



**TUGAS AKHIR – SF 141501**

**ANALISIS MIKRO PORI BATU APUNG LOMBOK**

**ADE LINA NUR FADLILAH**  
**NRP 1112 100 046**

**Dosen Pembimbing**  
**Prof. Dr. Drs. Darminto, M. Sc**

**DEPARTEMEN FISIKA**  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR – SF 141501**

**ANALISIS STRUKTUR MIKRO PORI BATU APUNG  
LOMBOK**

**ADE LINA NUR FADLILAH  
NRP 1112 100 046**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Drs. Darminto, M. Sc**

DEPARTEMEN FISIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**FINAL PROJECT - SF 141501**

**Microstructure Analysis of Lombok Pumice**

**ADE LINA NUR FADLILAH  
NRP 1112 100 046**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Drs. Darminto, M. Sc**

**DEPARTMENT OF PHYSICS  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

# ANALISIS STRUKTUR MIKRO PORI BATU APUNG LOMBOK

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Bidang Fisika Material  
Program Studi S-1 Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

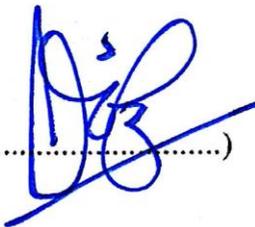
Oleh:

**ADE LINA NUR FADLILAH**  
NRP 1112100046

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Prof. Dr. Drs. Darminto, M. Sc**  
NIP. 19600303198701.1.002

(.....)



## ANALISIS STRUKTUR MIKRO PORI BATU APUNG LOMBOK

**Nama** : Ade Lina Nur Fadlilah  
**NRP** : 1112100046  
**Departemen** : Fisika, FMIPA-ITS  
**Pembimbing** : Prof. Dr. Drs. Darminto, M.Sc

### Abstrak

*Studi tentang apung mikro Lombok bertujuan untuk menentukan komposisi kimia dan distribusi mikro pori, tampilan mikrografi, serta porositas batu apung. Penentuan porositas didasarkan pada perangkat lunak ImageJ. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari kabupaten Ijo Balit Village Labuhan Haji Kabupaten Lombok Timur (sampel 1A), digali pada kedalaman 0,3 m, dan dari desa Karang Sidemen Kabupaten Utara Batu Kliang Lombok Tengah (sampel 3B), di kedalaman 3 meter. Batu apung dibentuk menjadi kubus kecil yang memiliki volum sekitar 1 cm<sup>3</sup> untuk pengamatan SEM / EDX, dan bubuk untuk pengukuran XRD. Studi ini menyimpulkan bahwa distribusi Si ditemukan lebih umum pada permukaan dinding pori, Al berada di pori bagian dalam batu apung, dan Na di tepi dinding batas pori-pori dan juga di tengah dinding batas pori. Sementara oksigen lebih umum ditemukan bercampur dengan unsur-unsur lain untuk membentuk oksida logam. Berdasarkan tampilan mikrografi batu apung, pori batu apung mayoritas berbentuk asimetris dimana pori pori ini saling berhubungan satu sama lain. Fraksi porositas batu apung berdasarkan perhitungan analisis dari software ImageJ dengan menggunakan perbesaran analisis morfologi 1000 kali pada sampel 1A adalah 0,4509 (tanpa menggunakan fitur Find Edges) dan 0,5051 (dengan menggunakan fitur Find Edges) sedangkan pada sampel 3B adalah 0,5019 (tanpa menggunakan fitur Find Edges) dan 3457 (dengan menggunakan fitur Find Edges).*

***Kata kunci :Batu Apung Lombok, Struktur Mikro Pori,  
Distribusi Komposisi Kimia, Software ImageJ, Porositas.***

## MICRO STRUKTURE ANALYSIS OF LOMBOK PUMICE

**Name** : Ade Lina Nur Fadlilah  
**NRP** : 1112100046  
**Major** : Physics, FMIPA-ITS  
**Advisor** : Prof. Dr. Drs. Darminto, M.Sc

### Abstract

*The study on Lombok's pumice microstructure aims to determine the chemical composition and distribution of micro pores, micrographic views, and the porosity. The determination of porosity was based on ImageJ software. Samples used in this study was collected from Ijo Balit Village Labuhan Haji district East Lombok regency (samples 1A), excavated in the depth of 0.3 m, and from Karang Sidemen village North Batu Kliang Central Lombok regency (samples 3B), in the depth of 3 meters. The pumice was shaped in the form of small cube having volum around 1 cm<sup>3</sup> for SEM/EDX observation, and of powder for XRD measurement. The study concludes that the distribution of Si was found more commonly at the surface of the pore walls, Al in the inner pore of pumice, and Na at the edge of the boundary wall of the pore and also in the central of the boundary wall of the pore. While oxygen was more commonly found mixed with other elements to form metal oxides. Based on micrographic views of pumice, porous pumice majority asymmetrically shaped pores which is interconnected with the other. Fractional porosity of pumice based analysis calculation from software ImageJ by using a magnification morphological analysis of 1,000 times on samples 1A is 0.4509 (without using Find Edges tools) and 0.5051 (with using Find Edges tools) while for sample 3B is 0.5019( without using Find Edges tools) and 0,3457(with using Find Edges tools).*

***Key Words : Lombok Pumice, Micro Pore Structure,  
Chemical Composition Distribution, Software ImageJ,  
Porosity.***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kami dari kebodohan menuju cahaya kebenaran. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana di jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul :

### **“Analisis Struktur Mikro Pori Batu Apung Lombok”**

Penulis mempersembahkan Karya Tulis ini kepada masyarakat Indonesia guna berpartisipasi dalam perkembangan ilmu pengetahuan di bidang sains dan teknologi. Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan kemudahan sehingga dapat menyelesaikan tugas besar ini
2. Kedua Orang tua tercinta, Bapak Ahmad Nur Wahid dan Ibu Nur Laeli Fanimah yang telah memberikan semua hal terbaik bagi penulis, terutama doa restunya
3. Para *masyayikh* dan guru atas doa serta bimbingannya selama ini
4. Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang sudah memberikan bantuan dana BIDIKMISI untuk penulis sehingga bisa menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember

5. Bapak Prof. Dr. Drs. Darminto, M.Sc yang telah membagi pengalaman, memberikan bimbingan, wawasan, dan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini
6. Ibu Dr. Dra. Melania Suweni Muntini sebagai dosen wali yang selalu memberikan bimbingan dan arahan yang membangun bagi penulis
7. Bapak Dr. Yono Hadi P., M. Eng. dan Bapak Eko Minarto selaku Ketua Jurusan dan Wakil Jurusan Fisika FMIPA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini
8. Aderika, Syafi'i, Difa, Kak Ali, juga kakek dan nenek penulis yang tak henti memberikan doa, semangat, dan dukungan kepada penulis
9. Partner terbaik, Mega Putri Kusumaningtyas yang selalu memberikan support dalam menyelesaikan penelitian ini
10. Lailatus Saaidah, sebagai sahabat dalam berbagi tangis dan tawa
11. Wahyu, Regina, Aqor, Leny, Dyah, Dewangga, Arie, serta teman teman di bidang minat Fisika Material lainnya yang sudah memberi banyak pengarahan, informasi, dan semangat kepada penulis
12. Kepada keluarga Fisika ITS 2012 (Meson) yang telah menemani perjalanan penulis selama menjalani studi di Fisika FMIPA ITS
13. Mbak Ana Fitria, Mas Syafi'i, Mas Imam Rahmat, Mas Hayi, Mas Muzani, serta Sahabat Sahabati PMII Sepuluh Nopember yang selalu membakar semangat juang selama berada di Kota Pahlawan
14. Ibu Hj. Muallifah, Mbak Resi, Mbak Eli, Erix, dan seluruh keluarga besar Pondok Pesantren Modern As Shulha yang sudah memberikan banyak dukungan kepada penulis

15. Penghuni Kontrakanita 1011 yang selalu memberikan doa dan semangat selama proses pengerjaan penelitian
16. Keluarga besar YTPAI Raudlatul Muta'allimin dan IKRAM Surabaya yang sudah memberikan banyak dukungan dan doa kepada penulis
17. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak. Amiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, januari 2017

Penulis  
[adelinawahid95@gmail.com](mailto:adelinawahid95@gmail.com)

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>COVER PAGE.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Laporan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Batu Apung .....	5
2.2 Proses Pembentukan Batu Apung .....	7
2.3 Pori Batu Apung.....	8
2.4 Proses Penambangan Batu Apung.....	8
2.5 Densitas Dan Porositas .....	11
2.6 Struktur Mikro .....	12
2.7 Perangkat Lunak <i>ImageJ</i> .....	13

<b>BAB III METODOLOGI PERCOBAAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Peralatan Dan Sampel .....	15
3.1.1 Peralatan.....	15
3.1.2 Sampel.....	15
3.2 Langkah Kerja.....	16
3.2.1 Prosedur Penelitian .....	16
3.2.2 Prosedur Analisis dengan <i>Software ImageJ</i> .....	17
3.3 Karakterisasi Material .....	21
3.4 Diagram Alir .....	23
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Distribusi Komposisi Kimia .....	25
4.2 Analisis Struktur Mikro .....	29
4.2 Analisis Tampilan Mikrografi Batu Apung Lombok Menggunakan <i>ImageJ</i> .....	35
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>45</b>
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>
<b>PROFIL PENULIS .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Sifat sifat batu apung .....	6
<b>Tabel 4.1</b> Hasil perhitungan analisis batu apung pada sampel 1A tanpa menggunakan fitur <i>Find Edges</i> .....	37
<b>Tabel 4.2</b> Hasil perhitungan analisis batu apung pada sampel 3B tanpa menggunakan fitur <i>Find Edges</i> .....	37
<b>Tabel 4.3</b> Hasil perhitungan analisis batu apung pada sampel 1A dengan menggunakan fitur <i>Find Edges</i> .....	39
<b>Tabel 4.4</b> Hasil perhitungan analisis batu apung pada sampel 3B dengan menggunakan fitur <i>Find Edges</i> .....	39
<b>Tabel 4.5</b> Nilai standart deviasi untuk perhitungan luas pori teranalisis <i>imagej</i> .....	43

