



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

ANALISIS RESISTIVITAS DAN POROSITAS CAMPURAN BATU APUNG-RESIN EPOKSI UNTUK PEMBUATAN BVAHAN ISOLATOR LISTRIK

SKRIPSI



SULUNG ADY SUSANTO
06135041

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA
DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2011

ABSTRAK

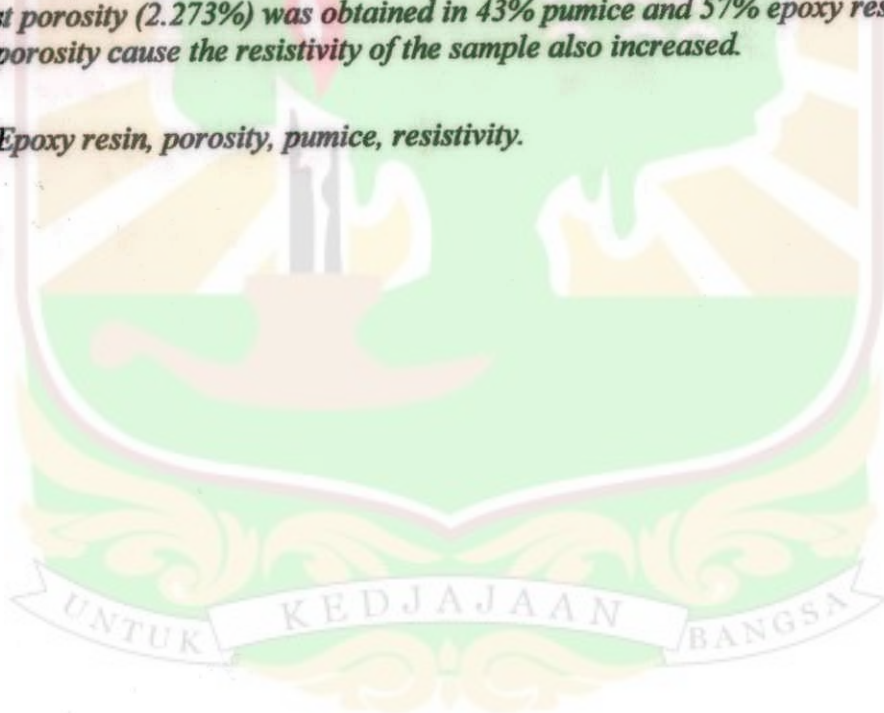
Batu apung adalah batuan yang memiliki nilai resistivitas tinggi. Demikian pula resin epoksi, merupakan salah satu bahan termoset yang dapat digunakan sebagai isolator tegangan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu isolator dengan menggunakan bahan utama batu apung sedangkan resin epoksi berfungsi sebagai perekat. Nilai resistivitas diamati pada 8 sampel dengan komposisi massa batu apung sebesar 61%, 57%, 54%, 50%, 48%, 45%, 43%, 41%, dan massa resin epoksi sebesar 39%, 43%, 46%, 50%, 52%, 55%, 57%, 59%. Usia pematangan sampel pada penelitian ini adalah 28 hari. Resistivitas terbesar (200573,16 Ωm) diperoleh pada sampel dengan komposisi 61% batu apung dan 39% resin epoksi. Sedangkan resistivitas terkecil (108247,86 Ωm) diperoleh pada sampel dengan komposisi 41% batu apung dan 59% resin epoksi. Terlihat hubungan antara perubahan persentase komposisi dengan resistivitas sampel. Peningkatan persentase resin epoksi menyebabkan penurunan nilai resistivitas sampel. Selain itu diamati juga pori yang terbentuk pada sampel. Porositas terbesar (5,940%) didapatkan pada sampel dengan komposisi 61% batu apung dan 39% resin epoksi, dan porositas terkecil (2,273%) didapatkan pada 43% batu apung dan 57% resin epoksi. Peningkatan nilai porositas menyebabkan nilai resistivitas sampel juga meningkat.

Kata kunci: Batu apung, porositas, resin epoksi, resistivitas.

ABSTRACT

Pumice is a rock that has a high resistivity. Similarly, epoxy resin, is one of the thermoset materials which can be used as a high voltage insulator. This research aims to create an insulator by using a pumice as the main ingredient, and epoxy resin as an adhesive. Resistivity values were observed in 8 samples with a mass composition of pumice by 61%, 57%, 54%, 50%, 48%, 45%, 43%, 41%, and the mass of epoxy resin by 39%, 43%, 46%, 50%, 52%, 55%, 57%, 59%. Curing age of the sample in this research was 28 days. Largest resistivity (200573.16 Ωm) was obtained on samples with a composition of 61% pumice and 39% epoxy resin, while the smallest resistivity (108247.86 Ωm) was obtained on samples with composition 41% pumice and 59% epoxy resin. Correlations were found between the variations of percentage composition and the resistivity. Increasing the percentage of epoxy resin causes a decrease in the resistivity. In addition, it is also observed that the pore of the sample, that largest porosity (5.940%) was obtained on samples with a composition of 61% pumice and 39% epoxy resin, and the smallest porosity (2.273%) was obtained in 43% pumice and 57% epoxy resin. Increased porosity cause the resistivity of the sample also increased.

Keyword: Epoxy resin, porosity, pumice, resistivity.



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbal'alamin sebagai wujud rasa syukur kehadiran Allah SWT serta atas rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini. Skripsi yang berjudul "ANALISIS RESISTIVITAS DAN POROSITAS CAMPURAN BATU APUNG-RESIN EPOKSI UNTUK PEMBUATAN BAHAN ISOLATOR LISTRIK" ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sains program studi S1 Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Andalas.

Selanjutnya penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah ikut serta membantu dalam penulisan skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada:

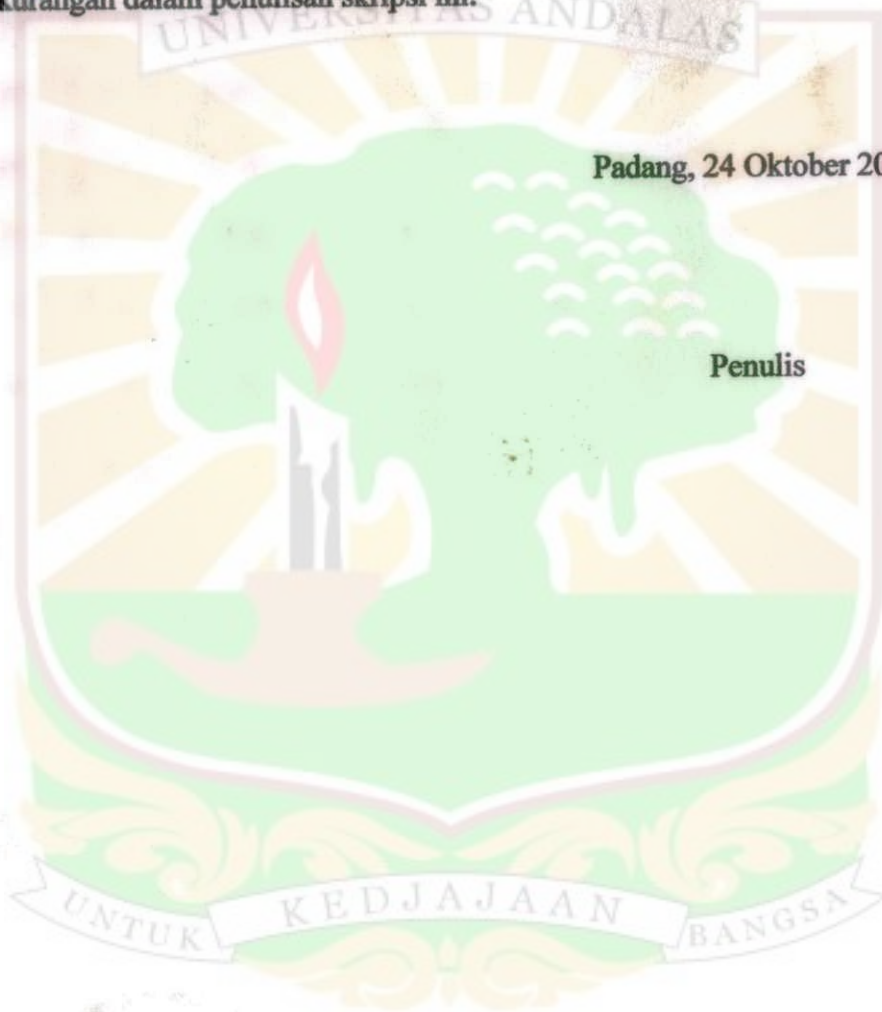
1. Bapak Ardian Putra, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan memberikan ide-ide briliannya untuk penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Arif Budiman, M.Si. selaku Ketua Jurusan Fisika.
3. Kedua orang tua yang telah membekali penulis dengan pelajaran kehidupan yang hingga penulis dapat melangkah sejauh ini.
4. Bapak Dr. Elvaswer, Bapak Afdal, M.Si., Bapak Afdhal Muttaqin, M.Si yang masing-masing bertindak sebagai penguji. Saran-saran yang bapak berikan sangat berharga bagi penulisan skripsi ini.

5. Anak-anak $\Phi 6_{x\text{brain}}$ – dan termasuk Bapora di dalamnya – yang telah berjuang bersama-sama untuk mendapatkan gelar S.Si.

Kemudian penulis masih mengharapkan kritik dan saran yang dapat menjadikan skripsi ini menjadi lebih sempurna, karena penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini.

