

PENILAIAN KUALITAS PASIR VULKANIK MELALUI PENGUJIAN KARAKTERISTIK MIKRO-FISIK DI ALIRAN LAHAR GUNUNG SEMERU***ASSESSMENT OF VOLCANIC SAND QUALITY THROUGH MICRO-PHYSICAL CHARACTERISTICS ANALYSIS IN MOUNTAIN SEMERU LAVA FLOW***

M. I. Firdaus¹, G. Budiprasetiyo², Prasetiyo³, A. A. Ikhsani⁴, B. Setyawan⁵

^{1,3}Program Studi Teknologi Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

²Program Studi Teknologi Informatika, Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Malang

⁴Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

⁵Program Studi Akuntansi, Jurusan Akuntansi, Politeknik Negeri Malang

¹⁻⁵Politeknik Negeri Malang; Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kota Malang, Jawa Timur, telp (0341) 404424

e-mail: *¹irsyadifirdaus@polinema.ac.id, ²gunawan.budi@polinema.ac.id, ³prasetiyo.psdku@polinema.ac.id,

⁴akbar_anugrah@polinema.ac.id, ⁵bimosetyawan@polinema.ac.id

ABSTRAK

Pasir vulkanik dengan material piroklastik hasil erupsi Gunung Semeru memiliki sifat unik yang terdapat pada struktur mikronya. Pasir vulkanik yang memiliki kualitas baik dapat dimanfaatkan di berbagai bidang seperti bahan material abrasif untuk proses *blasting*, campuran beton, material konstruksi dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik mikro-fisik dan mineralogi pasir vulkanik untuk mengetahui kualitas pasir vulkanik yang diambil di aliran lahar Gunung Semeru. Pengambilan sampel material dilakukan di aliran lahar dingin Sungai Leprak, Kabupaten Lumajang. Terdapat tiga lokasi pengambilan sampel, yaitu lokasi A, B dan C yang berada pada sepanjang aliran sungai lahar dingin tersebut. Pengujian kandungan unsur, senyawa dan mineralogi pasir vulkanik di aliran lahar dapat dilakukan dengan metode XRD (X-Ray Diffraction), SEM-EDX, dan X-RF. Untuk mendapatkan evaluasi yang akurat tentang sifat mikro-fisik dan bentuk butiran pasir vulkanik Gunung Semeru maka analisis dengan SEM (*Scanning Electrone Microscopy*) yang dapat mengidentifikasi adanya rongga udara yang tersebar di permukaan butiran yang dipenuhi partikel vulkanik yang berukuran sangat halus. Berdasarkan sifat mikro-fisik butiran pasir didapatkan hasil $\pm 99\%$ adalah berbentuk pasir dengan berbagai jenis ukuran diameternya sedangkan $\pm 1\%$ dalam bentuk butiran halus seperti lempung atau lanau. Untuk angka pori pasir vulkanik memiliki rentang nilai 0,404-0,505 dengan nilai absorpsi antara 1,256%-4,188%. Sedangkan untuk nilai berat jenis tanah pasir tersebut antara 2,535 – 2,561. Sedangkan untuk kandungan mineral memiliki kandungan Silika (Si) antara 26%-29%, Besi (Fe) antara 36%-41 % dan Kalsium (Ca) antara 18%-21%.

Kata kunci: pasir vulkanik, mikro-fisik, XRD, SEM

ABSTRACT

Volcanic sand with pyroclastic material resulting from the eruption of Mount Semeru has unique properties found in its microstructure. Volcanic sand which has good quality can be used in various fields such as abrasive materials for the blasting process, concrete mixes, construction materials and so on. This study aims to identify the micro-physical and mineralogical characteristics of volcanic sand to determine the quality of volcanic sand taken from Mount Semeru's lava flows. As for the sampling of this material in the cold lava flow area of the Leprak River, Lumajang Regency. There are 3 sampling locations, namely locations A, B and C which are along the cold lava river flow. Testing for the content of elements, compounds and minerals in volcanic sand in lava flows can be carried out using the XRD (X-Ray Diffraction), SEM-EDX, and X-RF methods. To obtain an accurate evaluation of the micro-physical properties and shape of the volcanic sand grains of Mount Semeru, an analysis was carried out with SEM (Scanning Electrone Microscopy) which can identify the presence of air voids scattered on the surface of the grains filled with very fine volcanic particles. Based on the micro-physical properties of the sand grains, $\pm 99\%$ is in the form of sand with various types of diameters, while $\pm 1\%$ is in the form of fine grains such as clay or silt. The void ratio for volcanic sand has a value range of 0.404 – 0.505 with an absorption value between 1.256% - 4.188%. Meanwhile, the value of the specific gravity of sandy soil is between 2,535 – 2,561. As for the mineral content, it contains Silica (Si) between 26% - 29%, Iron (Fe) between 36% - 41% and Calcium (Ca) between 18% - 21%.