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Batu apung.....	5
<b>Gambar 2.2</b> Salah satu lokasi tambang batu apung didesa Ijo Balit Kec. Labuhan Haji Lombok Timur .....	9
<b>Gambar 2.3</b> Penggalian batu apung secara manual.....	10
<b>Gambar 2.4</b> Molen yang digunakan dalam pemrosesan batu apung .....	11
<b>Gambar 2.5</b> Cakupan struktur mikro material .....	13
<b>Gambar 3.1</b> Peta lokasi pengambilan sampel batu apung di Lombok.....	16
<b>Gambar 3.2</b> Sampel yang akan dianalisis .....	17
<b>Gambar 3.3</b> Hasil gambar tahap persiapan untuk analisis <i>software ImageJ</i> .....	18
<b>Gambar 3.4</b> Hasil <i>threshold</i> gambar .....	19
<b>Gambar 3.5</b> Contoh hasil gambar setelah fitur diterapkan <i>Find Edges</i> dan dilakukan <i>threshold</i> ulang.....	20
<b>Gambar 3.6</b> Seperangkat instrumen SEM dan EDX pada Laboratorium Energi LPPM ITS.....	22
<b>Gambar 3.7</b> Diagram alir penelitian.....	23
<b>Gambar 4.1</b> Distribusi Si, O, Al, dan Na pada batu apung Lombok Sampel 1A .....	26
<b>Gambar 4.2</b> Distribusi Si, O, Al, dan Na pada batu apung Lombok Sampel 3B.....	26
<b>Gambar 4.3</b> Hasil uji XRD pada batu apung Lombok .....	28
<b>Gambar 4.4</b> Tampilan mikrografi SEM perbesaran 700 kali pada sampel 1A.....	29
<b>Gambar 4.5</b> Tampilan mikrografi SEM perbesaran 1000 kali pada sampel 1A.....	30
<b>Gambar 4.6</b> Tampilan mikrografi SEM perbesaran 4000 kali pada sampel 1A .....	30

<b>Gambar 4.7</b> Tampilan mikrografi SEM perbesaran 700 kali pada sampel 3B .....	31
<b>Gambar 4.8</b> Tampilan mikrografi SEM perbesaran 1000 kali pada sampel 3B .....	31
<b>Gambar 4.9</b> Tampilan mikrografi SEM perbesaran 4000 kali pada sampel 3B .....	32
<b>Gambar 4.10</b> Ukuran diameter pori pada sampel 1A .....	33
<b>Gambar 4.11</b> Ukuran diameter pori pada sampel 3B .....	34
<b>Gambar 4.12</b> Hasil <i>threshold</i> warna <i>imagej</i> pada tampilan mikrografi SEM batu apung Lombok sampel 1A pada perbesaran 1000 kali tanpa fitur <i>Find Edges</i> .....	35
<b>Gambar 4.13</b> Hasil <i>threshold</i> warna <i>imagej</i> pada tampilan mikrografi SEM batu apung Lombok sampel 3B pada perbesaran 1000 kali tanpa fitur <i>Find Edges</i> .....	36
<b>Gambar 4.14</b> Gambar hasil <i>threshold</i> warna sampel 1A perbesaran 700 kali tanpa fitur <i>Find Edges</i> .....	41
<b>Gambar 4.15</b> Gambar hasil <i>threshold</i> warna sampel 1A perbesaran 700 kali dengan fitur <i>Find Edges</i> .....	41
<b>Gambar 4.16</b> Gambar hasil <i>threshold</i> warna sampel 3B perbesaran 700 tanpa fitur <i>Find Edges</i> .....	42
<b>Gambar 4.17</b> Gambar hasil <i>threshold</i> warna sampel 3B perbesaran 700 dengan fitur <i>Find Edges</i> .....	42

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Posisi geografis dan geologis Indonesia terletak di daerah tropis, dimana sebagian besar daerah di Indonesia terletak pada jalur pegunungan berapi. Oleh karena itu, Indonesia sangat kaya dengan jenis-jenis batuan alam, misalnya seperti bahan galian golongan C yang tersebar luas di beberapa daerah di Indonesia. Contoh bahan galian golongan C adalah seperti batu kali, pasir (pasir urug dan pasir besi), batu kapur/ gamping, batu bara, batu kerikil, pyrite, trass, andesit dan batu apung.

Batu apung atau batu apung adalah bahan galian industri golongan C yang cukup berperan dalam sektor industri, baik sebagai bahan utama maupun sebagai bahan tambahan. Batu Apung adalah hasil gunung api yang kaya akan silika dan mempunyai struktur porous, yang terjadi karena keluarnya uap dan gas-gas yang larut didalamnya pada waktu terbentuk. Batu apung berbentuk blok padat, fragmen hingga pasir atau bercampur halus dan kasar. Batu Apung terdiri dari silika, alumina, soda, besi oksida. Warna batu apung yang sering dijumpai diantaranya putih, abu-abu kebiruan, abu-abu gelap, kemerah-merahan, kekuning-kuningan, dan jingga.

Penyelidikan umum dan eksplorasi batu apung telah banyak dilakukan di Indonesia, salah satunya di beberapa daerah yang tersebar di pulau lombok, NTB. Pulau Lombok merupakan salah satu daerah penghasil batu apung terbanyak di Indonesia. Eksplorasi secara umum dilakukan dengan tambang terbuka dan secara manual, yaitu tidak membutuhkan peralatan yang khusus untuk mendapatkannya. Kebanyakan batu apung yang diperoleh dari penambangannya hanya berupa batu apung yang dipisah berdasarkan ukurannya yang kemudian dijual dengan variasi ukuran tersebut. Namun

dalam proses pengolahan selanjutnya untuk menghasilkan suatu produk yang berguna, dilakukan oleh perusahaan yang cenderung menggunakan bahan baku batu apung, contohnya industri cat.

Batu apung dapat diaplikasikan dalam sektor industri maupun sektor konstruksi. Aplikasinya dalam sektor industri cenderung memproduksi barang-barang pelengkap seperti cat, plester, dan semen. Sedangkan pada sektor konstruksi, cenderung menghasilkan bahan baku bangunan, seperti agregat beton ringan.

Selama ini telah banyak dilakukan penelitian mengenai batu apung. Hanya saja pada penelitian penelitian tersebut hanya menggunakan batu apung yang sudah diolah menjadi suatu produk seperti agregat beton maupun campuran semen. Penelitian mengenai karakteristik batu apung sendiri masih minim dilakukan. Padahal banyak bagian dari batu apung yang bisa diamati kandungan serta keistimewaan dari batu apung tersebut seperti pori-pori batu apung. Seperti yang telah disebutkan batu apung memiliki bentuk fisik yang berpori. Pori-pori tersebut secara teori dapat dikembangkan menjadi berbagai aplikasi seperti untuk pembuatan ruangan kedap suara. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai struktur pori batu apung ini.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini, permasalahan yang akan dibahas adalah

1. Bagaimana distribusi komposisi kimia mikro pori batu apung ?
2. Bagaimana struktur mikro pori batu apung dan tampilan mikrofotografi pori batu apung ?
3. Berapa porositas dari batu apung berdasarkan analisis *software ImageJ* ?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah

1. Untuk menganalisis distribusi komposisi kimia mikro pori batu apung
2. Untuk menganalisis struktur mikro pori batu apung dan tampilan mikrografi pori batu apung
3. Untuk menghitung porositas dari batu apung berdasarkan analisis *software ImageJ*

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah material batu apung dari pulau Lombok Sampel diambil dari Desa Ijobalit Kec. Labuhan Haji Kab. Lombok Timur dan Desa Karang Sidemen Kec. Batukliang Utara Kab. Lombok Tengah. Sampel diambil dari kedalaman galian  $\pm 0,3$  meter dan  $\pm 3,0$  meter dari permukaan tanah.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai struktur mikro batu apung
2. Memberikan gambaran tentang potensi aplikasi dari material komposit alam batu apung dalam kehidupan sehari-hari

### 1.6 Sistematika Laporan

Penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini, Bab I Pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan, Bab II Tinjauan Pustaka berisi tentang dasar dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III Metodologi

penelitian, Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasannya, dan Bab V Kesimpulan dan Saran.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Batu Apung**

Batu apung adalah produk umum letusan gunung dan umumnya membentuk zona-zona di bagian atas lava silikat. Batu apung bervariasi dalam hal kepadatannya menurut ketebalan bahan padat antar gelombang. Salah satu daerah penghasil batu apung adalah Propinsi Nusa Tenggara Timur, dimana penyebaran penambangan batu apung sendiri di daerah tersebut tidak merata. Ini dikarenakan pada propinsi Nusa Tenggara Timur ini tidak semua pulaunya mempunyai gunung berapi, yang mempunyai gunung berapi hanya terdapat pada pulau Flores, Lembata dan Alor. (Kumalawati et al., 2013)



**Gambar 2.1** Batu apung

Seperti halnya material lain di bumi, batu apung juga memiliki sifat sifat khusus. Sifat sifat tersebut telah ditabulasikan pada tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Sifat sifat batu apung (Sukandarrumudi.2009)

Sifat sifat yang dimiliki batu apung	
Sifat Fisika	Sifat Kimia
1. Bobot isi ruah 480-960 kg/cm <sup>3</sup>	1. Komposisi kimianya
2. Peresapan air 16,67 %	a. SiO <sub>2</sub> 60,0-75,0 %
3. Gravitasi spesifik 0,8 gr/cm <sup>3</sup>	b. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 12,0-15,0 %
4. Hantaran suara rendah	c. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,9- 4,0 %
5. Rasio kuat tekan terhadap beban tinggi	d. Na <sub>2</sub> O 2,0-5,0 %
6. Konduktivitas panas rendah	e. K <sub>2</sub> O 2,0-4,0 %
7. Ketahanan terhadap api sampai dengan 6 jam.	f. MgO 1,0-2,0 %
	g. CaO 1,0- 2,0 %
	h. Unsur lainnya TiO <sub>2</sub> , SiO <sub>3</sub> , dan Cl
	2. Hilang pijar 6 %
	3. Ph = 5
	4. Mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdingding gelas.