Padang, 24 Oktober 2011

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Batu Apung.....	6
2.2.2 Resin Epoksi.....	12
2.2.3 Isolator.....	17
2.2.4 Resistivitas Listrik.....	20
2.2.5 Porositas	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.2.1 Alat	24
3.2.2 Bahan Penelitian.....	28
3.3 Prosedur Penelitian.....	28
3.3.1 Pembuatan Sampel	28
3.3.2 Pengujian Sampel	29
3.3.3 Pengolahan Data.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32

4.1 Hubungan Resistivitas dan Massa Resin Epoksi.....	32
4.2 Hubungan Porositas dan Massa Resin Epoksi.....	34
4.3 Hubungan Resistivitas dan Persentase Kandungan Sampel.....	36
4.4 Hubungan Porositas dan Persentase Kandungan Sampel.....	37
4.5 Hubungan Porositas dan Resistivitas.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	42
DAFTAR KEPUSTAKAAN.....	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batu Apung.....	7
Gambar 2.2 Bahan yang Berbentuk Silinder.....	22
Gambar 3.1 Pipa PVC	24
Gambar 3.2 Jangka Sorong	25
Gambar 3.3 Neraca Digital.....	25
Gambar 3.4 Elektroda Tembaga.....	26
Gambar 3.5 Multimeter Digital.....	26
Gambar 3.6 <i>Crocodile Clips</i>	27
Gambar 3.7 Catu Daya	27
Gambar 3.8 Rangkaian Probe Dua Elektroda	30
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Resistivitas dengan Massa Resin.....	33
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Porositas dengan Massa Resin	35
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Resistivitas dan Persentase Kandungan Sampel ..	37
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Porositas dan Persentase Kandungan Sampel	38
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Resistivitas dengan Porositas	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisis Batu Apung	8
Tabel 2.2 Sifat Kimia Batu Apung.....	8
Tabel 2.3 Persentase Komposisi Kimia Batu Apung	9
Tabel 2.4 Sifat Fisis Beberapa <i>Filler</i> dalam Sistem Resin Epoksi.....	16
Tabel 2.5 Resistivitas Listrik Beberapa Bahan	22
Tabel 3.1 Komposisi Sampel untuk Uji Resistivitas.....	29
Tabel 4.1 Nilai Resistivitas untuk Masing-masing Massa Resin Epoksi	32
Tabel 4.2 Nilai Porositas untuk Masing-masing Massa Resin Epoksi.....	34
Tabel 4.3 Nilai Resistivitas Berdasarkan Persentase Kandungan Sampel	36
Tabel 4.4 Nilai Porositas Berdasarkan Persentase Kandungan Sampel.....	37
Tabel 4.5 Nilai Porositas dan Resistivitas Sampel.....	39



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	45
LAMPIRAN 2	46
LAMPIRAN 3	48



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak gunung berapi. Deretan gunung berapi di Indonesia terbentang mulai dari pulau Sumatera, Jawa, Bali, Sulawesi, kepulauan Maluku, dan beberapa pulau-pulau kecil lainnya. Seperti yang kita ketahui gunung berapi adalah penghasil bermacam-macam jenis batuan, keragaman batuan yang terbentuk tergantung pada kandungan material yang berada di bawah gunung berapi tersebut. Salah satunya adalah *pumice*, atau yang lebih dikenal oleh masyarakat Indonesia sebagai batu apung, karena sifatnya yang ringan dan terapung di atas air.

Batu apung adalah salah satu jenis batuan yang berasal dari muntahan lahar panas gunung berapi, yang kemudian mengalami proses pendinginan secara alami dan terendap dalam lapisan tanah selama bertahun-tahun. Batu apung ini terbentuk bila magma yang bersifat asam keluar dari gunung berapi dan bersentuhan dengan udara secara tiba-tiba. Gelembung-gelembung gas yang terdapat pada magma tersebut menyebabkan batu apung memiliki pori-pori yang relatif lebih besar dibandingkan dengan batuan alam lain. Hal itu terjadi karena magma sudah membeku terlebih dahulu sebelum gelembung-gelembung gas mampu keluar.

Sudah banyak pembahasan mengenai pemanfaatan batu apung ini. Kebanyakan batu apung digunakan sebagai bahan pembuat beton ringan, karena pada dasarnya batu apung merupakan batuan yang bersifat ringan. Selain ringan,

batu apung juga bersifat sebagai isolator, baik isolator termal maupun isolator listrik. Batu apung merupakan material yang sangat cocok untuk diolah menjadi bahan isolator. Batu apung dikenal sebagai bahan isolator suhu tinggi. Jika dipanaskan dengan suhu yang tinggi, maka hanya sedikit perubahan yang terjadi pada batu apung ini, baik perubahan strukturnya maupun perubahan volumenya. Hal ini sangat cocok dengan sifat isolator termal yang baik yaitu memiliki daya tahan terhadap perubahan bentuk walaupun di berikan suhu yang tinggi. Jika suatu bahan bersifat sebagai isolator termal, biasanya bahan tersebut juga akan bersifat sebagai isolator listrik. Ada beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam menentukan jenis suatu bahan. Bahan yang memiliki sifat isolator listrik diantaranya memiliki nilai resistivitas yang besar.

Meskipun batu apung memiliki banyak manfaat, namun untuk wilayah Indonesia dan khususnya di provinsi Sumatera Barat, pemanfaatan batu apung dinilai masih belum maksimal. Padahal pasokan batu apung Indonesia bisa dikatakan berlimpah. Hal ini terlihat dari besarnya nilai ekspor dan tidak adanya impor batu apung dari luar Indonesia. Untuk wilayah Sumatera Barat sangat jarang ada industri yang melakukan pengolahan terhadap batu apung. Batu apung biasanya hanya menjadi limbah dari proses pengambilan tanah, baik untuk tanah timbunan maupun tanah untuk diolah menjadi batu bata. Industri pertambangan batu apung hanya berkembang di provinsi Nusa Tenggara Barat. Karena kurangnya pemanfaatan dan mudahnya mendapatkan batu apung ini, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian agar dapat menambah nilai guna dari batu apung tersebut. Dari penelitian ini diharapkan batu apung yang biasanya hanya

berperan sebagai limbah, dapat difungsikan menjadi bahan yang lebih berguna, salah satunya adalah menjadikannya sebagai bahan isolator listrik. Karena penelitian ini bermanfaat untuk membuat suatu bahan isolator listrik dengan menggunakan bahan baku batu apung, maka masalah yang akan diuraikan adalah mengamati kecocokan antara parameter-parameter listrik parameter-parameter suatu isolator listrik. Pada penelitian ini parameter-parameter yang menjadi dasar pengujian adalah resistivitas listrik.

1.2 Tujuan Penelitian

Ada dua hal yang akan ditinjau pada penelitian ini yaitu resistivitas listrik dan porositas campuran batu apung-resin epoksi. Dari dua hal tersebut, akan di peroleh suatu tujuan yaitu dapat membuat suatu bahan yang bersifat sebagai isolator listrik dengan memanfaatkan batu apung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penyelidikan mengenai batu apung sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh K. M. A. Hossain, seorang peneliti dari Ryerson University, Toronto, Canada pada tahun 2005. Pengamatan dilakukan terhadap campuran batu apung dengan semen. Dari pengamatan yang dilakukan, dapat terlihat adanya hubungan antara koefisien difusi ion klorida, porositas, dan resistivitas listrik campuran batu apung dengan semen. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan persentase berat batu apung. Campuran divariasikan mulai dari 0%, 20%, dan 40% batu apung. Dari ketiga variasi tersebut, divariasikan lagi (W/B) yaitu perbandingan antara air dan semen (*water to binder ratio*). Variasi perbandingan air dan semen W/B adalah 0,40; 0,50; dan 0,60. Maksimal *curing age* yang dibutuhkan mencapai satu tahun. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah campuran 40% batu apung dan semen memiliki nilai resistivitas listrik yang paling tinggi.

Selain untuk bahan pembuat isolator batu apung sering dimanfaatkan sebagai salah satu material pencampur untuk pembuatan beton ringan. Juwairiah, pada tahun 2009 telah melakukan percobaan mengenai pembuatan beton polimer ringan dengan menggunakan batu apung, pasir silika, dan resin epoksi. Preparasi benda uji dilakukan dengan tahapan batu apung, pasir silika, dan resin epoksi dicampurkan dan diaduk hingga merata. Kemudian dicetak menjadi benda uji dan dikondisikan pada suhu 60° C selama 24 jam. Dalam pembuatan benda uji tersebut, komposisi batu apung dan resin epoksinya divariasikan. Dari hasil

pengamatan terlihat bahwa penambahan batu apung dapat menurunkan sifat fisis, mekanik, dan sifat termal beton polimer. Sebaliknya jika jumlah komposisi resin epoksi ditingkatkan sampai 25%, maka kualitas beton polimer cenderung meningkat. Kondisi optimum dicapai pada komposisi 75 % agregat (30 % batu apung + 70 % pasir silika) dan 25 % resin epoksi. Karakteristik beton polimer yang tercatat pada komposisi tersebut di antaranya adalah densitas $2,18 \text{ g/cm}^3$, penyerapan air = 0,98 %, kuat tekan = 1,2 Mpa, kuat patah = 15,36 MPa, kuat tarik = 8,27 MPa, modulus elastisitas = 31 GPa, koefisien ekspansi termal = $12,5 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$.

Maryati Doloksaribu, 2005 telah melakukan penelitian mengenai pembuatan bahan yang bersifat isolator beserta penentuan karakteristiknya. Yang ingin diamati adalah pengaruh komposisi alumina untuk pembuatan keramik alumina porselin sebagai bahan isolator listrik. Bahan baku yang digunakan adalah campuran dari kaolin (Belitung), kuarsa (Sukabumi), feldspar (Lodoyo), dan alumina (produk Jerman). Dengan memvariasikan persentase komposisi alumina dan suhu pembakaran, maka akan terlihat bahwa persentase alumina dapat memberikan pengaruh terhadap sifat fisis, mekanis, dan sifat listrik dari keramik porselin alumina tersebut. Dari karakterisasi sifat listrik yang dihasilkan maka keramik porselin alumina dengan komposisi alumina 10 % hingga 20 % yang disinter pada suhu $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ dapat digunakan sebagai isolator listrik tegangan tinggi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Batu Apung

Batuan merupakan hasil dari erupsi gunung berapi. Lava yang berasal dari letusan gunung berapi akan mengalir melalui saluran-saluran lava di dinding gunung dan akan membawanya ke sungai-sungai. Setelah mengalami proses pendinginan secara alami, lava tersebut akan membeku dan terbentuklah batuan. Keragaman jenis batuan sangat dipengaruhi oleh proses pendinginan dan kandungan yang terdapat pada lava gunung berapi. Salah satu jenis batuan yang dihasilkan dari erupsi gunung berapi tersebut adalah batu apung (*pumice*).