Keywords: volcanic sand, micro-physical, semeru, mineral

PENDAHULUAN

Pasir merupakan fraksi anorganik tanah yang berukuran 2,00-0,02 mm dan dibagi menjadi dua, yaitu pasir kasar dan pasir halus [1,2]. Mineral yang biasa terdapat dalam pasir adalah silikat dan feldspar. Silikat tanah diklasifikasikan menjadi enam kelompok berdasarkan ikatan tetrahedral silika yaitu nesosilikat, sorosilikat, siklosilikat, inosilikat, filosilikat, dan tektosilikat [1,3]. Pasir vulkanik sisa erupsi Gunung Semeru memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Pasir vulkanik Semeru merupakan pasir yang memiliki kualitas baik. Kandungan silika pada pasir tersebut dapat dijadikan sebagai bahan adsorben khususnya untuk penjernihan air serta dapat digunakan sebagai pasir beton. Selain itu kandungan besi pada pasir tersebut juga cukup tinggi yang dapat digunakan untuk campuran baja atau biji besi.

Mengingat pasir vulkanik tersebut memiliki kandungan mineral yang baik, diperlukan upaya pengelolaan serta penerapan standar untuk menilai mutu dan menentukan klasifikasi pasir vulkanik. Hal ini penting karena pasir vulkanik banyak digunakan sebagai bahan campuran dalam berbagai aplikasi teknis dengan persyaratan yang berbeda-beda. Setiap pemanfaatan pasir vulkanik pada sektor tertentu mensyaratkan spesifikasi dan standar mutu yang spesifik, sehingga tidak seluruh jenis pasir vulkanik dapat diaplikasikan pada semua bidang. Sebagai contoh, penggunaan pasir vulkanik sebagai material campuran pada ATB (*Asphalt Treated Base*) harus memenuhi kriteria teknis dan standar tertentu [4]. Standarisasi pasir vulkanik untuk campuran ATB harus memiliki besaran-besaran marshall seperti stabilitas, pelepasan, VIM dan hasil bagi Marshall yang akan menjadi standar untuk menentukan aplikasi penggunaan pasir vulkanik pada campuran tersebut.

Penelitian terkait dengan pengujian pasir vulkanik sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Astari, dkk (2021) melakukan penelitian pasir vulkanik Gunung Kelud. Pengujian yang dilakukan menggunakan metode uji distribusi dan berat jenis tanah, XRD, XRF, dan SEM-EDX. Penelitian tersebut bertujuan mengetahui kandungan unsur, senyawa dan mineralogi pasir vulkanik dan material piroklastik. Penelitian oleh Susetyo, dkk (2009) menunjukkan pemanfaatan pasir vulkanik Lumajang. Penelitian tersebut bertujuan untuk mencari alternatif abrasif yang dapat memenuhi kriteria teknis persiapan permukaan pelat yang aman dari unsur atau senyawa kimia berbahaya dengan harganya yang terjangkau untuk dapat dimanfaatkan sebagai alternatif abrasif pada galangan kapal di Indonesia.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah mengenai lokasi dan sampel yang diuji. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari tujuh jenis pengujian yang saling berkaitan sehingga dapat diketahui hasil yang komprehensif dan lengkap. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui

kandungan unsur dan senyawa mikro dan karakteristik fisik dari pasir vulkanik gunung semeru.

Saat ini pengelolaan dan standarisasi untuk menentukan klasifikasi pasir vulkanik Gunung Semeru di Kabupaten Lumajang masih belum tersedia oleh karena itu perlu dilakukan pengujian untuk menentukan kualitas pasir vulkanik Gunung Semeru melalui pengujian mikro-fisik sehingga pengelolaan dan standarisasi pasir vulkanik Gunung Semeru dapat tersedia dengan baik. Dengan demikian penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kandungan mineralnya yang terkandung pada sampel pasir seperti unsur O, Si, Fe, dan Al, dan untuk menentukan sifat fisik pasir tersebut yang meliputi bentuk distribusi butiran tanah (sieve test), berat jenis tanah (specific gravity), angka pori (void ratio), dan kapasitas absorpsi.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel material dilakukan di area aliran lahar Gunung Semeru yang secara geografis terletak pada 8°13'49.96"S dan 113° 3'7.58"E dan berlokasi di aliran sungai lahar dingin Sungai Leprak Desa Sumberwuluh Kecamatan Candipuro Kabupaten Lumajang (Gambar 1). Terdapat tiga lokasi (3 titik) pengambilan sampel, yaitu lokasi A, B dan C yang berada pada aliran Sungai Leprak. Adapun lokasi Pasir A berada di Desa Sumberwuluh, Kecamatan Senduro dengan koordinat 723739.00 m E; 9094540.00 m S. Pasir B berlokasi di Desa Bago, Kecamatan Pasirian dengan koordinat 733088.00 m E; 9086899.00 m S. Untuk lokasi Pasir C berada di Desa Bades, Kecamatan Pasirian dengan koordinat 731988.00 m E; 9083135.00 m S.



Gambar 1. Pasir vulkanik Gunung Semeru

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir vulkanik Gunung Semeru yang diambil dari aliran lahar

Sungai Leprak. Alat yang digunakan adalah alat X-RD (X-Ray Diffraction), alat XRF (X-Ray Fluorescence), alat SEM-EDX (Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray) dan alat untuk pengujian fisis pasir.