## 2.2 Proses Pembentukan Batu Apung

Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunung api yang mengeluarkan material yang dikandung ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik. Batu apung mempunyai sifat vesicular yang tinggi, mengandung jumlah sel yang banyak (berstruktur selular) akibat ekspansi buih gas alam yang terkandung di dalamnya, dan pada umumnya terdapat sebagai bahan lepas atau fragmen-fragmen dalam breksi gunung api. (Hynes. 2006)

Batu apung atau *pumice* terjadi bila magma asam muncul ke permukaan dan bersentuhan dengan udara luas secara tiba-tiba. Buih gelas alam dengan gas yang terkandung di dalam buih mempunyai kesempatan untuk keluar dan magma membeku dengan tiba-tiba. Batu apung umumnya terdapat sebagai fragmen yang terlemparkan pada saat gunung api dengan ukuran dari kerikil sampai bongkah. Batu apung umumnya terdapat sebagai lelehan atau aliran permukaan, bahan lepas, atau fragmen dalam breksi gunung api. Batu apung dapat pula dibuat dengan cara memanaskan obsidian, sehingga gasnya keluar. Obsidian merupakan kaca vulkanik alami yang terbentuk sebagai batuan beku ekstrusif (batuan yang proses pembekuannya berlangsung di permukaan bumi). Pemanasan yang dilakukan pada obsidian dari Krakatau, suhu yang diperlukan untuk mengubah obsidian menjadi batu apung rata-rata 880°C. Berat jenis obsidian yang semula 2,36 gram turun menjadi 0,416 gram sesudah perlakuan tersebut oleh sebab itu mengapung didalam air. Batu apung berwarna putih abu-abu, kekuningan sampai merah, tekstur vesikuler dengan ukuran lubang yang bervariasi baik berhubungan satu sama lain atau tidak dimana batu apung memiliki lubang yang terorientasi. Kadang-kadang lubang tersebut terisi oleh zeolit atau kalsit. Batuan ini tahan terhadap pembekuan embun (*frost*), tidak begitu higroskopis (mengisap air), mempunyai

sifat pengantar panas yang rendah dan memiliki kekuatan tekan antara 30-20 kg/cm<sup>2</sup>. Komposisi utama dari batu apung adalah mineral silikat amorf. (Sukandarrumudi, 2009)

### **2.3 Pori Batu Apung**

Seperti yang telah diketahui bahwa batu apung merupakan batuan berpori tinggi. Batuan dengan pori pori yang tinggi merupakan hasil dari pengembangan bukaan gelembung gelembung gas yang disebut lava dingin. Akuifer (lapisan pembawa air) pada batuan basalt mengandung air pada rekahan antara bukaan gelembung gelembung gas pada lapisan atas atau bawah akuifer tersebut. (Kodoatie,2010)

Pada batuan vulkanik lava mendingin dengan cepat pada permukaan tanah yang akan membentuk lubang lubang pada batuan dan biasanya disebut dengan lava vesikuler. Lubang tersebut merupakan pori pori batuan. Porositas basalt yang terbentuk dari magma dengan kandungan gas rendah, umumnya berkisar antara 1% - 12%. Batu apung merupakan salah satu contoh dari batuan vulkanik tanpa rekahan dimana porositasnya mencapai 85%. (Kodoatie.2010)

### **2.4 Proses Penambangan Batu Apung**

Batu apung merupakan produk umum letusan gunung dan biasanya akan membentuk zona-zona di bagian atas lava silikat. Batu apung yang ada di tanah Lombok adalah akibat letusan gunung Rinjani bertahun tahun silam. Berdasarkan data yang diperoleh dari kantor ESDM kabupaten Lombok Timur potensi batu apung ada hampir diseluruh pulau Lombok, hanya saja potensi terbesar ada di Lombok Timur.



**Gambar 2.2** Salah satu lokasi tambang batu apung di desa Ijo Balit Kec. Labuhan Haji Lombok Timur

Batu apung memiliki keistimewaan tersendiri dibalik bentuknya yang tidak beraturan dan tidak menarik bagi sebagian orang. Namun kekurangan tersebut justru menjadi kelebihan batu apung tersebut, dimana bentuknya yang berpori besar dan ringan banyak dimanfaatkan dalam penyaringan limbah logam berat batu apung yang berasal dari Lombok selama ini dimanfaatkan hanya sebagai material yang dicampurkan dalam proses *washing* (pencucian) industri garmen, dimana dalam proses tersebut batu apung digosokkan pada jeans yang kemudian menimbulkan efek *fading* (perubahan warna jeans) yang khas.

Ada beberapa proses yang harus dilakukan sebelum batu apung dimanfaatkan di bidang industri. Proses pertama adalah penggalian. Proses ini perlu dilakukan karena batu apung ada dibawah permukaan tanah. Proses penggalian bisa dilakukan dengan menggunakan alat sederhana seperti cangkul dan bisa juga dilakukan dengan menggunakan alat berat. Setelah didapatkan batu apung kemudian diayak agar tidak tercampur dengan tanah.



**Gambar 2.3** Penggalian batu apung secara manual

Batu apung yang diperoleh pada proses penggalian berukuran besar sehingga harus dilakukan proses selanjutnya yaitu pemotongan agar ukurannya lebih kecil sehingga bisa dengan mudah diolah. Setelah batu apung dipotong menjadi ukuran kecil, maka dilakukan proses pencucian dan penghalusan permukaan batu apung disebuah alat yang biasa

disebut molen. Molen yang saat ini digunakan di tempat pemrosesan batu apung Lombok memiliki kemampuan untuk mencuci, menghaluskan permukaan sekaligus membedakan ukuran batu apung sesuai dengan permintaan pelanggan. Setelah batu apung selesai diproses molen, batu apung kemudian dijemur agar kering untuk kemudian dimasukkan karung sesuai ukuran dan dikirim kepada pemesan.



**Gambar 2.4** Molen yang digunakan dalam pemrosesan batu apung

## 2.5 Densitas Dan Porositas

Densitas merupakan sifat fisis yang menyatakan kepadatan suatu material. Densitas menggambarkan kerapatan ikatan material penyusun batuan. Jika suatu material semakin

padat bentuknya maka material tersebut memiliki densitas yang besar, yang berarti semakin sulit untuk material tersebut meneruskan air. Nilai kerapatan massa berbanding lurus dengan tingkat kekasaran partikel-partikel. Timbulnya proses pembentukan struktur di horizon-horizon bagian atas dari bahan induk akan mengakibatkan kerapatan isi lebih rendah dari bahan induk itu sendiri. (Rahmanto, 2013)

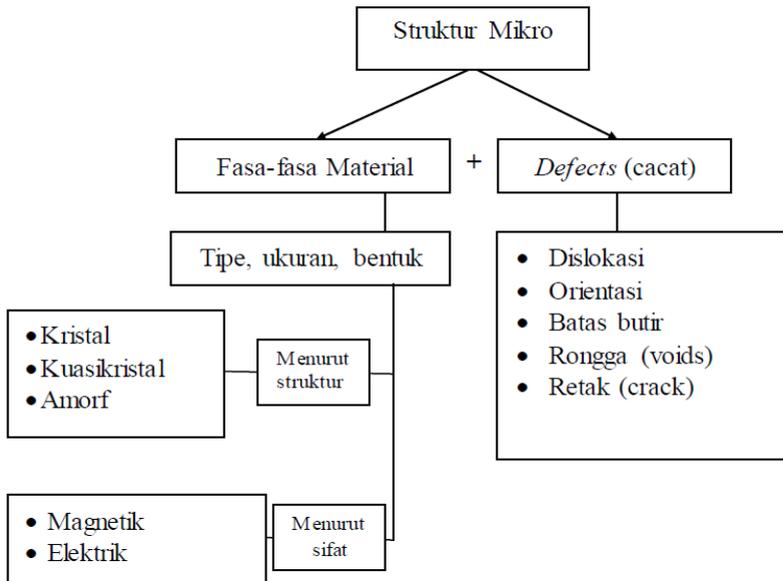
Porositas adalah tingkatan banyaknya lubang (*porous*) rongga atau pori-pori di dalam batuan. Batuan dikatakan mempunyai porositas tinggi apabila pada batuan tersebut banyak dijumpai lubang (*vesicles*) atau pori-pori. Sebaliknya, batuan dikatakan mempunyai porositas rendah apabila kenampakannya kompak, padat atau tersemen dengan baik sehingga sedikit sekali atau bahkan tidak terdapat pori-pori didalamnya. (Gapsari, 2012)

## **2.6 Struktur Mikro**

Mikrografi berasal dari kata mikro yang berarti sangat kecil, dan grafi yang berarti gambar. Secara istilah mikrografi merupakan suatu teknik untuk memperoleh gambar pencitraan yang memperlihatkan fasa dari sebuah material, sehingga dapat diketahui sifat dan karakteristik dari material tersebut. Mikrografi merupakan suatu proses yang menunjukkan gambar struktur mikro dari suatu material.

Struktur mikro merupakan kumpulan atom atom yang mempunyai geometri tertentu dan berulang. Adapun manfaat dari pengamatan struktur mikro ini diantaranya adalah untuk mempelajari hubungan antara sifat-sifat bahan dengan struktur dan cacat pada bahan sehingga dapat diperkirakan sifat bahan jika hubungan tersebut sudah diketahui. Pemeriksaan struktur mikro memberikan informasi tentang bentuk struktur, ukuran butir dan banyaknya bagian

struktur yang berbeda. Cakupan struktur mikro material dijabarkan secara rinci oleh gambar berikut,



**Gambar 2.5** Cakupan struktur mikro material

## 2.7 Perangkat Lunak *ImageJ*

*ImageJ* merupakan sebuah perangkat lunak (software) analisis citra yang dikembangkan di National Institute of Health. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh Wayne Rasband. *ImageJ* pada awalnya dikembangkan dalam teknik pencitraan medis khususnya analisis citra 2D. Saat ini *imagej* telah semakin berkembang sehingga cakupan kegunaannya juga semakin banyak. Salah satu kegunaan *imagej* yang dapat dimanfaatkan pada penelitian ini adalah untuk menganalisis tampilan mikrofografi SEM. Untuk mendapatkan penjelasan yang lebih detail dan aplikasi download dari *imagej*, dapat

diakses di website <http://rsb.info.nih.gov/ij/> . (Kurniawan, C, dkk. 2015)

Secara umum ada 3 proses yang harus dilakukan untuk menganalisis gambar hasil pengujian SEM dengan menggunakan *ImageJ*, yaitu proses persiapan gambar, *threshold* warna, dan tahap analisis gambar. Pada proses persiapan gambar dilakukan penyesuaian skala gambar dan pemilihan bagian gambar mana yang akan dianalisa.

Proses selanjutnya adalah *threshold* warna yang merupakan tahap segmentasi warna. Tahap segmentasi adalah proses yang paling penting karena hasil dari tahap ini yang akan menentukan hasil analisis. Pada tahap ini warna gambar dibedakan menjadi warna partikel (pori) dan warna latar belakang (*background*). Pengaturan warna dapat dilakukan dengan menaikkan atau menurunkan nilai ukuran warna. Pada proses ini dibutuhkan ketelitian untuk membuat warna gambar hasil *threshold* sesuai dengan tekstur mikrografi SEM.