Batu apung adalah salah satu jenis batuan yang berasal dari muntahan lahar panas gunung berapi. Kemudian dilanjutkan oleh proses pendinginan secara alami dan terendap dalam lapisan tanah selama bertahun-tahun (Mulyadi dkk, 2008). Batu apung merupakan batuan yang tergolong ringan. Struktur dari batu apung ini tidak padat, banyak terdapat rongga-rongga udara di dalamnya. Hal inilah yang menyebabkan batu apung bisa mengapung di air. Batuan ini memiliki warna terang, memiliki pori ber dinding gelas yang kasat mata. Batu yang biasanya juga disebut dengan batuan gelas vulkanik silikat ini tersebar secara tidak merata dalam batuan breksi gunung berapi.

Terbentuknya batu apung diawali dari magma yang keluar ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik. Batu apung terjadi bila magma asam muncul ke permukaan dan bersentuhan dengan udara luas secara tiba-tiba. Saat buih gas alam yang terkandung di dalamnya memiliki kesempatan untuk keluar, tiba-tiba magma

sudah membeku terlebih dahulu. Hal itulah yang menyebabkan batu apung memiliki poros yang relatif lebih besar dibandingkan dengan batuan lain.

Pumice umumnya ditemukan 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. Suhu yang dibutuhkan untuk mengubah obsidian menjadi batu apung rata-rata 880°C . Setelah dilakukan pemanasan, berat jenis obsidian yang semula $2,36 \text{ gr/cm}^3$ turun menjadi $0,416 \text{ gr/cm}^3$.

Batuan ini biasanya berwarna putih, abu-abu, kekuningan, dan merah. Tekstur yang terdapat pada batu apung adalah vesikuler dengan ukuran lubang yang bervariasi, seperti terlihat pada Gambar 2.1. Kadang-kadang lubang tersebut terisi oleh *zeolit* atau *kalsit*. Batuan ini tahan terhadap pembekuan (*frost*), tidak begitu higroskopis (mengisap air), memiliki sifat penghantar panas yang rendah dan kekuatan tekannya antara $30\text{-}20 \text{ kg/cm}^2$, dan komposisi utama pada batu apung ini adalah mineral silikat amorf.



Gambar 2.1 Batu Apung

Tabel 2.1 Sifat Fisis Batu Apung
(Ridwan, dkk. 2010)

No.	Sifat Fisika	Keterangan
1	Bobot isi ruah	480 – 960 kg/cm ³
2	Peresapan air	16,67%
3	Massa Jenis	0,8 gr/cm ³
4	Hantaran suara	Rendah
5	Rasio kuat tekan terhadap beban	Tinggi
6	Konduktifitas panas	Rendah
7	Ketahanan terhadap api	Sampai 6 jam

Tabel 2.1 menunjukkan sifat-sifat fisis yang dimiliki oleh batu apung. Jenis batuan lainnya yang memiliki kesamaan struktur fisika dan asal terbentuknya dengan batu apung adalah *pumicit*, *volkanik cinter*, dan *scoria*.

Tabel 2.2 Sifat Kimia Batu Apung
(Ridwan, dkk. 2010)

No.	Sifat Kimia	Keterangan
1	Hilang pijar (LOI / Loss of Ignition)	6%
2	pH	5
3	Warna	Terang
4	Komposisi kimia	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , Na ₂ O, K ₂ O, MgO, CaO, TiO ₂ , SO ₃ , Cl
5	Kandungan Mineral	Feldspar, Kuarsa, Obsidian, Kristobalit, dan Tridimit

Tabel 2.2 menunjukkan sifat-sifat kimia yang dimiliki oleh batu apung. Dari tabel tersebut terlihat bahwa batu apung tersusun atas beberapa unsur maupun senyawa kimia.

Penjelasan lebih lanjut mengenai unsure, senyawa-senyawa kimia penyusun batu apung, dan persentase komposisi penyusun batu apung dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persentase Komposisi Kimia Batu Apung
(Ridwan, dkk. 2010)

No.	Komposisi Kimia	Persentase (%)
1	SiO ₂	60 – 75
2	Al ₂ O ₃	12 – 15
3	Fe ₂ O ₃	0,9 – 4
4	Na ₂ O	2 – 5
5	K ₂ O	2 – 4
6	MgO	1 – 2
7	CaO	1 – 2

Batu apung merupakan salah satu jenis bahan galian golongan C. Untuk memperoleh batu apung relatif lebih mudah dibandingkan bahan galian lainnya karena endapan batu ini terletak tidak jauh dari permukaan tanah dan tidak keras. Oleh sebab itu, proses penambangan hanya cukup dilakukan dengan tambang terbuka atau tambang permukaan dan dengan menggunakan peralatan yang sederhana. Jika batu apung terkontaminasi dengan material lain, pemurniannya cukup dilakukan dengan cara manual.

Penelusuran keberadaan endapan batu apung dapat dilakukan dengan mempelajari struktur geologi batuan di daerah sekitar jalur aliran lava gunung berapi, antara lain dengan mencari singkapan-singkapan dengan geolistrik atau melakukan pengeboran dan pembuatan beberapa sumur uji. Selanjutnya, dibuat

peta topografi daerah yang diperkirakan mengandung endapan batu apung dengan skala yang besar untuk melakukan eksplorasi secara detail. Eksplorasi detail bertujuan untuk mengetahui kualitas dan kuantitas cadangan dengan lebih pasti. Metode eksplorasi yang digunakan diantaranya adalah dengan pengeboran (bor tangan maupun bor mesin) atau dengan pembuatan sumur uji.

Dalam menentukan metode yang akan digunakan, terlebih dahulu harus diamati kondisi dari lokasi yang akan dieksplorasi, yaitu didasarkan pada peta topografi yang dibuat pada tahap penelusuran. Metode eksplorasi dengan pembuatan sumur uji, diawali dengan membuat pola empat persegi panjang dengan jarak dari satu titik sumur uji yang satu ke sumur uji berikutnya adalah sekitar 25-50 m. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan sumur uji ini sangat sederhana, diantaranya adalah cangkul, linggis, ember dan tali.

Pada eksplorasi dengan pengeboran dapat dilakukan dengan menggunakan bor tangan maupun bor mesin yang dilengkapi dengan *bailer* (penangkap contoh). Dalam eksplorasi ini, dilakukan juga pengukuran dan pemetaan yang lebih detail untuk digunakan dalam perhitungan cadangan dan pembuatan perencanaan tambang.

Walaupun di Indonesia dan khususnya di wilayah Provinsi Sumatera Barat industri pengolahan batu apung masih tergolong masih minim – bahkan di provinsi Sumatera Barat batu apung hanya berperan sebagai limbah – namun ada juga beberapa industri yang bergerak di bidang pengolahan batu apung ini. Kebanyakan industri tersebut terdapat di Provinsi Nusa Tenggara Barat, karena batu apung banyak ditemukan di provinsi ini.

Untuk menghasilkan batu apung dengan kualitas yang sesuai dengan persyaratan ekspor atau kebutuhan di sektor konstruksi dan industri, batu apung dari tambang diolah terlebih dahulu, antara lain dengan menghilangkan pengotor dan mereduksi ukurannya. Jadi industri pengolahan batu apung yang terdapat di provinsi Nusa Tenggara Barat ini hanya fokus pada usaha eksplorasi batu apung dan *sizing* saja. Batu apung kemudian diekspor sebagai bahan mentah.

Secara garis besar, proses pengolahan batu apung terdiri atas:

- a. **Pemilahan (*sorting*)**, pemilahan ini dilakukan untuk memisahkan batu apung yang bersih dari batu apung yang masih banyak pengotornya (*impurities*), dan dilakukan secara manual atau dengan *scalping screens*.
- b. **Peremukan (*crushing*)**, hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mereduksi ukuran, dengan menggunakan *crusher*, *hammer mills*, dan *roll mills*.
- c. ***Sizing***, merupakan suatu usaha penyortiran untuk memilah material berdasarkan ukuran yang sesuai dengan permintaan pasar, yang dilakukan dengan menggunakan saringan.
- d. **Pengeringan (*drying*)**, pengeringan harus dilakukan jika material dari tambang banyak mengandung air, yang salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan *rotary dryer*.

Selain dimanfaatkan sebagai campuran utama pembuatan beton ringan, batu apung juga digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*), pemoles/penggosok (*polishing*), pembersih (*cleaner*), *stonewashing*, abrasif, isolator temperatur tinggi dan lain-lain.

2.2.2 Resin Epoksi

Resin epoksi merupakan bahan kimia yang berwujud cair. Secara fisik, bentuknya menyerupai minyak goreng, tetapi lebih kental dibandingkan minyak goreng. Resin secara umum bisa digolongkan menjadi resin alami dan resin buatan (sintetik). Resin alami banyak didapatkan dari tumbuh-tumbuhan, karena resin merupakan hasil sekresi hidrokarbon dari berbagai tanaman terutama tumbuhan jenis konifera. Senyawa cair yang ditemukan dalam tanaman adalah getah, lateks, atau lendir, namun kadang-kadang kita dibingungkan dengan istilah tersebut, padahal secara kimia mereka sama.

Karena bahan alami dianggap memiliki beberapa kekurangan, manusia berusaha untuk mengembangkan bahan-bahan buatan (sintetik). Bahan sintetik ini diharapkan dapat memberikan sifat-sifat unggul yang tidak didapatkan dari bahan-bahan alami yang ada disekitarnya. Perkembangan penemuan-penemuan bahan polimer sintetik tidak bisa terlepas dari sejarah penemuan bahan plastik. Perkembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (permen karet, *shellac*) sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia (karet alami, *nitrocellulose*) dan akhirnya ke molekul buatan manusia (*epoksi*, *polyvinyl chloride*, *polyethylene*).

Berdasarkan sifat daur ulangnya, bahan sintetik dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu *thermoplastic* dan *termosetting*.

1. *Thermoplastic*

Thermoplastic merupakan bahan sintetik yang ikatan antara rantai-rantai molekulnya tidak terlalu kuat, ikatan tersebut akan menjadi lemah jika bahan

mengalami kenaikan temperatur dan menjadi lebih kuat bila temperatur turun kembali, oleh karena itu jenis bahan sintetik ini akan menjadi lunak bila menerima pemanasan. Mudah dibentuk dan akan menjadi keras lagi bila temperatur turun kembali. Karena memiliki sifat demikian, *thermoplastic* dapat dibentuk berulang kali dengan melakukan pemanasan tiap kali akan membentuknya. Dengan kata lain bahan *thermoplastic* dapat didaur ulang.