Setelah dilakukan pengambilan sampel di lokasi studi, selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium. Pengujian fisis tanah terdiri dari uji distribusi butiran tanah (*sieve test*) yang bertujuan untuk mengetahui gradasi dan ukuran butiran sampel. Kemudian uji berat jenis tanah (*specific gravity*) yang dilakukan untuk mengetahui perbandingan volume berat air. Setelah dilakukan uji berat jenis maka dilakukan uji angka pori (*void ratio*) dengan pemodelan kerapatan relatif (*relative density*). Jika nilai angka pori sudah didapatkan maka pengujian selanjutnya adalah uji kapasitas absorpsi yang dilakukan untuk mengukur kemampuan butiran dalam menyerap air pada saat kondisi kering hingga kondisi jenuh permukaan kering atau SSD (*Saturated Surface Dry*) serta dilakukan uji *sphericity* and *roundness* dilakukan untuk mengetahui bentuk dari butiran.

Untuk mengetahui kandungan mineral pada pasir akan dilakukan pengujian dengan *Scanning Electron Microscopes* (SEM) yang dilakukan di laboratorium. Uji ini bertujuan untuk mengetahui permukaan sampel pada perbesaran tertentu. Selanjutnya dilakukan pengujian X-RF (X-Ray Fluorescence) untuk mengetahui komposisi senyawa yang terkandung di dalam material sampel pasir vulkanik. Setelah mengetahui komposisi senyawa pada pasir vulkanik, selanjutnya pengujian X-Ray Difraction (XRD) dilakukan untuk mengetahui kandungan mineral serta mengetahui kristalisasi. Pengujian kandungan mineral dapat terlakukan secara bersamaan atau berurutan.

Tahapan metodologi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 yang menjelaskan bahwa pengujian fisik pasir vulkanik ini dilakukan dengan tiga pengujian yaitu uji kerapatan dan angka pori, uji distribusi butiran, dan uji berat jenis dan penyerapan yang masing-masing dilakukan pada tiga sampel pasir yang berbeda-beda. Metode pengujian yang digunakan berpedoman pada ASTM D 2216-80 dan D 854-90 untuk metode pengujian kadar air natural dan *specific gravity*. SNI 03 1965-1990, 03 1964-1990; Distribusi Butiran menggunakan ASTM D 422-00 (1990) dan SNI 03-1968-1990; Berat Jenis & Penyerapan Agregat SNI 03-1969 - 1990.

HASIL DAN PEMBAHASAN

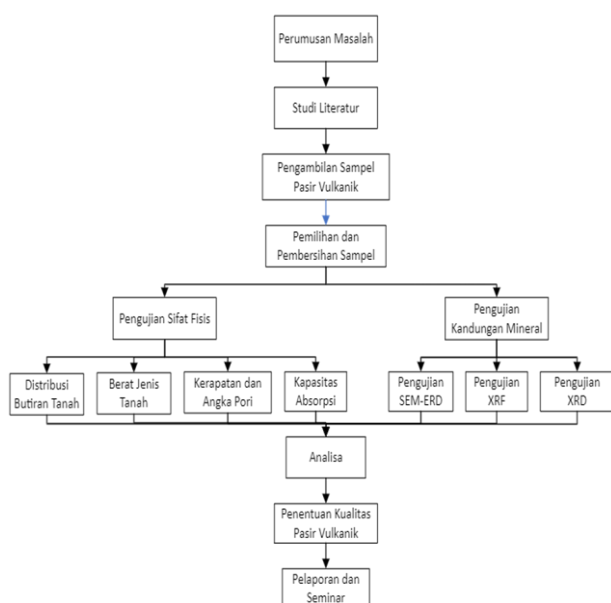
Hasil uji kerapatan dan angka pori menunjukkan bahwa pasir sampel B memiliki angka pori yang lebih tinggi dibandingkan kedua sampel pasir yang diuji (Tabel 1). Ini mengindikasikan bahwa sampel B memiliki volume rongga yang cukup besar (V_v) dan memiliki volume butiran yang cukup rendah (V_s). Adapun angka pori yang dimiliki pasir vulkanik semeru berada pada kisaran 0,404 – 0,505.

Tabel 1. Hasil uji kerapatan dan angka pori

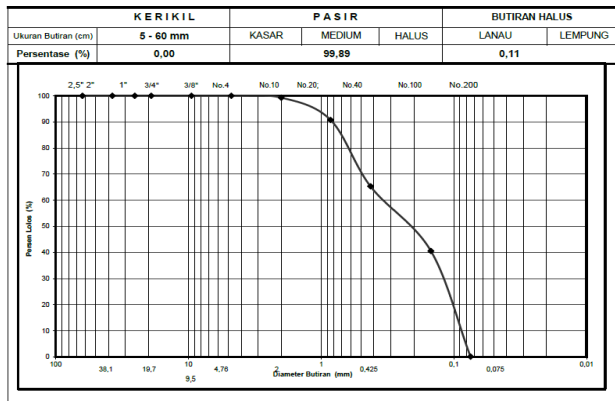
No.	Uji	Sampel A	Sampel B	Sampel C
1	Kerapatan Tanah (berat volume tanah)	1,805 gr/cc	2,716 gr/cc	1,723 gr/cc
2	Angka Pori	0,404	0,505	0,469

Untuk hasil kerapatan tanah atau berat volume tanah yang sering ditentukan sebagai salah satu sifat fisik tanah karena berkaitan dengan kemudahan dalam penetrasi akar di dalam tanah, drainase dan abrasi tanah, serta sifat fisik tanah lainnya [5]. Tanah dengan tekstur kasar ukuran porinya lebih besar tetapi total ruang porinya lebih kecil dan mempunyai berat volume yang lebih tinggi (Tabel 1). Jika melihat komposisi mineral tanah, seperti mineral dengan berat jenis partikel tinggi di dalam tanah yang lebih dominan sehingga menyebabkan berat volume tanah menjadi lebih tinggi.