Proses terakhir adalah proses analisa gambar. Pada proses ini, gambar hasil *threshold* akan dianalisis ukuran partikelnya dengan menggunakan fitur *Analyze Particles*. Data dari partikel (pori) yang sudah teranalisis oleh *software* akan muncul dalam bentuk tabel yang bisa disimpan dalam bentuk excel. Data yang dibutuhkan untuk analisis pada penelitian ini adalah jumlah pori yang teranalisis dan luas pori yang teranalisis. Dari data tersebut maka dapat ditentukan porositas dari sampel dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$\emptyset = \frac{A_p}{A_{total}} \quad (2.1)$$

Dimana  $A_p$  adalah total luas pori yang teranalisis dari permukaan mikrografi SEM sampel dengan *ImageJ* sedangkan  $A_{total}$  adalah luas dari permukaan mikrografi SEM yang dianalisis.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PERCOBAAN**

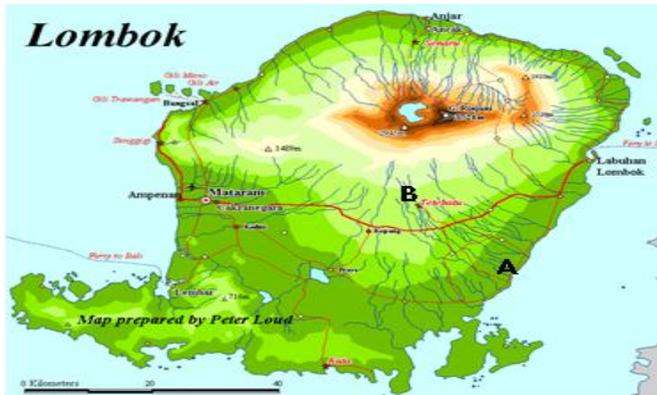
#### **3.1 Peralatan dan Sampel**

##### **3.1.1 Peralatan**

Dalam penelitian ini digunakan beberapa peralatan untuk membuat sampel sesuai ukuran pengujian diantaranya pemotong besi, penggaris, dan amplas. Sedangkan pengujian struktur mikro dari sample dilakukan dengan menggunakan *Scanning* elektron *Microscopy* (SEM) dan digunakan pula detector *Energy Dispersive X-Ray* (EDX).

##### **3.1.2 Sampel**

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu apung yang berasal dari pulau Lombok. Sampel yang akan diuji berjumlah 2 sampel yang berasal dari daerah dan ketinggian berbeda. Sampel pertama berasal dari desa Ijobalit Kecamatan Labuhan Haji Lombok Timur dimana lokasi sampel ini memiliki ketinggian 0-30 meter dari permukaan laut. Sedangkan sampel kedua berasal dari desa Karang Sidemen kecamatan Batukliang Utara Lombok tengah yang memiliki ketinggian 500 – 1000 meter dari permukaan laut.



**Gambar 3.1** Peta lokasi pengambilan sampel batu apung di Lombok

A. Desa Ijobalit Kec. Labuhan Haji Lombok Timur, B. Desa Karang Sidemen Kec. Batukliang Utara Lombok Tengah

(<https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Lombok.gif>)

## 3.2 Langkah Kerja

### 3.2.1 Prosedur Penelitian

Batu apung yang telah digali terlebih dahulu dibersihkan. Kemudian batu apung dibentuk menjadi kubus dengan ukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm. Setelah sampel terbentuk, maka dilakukan pengujian mikrografi dengan menggunakan *Scanning* elektron *Microscopy* (SEM) dan kemudian digunakan detector *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) untuk mengamati unsur yang terkandung didalam sampel. Setelah pengujian selesai maka dapat dilakukan analisa terkait mikro pori batu apung.



**Gambar 3.2** Sampel yang akan dianalisis

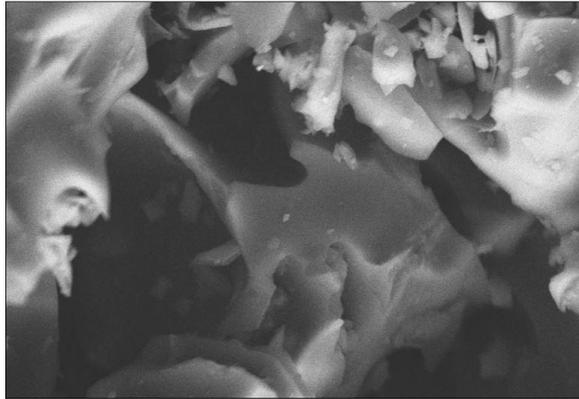
### **3.2.2** Prosedur Analisis dengan *Software ImageJ*

Setelah didapatkan hasil gambar mikrografi dari pengujian SEM, langkah selanjutnya adalah analisis gambar tersebut dengan menggunakan *software ImageJ* untuk mengetahui karakteristik pori dari batu apung. Analisis menggunakan *software ImageJ* secara umum dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu :

#### **1. Persiapan gambar**

Tahap ini dilakukan untuk mempersiapkan gambar hasil pengujian SEM untuk diatur skalanya sehingga gambar yang akan dianalisis sesuai dengan yang diinginkan. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan membuka *software ImageJ*. Kemudian file gambar pengujian SEM dibuka dengan klik *tools Open* lalu gambar hasil pengujian dipilih dan selanjutnya akan ditampilkan pada layar *software*. Lalu klik *tools Analyze* pada *software* lalu pilih *Set Scale*. Pada penelitian ini digunakan skala  $\mu\text{m}$  pada kolom *Unit of length* sesuai dengan gambar yang akan dianalisa. Setelah itu klik *tools Image* lalu pilih *Crop* untuk memotong

gambar agar hanya gambar hasil pengujian saja yang akan dianalisis pada tahap selanjutnya. Berikut adalah contoh hasil gambar pada langkah ini:



**Gambar 3.3** Hasil gambar tahap persiapan untuk analisis *software ImageJ*

## **2. *Threshold* gambar**

Pada tahap ini, warna pori dan dinding pori dibedakan sehingga terlihat jelas antara pori dan bukan pori. Pori batu apung digambarkan dengan warna putih sedangkan dinding pori akan direpresentasikan dengan warna hitam. Langkah yang dilakukan setelah tahap persiapan gambar, pilih *tools Image* lalu klik *Adjust* lalu pilih *Threshold*. Akan muncul *windows* baru yang menampilkan pengaturan warna dari gambar. Kemudian gambar hasil diatur warnanya sehingga terlihat jelas perbedaan antara pori dan bukan pori. Berikut adalah contoh hasil gambar yang dihasilkan pada tahap ini.



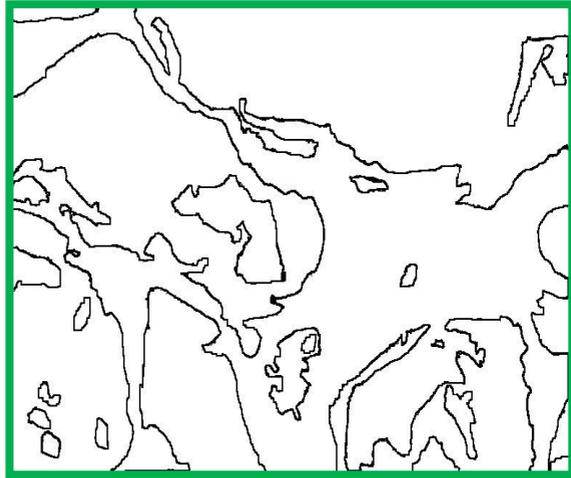
**Gambar 3.4** Contoh hasil *threshold* gambar

### 3. Analisis gambar

Langkah ini dilakukan setelah gambar yang akan dianalisa memiliki perbedaan yang jelas antara pori dan bukan pori seperti pada Gambar 3.4. Langkah yang dilakukan setelah tahap *threshold* adalah pilih *tool Analyze* lalu pilih *Analyze Particles*. Kemudian ukuran disesuaikan dengan gambar, lalu klik ok. Akan muncul tabel hasil perhitungan yang dilakukan oleh *software*. Tabel ini dapat disimpan dalam bentuk excel untuk dilakukan perhitungan prosentase pori dari gambar. Perhitungan untuk mencari porositas dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, setelah proses *threshold* warna dapat dilakukan langkah untuk memperjelas batas antara pori dan bukan pori dengan menggunakan *tools Process*

lalu klik *Find Edges*. Batas pori akan terlihat jelas setelah proses ini diterapkan. Kemudian dilakukan *threshold* sekali lagi untuk mengubah background dengan memberi centang pada kolom *Dark Background* sehingga dihasilkan gambar seperti berikut



**Gambar 3.5** Contoh hasil gambar setelah fitur diterapkan *Find Edges* dan dilakukan *threshold* ulang

Setelah dihasilkan gambar seperti pada Gambar 3.5, perhitungan pori dengan fitur *Analyze Particles* dilakukan lagi. Hasil dari perhitungan ini lalu dibandingkan dengan hasil sebelumnya (tanpa menggunakan fitur *Find Edges*) untuk mengetahui mana hasil yang lebih akurat.

### 3.3 Karakterisasi Material

Karakterisasi material yang dilakukan dalam penelitian kali ini adalah karakterisasi tampilan mikrografi dan distribusi pori. Karakterisasi tampilan mikrografi dilakukan dengan pengujian menggunakan alat *Scanning* elektron *Microscopy* (SEM) sedangkan pengujian untuk mengetahui distribusi pori dari batu apung menggunakan gabungan antara SEM dengan detector *Energy Dispersive X-Ray* (EDX). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember menggunakan alat SEM EVO MA 10.

Prinsip kerja dari SEM yaitu berkas yang dihasilkan oleh elektron *gun* akan menyapu permukaan sampel dalam daerah yang sangat kecil. Pada saat elektron berinteraksi dengan sampel maka akan dihasilkan elektron sekunder dimana elektron ini akan masuk kedalam detector dan diubah menjadi sinyal listrik yang mana akan menghasilkan gambar pada layar monitor. Gambar pada layar monitor ini merupakan topografi dari permukaan sampel.

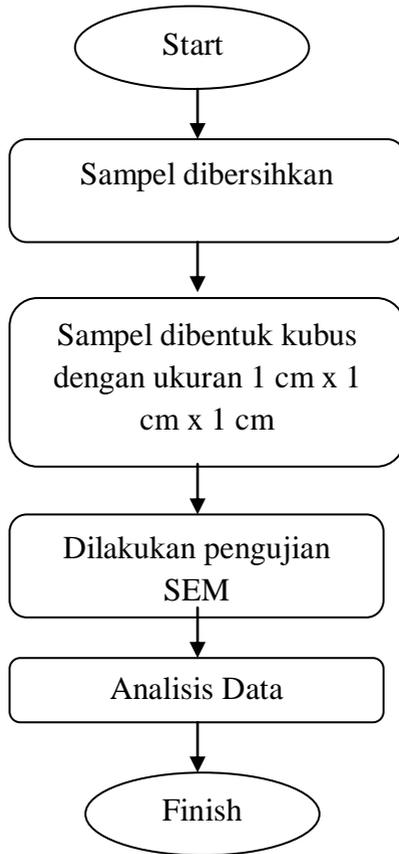
Prinsip kerja dari detector *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) atau juga dikenal sebagai *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) adalah ketika suatu elektron berinteraksi dengan suatu material, maka elektron tersebut akan dihamburkan oleh elektron lain yang mengelilingi inti atom bahan. elektron yang terhambur disebut elektron primer. Sedangkan elektron yang berada diorbit akan terpental oleh sistem sehingga terjadi kekosongan yang akan diisi oleh elektron dari kulit yang ada diluarnya. Elektron yang di luar mempunyai energy yang lebih besar sehingga pada waktu berpindah ke kulit yang energinya lebih rendah akan dilepaskan energy dalam bentuk photon yang dikenal sebagai sinar x. spektrum energi sinar x yang dipancarkan tersebut mempunyai energi spesifik yang tergantung dari nomor atom bahan. Dengan mengetahui energi sinar x yang dipancarkan

dapat diketahui nomor atom bahan yang akan memancarkan sinar x tersebut dan juga kandungan relatif masing masing bahan didalam paduannya berdasarkan intensitas sinar x yang dipancarkan.