2. *Thermosetting*

Thermosetting yaitu bahan sintetik yang akan segera mengeras setelah mencapai temperatur pembentukannya dan tidak akan menjadi lunak kembali walaupun mengalami proses pemanasan. *Thermosetting* biasanya lebih keras, lebih kuat dibandingkan dengan *thermoplastic*, selain itu bahan *thermosetting* tidak mudah larut dalam cairan pelarut.

Jenis-jenis *thermoplastic* dan sifat mekanisnya:

1. *Acrylics*

Sifatnya cukup kuat tahan *impact*, merupakan isolator listrik yang baik, mudah diberi warna, tahan terhadap bahan kimia. *Acrylics* secara optik paling transparan dari semua jenis plastik.

2. Nylon

Nylon memiliki sifat kuat, stabilitas dimensi baik, tapi harganya mahal, digunakan sebagai cetakkan untuk senar, *bearing* (bahan bantalan). Biasanya bahan nylon bersifat transparan.

3. Vinil

Sifatnya kaku dan tidak mudah lapuk, stabilitas dimensinya baik dan tahan air.

MILIK
UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ANDALAS

4. Polycarbonate

Kekuatan sangat tinggi, dan ringan.

Jenis-jenis *thermosetting* dan sifat mekanisnya:

1. Phenolic

Sifatnya kuat, keras, tidak transparan, dan mudah diberi warna. Harganya murah dapat dibentuk dengan mudah dengan cetakkan.

2. Melamin

Melamin termasuk bahan plastik yang tahan panas, tahan air, tidak mudah bereaksi dengan bahan-bahan kimia, dan merupakan isolator listrik yang baik. Bahan melamin tidak mudah bereaksi saat terkena panas.

3. Resin epoksi

Sifatnya keras, elastis tidak mudah bereaksi dengan bahan kimia, kestabilan dimensi cukup baik, dan banyak digunakan untuk alat listrik dan bahan *coating* (pelapis).

Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis resin epoksi. Resin epoksi adalah resin *thermosetting* dengan kinerja yang tinggi. Resin epoksi merupakan resin sintetik yang secara umum dihasilkan dari reaksi *epichlorohydrin* dengan *bisphenol*. Resin epoksi bisa dikatakan adalah salah satu polimer paling fleksibel yang banyak digunakan di berbagai aspek industri.

Dalam penggunaan resin epoksi ini, kita membutuhkan tambahan katalis (juga disebut *hardener* atau *curing agent*). Katalis yang berwujud cair ini merupakan pendamping setia resin. Cairan ini biasanya berwarna bening dan

berbau tajam. Katalis ini berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan adonan fiber, semakin banyak katalis maka akan semakin cepat adonan mengeras. Namun jika terlalu banyak katalis, hasilnya menjadi kurang bagus. Jika cairan katalis ini mengenai kulit, maka kulit akan terasa panas.

Beberapa resin epoksi butuh waktu bereaksi beberapa menit pada temperatur ruang, sementara yang lain membutuhkan waktu tambahan atau dipanaskan untuk menjadi keras. Karakteristik seperti kekerasan, tingkat fleksibilitas, ketahanan panas, maupun ketahanan kimia suatu epoksi yang dikeraskan tergantung kepada jenis resin yang digunakan, *curing agent*, dan *filler* yang ditambahkan.

Resin epoksi memiliki beberapa sifat fisika di antaranya adalah memiliki ikatan yang kuat antara molekulnya, tidak mudah menyusut, tidak mudah menguap, banyak material yang bisa cocok jika digabungkan dengan resin epoksi, tahan terhadap korosi, dan merupakan isolator listrik yang baik.

Beberapa material yang dicampurkan dengan resin epoksi disebut dengan *filler*. *Filler* digunakan agar biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan suatu material tidak terlalu besar. Selain masalah biaya, penggunaan *filler* memiliki beberapa tujuan tergantung jenis *filler*-nya, seperti *zinc* yang berfungsi sebagai pencegah korosi, besi, pasir silika, dan *silicon carbide* sebagai anti gores, perak sebagai konduktor listrik, dan lainnya. Pada Tabel 2.4 dapat dilihat sifat-sifat fisis *filler* yang digunakan dalam sistem resin epoksi. Masing-masing *filler* memiliki sifat fisis yang berbeda-beda. Dengan melihat sifat fisis tersebut, akan memudahkan dalam pemilihan *filler* yang tepat dengan kriteria yang dibutuhkan.

Tabel 2.4 Sifat Fisis Beberapa *Filler* dalam Sistem Resin Epoksi
(Edward M. Petrie, 2006)

No	Filler	Sifat Fisis			
		Konduktivitas Termal (W/(m.K))	Koefisien Ekspansi Termal ($10^{-6}/K$)	Densitas (g/cm^3)	Konstanta Dielektrik
1	Kalsium Karbonat	2,3	10	2,71	6,14
2	Kaolin	2,0	8	2,58	2,6
3	Talc	2,1	8	2,8	5,5–7,5
4	Mika	2,5	8	2,82	2–2,6
5	Glass Microballoons	0,008	8,8	0,15–0,3	1,5
6	Hydrous Alumina	0,08	4,4	2,4–2,42	7
7	Silika	2,9	10	2,65	4,3
8	Serbuk Kayu	0,3	5–50	0,5–0,7	5

Contoh-contoh bahan kimia pada sistem resin epoksi:

1. Resin Epoksi

Resin epoksi biasanya berupa cairan berwarna bening atau kuning. Secara wujudnya, resin epoksi mirip dengan minyak goreng, namun kental daripada minyak goreng. Beberapa resin epoksi yang umum dipakai : *diglycidyl ether of bisphenol A* (DGEBA), *novolac resins*, *cycloaliphatic epoxy resins*, *brominated resins*, *epoxidized olefins*, *Epon* dan *Epikote*.

2. Katalis

Katalis ini bereaksi dengan resin epoksi untuk menghasilkan suatu produk epoksi. Biasanya berbentuk cairan dengan bau yang tajam.

Berikut beberapa kategori katalis:

- a. *Aliphatic amines* seperti *triethylenetetramine* (TETA) dan *diethylenetriamine* (DETA).
- b. *Aromatic amines*, termasuk *diaminodiphenyl sulfone* (DDS) dan *dimethylaniline* (DMA).
- c. *Amine/phenol formaldehydes* seperti *urea formaldehyde* dan *melamine formaldehyde*.
- d. *Catalytic curing agents* seperti *tertiary amines* dan *boron trifluoride complexes*.

Resin biasanya digunakan untuk bahan pencampur cat dan untuk pembuatan aksesoris. Untuk bahan aksesoris fiberglass, umumnya menggunakan resin cair bening. Resin bening biasanya digunakan untuk aksesoris yang menonjolkan kebeningannya, seperti untuk aksesoris visor, kap lampu, dan sebagai pengganti mika, namun penggunaan resin bening yang ada dipasaran untuk pengganti mika, masih belum menghasilkan kualitas yang memuaskan.

2.2.3 Isolator

Bahan penyekat (isolator) digunakan untuk memisahkan bagian-bagian yang bertegangan listrik. Oleh karena itu pemakaian bahan isolator perlu mempertimbangkan sifat-sifat kelistrikanya. Selain harus mempertimbangkan sifat listriknya, hal lain yang juga perlu dipertimbangkan adalah sifat termal, sifat mekanis, dan sifat kimia bahan isolator tersebut.

Sifat kelistrikan yang harus diperhitungkan mencakup resistivitas, permitivitas, dan kerugian dielektrik. Isolator membutuhkan bahan yang mempunyai resistivitas yang besar agar arus yang bocor diusahakan sekecil mungkin, bahkan dapat diabaikan. Isolator ada yang bersifat higroskopis, untuk isolator yang demikian, kita harus mempertimbangkan tempat penggunaan isolator tersebut, karena resistivitas isolator yang bersifat higroskopis akan menurun pada tempat yang lembab.

Suhu juga berpengaruh terhadap kekuatan mekanis dan ketahanan terhadap pengaruh kimia. Bahan isolasi dapat berkurang nilai resistivitasnya jika diberikan panas selama waktu tertentu. Waktu tersebut diistilahkan sebagai umur panas bahan isolasi. Sedangkan kemampuan bahan isolator untuk menahan suhu tertentu tanpa terjadi kerusakan disebut ketahanan panas.

Berdasarkan penggunaannya, bahan isolator dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu isolator listrik dan isolator termal (panas). Pada isolator listrik, bahan ini berfungsi untuk menghindari kebocoran arus dari suatu rangkaian yang memiliki tegangan listrik. Sedangkan isolator panas berfungsi sebagai bahan yang dapat menahan panas agar panas hanya berada dalam sistem yang dilingkupi oleh isolator tersebut.

Fungsi utama dari suatu bahan isolasi adalah:

1. Untuk mengisolasi antara suatu penghantar dengan penghantar lainnya, baik penghantar panas maupun penghantar listrik.
2. Untuk menahan gaya mekanis akibat adanya arus pada konduktor yang diisolasi.

3. Mampu menahan tekanan yang diakibatkan panas, listrik, dan reaksi kimia.

Dalam penggunaan suatu sistem isolasi, dibutuhkan informasi yang jelas mengenai jenis yang akan diisolasi (termal atau listrik), besarannya dan durasi penggunaan isolator tersebut, selain itu perlu juga mengetahui sifat-sifat dari bahan isolasi yang akan digunakan sehingga dapat bahan-bahan yang dipilih merupakan bahan yang paling tepat untuk suatu sistem isolasi tersebut.

Tekanan yang diakibatkan oleh medan listrik, gaya mekanik, panas dan reaksi kimia dapat saja terjadi secara bersamaan, sehingga perlu diketahui efek semua parameter tersebut secara keseluruhan, dengan kata lain suatu bahan isolasi dinyatakan ekonomis jika bahan tersebut dapat menahan semua tekanan tersebut dalam jangka waktu yang lama.