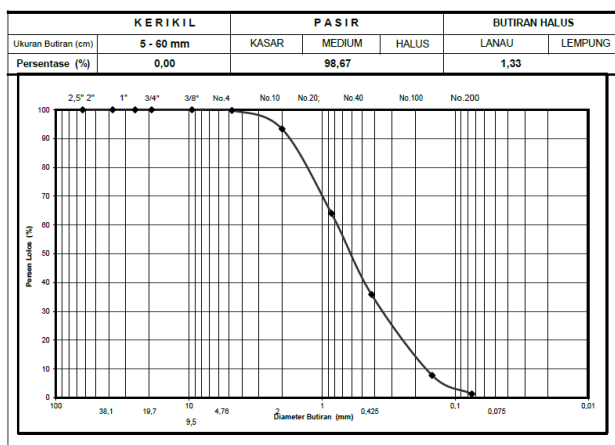
Grafik yang ditampilkan pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 menunjukkan bahwa Pasir Vulkanik Semeru terdiri atas 99% pasir dan 1% butiran halus seperti lanau dan lempung. Hal ini didasari pengujian distribusi butiran pasir dengan mengetahui masing-masing diameter dari pasir vulkanik semeru tersebut. Untuk pasir B yang terletak di antara pasir A dan pasir C memiliki jumlah komposisi butiran halus di atas 1% dibandingkan dengan kedua sampel pasir yang lain. Hal ini disebabkan oleh *sampling* pasir B dilakukan pada penampungan pasir yang sudah dilakukan filter pertama.



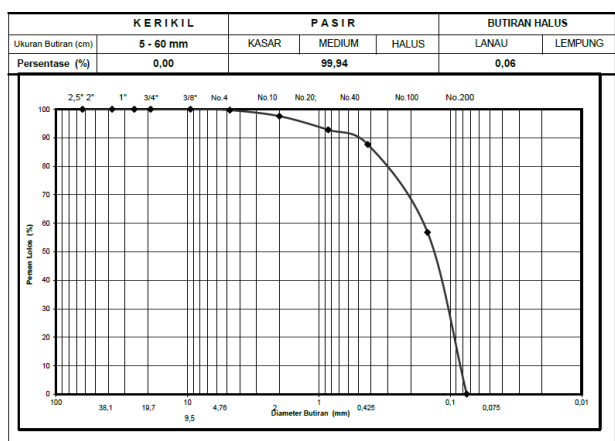
Gambar 2. Flowchart penelitian



Gambar 3. Grafik distribusi butiran sampel A



Gambar 4. Grafik distribusi butiran sampel B



Gambar 5. Grafik distribusi butiran sampel C

Berdasarkan hasil pengujian distribusi ukuran butiran, klasifikasi pasir pada ketiga sampel menunjukkan bahwa pasir vulkanik Gunung Semeru didominasi oleh fraksi pasir dengan persentase sebesar 98,67%–99,89%, serta tidak ditemukan fraksi yang tergolong sebagai kerikil

(Tabel 2). Selanjutnya, hasil pengujian berat jenis partikel (Gs) pada Tabel 3 menunjukkan nilai berkisar antara 1,723–2,716 g/cc yang mengindikasikan bahwa material tersebut termasuk dalam klasifikasi pasir. Nilai Gs yang relatif tinggi dipengaruhi oleh keberadaan rongga-rongga pada permukaan butiran sampel yang terisi oleh partikel abu vulkanik berukuran sangat halus. Adapun perbandingan hasil nilai berat jenis (Gs) untuk pasir vulkanik dengan hasil penelitian oleh Devi Oktaviani Latif, Ahmad Rifa'i dan Kabul Basah Suryolelono (2016) dengan nilai Gs pada Gunung Kelud sebesar 2,50 gram/cc, Gunung Sinabung sebesar 2,57 gram/cc, dan Gunung Merapi sebesar 2,64 gram/cc [6]. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Astari, Andre Primantyo Hendrawan (2021) menjelaskan bahwa Gs pada pasir vulkanik Gunung Kelut memiliki rentang 2,783 - 2,803 gram/cc [7].