**Gambar 3.6** Seperangkat Instrumen SEM dan EDX pada Laboratorium Energi LPPM ITS

### 3.4 Diagram Alir



**Gambar 3.7** Diagram Alir penelitian

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

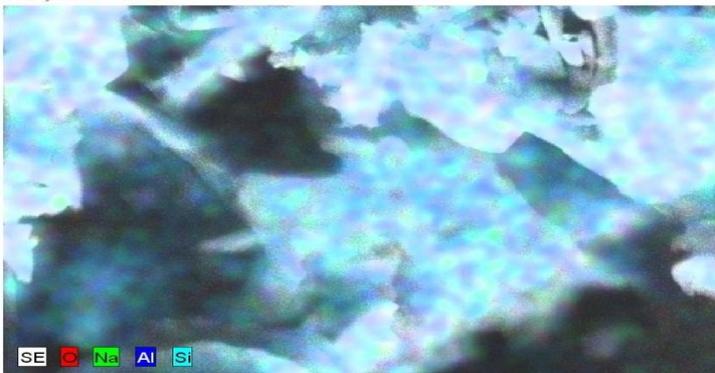
Sampel yang akan dianalisis pada penelitian ini adalah batu apung dari pulau Lombok. Terdapat 2 sampel yang akan dianalisis, yaitu sampel pertama yang berasal dari desa Ijobalit Lombok Timur yang digali dengan kedalaman  $\pm$  0,3 meter dimana untuk selanjutnya sampel ini diberi label 1A dan sampel kedua yang berasal dari desa Karang sidemen Lombok Tengah yang digali dengan kedalaman  $\pm$  3 meter dimana untuk selanjutnya sampel ini diberi label 3B.

#### **4.1 Distribusi Komposisi Kimia**

Pada pengujian uji *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh M. Ridha, diketahui bahwa ada 4 unsur yang paling banyak terdapat pada batu apung Lombok. Unsur unsur tersebut adalah silica (Si), oksigen (O), alumunium (Al), dan natrium (Na). Kemudian dilakukan pengujian *Energy Dispersion X-Ray Spectroscopy* (EDX) untuk mengetahui distribusi dari keempat unsur yang merupakan unsur mayoritas dari hasil uji XRF. Gambar 4.1 dan 4.2 merupakan hasil pengujian EDX yang telah dilakukan pada batu apung Lombok.



**Gambar 4.1** Distribusi Si, O, Al, dan Na pada batu apung Lombok Sampel 1A yang digali dari desa Ijobalit Lombok Timur dengan kedalaman  $\pm 0,3$  m. Warna merah mewakili unsur O, warna hijau mewakili unsur Na, warna biru mewakili unsur Al, dan warna kuning mewakili unsur Si.



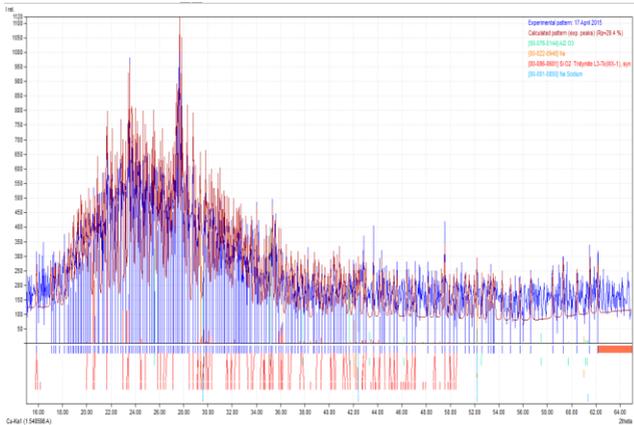
**Gambar 4.2** Distribusi Si, O, Al, dan Na pada batu apung Lombok Sampel 3B yang digali dari desa Karang Sidemen Lombok Tengah dengan kedalaman penggalian  $\pm 3$  m. Warna merah mewakili unsur O, warna hijau mewakili unsur Na, warna biru mewakili unsur Al, dan warna biru muda mewakili unsur Si.

Pada sampel 1A dari Gambar 4.1, dominan warna pada gambar hasil adalah kuning dan merah yang mana masing masing merupakan unsur Si dan O. Warna hijau yang terdapat pada sampel 1A adalah unsur Na sedangkan warna biru adalah unsur Al yang kadarnya lebih sedikit dibanding unsur Si dan O. Dominasi unsur Si dan O terhadap unsur Na dan Al juga terdapat pada sampel 3B (Gambar 4.2). Pada sampel 3B warna biru muda dan merah yang merupakan representasi dari unsur Si dan O terlihat lebih dominan dibanding warna hijau dan biru tua yang merupakan unsur Na dan Al. Sehingga dapat dikatakan bahwa unsur Si dan O memiliki distribusi yang lebih merata dibanding unsur Na dan Al.

Unsur Si pada sampel 1A lebih banyak terlihat berwarna oranye yang tersebar merata di bagian dinding batas pori, hal ini menunjukkan bahwa unsur Si berikatan dengan unsur O sehingga warna yang muncul adalah percampuran antara warna kuning (Si) dengan warna merah (O). Hal tersebut juga dapat ditemukan pada sampel 3B dimana warna ungu muda yang merupakan percampuran dari warna biru muda (Si) dan merah (O) terlihat lebih dominan dibanding warna lain. Warna hijau yang merupakan representasi Na pada kedua sampel banyak terlihat tercampur dengan warna merah yang mewakili unsur O membentuk senyawa NaO. Pada gambar hasil Na lebih banyak terdapat di bagian tepi dinding batas pori dan ada juga yang terdapat di bagian tengah dinding batas pori. Kandungan Al pada kedua sampel terlihat bercampur dengan O karena warna biru jarang ditemukan akan tetapi justru lebih banyak terlihat bercampur dengan warna merah membentuk warna ungu. Al lebih banyak terdapat di bagian dalam pori pori.

Dari hasil analisis morfologi yang telah dijabarkan, dapat ditarik kesimpulan bahwa unsure Si lebih banyak ditemukan di bagian permukaan dinding pori. Unsur Al lebih banyak ditemukan di pori bagian dalam batu apung. Unsur

Na yang kadarnya lebih sedikit ditemukan di bagian tepi dinding batas pori dan ada juga yang terdapat di bagian tengah dinding batas pori. Sedangkan unsur O lebih banyak ditemukan bercampur dengan unsure yang lain.



**Gambar 4.3** Hasil Uji XRD pada batu apung Lombok

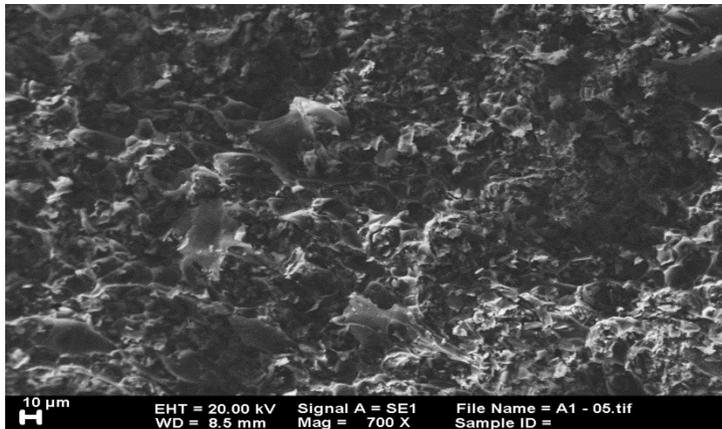
Gambar 4.3 adalah hasil analisis menggunakan *software Match!* Pada hasil uji XRD batu apung Lombok. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dengan software tersebut, diketahui fasa yang terbentuk pada sampel batu apung adalah fasa amorf. Sehingga dapat dikatakan bahwa batu apung merupakan material non kristalin. Fasa amorf batu apung terjadi karena proses pembentukan batu apung itu sendiri. Batu apung terbentuk karena adanya ruang pori dimana ruang pori tersebut merupakan gelembung gas yang terperangkap di batuan selama pendinginan cepat dari magma yang kaya akan gas. Atom atom yang terdapat pada material yang mengalami pendinginan sangat cepat tidak dapat

membentuk kristal. Sehingga fasa yang terbentuk adalah fasa amorf.

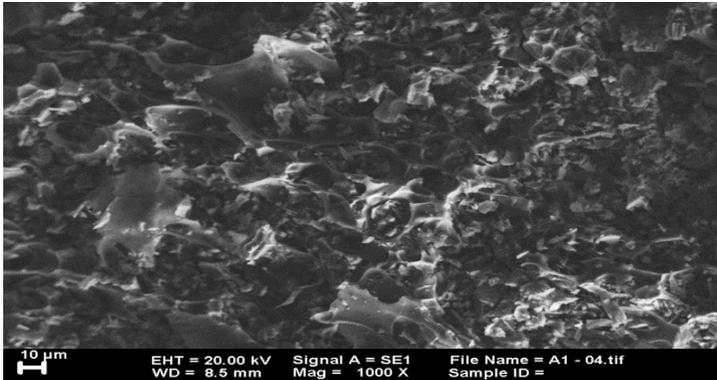
Puncak difraksi yang paling banyak ditemukan pada analisis dengan software Match! Adalah  $\text{SiO}_2$ . Ditemukan juga puncak dari senyawa  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{NaOH}$  dengan jumlah yang lebih sedikit. Dari hasil analisis dengan software Match!, empat unsur mayoritas hasil uji XRF saling berikatan dan tersebar di seluruh permukaan batu apung.

