal, bersisipan batupasir. Masa dasar breksi yang bersifat tufan umumnya terkloritkan dan sebagian lavanya terkekarkan berumur Oligo-Miosen. Formasi Semilir (Tms). Formasi Nglanggran (Tmn) batuan gunungapi bersusun andesit-basalt yang disusun oleh breksi gunungapi dan batupasir berumur Miosen Awal. Batuan Terobosan Dasit (Tmd) terdiri dari plagioklas, ortoklas, biotit, kuarsa, hornblend, dan mineral bijih umumnya berumur Oligo-Miosen hingga Miosen Awal.

Struktur Geologi Regional daerah penelitian, Proses geologi yang menghasilkan Pulau Jawa tidak dapat dipisahkan dari sejarah tektonik, yaitu pergerakan dan pecahnya Kontinen Gondwana serta interaksi antara Lempeng Eurasia dengan Lempeng Hindia-Australia dan Lempeng Pasifik. Perkembangan tektonik Jawa dibagi menjadi 4 periode [5] yaitu: (a). Tektonik Kapur Akhir - Tersier Awal, (b). Tektonik Oligosen - Miosen Bawah, (c). Tektonik Miosen Tengah - Miosen Atas, (d). Tektonik Kuartar.

Batuan Gunung Api

Breksi pumis (Lapili) adalah batuan gunung api (vulkanik) yang memiliki ukuran butir antara 2-64 mm; biasanya dihasilkan dari letusan eksplosif (letusan kaldera) berasosiasi dengan tuf gunung api. Lapili yang telah mengalami konsolidasi dan pematangan disebut batu lapili. Komposisi batu lapili terdiri atas fragmen pumis dan litik yang tertanam dalam massa dasar gelas atau tuf gunung api atau juga kristal mineral. Gambar 2 menunjukkan batu lapili yang tersusun atas fragmen pumis dan kuarsa yang tertanam pada massa dasar tuf [6]. Endapan gunung api fragmental yang bertekstur halus dikelompokkan dalam tiga kelas yaitu *vitric tuff*, *lithic tuff* dan *chrystal tuff*.



Gambar 2. Klasifikasi Batuan Gunung Api Fragmental (kiri) dan Breksi Pumis Yang Hadir Bersama Dengan Kristal Kuarsa Dan Tertanam Dalam Massa Dasar Tuf Halus (kanan)

Sifat Keteknikan Batuan

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). Contoh batuan berbentuk silinder ditekan atau dibebani sampai runtuh. Perbandingan antara tinggi dan diameter contoh umumnya digunakan adalah 2 sampai dengan 2,5 dengan luas permukaan pembebanan yang datar, dan paralel tegak lurus terhadap sumbu aksis contoh batuan. Uji kuat tekan uniaksial adalah untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari contoh batuan. Nilai tegangan pada saat contoh batuan hancur didefinisikan sebagai kuat tekan uniaksial batuan dan diberikan. Penentuan pemanfaatan breksi pumis sebagai material konstruksi bangunan menggunakan acuan tabel SNI (tabel 1 dan 2) dan pasal 27 PUBI-1982 [7].

Berikut rumus perhitungan hasil dari uji kuat tekan :

$$f = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

- f = kuat tekan bebas batuan (kg/cm²)
- P = besar gaya yang menekan (kg)
- A = luas penampang yang dikenai gaya (cm²)

Tabel 1. Syarat Mutu Batu Alam Untuk Bahan Bangunan SNI 03-0394-1989 [7]