Bahan isolasi juga dapat berperan sebagai bahan konstruksi peralatan, oleh karena itu bahan isolator harus memenuhi persyaratan mekanis yang dibutuhkan. Sifat mekanis yang dibutuhkan tergantung pada pemakaian bahan isolator tersebut.

Sifat listrik yang dibutuhkan untuk suatu bahan isolasi adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai resistivitas listrik yang tinggi, agar kebocoran arus listrik dapat diminimalisir.
2. Rugi-rugi dielektriknya rendah, agar suhu bahan isolasi tidak melebihi batas yang ditentukan.
3. Memiliki kekuatan kerak (*tracking strength*) yang tinggi, agar tidak terjadi erosi karena tekanan listrik permukaan.

4. Memiliki konstanta dielektrik yang tepat dan cocok, sehingga membuat arus pemuatan (*charging current*) tidak melebihi batas yang diijinkan.

Peralatan-peralatan listrik akan mengalami kenaikan suhu selama beroperasi, baik pada beban kerja normal maupun dalam kondisi gangguan, sehingga bahan isolasi harus memiliki sifat termal yang cocok digunakan pada keadaan tertentu.

Beberapa sifat termal yang harus dimiliki oleh bahan isolator:

1. Memiliki daya tahan panas (kemampuan untuk menahan panas) yang tinggi.
2. Memiliki ketahanan terhadap perubahan bentuk pada keadaan panas.
3. Koefisien muai panas rendah.
4. Tidak mudah terbakar.
5. Tahan terhadap busur api.
6. Memiliki daya tahan terhadap minyak dan ozon.
7. Daya serap airnya rendah.
8. Stabil ketika mengalami radiasi.

Sebaiknya lingkungan tempat penggunaan bahan isolator juga perlu dipertimbangkan. Jika suatu isolator digunakan pada lingkungan yang kurang tepat, maka kemampuan kerja isolator tersebut akan berkurang.

2.2.4 Resistivitas Listrik

Jika pada ujung-ujung suatu bahan diberikan beda potensial, maka akan ada arus yang mengalir pada bahan tersebut. Besarnya arus yang mengalir tersebut sangat dipengaruhi oleh karakteristik yang dimiliki oleh bahan, yaitu resistansi

listrik. Jika suatu bahan memiliki nilai resistansi yang tinggi, maka akan sulit bagi arus listrik untuk mengalir di dalam bahan tersebut. Secara matematis, resistansi dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan yang diberikan ke dalam bahan dengan arus listrik yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan hukum Ohm yang dapat ditulis dalam Persamaan (2.1).

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

Keterangan:

R : Resistansi (Ω)

V : Tegangan (Volt)

I : Kuat arus (Ampere)

Resistansi suatu bahan tergantung pada resistivitasnya. Resistivitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan arus listrik. Resistivitas setiap material nilainya tidak sama. Dari semua sifat fisika batuan dan mineral, resistivitas memperlihatkan variasi harga yang sangat beragam.

Pada mineral-mineral golongan logam, harganya berkisar antara $10^{-8} \Omega \text{ m}$ hingga $10^{-7} \Omega \text{ m}$. Begitu juga pada batuan-batuan lain, komposisi yang bervariasi menyebabkan nilai resistivitasnya berbeda antara satu batuan dengan batuan yang lainnya. Kisaran resistivitas adalah antara $1,6 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ (perak murni) hingga $10^{16} \Omega \text{ m}$ (belerang murni).

Secara umum berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Konduktor : $10^{-8} \Omega \text{ m} < \rho < 10^{-7} \Omega \text{ m}$
2. Isolator : $\rho > 10^{-7} \Omega \text{ m}$

Secara matematis, nilai resistivitas suatu material berbentuk silinder seperti pada Gambar 2.2 dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.2).

$$\rho = R \frac{A}{l} \quad (2.2)$$

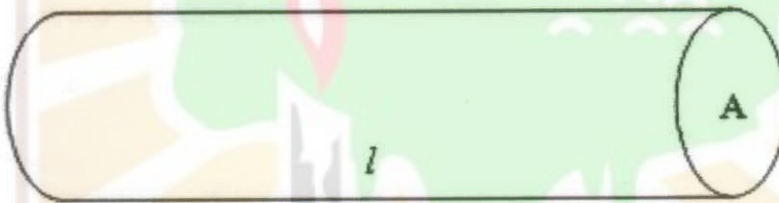
Keterangan:

ρ : Resistivitas bahan (Ωm)

R : Resistansi (Ω)

A : Luas penampang (m^2)

l : Panjang (m)



Gambar 2.2 Bahan yang Berbentuk Silinder

Nilai resistivitas beberapa bahan dapat dilihat pada Tabel 2.5. Dari beberapa data yang terdapat pada tabel, terlihat bahwa bahan logam memiliki nilai resistivitas yang rendah dibandingkan dengan bahan non logam.

Tabel 2.5 Resistivitas Listrik Beberapa Bahan

No.	Nama Bahan	Resistivitas Listrik (Ωm)
1	Perak Murni	$1,6 \times 10^{-8}$
2	Tembaga	$1,72 \times 10^{-7}$
3	Air Destilasi	5×10^{-6}
4	Kayu	$10^4 \Omega\text{m} - 10^5$
5	Porselen	3×10^{13}
6	Parafin	10^{15}
7	Belerang Murni	10^{16}

2.2.5 Porositas

Porositas adalah perbandingan volume pori yang terdapat pada bahan dengan volume bulk dan dinyatakan dalam persen. Volume bulk adalah volume padat bahan ditambah dengan volume seluruh pori. Adanya porositas dalam suatu bahan akan berpengaruh terhadap volumenya. Menurut ASTM C 20 - 92, porositas dapat dihitung dengan Persamaan (2.3).

$$P = \frac{W - D}{W - S} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

P : Porositas (%)

W : Massa sampel basah di udara (gr)

D : Massa sampel kering (gr)

S : Massa sampel yang terbenam dan tergantung di dalam air (gr)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Target waktu pelaksanaan penelitian ini adalah sekitar empat bulan. Penelitian ini mulai dilakukan pada bulan Juni sampai September 2011. Tempat untuk melakukan penelitian ini adalah di Laboratorium Fisika Bumi Fakultas MIPA Universitas Andalas.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

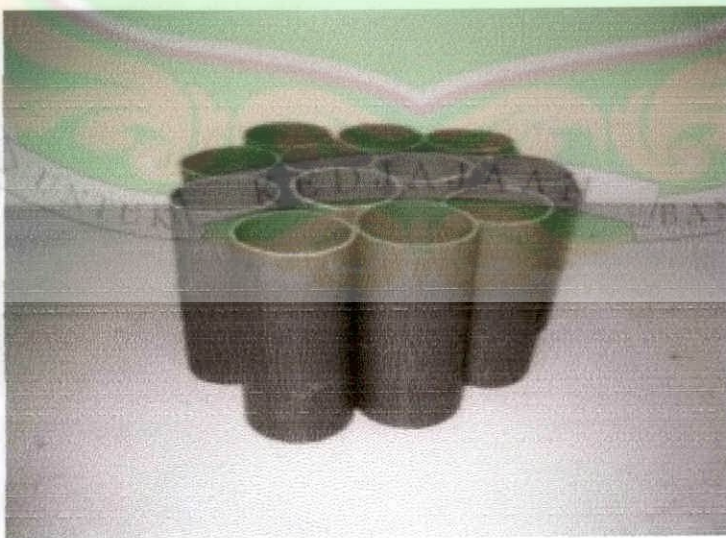
Alat yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya adalah:

1. Pipa PVC

Pipa PVC seperti Gambar 3.1 digunakan sebagai cetakan pembuatan sampel.

Pipa yang digunakan adalah pipa dengan diameter 2,5 cm dan tinggi 10 cm.

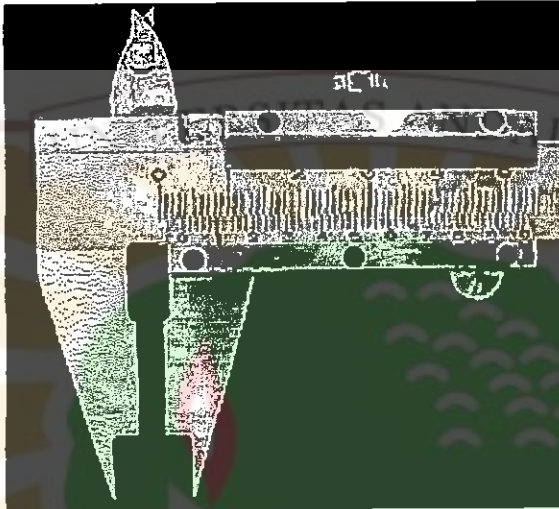
Jumlah pipa yang dibutuhkan adalah sebanyak 32 buah.



Gambar 3.1 Pipa PVC

2. Jangka Sorong

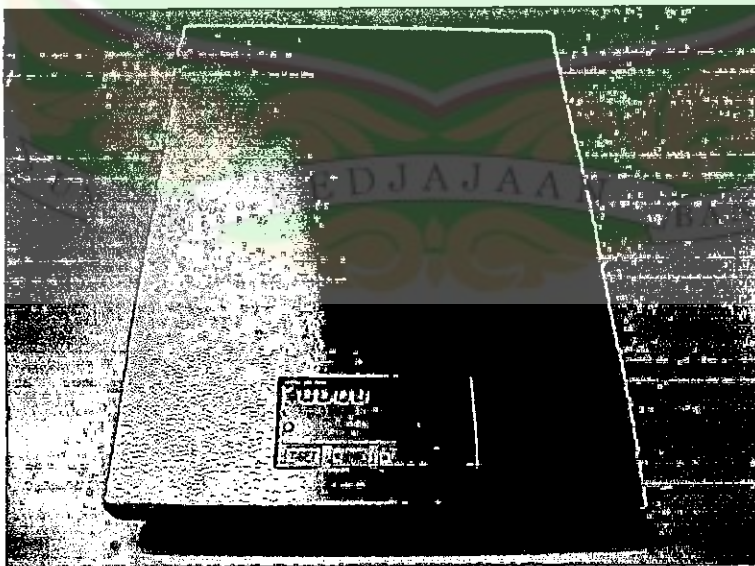
Jangka sorong seperti Gambar 3.2 digunakan untuk mengukur diameter sampel.