Tabel 2. Hasil uji distribusi butiran

No.	Uji	Sampel A	Sampel B	Sampel C
1	Kerikil	0,000%	0,000%	0,000%
2	Pasir	99,890%	98,670%	99,440%
3	Butiran halus (lanau + lempung)	0,110%	1,330%	0,060%

Tabel 3 menjelaskan hasil pengujian kapasitas absorpsi untuk pasir vulkanik A sebesar 1,256%, pasir vulkanik B sebesar 1,379%, dan pasir vulkanik C sebesar 4,188%. Pasir vulkanik C memiliki kapasitas absorpsi yang cukup tinggi dibandingkan dengan sampel pasir yang lain. Kapasitas absorpsi ini berkaitan dengan tingkat penyerapan pasir terhadap air, semakin tinggi nilai penyerapan atau absorpsi maka semakin mudah air itu menyerap ke dalam pasir dan semakin rendah nilai penyerapan atau absorpsi maka semakin sulit air dapat terserap ke dalam pasir. Nilai absorpsi juga berkaitan dengan nilai angka pori atau kerapian tanah. Semakin besar angka pori maka semakin besar nilai absorpsinya tetapi semakin rendah kerapian tanahnya maka semakin besar nilai absorpsinya [8].

Tabel 3. Hasil uji berat jenis dan penyerapan

No.	Uji	Sampel A	Sampel B	Sampel C
1	Berat Jenis (Bulk Spesifik Gravity)	1,805 gr/cc	2,716 gr/cc	1,723 gr/cc
2	Penyerapan/Absorpsi	1,256%	1,379%	4,188%

Berdasarkan hasil pengujian X-RD pada Tabel 4, bila dihubungkan dengan reaksi Bowen diketahui bahwa anorthite merupakan senyawa yang terkandung dalam

material masih muda dan belum mengalami pelapukan secara sempurna. Akan tetapi, untuk cristobalite merupakan senyawa yang terkandung dalam material yang telah mengalami kristalisasi akhir atau pelapukan sempurna [7].

Tabel 4. Kandungan mineral Pasir Vulkanik Semeru

No.	Senyawa	Sampel A (%)	Sampel B (%)	Sampel C (%)
1	Anorthite	49	17	46
2	Albite	-	34	24
3	Diopside	-	4	3
4	Magnetite	3	-	-
5	Cristobalite	-	-	1
6	Bytownite	-	33	-
7	Iron	2	-	-
8	Orthoenstatite	17	-	-
9	Othopyroxene	-	-	26
10	Kyanite	-	12	-

Senyawa Anorthite terkandung pada setiap sampel pasir vulkanik dimana sampel pasir A memiliki senyawa Anorthite yang cukup tinggi dibandingkan dengan dua sampel pasir yang lain. Mineral Anorthite merupakan mineral yang termasuk ke dalam kelompok mineral plagioklas, selain mineral Anorthite, mineral Albite juga masuk ke dalam mineral plagioklas.

Menurut Isa Darmawijaya (2014), pasir merupakan salah satu batuan mineral yang terdiri dari mineral-mineral penyusun batuan yang dapat diuraikan. Salah satu unsur mineralnya yang dapat diuraikan yaitu golongan mineral silikat. Mineral silikat dibagi menjadi enam sub golongan, antara lain sub golongan feldspar, sub golongan piroxin dan amfibol, sub golongan zeolite, sub golongan mika, sub golongan feldspathoit dan sub golongan olivin [9].

Mineral plagioklas merupakan golongan mineral silika sub golongan feldspar. Untuk keperluan komersial, pada mineral silika hanya mengacu kepada tiga mineral yang masuk dalam Feldspar yaitu formula $K_3AlSi_3O_8$ (ortoklas atau mikroklin), $NaAlSi_3O_8$ (albit) dan $CaAl_2Si_2O_8$ (anortit) [10].

Golongan feldspar ini sangat banyak dibutuhkan oleh industri salah satunya industri pembuatan keramik yang memiliki beberapa spesifikasi untuk feldspar. Selain industri pembuatan keramik, feldspar juga digunakan sebagai bahan pembuatan glasir, feldspar yang digunakan ini tergantung kelasnya yang harus memiliki beberapa spesifikasi, seperti kandungan oksida natrium dan besi dalam jumlah tertentu [10]. Kegunaan mineral feldspar ini juga digunakan dalam industri kaca gelas dan kaca lembaran yang mempunyai spesifikasi atau klasifikasi mineral feldspar tertentu yang dapat dipenuhi

supaya produk yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pasar.

Hasil pengujian XRF untuk menentukan komposisi unsur pasir vulkanik Semeru dapat dilihat pada Tabel 5. Tabel tersebut menunjukkan kandungan Si, Ca dan Fe cukup tinggi di setiap sampel pasir vulkanik. Sampel pasir C memiliki kandungan Fe cukup besar sebanyak 40,45%. Jika dilihat berdasarkan lokasi dari ketiga sampel pasir tersebut, pasir C berlokasi di hilir sungai aliran lahar atau berdekatan pada area pantai selatan.