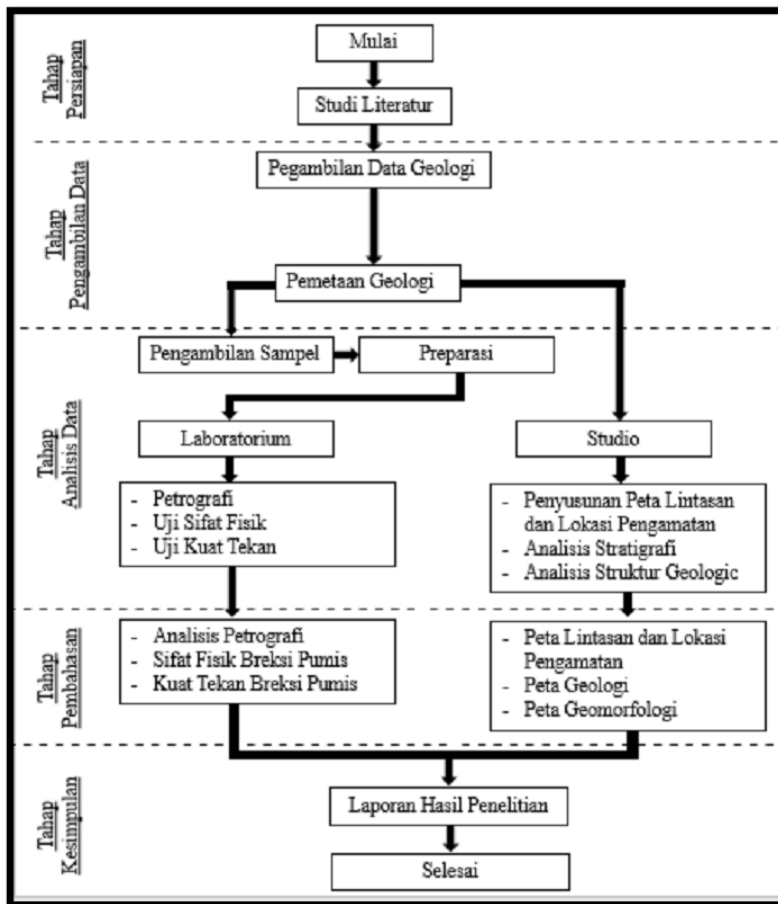
No	Sifat	Pondasi bangunan			Tonggak dan batu tepi jalan	Penutup lantai atau trotoar	Batu hias
		berat	sedang	ringan			
1	Kuat tekan rata-rata minimum (kg/cm ²)	1500	1000	800	500	600	200
2	Ketahanan geser los angeles, bagian tembus 1,7 mm maksimum (%)	27	40	50	-	-	-
3	Penyerapan air maksimum (%)	5	5	8	5	5	5*12**
4	Kekekalan bentuk dengan Na ₂ SO ₄						
	a. Hancur maksimum (%)	12	12	12	12	12	12
	b. Retak pecah cacat	tidak	tidak	tidak	tidak	tidak	tidak

Tabel 2. Syarat-Syarat Fisis Bata Beton Pejal SNI 03-0394-1989 [7]

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu			
		I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata, min	MPa	10	7	4	2,5
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji, min	MPa	9	6,5	3,5	2,1
Penyerapan air rata-rata, maks	%	25	35	-	-

METODE

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah dengan pengambilan data lapangan dan analisis laboratorium. Data lapangan yang diambil berupa data geologi diantaranya litologi, geomorfologi, struktur, sampel batuan. Sedangkan analisis yang dilakukan, yaitu analisis petrografi, analisis struktur, dan pengujian sifat keteknikan batuan berupa uji kuat tekan dan sifat fisik batuan.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