#### 4.2 Analisis struktur mikro

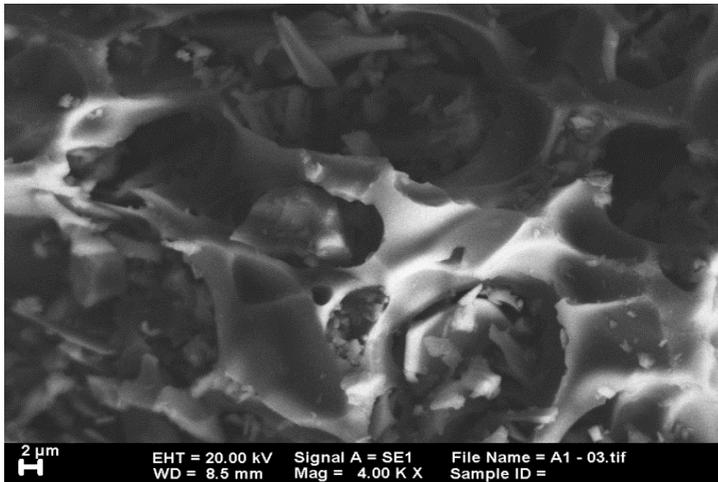
Uji *Scanning electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui tampilan mikrografi dari pori batu apung Lombok. Berdasarkan tampilan mikrografi ini dapat diketahui ukuran pori, bentuk pola mayoritas dari pori, dan hubungan antar pori. Berikut adalah hasil uji SEM untuk setiap sampel yang telah dilakukan



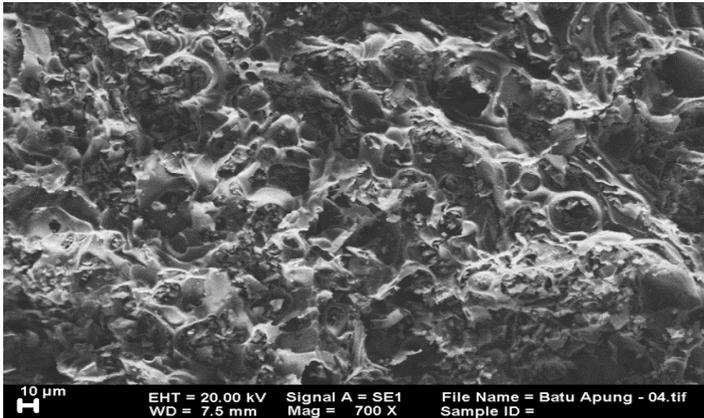
**Gambar 4.4** Tampilan mikrografi SEM perbesaran 700 kali pada sampel 1A (lokasi penggalian di desa Ijobalit dengan kedalaman penggalian  $\pm 0,3$  meter)



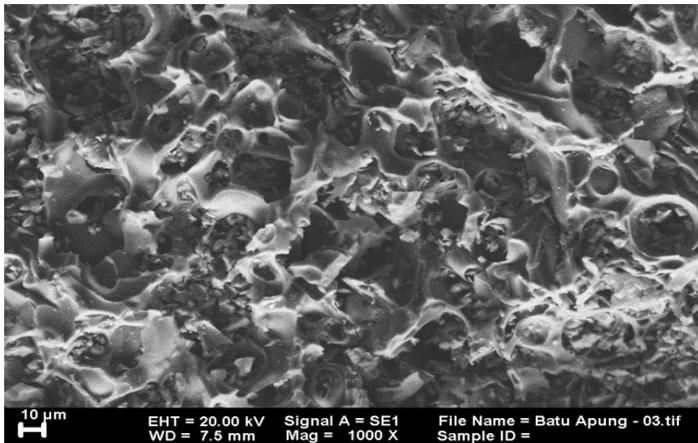
**Gambar 4.5** Tampilan mikrografi SEM perbesaran 1000 kali pada sampel 1A (lokasi penggalian di desa Ijobalit dengan kedalaman penggalian  $\pm 0,3$  meter)



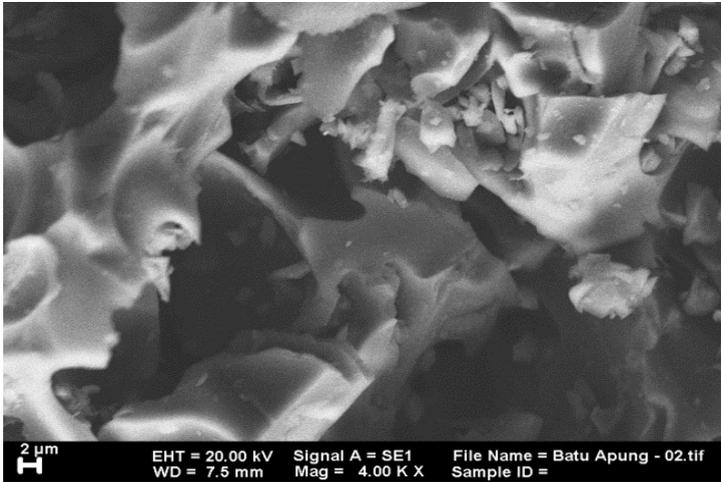
**Gambar 4.6** Tampilan mikrografi SEM perbesaran 4000 kali pada sampel 1A (lokasi penggalian di desa Ijobalit dengan kedalaman penggalian  $\pm 0,3$  meter)



**Gambar 4.7** Tampilan mikrografi SEM perbesaran 700 kali pada sampel 3B (lokasi penggalian di desa Karangsidemen dengan kedalaman penggalian  $\pm$  3 meter)



**Gambar 4.8** Tampilan mikrografi SEM perbesaran 1000 kali pada sampel 3B (lokasi penggalian di desa Karangsidemen dengan kedalaman penggalian  $\pm$  3 meter)



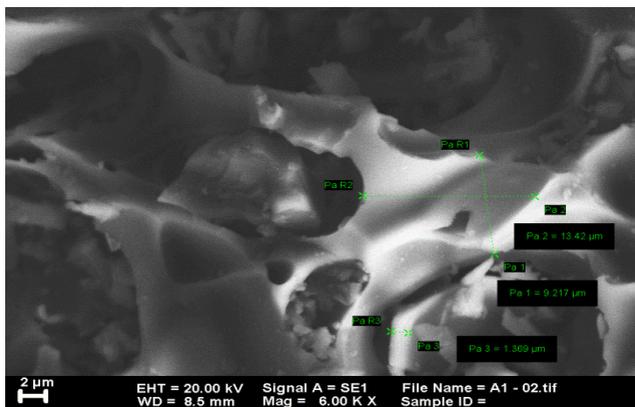
**Gambar 4.9** Tampilan mikrografi SEM perbesaran 4000 kali pada sampel 3B (lokasi penggalian di desa Karangsidenen dengan kedalaman penggalian  $\pm$  3 meter)

Gambar 4.4 sampai Gambar 4.6 merupakan hasil tampilan mikrografi dari sampel 1A yang berasal dari desa Ijobalit Lombok Timur. Sedangkan Gambar 4.7 sampai Gambar 4.9 merupakan hasil tampilan mikrografi dari sampel 3B yang berasal dari desa Karang Sidemen Lombok Tengah. pada penelitian ini digunakan perbesaran mulai 700 kali, 1000 kali, 4000 kali, dan 6000 kali. Perbesaran tersebut digunakan untuk mengamati bentuk pori dan hubungan diantara pori satu dengan pori lainnya.

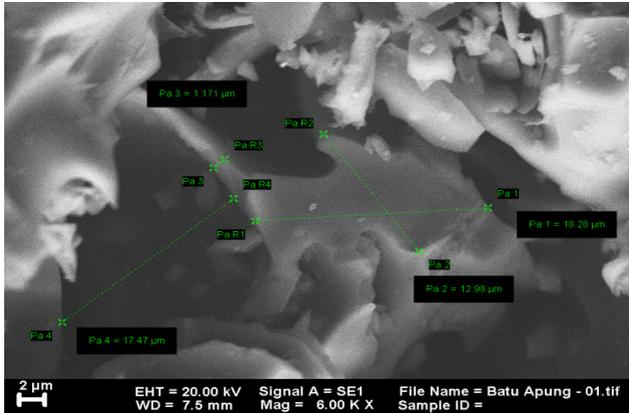
Dari Gambar 4.4 sampai Gambar 4.9 dapat terlihat bahwa struktur mikro batu apung terdiri dari pori pori yang ukurannya berbeda satu sama lainnya. perbedaan ukuran pori terlihat pada sampel 1A maupun 3B. Tampilan mikrografi tersebut juga menggambarkan bahwa pori pori yang ada dalam batu apung saling berhubungan. Dinding dinding batas antar pori luar dengan pori dalam saling menyambung

membentuk pori di seluruh bagian batu apung. Saling menyambung antar pori ini dapat dibuktikan dari gambar dimana saat perbesaran ditambah terlihat ada dinding pori yang mengarah ke dalam dan membentuk pori lainnya. pembentukan pori ini tidak beraturan sehingga mengakibatkan pola bentuk pori yang ada juga tidak memiliki bentuk yang sama satu sama lainnya.

Dari Gambar 4.4 sampai Gambar 4.9 juga didapatkan informasi bahwa sebagian besar pola pori batu apung berbentuk asimetris. Bentuk setiap pori tidak sama antara satu dengan yang lainnya. perbedaan bentuk maupun ukuran pori disebabkan oleh proses pembentukan pori dari batu apung itu sendiri. Pori batu apung terbentuk dikarenakan adanya gelembung gas yang terperangkap di batuan selama pendinginan cepat dari magma. Gelembung gelembung gas tersebut bentuknya tidak beraturan dan menjadi pori batu apung karena magma mendingin dengan cepat.



**Gambar 4.10** Ukuran diameter pori dan dinding pori batu apung pada sampel 1A



**Gambar 4.11** Ukuran diameter pori dan dinding pori batu apung pada sampel 3B

Gambar 4.10 dan 4.11 merupakan tampilan mikrografi kedua sampel pada perbesaran 6000 kali dengan dilengkapi dengan ukuran diameter pori yang diamati dan ukuran dinding pori disekitar pori tersebut. Diameter pori batu apung memiliki ukuran yang beragam, begitu juga dengan dinding batas pori batu apung yang memiliki luas dan tebal yang berbeda. Bagian yang diukur merupakan bagian dinding yang terlihat jelas dan bisa diukur dengan satuan panjang, lebar dan tebalnya. Tebal dari dinding batas, diameter pori, dan banyaknya pori mempengaruhi densitas dari batu apung.