Gambar 3.2 Jangka Sorong

3. Neraca Digital

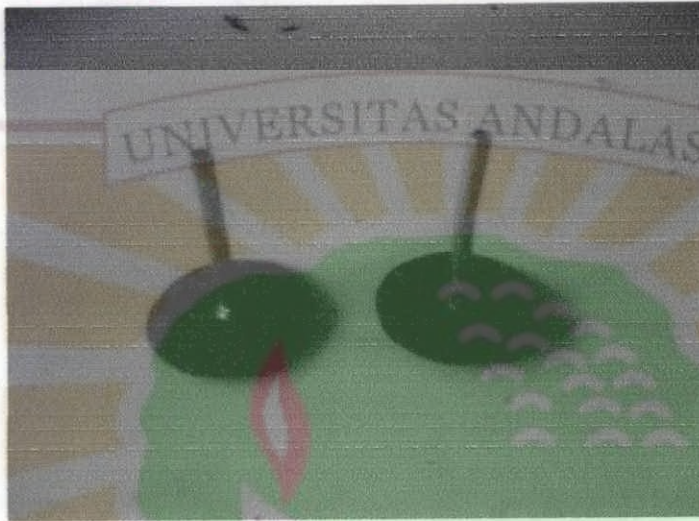
Neraca digital pada Gambar 3.3 digunakan untuk mengukur massa serbuk batu apung dan resin epoksi yang akan dijadikan sampel.



Gambar 3.3 Neraca Digital

4. Elektroda Tembaga

Elektroda tembaga seperti pada Gambar 3.4 digunakan untuk mengalirkan arus listrik ke dalam sampel. Elektroda yang digunakan sebanyak dua buah.



Gambar 3.4 Elektroda Tembaga

5. Multimeter Digital

Multimeter seperti pada Gambar 3.5 digunakan untuk mengukur tegangan, dan kuat arus listrik. Alasan penggunaan multimeter digital adalah agar lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan multimeter analog.



Gambar 3.5 Multimeter Digital

6. Crocodile Clips

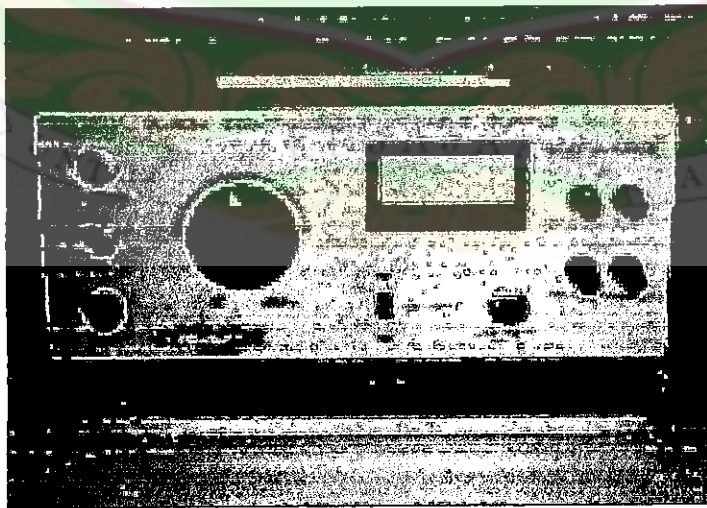
Crocodile clips seperti Gambar 3.6 digunakan sebagai penghubung antar rangkaian.



Gambar 3.6 Crocodile Clips

7. Catu Daya

Catu daya pada Gambar 3.7 digunakan sebagai penghasil sumber tegangan yang akan dialirkan ke dalam sampel. Tegangan yang dihasilkan oleh catu daya bisa divariasikan sesuai dengan yang dibutuhkan.



Gambar 3.7 Catu Daya

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Batu Apung

Batu apung digunakan sebagai bahan utama pembuatan sampel. Batu apung yang akan dijadikan sampel, dihaluskan terlebih dahulu melalui proses penggilingan.

2. Resin Epoksi

Resin epoksi digunakan sebagai bahan pengikat agar sampel yang akan dibuat menjadi keras.

3.3 Prosedur Penelitian

Untuk melakukan penelitian ini ada beberapa prosedur yang harus dilakukan, di antaranya adalah pembuatan sampel, pengujian sampel, dan pengolahan data.

3.3.1 Pembuatan Sampel

1. Batu apung yang akan dijadikan sampel, dihaluskan terlebih dahulu melalui proses penggilingan. Setelah digiling, serbuk batu apung disaring dengan saringan yang memiliki luas lubang sebesar 1 mm^2 sehingga hanya yang sudah halus yang bisa dijadikan sampel.
2. Massa serbuk batu apung ditimbang dengan menggunakan neraca. Setiap sampel terdiri dari 53 gr serbuk batu apung. Sedangkan massa resin epoksi divariasikan dari 34 gr – 76 gr dengan pertambahan sebesar 6 gr. Masing-masing variasi dibuat sebanyak 4 sampel. Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi Sampel untuk Uji Resistivitas

Nama Sampel	Massa Batu Apung		Massa Resin Epoksi		Jumlah Sampel (buah)
	(gr)	(%)	(gr)	(%)	
A	53	61	34	39	4
B	53	57	40	43	4
C	53	54	46	46	4
D	53	50	52	50	4
E	53	48	58	52	4
F	53	45	64	55	4
G	53	43	70	57	4
H	53	41	76	59	4

- 3. Dari perbandingan massa resin dan serbuk batu apung yang sudah ditentukan, dilakukan pengadukan pada suatu wadah dan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan.
- 4. Sampel yang akan dibuat berbentuk silinder dengan diameter 2,5 cm dan tinggi 5 cm.
- 5. Selanjutnya sampel dikeringkan dengan meletakkan di udara terbuka pada temperatur ruang selama 28 hari.

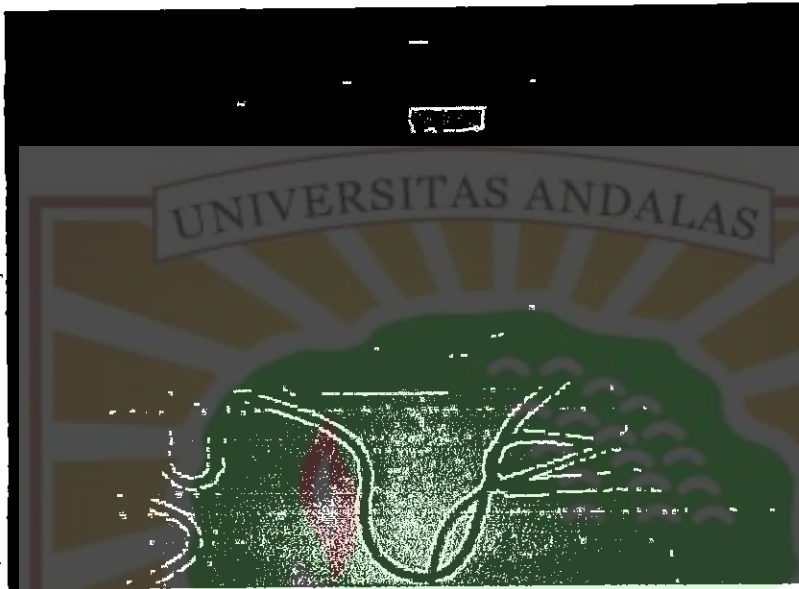
3.3.2 Pengujian Sampel

1. Resistivitas Listrik

Sampel yang telah berusia 28 hari, dikeluarkan dari dalam cetakan. Jika ada sampel yang kurang rapi, maka sampel dirapikan dengan menggunakan amplas. Tujuan pengamplasan ini adalah agar memudahkan dalam pengukuran volume sampel.

Standar pengukuran yang digunakan adalah ASTM G187-05. Sampel disusun sedemikian rupa pada rangkaian probe dua elektroda seperti yang terlihat

pada Gambar 3.8. Nilai resistivitas dapat ditentukan dengan mengukur resistansi pada sampel.



Gambar 3.8 Rangkaian Probe Dua Elektroda

2. Porositas

Berdasarkan ASTM C 20 – 92, ada beberapa langkah yang harus dilakukan untuk menentukan porositas suatu bahan, yaitu:

1. Sampel dimasukkan ke dalam air mendidih (suhu 100°C) selama dua jam.
2. Sampel didinginkan pada suhu kamar dan masih berada di dalam air minimal selama 12 jam.
3. Mengukur massa sampel dalam air (S)

Massa sampel di dalam air didapatkan dengan cara menimbang sampel yang masih berada di dalam air. Alat yang digunakan untuk menimbang massa sampel tersebut adalah neraca pegas. Bacaan dari neraca pegas adalah berat dalam satuan Newton. Untuk mengkonversikan ke massa, perlu di tentukan nilai gravitasi setempat.

4. Mengukur massa sampel diudara (W)

Sampel dibalut dengan kain katun yang halus untuk menghilangkan air yang berada dipermukaan sampel dan ditimbang sehingga di dapatkan massa sampel di udara.

5. Mengukur massa kering (D)

Sampel dikeringkan sampai massanya konstan dengan memanaskan di dalam oven pengering pada suhu $105 - 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam dan kemudian massanya ditimbang.

3.3.3 Pengolahan Data

1. Resistivitas Listrik

Sebelum mendapatkan nilai resistivitas listrik sampel, besarnya tegangan yang diberikan harus diketahui terlebih dahulu. Jika besarnya tegangan sudah ditentukan, maka akan didapatkan nilai kuat arus listrik dengan melakukan pengukuran menggunakan multimeter digital. Nilai resistansi didapatkan dengan menggunakan Persamaan (2.1).

Selain nilai resistansi, luas penampang dan panjang sampel juga harus diketahui. Resistivitas listrik pada sampel dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.2).