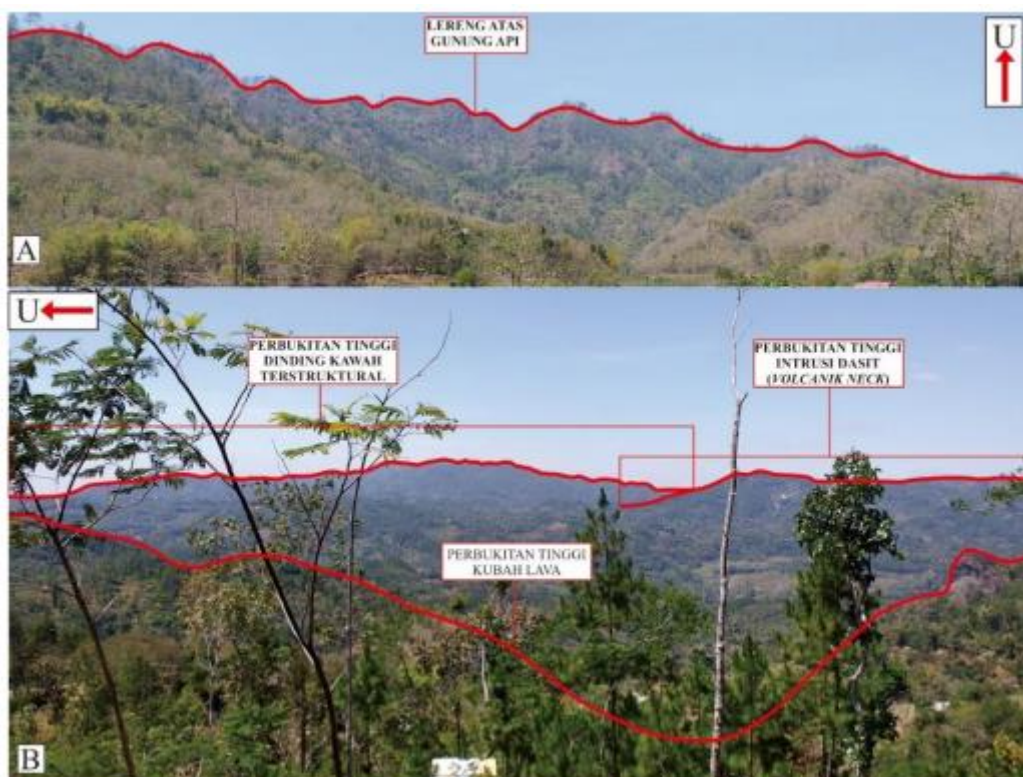
HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi Daerah Penelitian

Geomorfologi daerah penelitian sebagai berikut: (1). Subsatuan lereng gunungapi atas (V3), (2). Subsatuan perbukitan tinggi denudasional dinding kaldera terstruktur (V14 a), (3). Subsatuan perbukitan tinggi kubah lava (V11), (4). Subsatuan perbukitan tinggi intrusi dasit porfiro (V14b).

Stratigrafi daerah penelitian yaitu: (1). Satuan Lava Andesit Panggang, (2). Satuan Breksi Andesit Panggang, (3) Satuan Lava Basalt Panggang, (4) Satuan Breksi Basalt Panggang, (5) Satuan Breksi Polimik Semilir, (6), Satuan Breksi Pumis Semilir, (7) Intrusi Dasit.

Struktur geologi yang terbentuk pada daerah penelitian yang dipengaruhi oleh tektonik dan vulkanisme berupa: (1) Sesar mendatar kiri turun Bandar, (2). Sesar turun kiri Kandri, (3) Sesar mendatar kiri turun Jeruk, (4) Sesar mendatar kanan turun Ngromo, (5) Sesar mendatar turun kanan Sempu, (6) Sesar turun kiri mendatar Jeruk.



Gambar 4. Subsatuan Daerah Penelitian A Lereng Atas Gunungapi, B Perbukitan Tinggi Dinding Kaldera Terstruktur, Perbukitan Tinggi Intrusi Dasit Dan Perbukitan Tinggi Kubah Lava



Gambar 5. Singkapan Satuan Lava Andesit Panggang a) Struktur Autobreksi b) Masif dan d) Columnar Rebah (kiri) dan Singkapan Satuan Breksi Polimik LP 38 Desa Nawangan (kanan)