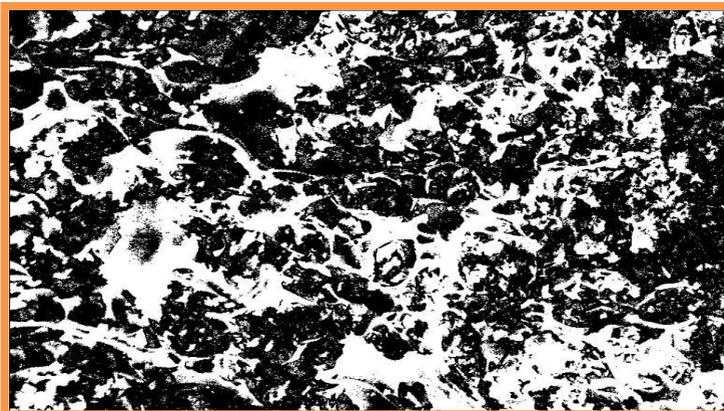
Bagian dinding pori dari sampel 1A yang terukur pada penelitian ini (Gambar 4.10) memiliki ukuran panjang  $\pm 13,42 \mu\text{m}$ , lebar  $\pm 9,217 \mu\text{m}$ , dan tebal  $\pm 1,369 \mu\text{m}$ . sedangkan pada bagian dinding pori dari sampel 3B yang bisa terukur secara maksimal pada penelitian ini (Gambar 4.11) memiliki ukuran panjang  $\pm 18,28 \mu\text{m}$ , lebar  $\pm 12,98 \mu\text{m}$ , dan tebal  $\pm 1,17 \mu\text{m}$ . ukuran ukuran dari kedua sampel terbut merupakan ukuran maksimal yang bisa diamati dari kedua sampel. Pada proses pengambilan data, lebih mudah menemukan bagian

dinding pori untuk diukur pada sampel 1A dibanding sampel 3B. sampel 3B memiliki bentuk tampilan topografi dengan pori yang banyak ditengah tengah dinding pori sehingga penentuan bagian mana yang diukur membutuhkan waktu yang lebih lama dibanding sampel 1A.

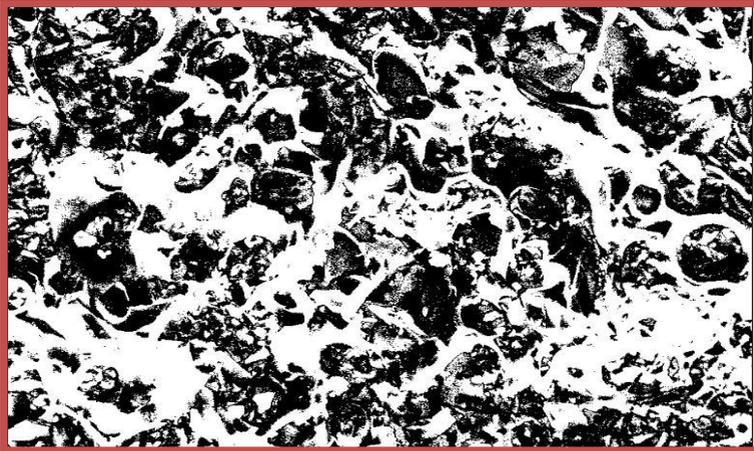
### 4.3 Analisis Tampilan Mikrografi Batu Apung Lombok

#### Menggunakan *ImageJ*

Untuk mengetahui distribusi pori pada batu apung, maka digunakan *software imagej* untuk menghitung prosentase pori pada permukaan tersebut. Pada analisis ini juga akan dilakukan perbandingan menghitung pori batu apung dengan menggunakan fitur *Find Edges* dan tanpa fitur *Find Edges*. Berikut adalah hasil *threshold* warna yang telah dilakukan pada tampilan mikrografi SEM batu apung Lombok dengan perbesaran 1000 kali tanpa menggunakan fitur *Find Edges*



**Gambar 4.12** Hasil *threshold* warna *imagej* pada tampilan mikrografi SEM batu apung Lombok sampel 1A pada perbesaran 1000 kali tanpa fitur *Find Edges*



**Gambar 4.13** Hasil *threshold* warna *imagej* pada tampilan mikrografi SEM batu apung Lombok pada sampel 3B untuk perbesaran 1000 kali tanpa fitur *Find Edges*

Pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13, bagian hitam merupakan pori dan bagian putih adalah dinding pori. Gambar *threshold* diatas berasal dari hasil SEM pada perbesaran 1000 kali tanpa menggunakan fitur *Find Edges*. Banyak pori pada kedua sampel tidak terlihat jelas batas porinya. Dari kedua Gambar tersebut, dapat dilihat bahwa pori sampel 1A (kedalaman penggalian  $\pm 0,3$  m) lebih banyak dibandingkan pori sampel 3B (kedalaman penggalian  $\pm 3$ m). Sehingga dapat dikatakan bahwa sampel batu apung yang didapatkan dari penggalian yang dangkal lebih berpori dibanding sampel batu apung yang didapatkan dari penggalian yang dalam. Berikut adalah hasil perhitungan luas pori yang teranalisis oleh *software imagej* tanpa menggunakan fitur *Find Edges*

**Tabel 4.1** Hasil perhitungan analisis batu apung pada sampel 1A tanpa menggunakan fitur *Find Edges*

Perbesaran	Luas Permukaan ( $\mu\text{m}$ )	Tanpa Fitur Find Edges		
		Jumlah Pori Teranalisis	Luas Pori Teranalisis ( $\mu\text{m}^2$ )	Fraksi Porositas
700	718848	4230	377411	0,5250
1000	718848	3745	324191	0,4509
4000	718848	3612	288553	0,4014
6000	406032	28	87265	0,2149

**Tabel 4.2** Hasil perhitungan analisis batu apung pada sampel 3B tanpa menggunakan fitur *Find Edges*

Perbesaran	Luas Permukaan ( $\mu\text{m}$ )	Tanpa Fitur Find Edges		
		Jumlah Pori Teranalisis	Luas Pori Teranalisis ( $\mu\text{m}^2$ )	Fraksi Porositas
700	718848	2266	383257	0,5332
1000	718848	1979	360845	0,5019
4000	718848	1032	340368	0,4734
6000	404736	40	152558	0,3769

Dari tabel 4.2 dan tabel 4.3, semakin besar perbesaran gambar yang digunakan, nilai porositasnya semakin kecil. Nilai porositas terbesar pada kedua sampel terdapat pada sampel dengan perbesaran 700. Nilai porositas yang menurun saat perbesaran gambar ditambah dikarenakan saat perbesaran gambar ditambah maka pori yang terlihat pada gambar semakin berkurang. Berkurangnya jumlah pori tersebut secara kuantitas terlihat dari kolom jumlah pori yang teranalisis.

Berdasarkan tabel 4.2 dan tabel 4.3 juga didapatkan informasi bahwa jumlah pori yang teranalisis pada sampel 1A yang digali dengan kedalaman penggalian  $\pm 0,3$  meter lebih banyak dari pada jumlah pori yang teranalisis pada sampel 3B yang digali pada kedalaman  $\pm 3$  meter. Meskipun sampel 1A memiliki lebih banyak pori dibanding sampel 3B, nilai porositas sampel 3B lebih besar dibanding sampel 1A. Besarnya nilai porositas 3B dikarenakan luas pori sampel 3B yang teranalisis lebih besar dibanding luas pori sampel 1A yang teranalisis. Atau dengan kata lain berdasarkan hasil perhitungan porositas batu apung tanpa menggunakan fitur *Find Edges*, batu apung yang digali pada kedalaman dangkal atau berada pada lapisan atas memiliki lebih banyak pori dan berukuran lebih kecil jika dibandingkan batu apung yang terletak di lapisan bawah. Karena porositas berbanding terbalik dengan densitas, maka berdasarkan hasil tersebut dikatakan bahwa densitas batu apung akan semakin kecil jika berada di lapisan yang lebih dalam.

Setelah didapatkan hasil perhitungan analisis pori tanpa fitur *Find Edges* pada software *imagej*, kemudian dilakukan perhitungan analisis pori dengan menggunakan fitur *Find Edges*. Berikut adalah hasil perhitungan yang telah didapatkan

**Tabel 4.3** Hasil perhitungan analisis batu apung pada sampel 1A dengan menggunakan fitur *Find Edges*

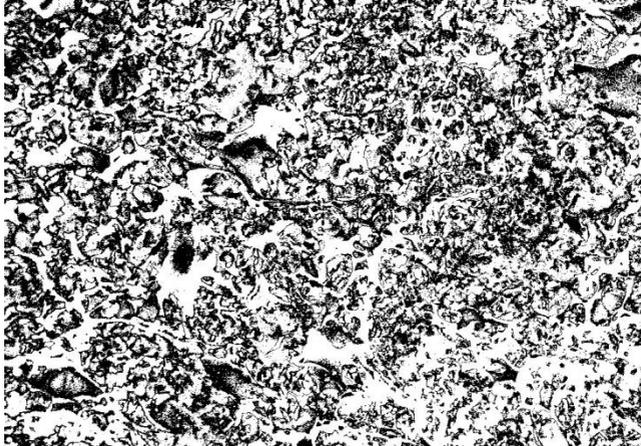
Perbesaran	Luas Permukaan ( $\mu\text{m}$ )	Dengan Fitur Find Edges		
		Jumlah Pori Teranalisis	Luas Pori Teranalisis ( $\mu\text{m}^2$ )	Fraksi Porositas
700	406032	764	511538	0,7184
1000	718848	450	363136	0,5051
4000	718848	362	250471	0,3484
6000	406032	27	112343	0,2767

**Tabel 4.4** Hasil perhitungan analisis batu apung pada sampel 3B dengan menggunakan fitur *Find Edges*

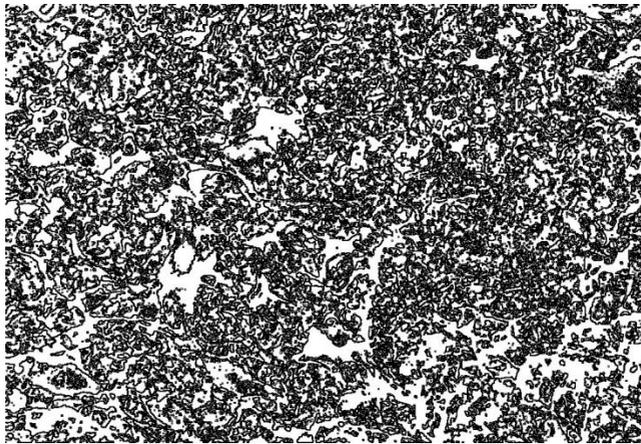
Perbesaran	Luas Permukaan ( $\mu\text{m}$ )	Dengan Fitur Find Edges		
		Jumlah Pori Teranalisis	Luas Pori Teranalisis ( $\mu\text{m}^2$ )	Fraksi Porositas
700	718848	892	283393	0,3942
1000	718848	835	248560	0,3457
4000	718848	668	247215	0,3439
6000	404736	22	98868	0,2442

*Find Edges* merupakan salah satu fitur dalam *imagej* yang digunakan untuk menentukan tepi atau batas bidang yang akan dianalisis. Dengan menggunakan fitur ini batas pada setiap pori akan terlihat jelas. Secara garis besar didapatkan hasil yang sama antara dengan menggunakan fitur *Find Edges* ataupun tanpa menggunakan fitur *Find Edges* dimana nilai porositas akan semakin turun saat perbesaran gambar bertambah.