Tabel 5. Komposisi unsur Pasir Vulkanik Semeru hasil uji XRF

No.	Unsur	Sampel A (%)	Sampel B (%)	Sampel C (%)
1	Al	8,75	8,25	7,75
2	Si	27,60	28,15	26,25
3	K	2,20	2,30	2,00
4	Ca	20,60	19,90	18,75
5	Ti	2,38	2,22	2,68
6	V	0,13	0,12	0,15
7	Mn	0,78	0,81	0,82
8	Fe	36,30	37,10	40,45
9	Cu	0,24	0,24	0,22
10	Zn	0,06	0,07	0,07
11	Sr	0,51	0,56	0,48
12	Zr	0,10	0,10	0,08
13	Ba	0,25	0,25	0,20
14	Re	0,09	0,08	0,08

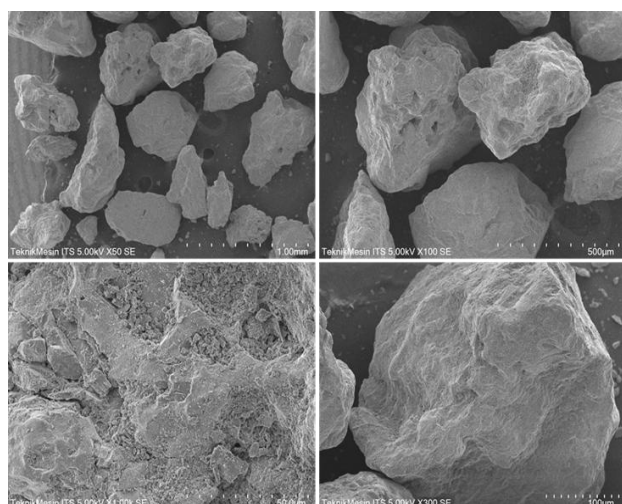
Tabel 6. Komposisi senyawa Pasir Vulkanik Semeru hasil uji XRF

No.	Oksida	Sampel A (%)	Sampel B (%)	Sampel C (%)
1	Al_2O_3	11,00	11,00	10,00
2	SiO_2	39,75	40,30	38,10
3	K_2O	1,60	1,60	1,50
4	CaO	17,00	16,40	15,80
5	TiO_2	2,21	2,05	2,54
6	V_2O_5	0,12	0,11	0,15
7	MnO	0,53	0,54	0,56
8	Fe_2O_3	26,75	27,15	30,50
9	CuO	0,15	0,15	0,14
10	ZnO	0,04	0,04	0,04
11	SrO	0,29	0,31	0,28
12	ZrO_2	0,06	0,07	0,05
13	BaO	0,15	0,20	0,15
14	Re_2O_7	0,05	0,07	0,05

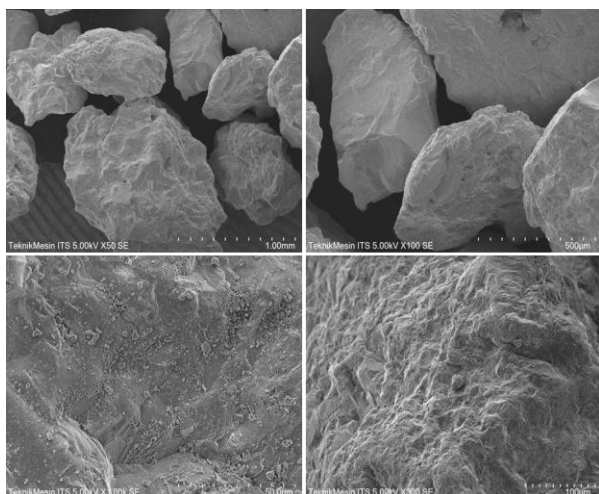
Komposisi senyawa hasil uji XRF dari sampel pasir vulkanik A, B dan C yang dibandingkan dengan beberapa pasir vulkanik yang berasal dari berbagai sumber terdapat kesamaan yaitu pasir vulkanik memiliki kandungan senyawa SiO_2 yang dominan. Suatu material

dapat bersifat pozzolan apabila memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi. Pada Tabel 6, jumlah total persentase kandungan material yang dimiliki SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃ adalah lebih dari 50% sedangkan kandungan CaO kurang dari 10% sehingga dapat dikategorikan sebagai material yang bersifat pozzolanik dan mudah tersementasi (cementitious properties). Sesuai standar ini maka sampel pasir vulkanik A, B dan C termasuk bersifat pozzolanik.

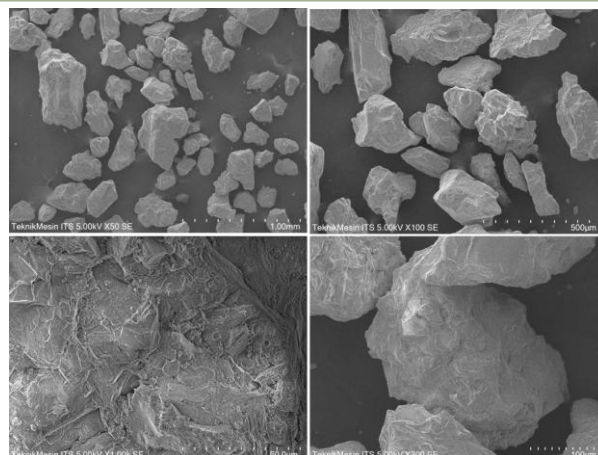
Hasil dari pengujian SEM terdapat rongga-rongga udara yang tersebar di seluruh permukaan butiran sampel yang berukuran besar dan dipenuhi oleh partikel *volcanic ash* yang berukuran sangat halus. Berikut merupakan hasil SEM pada pasir vulkanik A, B dan C sesuai pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



Gambar 6. Hasil pengujian SEM pasir A



Gambar 7. Hasil pengujian SEM pasir B



Gambar 8. Hasil pengujian SEM pasir C

Tabel 7 menunjukkan kandungan mineralogi yang didapat dari pengujian SEM-EDS pada ketiga sampel pasir. Berat kandungan mineralogi silika cukup tinggi pada ketiga sampel pasir yaitu lebih dari 20%. Sampel pasir B tidak terdapat kandungan mineralogi Fe dan sampel pasir C tidak terdapat kandungan mineralogi Ca. Sampel B dan C bukan sepenuhnya tidak terdapat kandungan mineral, tetapi kemungkinan terdapat unsur Ca dan Fe yang tidak tersebar merata pada sampel.