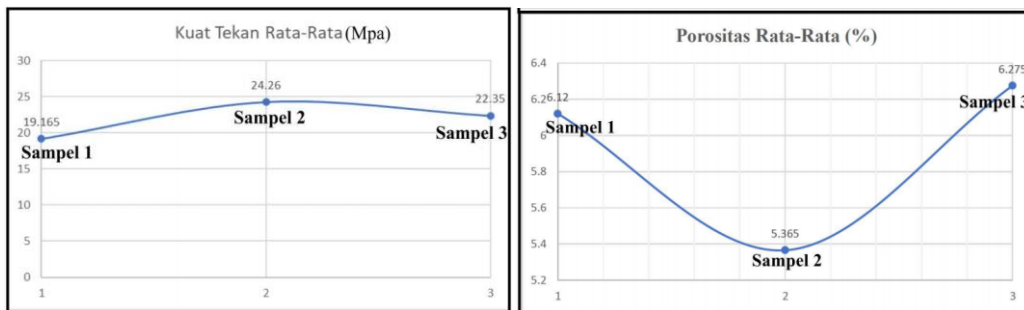
Sifat Keteknikan Batuan Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil analisis berat jenis, analisis daya serap air (porositas), dan analisis kuat tekan batuan pada sampel breksi pumis 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, dan 3B di daerah Jeruk dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Analisis Uji Keteknikan Breksi Pumis Jeruk

No.Sampel	Berat Jenis (gr/cm ³)	Daya Serap Air/Porositas (%)	Kuat Tekan (Mpa)
1A	1,96	6,30	24,31
1B	1,97	5,94	14,02
2A	1,98	3,84	22,88
2B	1,98	6,89	25,64
3A	1,80	7,21	19,59
3B	1,97	5,34	25,11

Berdasarkan data di atas menunjukkan hubungan berat jenis, daya serap/porositas dan kuat tekan bahwa semakin kecil porositas maka nilai kuat tekan dan berat jenis yang dihasilkan besar, sedangkan sebaliknya bila porositas besar maka nilai kuat tekan dan berat jenis kecil.



Gambar 6. Grafik Rata-Rata Nilai Uji Kuat Tekan (Mpa) Dan Porositas (%)

Dari grafik diatas akan dijelaskan secara rinci bagaimana hubungan dari nilai kuat tekan rata-rata dan porositas rata-rata 3 sampel sebagai berikut :

1. Sampel 1

Grafik linier di atas menjelaskan dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata uji kuat tekan dalam satuan Mpa. Sampel 1 memiliki nilai terendah 19,165 Mpa, dan memiliki nilai porositas

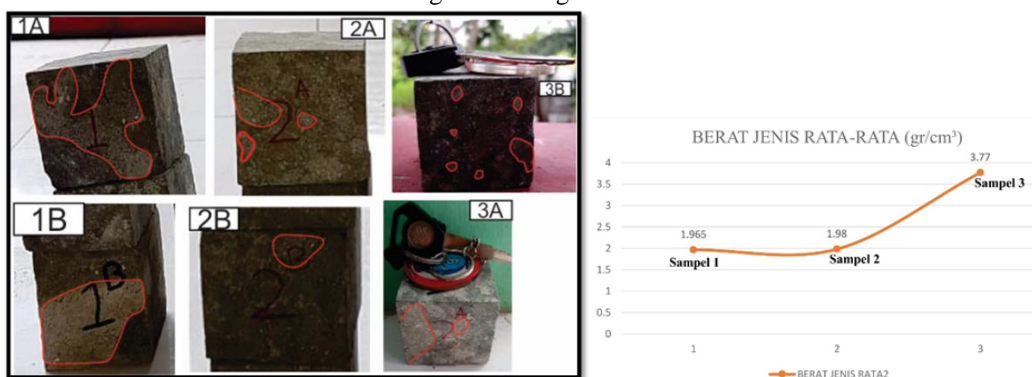
sebesar 6,12 %, hal ini dibuktikan pada (Gambar 7 1A dan 1B) dikarenakan dimensi fragmen lebih besar sehingga dapat mempengaruhi nilai kuat tekan atau hasil pengujian.