2. Porositas

Porositas dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.3).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

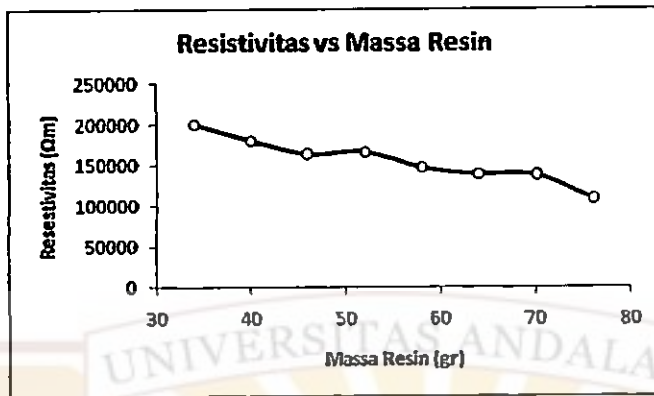
Dengan menggunakan metode penelitian seperti yang tercantum pada bab sebelumnya, maka diperoleh data yang dapat digunakan untuk menentukan nilai resistivitas dan porositas sampel. Untuk menentukan resistivitas, terlebih dahulu ditentukan resistansi sampel. Sedangkan untuk mendapatkan nilai porositas, terlebih dahulu diukur massa sampel kering, basah, dan massa sampel dalam air. Kisaran resistivitas sampel yang diharapkan adalah $10^6 \Omega m$.

4.1 Hubungan Resistivitas dan Massa Resin Epoksi

Data pengukuran arus dan tegangan sampel dengan massa batu apung sebesar 53 gr dan massa resin epoksi yang divariasikan dari 34 gr – 64 gr dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil perhitungan resistivitas sampel dapat dilihat pada Tabel 4.1. Perhitungan resistivitas selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2. Hubungan antara resistivitas sampel dengan penambahan massa resin epoksi, dapat dilihat dari grafik seperti pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Nilai Resistivitas untuk Masing-masing Massa Resin Epoksi

No	Massa Resin (gr)	Resistivitas (Ωm)
1	34	200573,16
2	40	180785,57
3	46	163718,99
4	52	166802,52
5	58	147702,04
6	64	139681,00
7	70	137553,22
8	76	108247,86



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Resistivitas dengan Massa Resin

Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa nilai resistivitas cenderung menurun dengan bertambahnya massa resin epoksi. Namun terdapat sebuah anomali yaitu pada sampel dengan massa resin sebesar 52 gr. Sampel tersebut mengalami kenaikan nilai resistivitas dibandingkan dengan sampel sebelumnya. Nilai resistivitas terbesar diperoleh pada sampel yang memiliki resin dengan massa 34 gr yaitu 200573,16 Ωm . Sedangkan untuk nilai resistivitas terkecil yaitu 108247,86 Ωm diperoleh pada sampel yang memiliki kandungan 76 gr resin.

Berkurangnya nilai resistivitas seiring dengan peningkatan massa resin pada sampel disebabkan karena resin epoksi memiliki nilai resistivitas yang lebih kecil yaitu $10^5 \Omega\text{m}$ (Huber, 1981) jika dibandingkan dengan resistivitas batu apung yang bernilai $10^7 \Omega\text{m}$ (<http://galitzin.mines.edu>). Jadi semakin besar massa resin di dalam sampel, maka akan menyebabkan resistivitas sampel menjadi berkurang. Demikian pula sebaliknya, semakin dominan batu apung di dalam sampel, maka akan semakin besar nilai resistivitasnya.

Selain karena nilai resistivitas resin epoksi lebih kecil dibandingkan dengan nilai resistivitas batu apung, penurunan resistivitas sampel dapat terjadi karena berkurangnya pori-pori batu apung akibat terisi dengan resin epoksi. Jika

dalam sampel terdapat pori-pori yang terisi dengan udara, maka nilai resistivitas sampel akan besar karena resistivitas listrik untuk udara bernilai tak hingga. Jadi semakin banyak resin epoksi yang digunakan, maka akan semakin banyak pori yang tertutup, hal ini menyebabkan nilai resistivitas menjadi berkurang karena kadar udara di dalam sampel akan semakin kecil.

Jika dibandingkan dengan sistem resin epoksi dengan *filler* batu bara, maka terjadi peningkatan nilai resistivitas untuk setiap penambahan persentase massa resin (Szczepanik, 2010). Hal ini disebabkan karena nilai resistivitas resin epoksi bernilai lebih besar yaitu $10^5 \Omega m$ (Huber, 1981) dibandingkan dengan nilai resistivitas batu bara yaitu $10 \Omega m$ (Marzec, 1994).

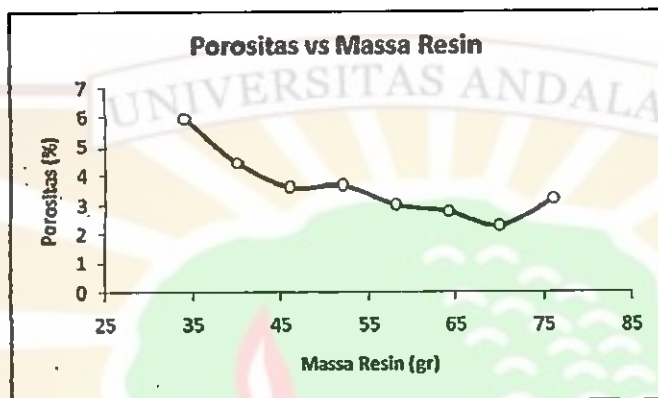
4.2 Hubungan Porositas dan Massa Resin Epoksi

Hasil penelitian untuk menentukan porositas sampel dengan komposisi 53 gr batu apung dan resin epoksi yang divariasikan dari 34 gr – 76 gr dapat dilihat pada Tabel 4.2. Data hasil penelitian untuk menentukan nilai porositas selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.2 Nilai Porositas untuk Masing-masing Massa Resin Epoksi

No	Massa Resin (gr)	Porositas (%)
1	34	5,940
2	40	4,435
3	46	3,596
4	52	3,656
5	58	5,298
6	64	2,761
7	70	2,273
8	76	3,200

Data pada Tabel 4.2 dapat digambarkan pada sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara porositas dengan pertambahan massa resin epoksi. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Porositas dengan Massa Resin

Dari Gambar 4.2 terlihat bahwa secara umum peningkatan massa resin pada sampel menyebabkan penurunan nilai porositas sampel. Namun dari 8 data yang diperoleh terdapat dua anomali. Anomali tersebut terjadi pada sampel dengan massa resin sebesar 46 gr, dan 76 gr. Penyimpangan yang terbesar terjadi pada sampel dengan massa resin sebesar 76 gr.

Porositas terbesar yaitu 5,94 % didapatkan pada sampel yang memiliki kandungan resin epoksi paling sedikit (34 gr). Sedangkan porositas terkecil yaitu 2,273 % didapatkan pada sampel dengan kandungan resin sebesar 70 gr.

Dengan semakin banyaknya massa resin yang digunakan, artinya persentase kandungan batu apungnya menjadi relatif lebih sedikit. Batu apung memiliki sifat berpori. Jika kandungan batu apung pada sampel hanya sedikit, artinya pori pada sampel yang terbentuk oleh batu apung akan semakin berkurang.

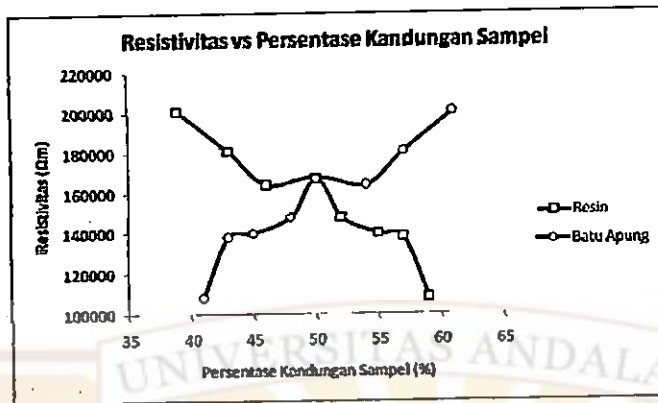
Selain itu, resin epoksi yang digunakan pada penelitian ini berwujud cair. Hal ini memudahkan tertutupnya pori pada batu apung oleh resin epoksi tersebut. Resin yang berwujud cair akan mudah meresap ke dalam pori-pori batu apung, kemudian saat resin sudah mengeras pori tersebut akan tertutup. Semakin banyak kandungan resin pada sampel, maka akan semakin banyak pori yang tertutup oleh resin epoksi. Artinya nilai porositas pada sampel akan semakin berkurang.

4.3 Hubungan Resistivitas dan Persentase Kandungan Sampel

Untuk melihat hubungan secara keseluruhan, maka data yang dijadikan pembandingan adalah data persentase kandungan penyusun sampel. Nilai resistivitas berdasarkan persentase kandungan sampel dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai Resistivitas Berdasarkan Persentase Kandungan Sampel

Persentase Massa Resin (%)	Persentase Massa Batu Apung (%)	Resistivitas (Ωm)
39	61	200573,16
43	57	180785,57
46	54	163718,99
50	50	166802,52
52	48	147702,04
55	45	139681,00
57	43	137553,22
59	41	108247,86



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Resistivitas dan Persentase Kandungan Sampel

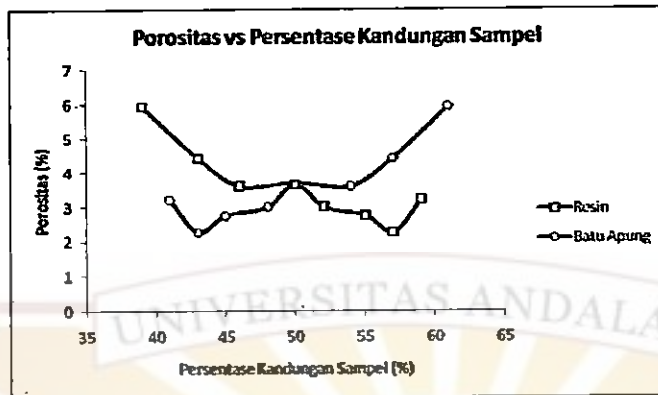
Gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara nilai resistivitas dengan persentase kandungan sampel baik persentase resin maupun batu apung. Dari gambar terlihat bahwa pada penelitian ini nilai resistivitas terbesar didapatkan pada sampel dengan komposisi 39% resin epoksi dan 61% batu apung. Sedangkan nilai resistivitas terkecil didapatkan pada sampel dengan komposisi 59% resin epoksi dan 41% batu apung.