Tabel 7. Hasil kandungan mineralogi pada pengujian SEM-EDS

No.	Element	Weight %		
		Pasir A	Pasir B	Pasir C
1	OK	45.76	50.97	51.23
2	FeL	-	2.6	-
3	FeK	9.99	-	3.59
4	MgK	1.49	0.81	0.66
5	AlK	9.19	10.76	9.5
6	SiK	22.09	26.96	25.74
7	KK	1.19	1.3	1.14
8	CaK	6.02	4.62	-
9	ZnK	-	1.98	3.61
10	NaK	4.27	-	-
11	CK	-	-	3.46
12	SnL	-	-	1.07

Pasir Vulkanik pada aliran lahar Gunung Semeru tergolong material piroklastik yang bersifat unik dan mempunyai kekhasannya sendiri. Aliran piroklastik merupakan salah satu sumber bahaya pada saat erupsi gunung api dan paling mematikan dari semua bahaya erupsi gunung api karena pada aliran piroklastik umumnya mengalir pada permukaan tanah dan menyebar dengan adanya gaya gravitasi. Adapun kecepatan aliran lahar tergantung pada beberapa indikator antara lain kerapatan arus, laju keluaran

material vulkanik, dan gradien lereng. Kecepatan arus gas dan material piroklastik yang sangat cepat rata-rata 100 km/jam hingga 700 km/jam yang mengalir di sepanjang lembah gunung api. Serta gas dan tephra yang dapat memiliki suhu tinggi mencapai sekitar 1.000 °C [7,9].

Kandungan material pasir vulkanik Gunung Semeru sangat tinggi dan berbeda-beda jenis kandungannya sesuai dengan lokasi pengambilan sampelnya. Untuk pasir vulkanik yang berada di dekat hulu aliran lahar gunung semeru (Sampel A) memiliki kandungan Silika (Si) dan kandungan besi (Fe) yang cukup tinggi. Jika lokasi pasir vulkanik mendekati area hilir aliran lahar Gunung Semeru atau area pantai maka kandungan unsur besi (Fe) akan semakin tinggi. Sampel C pada penelitian ini mengandung Besi sebanyak 40,45%. Adapun kandungan Kalsium (Ca) pada setiap sampel pasir vulkanik yang diambil di aliran Gunung Semeru memiliki rentang 18% hingga 21%.

Pengujian XRF, XRD, dan SEM-EDS menunjukkan hasil yang konsisten terhadap kandungan unsur maupun senyawanya. Hasil karakterisasi menggunakan X-ray Diffraction (XRD) menunjukkan bahwa senyawa anortit berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan kaca, baik kaca gelas maupun kaca lembaran, serta material keramik. Hal ini disebabkan anortit merupakan salah satu mineral dalam kelompok plagioklas yang termasuk ke dalam golongan feldspar. Mineral feldspar memiliki peranan penting dalam kajian mineralogi optik karena menampilkan sifat optik khas, seperti kembaran kristal, gelap, dan karakteristik optik lainnya. Selain itu, feldspar juga berfungsi sebagai mineral utama pembentuk batuan yang terbentuk melalui proses pembekuan magma, dengan contoh mineral di antaranya ortoklas (KAlSi_3O_8), albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), dan anortit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$).

Uji SEM (Scanning Electron Microscope) memperlihatkan secara visual bahwa pasir sampel C memiliki bentuk yang runcing atau memiliki sudut yang lancip dibandingkan dengan sampel pasir A dan sampel pasir B. Kegunaan dari pasir yang memiliki bentuk fisik sudut yang sangat lancip sangat baik untuk digunakan sebagai campuran bahan pembuatan beton karena akan meningkatkan daya ikat sehingga beton tersebut memiliki kekuatan yang cukup tinggi.

Hasil pengujian sifat fisik pasir vulkanik Gunung Semeru menunjukkan adanya variasi karakteristik ukuran butiran berdasarkan lokasi pengambilan sampel. Pada pengujian gradasi butiran menggunakan saringan nomor 100 dengan diameter butir 0,149 mm, sampel pasir C menunjukkan persentase butiran lolos saringan lebih dari 50%. Sebaliknya, pada lokasi yang semakin jauh ke arah hilir aliran lahar Gunung Semeru, persentase pasir yang lolos pada saringan ukuran 100 cenderung menurun. Kondisi ini mengindikasikan bahwa

pasir vulkanik di wilayah hilir didominasi oleh butiran dengan ukuran relatif lebih besar. Selain analisis distribusi ukuran butiran, pengujian fisik juga mencakup penentuan angka pori, yang merepresentasikan perbandingan antara volume rongga terhadap volume butiran pasir.