2. Sampel 2

Grafik *linier* di atas menjelaskan dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata uji kuat tekan dalam satuan Mpa. Sampel 2 memiliki nilai tertinggi diantara sampel yang lain yaitu 24,26 Mpa, dan memiliki nilai porositas terendah sebesar 5,365 %, hal ini dibuktikan pada (Gambar 7 2A dan 2B) dikarenakan dimensi fragmen lebih kecil sehingga batuanannya lebih *compact*.

3. Sampel 3

Grafik *linier* di atas menjelaskan dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata uji kuat tekan dalam satuan Mpa. Sampel 3 memiliki nilai 22,35 Mpa, dan memiliki nilai porositas sebesar 6,275 %, dilihat dari dimensi fragmen (Gambar 7, 3A dan 3B) berada di tengah antara sampel 1 dan 2 dikarenakan memiliki dimensi fragmen sedang.



Gambar 7. Dimensi Fragmen Batuan Breksi Pumis, (1A Dan 1B Dimensi Fragmen Besar, 2A Dan 2B Dimensi Fragmen Kecil, 3A Dan 3B Dimensi Fragmen Sedang) (kiri) dan Grafik Nilai Rata-Rata Berat Jenis Batuan (kanan).

Tabel 3. Klasifikasi Porositas Dan Berat Jenis Batuan (Bull.I.A.E.G. 364-371-1979)

HARD AND SOFT ROCK		
Void Ratio	Porosity	Term
> 0,43	> 30	Very High
0,43 - 0,18	30 - 15	High
0,18 - 0,05	15 - 5	Medium
0,05 - 0,01	5 - 1	Low
<0,01	< 1	Very Low
DEGREE OF SATURATION (%)		Term
0,00 - 0,25		Natural dry
0,25 - 0,50		Wet
0,50 - 0,80		Very wet
0,80 - 0,95		Highly saturated
0,95 - 1,00		Saturated
UNIT WEIGHT (gr/cm3)		
Soil	Rock	Term
< 1,40	< 1,80	Very low
0,40 - 1,70	1,80 - 2,20	Low
1,70 - 1,90	2,20 - 2,55	Moderate
1,90 - 2,20	2,55 - 2,75	High
> 2,20	>2,75	Very high
(Bull.I.A.E.G. 364-371 1979)		
Keterangan:		
<div style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> POROSITAS SAMPEL 1, 2, DAN 3		
<div style="border: 1px solid green; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> BERAT JENIS SAMPEL 1 DAN 2		
<div style="border: 1px solid yellow; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; margin-right: 5px;"></div> BERAT JENIS SAMPEL 3		

Pada Gambar 7 (kanan) didapatkan nilai rata-rata berat jenis dengan satuan gr/cm^3 pada sampel 1, 2, dan 3 yaitu sebesar sampel 1 $1,965 \text{ gr/cm}^3$, sampel 2 $1,98 \text{ gr/cm}^3$, dan sampel 3 $3,77 \text{ gr/cm}^3$, dari ketiga sampel terdapat beberapa kategori berat jenis yang dapat dilihat dari Tabel 3.

Pemanfaatan Breksi Pumis

Berdasarkan hasil analisis sifat keteknikan breksi pumis Jeruk tidak layak untuk digunakan sebagai bahan pondasi bangunan karena nilai uji kuat tekan dan daya serap batuananya tidak memenuhi persyaratan, tetapi dapat digunakan sebagai batu hias berdasarkan persyaratan mutu batu alam untuk bahan bangunan SNI 03-0394-1989 pada tabel 1 yang ditunjukkan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Breksi Pumis Jeruk Dan Syarat Mutu Batu Alam <200 Dan >200 Untuk Bahan Bangunan Berdasarkan SNI 03-0394-1989