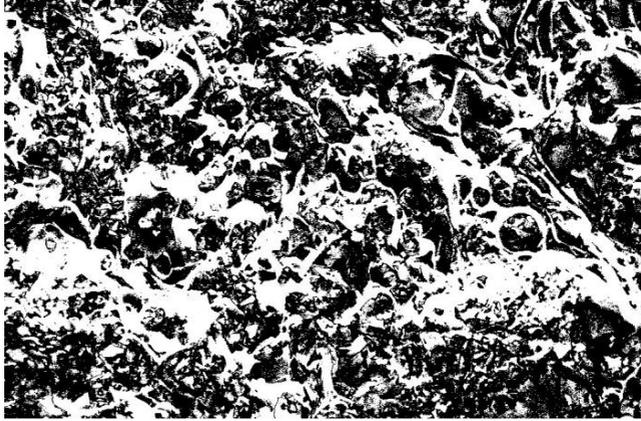
Perbedaan antara menggunakan fitur *Find Edges* dan tanpa menggunakannya terletak pada jumlah pori yang teranalisis, dimana setelah digunakan fitur *Find Edges* jumlah pori yang teranalisis lebih sedikit dibanding tanpa menggunakan fitur ini. Perbedaan antara menggunakan dan tidak menggunakan fitur *Find Edges* juga terdapat pada luas pori yang teranalisis dimana total luas pori sampel 1A yang teranalisis lebih besar dibandingkan total luas pori sampel B yang teranalisis. Akibatnya nilai fraksi porositas sampel 1A yang lebih besar dibanding sampel 3B. Perbedaan ini terjadi karena banyak terdapat pori yang samar pada sampel 1A setelah dilakukan proses *threshold* sehingga saat dilakukan proses *Find Edges* pori yang samar ini akan teridentifikasi oleh *imagej* dan membentuk banyak pori berbatas kecil akibat samarnya pori hasil *threshold* warna. Pada sampel 3B, hasil gambar setelah dilakukan proses *threshold* lebih tajam sehingga saat dilakukan proses *Find Edges* terbentuk batas pori yang jelas dan jumlahnya lebih sedikit. Berikut adalah gambar yang digunakan dalam analisis porositas pada kedua sampel dengan perbesaran 700 kali



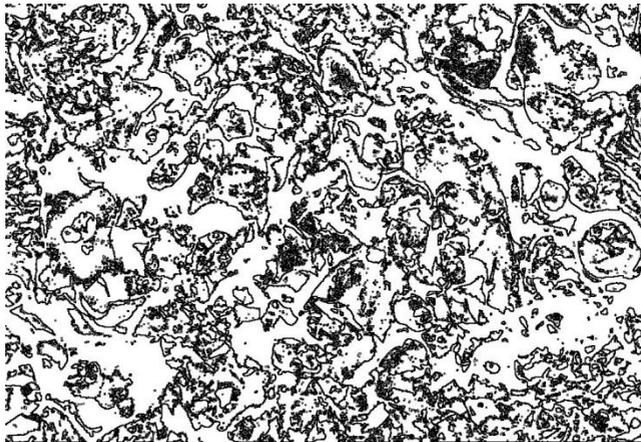
**Gambar 4.14** Gambar hasil threshold warna sampel 1A perbesaran 700 kali tanpa fitur *Find Edges*



**Gambar 4.15** Gambar hasil threshold warna sampel 1A perbesaran 700 kali dengan fitur *Find Edges*



**Gambar 4.16** Gambar hasil threshold warna sampel 3B perbesaran 700 tanpa fitur *Find Edges*



**Gambar 4.17** Gambar hasil threshold warna sampel 3B perbesaran 700 dengan fitur *Find Edges*.

Berdasarkan tabel 4.4 dan tabel 4.5 didapatkan data bahwa jumlah pori yang teranalisis pada sampel 1A yang digali dengan kedalaman penggalian  $\pm 0,3$  meter lebih

sedikit jika dibandingkan jumlah pori yang teranalisis pada sampel 3B yang digali pada kedalaman  $\pm 3$  meter. Akan tetapi nilai porositas sampel 1A lebih besar dibanding sampel 1A. Luas pori sampel 1A yang teranalisis lebih besar dibanding luas pori sampel 3B yang teranalisis. Atau dengan kata lain berdasarkan hasil perhitungan porositas batu apung dengan menggunakan fitur *Find Edges*, batu apung yang digali pada kedalaman dangkal atau berada pada lapisan atas memiliki fraksi porositas yang lebih tinggi dibandingkan batu apung yang terletak di lapisan bawah. Karena porositas berbanding terbalik dengan densitas, maka berdasarkan hasil tersebut dikatakan bahwa densitas batu apung yang terdapat pada lapisan atas lebih kecil dibandingkan densitas batu apung yang ada lapisan bawah.

Pada analisis perhitungan luas pori oleh *imagej* juga diperoleh nilai standart deviasi. Berikut adalah tabel nilai standart deviasi yang didapatkan pada penelitian ini,

**Tabel 4.5** Nilai standart deviasi untuk perhitungan luas pori teranalisis *imagej*

Perbesaran	Sampel 1A		Sampel 3B	
	Dengan fitur <i>Find Edges</i>	Tanpa fitur <i>Find Edges</i>	Dengan fitur <i>Find Edges</i>	Tanpa fitur <i>Find Edges</i>
700	1,203	1,069	3,297	2,355
1000	3,332	1,160	3,379	1,741
4000	1,178	1,188	0,912	1,088
6000	1,590	2,456	1,350	1,970

Pada perbesaran 700 dan 1000 kali, nilai standart deviasi untuk kedua sampel dengan menggunakan fitur *Find Edges* lebih besar jika dibandingkan dengan nilai standart deviasi untuk sampel tanpa menggunakan *Find Edges*. Sedangkan pada perbesaran 4000 dan 6000 nilai standart deviasi sampel yang menggunakan fitur *Find Edges* lebih kecil dibanding nilai dtandart deviasi sampel tanpa fitur *Find Edges*. Perbedaan ini disebabkan pada sampel dengan perbesaran 4000 dan 6000 kali pori yang terlihat lebih besar dan lebih jelas sehingga batas pori yang terbentuk lebih terlihat dan perhitungan yang dilakukan *imagej* lebih akurat. Berdasarkan nilai standart deviasi yang telah dijabarkan, disarankan untuk menggunakan fitur *Find Edges* untuk menghitung luas pori teranalisis agar terlihat lebih jelas batas antara pori yang akan dihitung.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5. 1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Distribusi kimia yang diamati berasal dari Si, O, Al dan Na. Unsur Si lebih banyak ditemukan di bagian permukaan dinding pori, unsur Al lebih banyak ditemukan di pori bagian dalam batu apung unsur Na yang kadarnya lebih sedikit ditemukan di terdapat di bagian tepi dinding batas pori dan ada juga yang terdapat di bagian tengah dinding batas pori. Sedangkan unsur O lebih banya ditemukan bercampur dengan unsur lainnya
2. Berdasarkan tampilan mikrografi batu apung, pori batu apung mayoritas berbentuk asimetris dimana pori pori ini saling berhubungan satu sama lain
3. Fraksi porositas batu apung berdasarkan perhitungan analisis dari software *ImageJ* dengan menggunakan perbesaran analisis morfologi 1000 kali pada sampel 1A yang berasal dari desa Ijo Balit Lombok Timur dengan kedalaman penggalian  $\pm 0,3$  meter adalah 0,4509 (tanpa menggunakan fitur *Find Edges*) dan 0,5051 (dengan menggunakan fitur *Find Edges*) sedangkan pada sampel 3B yang berasal dari desa Karang Sidemen Lmbok Tengah dengan kedalaman penggalian  $\pm 3$  meter adalah 0,5019 (tanpa menggunakan fitur *Find Edges*) dan 3457 (dengan menggunakan fitur *Find Edges*).

## 5.2 Saran

1. Pada proses pembuatan sampel untuk mengetahui struktur mikro, permukaan sampel harus dibuat benar benar rata
2. Untuk menganalisis struktur mikro menggunakan fitur *threshold* dengan menggunakan *software ImageJ*, dibutuhkan ketelitian untuk mengatur warna agar terlihat perbedaan antara pori dan non pori serta disarankan untuk menggunakan fitur *Find Edges* agar batas bidang terlihat jelas
3. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji untuk mengetahui jenis ikatan dari senyawa penyusun batu apung

## DAFTAR PUSTAKA

- Collins, Tony J., 2007. IMAGEJ FOR MICROSCOPY. Bio Technique. Vol 43. S25-S30
- Hynes, Margaret. 2006. BATUAN & FOSIL. Jakarta; Erlangga
- Kumalawati, A., Sir, T.M., Mastaram, Y., 2013. ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN ABU BATU APUNG SEBAGAI PENGGANTI FILLER UNTUK CAMPURAN ASPAL. J. Tek. Sipil 2, 191–200.
- Kurniawan, C, dkk.2015. ANALISIS UKURAN PARTIKEL MENGGUNAKAN FREE SOFTWARE IMAGE-J. Pusat Penelitian Fisika, LIPI
- Malik, Yakub.2012. HANDOUT BATUAN MENGENAL BATUAN. Jurusan Pendidikan Geografi UPI. Bandung
- Nandi. 2010. HANDOUT GEOLOGI LINGKUNGAN BATUAN, MINERAL, DAN BATUBARA. Jurusan Pendidikan Geografi UPI. Bandung
- Sukandarrumudi. 2009. BAHAN GALIAN INDUSTRI. Yogyakarta: UGM Press
- Supriadi R.A, dkk. 2010. MAKALAH BAHAN GALIAN BATU APUNG. Jurusan Kimia Universitas Mataram. Mataram

***“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”***

## Profil Penulis



Ade Lina Nur Fadlilah atau yang lebih akrab dipanggil Adelina dilahirkan pada 25 Maret 1995 di Kota Lamongan. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Ahmad Nur Wahid dan Ibu Nur Laeli Fanimah. Penulis mengawali pendidikan formal di TK Al Wardah VIII Gendong Kulon yang kemudian melanjutkan ke MI Hayatul Islam Gendong Kulon. Penulis menamatkan pendidikan menengah pertama di MTs Raudlatul Muta'allimin Lamongan dan melanjutkan di MA Raudlatul Muta'allimin Lamongan. Pada tahun 2012 penulis diterima di jurusan Fisika ITS melalui jalur SNMPTN Tulis yang terdaftar dengan NRP 11 12 100 046. Penulis menggeluti bidang minat Fisika material selama berkuliah di Fisika ITS. Semenjak memasuki semester 5, penulis tercatat sebagai pengajar di YTPAI Raudlatul Muta'allimin Lamongan. Penulis aktif di organisasi ekstra kampus selama berkuliah di ITS. Penulis lebih suka mengisi waktu luang dengan membaca novel. Penulis bisa dihubungi melalui email [adelinawahid95@gmail.com](mailto:adelinawahid95@gmail.com).

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***