Pada penelitian ini, angka pori yang didapatkan dengan ketiga sampel pasir tersebut berada pada rentang 0,404 – 0,505. Sampel B memiliki angka pori terbesar yaitu 0,505 menunjukkan susunan butiran lebih renggang, dengan ruang antarbutir yang besar, umumnya terjadi pada pasir bergradasi seragam atau telah mengalami proses filtering. Sampel A dan C dilakukan pada aliran sungai lahar menunjukkan susunan butiran lebih rapat, biasanya dijumpai pada pasir bergradasi baik (*well-graded*) karena butiran kecil mengisi rongga antarbutir besar.

Pasir vulkanik Gunung Semeru merupakan jenis pasir yang memiliki struktur yang angular dan berwarna gelap atau ke abu-abuan jika dilihat dari pengujian SEM yang pasirnya bermuara pada sungai-sungai di daerah Lumajang. Pengolahan pasir vulkanik di aliran lahar Gunung Semeru menjadi salah satu bahan material abrasif dapat dilakukan dengan sangat sederhana karena karakteristiknya memenuhi kualifikasi untuk proses *blasting* sehingga tidak memerlukan pengolahan canggih.

Karakterisasi sifat fisik dan mikro digunakan untuk mengevaluasi kualitas pasir vulkanik yang berasal dari aliran lahar Gunung Semeru di Kabupaten Lumajang. Hasil karakterisasi tersebut menjadi dasar dalam penentuan potensi pemanfaatan serta pengembangan diversifikasi penggunaan pasir vulkanik. Berdasarkan hasil pengujian, pasir vulkanik Gunung Semeru berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku industri kaca dan keramik, sebagai material campuran beton, serta sebagai bahan abrasif pada proses *blasting*.

KESIMPULAN

Kandungan unsur pada pasir vulkanik Gunung Semeru yang berada pada aliran lahar Sungai Leprak, Desa Sumberwuluh, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang memiliki kandungan Silika (Si) dengan komposisi antara 26%-29%, Besi (Fe) dengan komposisi antara 36%-41 % dan Kalsium (Ca) dengan komposisi antara 18%-21%. Kandungan mineral bergantung dari lokasi pengambilan sampel pasir vulkanik tersebut. Selain tiga kandungan unsur tertinggi tersebut, unsur lain yang terkandung yaitu Aluminium (Al), Kalium (K), Titanium (Ti) dan unsur-unsur yang lain dengan komposisi di bawah 1%.

Karakteristik pasir vulkanik Gunung Semeru dapat dijelaskan dengan pengujian fisik pasir yang meliputi distribusi butiran pasir, angka pori, berat jenis tanah dan



absorpsi. Adapun distribusi butiran pasir vulkanik Gunung Semeru didapatkan $\pm 99\%$ berbentuk pasir dengan berbagai jenis ukuran diameternya sedangkan $\pm 1\%$ dalam bentuk butiran halus seperti lempung atau lanau. Untuk angka pori pasir vulkanik memiliki rentang nilai 0,404 – 0,505 dengan nilai absorpsi antara 1,256% - 4,188%. Sedangkan untuk nilai berat jenis tanah pasir tersebut antara 2,535 – 2,561.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Malang yang telah memberi dukungan dalam bentuk finansial, fasilitas, atau legalitas terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Safitri, FM. (2012). *Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Pasir Vulkanik Gunung Merapi*. Tesis, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Universitas Negeri Yogyakarta.
- [2] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, (2016), *Modul Hubungan Tanah, Air Dan Tanaman*. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumberdaya Air dan Kontruksi.
- [3] Lumbanraja, Jamalam. (2012). *Geologi, Petrologi dan Mineralogi Tanah*. Laporan penelitian, Lembaga Penelitian. Lampung: Universitas Lampung.
- [4] Amal, AS. (2016). Pemanfaatan Pasir Vulkanik Gunung Kelud Sebagai Agregat Halus Pada Campuran ATB (Asphalt Treated Base) Terhadap Nilai Karakteristik Marshall Test. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- [5] Safitri, D., (2022). Perbandingan Berat Tanah Basah dengan Volume Tanah (Uji Berat Volume), *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(1).
- [6] Latif, DO., Rifa'I, A., Suryolelono, KB., (2016). Chemical Characteristics of Volcanic Ash in Indonesia for Soil Stabilization: Morphology and Mineral Content. *International Journal of GEOMATE*, 11(26), 2606 -2610.
- [7] Astari, (2021). Evaluasi Karakteristik Mikro-Fisik dan Mekanik Pasir Vulkanik Tersementasi di Tebing Sungai Aliran Lahar Gunung Kelud. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 661-671.
- [8] Tarigan, G., (2019). Pengaruh Perbedaan Nilai Absorpsi Dalam Campuran Aspal Beton. *Buletin Utama Teknik*, 15(1).
- [9] Aini, LN. (2014). *Kajian Kandungan Material Vulkanik Gunung Api Guna Peningkatan Kualitas Lahan*. Laporan Penelitian,

Program Studi Agroteknologi. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

- [10] Deskripsi dan Kegunaan Mineral Feldspar (2016). (<https://www.geologinesia.com/2016/01/deskripsi-dan-kegunaan-mineral-feldspar.html>) diakses Desember 2022.