No	Sifat	Tonggak dan batu tepi jalan	Penutup lantai atau trotoar	Baru hias	£ Sampel 1	£ Sampel 2	£ Sampel 3
1	Kuat tekan rata-rata minimum (kg/cm^2)	500	600	200	195,45	247,02	227,94
2	Ketahanan geser los angeles, bagian tembus 1,7 mm maksimum (%)	-	-	-			
3	Penyerapan air maksimum (%)	5	5	5*12**	6,12	5,365	6,275
4	Kekekalan bentuk dengan Na_2SO_4						
	a. Hancur maksimum (%)	12	12	12			
	b. Retak pecah cacat	tidak	tidak	tidak			

Namun, breksi pumis Jeruk dapat digunakan sebagai bahan dinding bangunan menggantikan bata beton pejal menurut klasifikasi Tabel 2 dengan kualitas yang lebih baik yang ditunjukkan pada Tabel 5, berikut adalah beberapa kelebihan dari penggunaan breksi pumis Jeruk, yaitu :

1. Ketiga sampel Memiliki nilai kuat tekan yang tinggi untuk penggunaan bahan dinding bangunan sebagai pengganti batu beton pejal, berdasarkan syarat-syarat fisis bata beton pejal menurut SNI 03-0394-1989, breksi pumis Jeruk setara dengan batu beton pejal tingkat mutu I.
2. Sampel 1 dan 2 Memiliki berat jenis rata rata lebih rendah ketimbang material lain, sehingga sangat sesuai untuk bangunan bertingkat.
3. Memiliki daya serap *medium* untuk breksi pumis, sehingga apabila dipakai untuk bahan dinding bangunan akan menyerap kelembaban udara sehingga menyejukkan ruangan.
4. Selain itu dengan daya serap yang *medium* tersebut, breksi pumis dapat berfungsi sebagai peredam suara, dan sesuai digunakan untuk bahan dinding Gedung pertemuan.

Tabel 5. Breksi Pumis Jeruk Dan Syarat-Syarat Fisis Bata Beton Pejal Berdasarkan SNI 03-0394-1989

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu				E Sampel		
		I	II	III	IV	1	2	3
Kuat tekan bruto rata-rata, min	MPa	10	7	4	2,5	19,16	24,26	22,35
Penyerapan air rata-rata, maks	%	25	35	-	-	6,12	5,365	6,275

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sifat keteknikan breksi pumis Desa Jeruk tidak layak untuk digunakan sebagai bahan pondasi bangunan. Akan tetapi dapat digunakan sebagai batu hias berdasarkan persyaratan mutu batu alam untuk bahan bangunan SNI 03-0394-1989. Selain itu dapat sebagai bahan dinding bangunan menggantikan bata beton pejal dengan kualitas yang lebih baik SNI 03-0394-1989.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditujukan kepada Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral Dan Kelautan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya dan kedua orang tua penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. W. Van Bemmelen, *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. 1949.
- [2] S. H. Samudra, "Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa Timur." Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1997.
- [3] S. H. Yuwanto and N. S. R. Araujo, "Analisis Pemanfaatan Batu Andesit Di Desa Klakah Dan Sekitarnya, Kecamatan Pasrepan, Kabupaten Pasuruan–Jawa Timur," *Pros. Semin. Teknol. ...*, pp. 177–181, 2020.
- [4] S. Sanjoto, "Kwalitas breksi pumis sebagai bahan bangunan kecamatan piyungan, pleret, imogiri kabupaten bantul daerah istimewa yogyakarta," vol. 2, pp. 13–21, 2009.
- [5] Sribudiyani, "The Collision of the East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurrences in the East Java Basin," no. November 2016, 2018.
- [6] S. Bronto, "Fasies gunung api dan aplikasinya," *Indones. J. Geosci.*, 2006.
- [7] Nurasih, "SNI 03-0394-1989 Batu alam untuk bahan bangunan, mutu dan cara uji." BADAN STANDARISASI NASIONAL, Jakarta, 2009.