4.4 Hubungan Porositas dan Persentase Kandungan Sampel

Nilai resistivitas berdasarkan persentase kandungan sampel dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Porositas Berdasarkan Persentase Kandungan Sampel

Persentase Massa Resin (%)	Persentase Massa Batu Apung (%)	Porositas (%)
39	61	5,940
43	57	4,435
46	54	3,596
50	50	3,656
52	48	5,298
55	45	2,761
57	43	2,273
59	41	3,200



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Porositas dan Persentase Kandungan Sampel

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa nilai porositas terbesar terdapat pada sampel yang memiliki komposisi 39% resin epoksi dan 61% batu apung. Penelitian ini hanya dilakukan untuk 8 variasi sampel. Semakin banyak jumlah resin yang digunakan maka porositas sampel akan semakin berkurang.

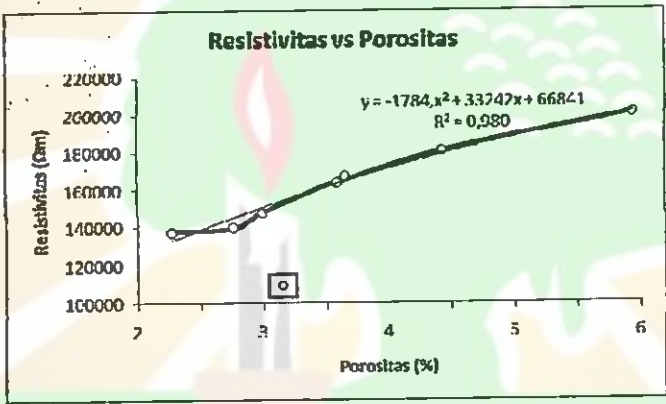
4.5 Hubungan Porositas dan Resistivitas

Tabel 4.5 merupakan nilai resistivitas dan porositas sampel dengan komposisi 53 gr batu apung dan resin epoksi yang massanya divariasikan dari 34 gr – 76 gr yang diperoleh dari hasil penelitian.

Dengan menggabungkan data resistivitas dan data porositas sampel seperti yang terlihat pada Tabel 4.5 ke dalam sebuah grafik seperti Gambar 4.5, maka dapat terlihat hubungan antara nilai porositas dan resistivitas sampel. Hubungan pada Gambar 4.5 dapat menjelaskan pengaruh porositas terhadap nilai resistivitas sampel.

Tabel 4.5 Nilai Porositas dan Resistivitas Sampel

Porositas (%)	Resistivitas (Ωm)
5,940	200573,16
4,435	180785,57
3,596	163718,99
3,656	166802,52
2,991	147702,04
2,761	139681,00
2,273	137553,22
3,200	108247,86



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Resistivitas dengan Porositas

Grafik pada Gambar 4.5 memperlihatkan bahwa porositas mempengaruhi nilai resistivitas sampel. Dari grafik terlihat kecenderungan nilai resistivitas meningkat dengan bertambahnya nilai porositas sampel. Terdapat satu anomali yaitu pada sampel dengan porositas 3,2 %. Anomali yang terlihat pada Gambar 4.5 (titik yang berada di dalam kotak) dianggap sebagai data error. Nilai resistivitas terbesar didapatkan pada sampel dengan porositas 5,94 %.

Dengan bertambahnya nilai porositas artinya semakin banyak kandungan udara di dalam sampel. Udara memiliki nilai resistivitas yang tak terhingga

(<http://galitzin.mines.edu>). Semakin banyak udara yang terkandung di dalam sampel, maka akan semakin besar nilai resistivitasnya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian resistivitas dan porositas campuran batu apung-resin epoksi dengan persentase komposisi (massa batu apung/resin epoksi) sebesar 61/39, 57/43, 54/46, 50/50, 48/52, 45/55, 43/57, 41/59 dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai resistivitas cenderung menurun dengan bertambahnya massa resin epoksi. Semakin besar massa resin epoksi, maka akan semakin berkurang nilai resistivitas.
2. Peningkatan massa resin epoksi pada sampel dapat menyebabkan penurunan nilai porositas sampel.
3. Dari 8 macam variasi yang diberikan pada sampel, nilai resistivitas terbesar yaitu $2 \times 10^5 \Omega m$ diperoleh dari sampel dengan komposisi 39 % massa resin epoksi dan 61 % massa batu apung. Sedangkan nilai resistivitas terkecil yaitu $1 \times 10^5 \Omega m$ diperoleh dari sampel dengan komposisi 59 % massa resin epoksi dan 41 % massa batu apung.
4. Dari 8 macam variasi yang diberikan pada sampel, nilai porositas terbesar yaitu 5,9 % diperoleh dari sampel dengan komposisi 39 % massa resin epoksi dan 61 % massa batu apung. Sedangkan nilai porositas terkecil yaitu 2,3 % diperoleh dari sampel dengan komposisi 57 % massa resin epoksi dan 43 % massa batu apung.

5. Porositas dapat mempengaruhi nilai resistivitas suatu material. Semakin besar persentase porositas, maka akan semakin besar nilai resistivitasnya.
6. Campuran batu apung-resin epoksi merupakan isolator listrik yang baik.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian dapat terlihat hubungan antara komposisi massa penyusun sampel dengan resistivitas dan porositas. Namun masih terdapat sedikit anomali. Anomali ini disebabkan kurang rapinya proses pencetakan sampel. Oleh sebab itu, jika ada penelitian yang mengacu pada penelitian ini disarankan pada proses pencetakan, campuran batu apung-resin epoksi benar-benar terisi dengan padat pada cetakan.

Pengujian resistivitas membutuhkan ketelitian alat yang tinggi karena resistansi yang akan di ukur dalam satuan yang besar, maka untuk melakukan pengukuran diharapkan menggunakan alat yang memiliki ketelitian dan keakuratan yang baik.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

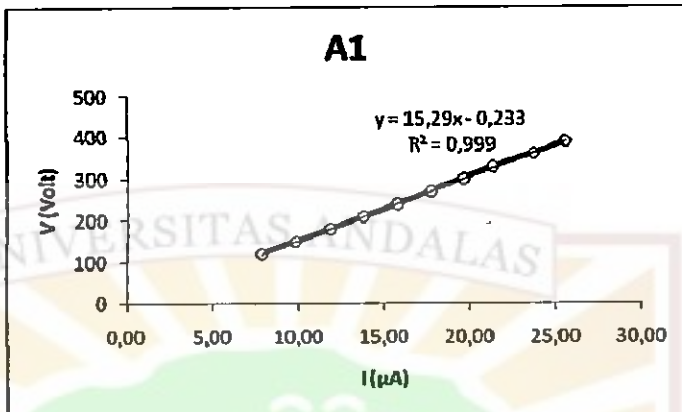
- ASTM C 20 – 92. 1992. *Standard Test Methods For Aprent Porosity, Water Absorption, Apparent Specifik Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes Boilling Water*. USA: American Standard Technic Material.
- Hossain K. M. A.. 2005. *Correlations between Porosity, Chloride Diffusivity and Electrical Resistivity in Volcanic Pumice-Based Blended Cement Pastes*. Toronto: Ryerson University. *Advances in Cement Research*, 2005, 17, No. 1, January, 29-37.
- Huber R., Weddigen B.. 1981. *Epoxy Casting with Improved Electrical Conductivity*. Marburg: BBC. Volume 259, number 8, 852-858.
- Iswanto Apri Heri. *Sifat Panas, Akustik, dan Elektrik pada Kayu*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Juwairiah. 2009. *Efek Komposisi Agravat Batu Apung dan Epoxy Resin dalam Pembuatan Polymer Concrete terhadap Karakteristiknya*. Medan: Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Marzec A., Czajkowska S., Moszynski J.. *Electrical Resistivity of Carbonized Coals*. Gliwice: Polish Academy of Sciences. *Energy & Fuels* 1994, 8, 1296-1303.
- Petrie Edward M.. 2006. *Epoxy Adhesive Formulations*. New York: McGraw-Hill.
- Ridwan A. S., dkk. 2010. *Makalah Bahan Galian Batu Apung (Pumice)*. Mataram: Universitas Mataram.
- Szczepanik M., Stabik J., Dybowska A., Suchoń Ł.. *Electrical Properties of Polimeric Gradient Materials based on Epoxy Resin Filled with Hard Coal*. Gliwice: Silesian University of Technology.
- <http://freesitus.blogspot.com/2010/05/karakteristik-bahan-dielektrik.html>. Tanggal 1 April 2011. Pukul 21.00 WIB.
- <http://jtsdjbb049l.wordpress.com/page/2/>. Tanggal 1 April 2011. Pukul 21.00 WIB.
- <http://www.senyawa.com/2011/01/batu-apung.html>. Tanggal 3 Juni 2011. Pukul 20.50 WIB.

http://galitzin.mines.edu/INTROGP/notes_template.jsp?url=RES%2FNOTES%2Frockres.html&page=DC%20Resistivity%3A%20Notes%3A%20Rock%20Resistivities. Tanggal 14 Oktober 2011. Pukul 20.00 WIB.



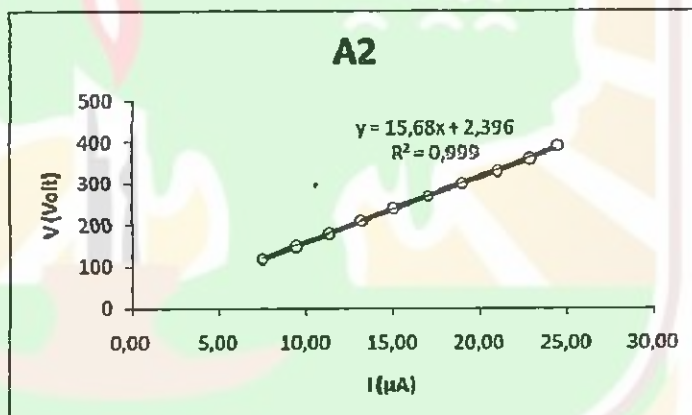
LAMPIRAN 1

Sampel A1	
V (Volt)	I (μA)
120	7,86
150	9,82
180	11,80
210	13,76
240	15,74
270	17,72
300	19,62
330	21,32
360	23,72
390	25,54



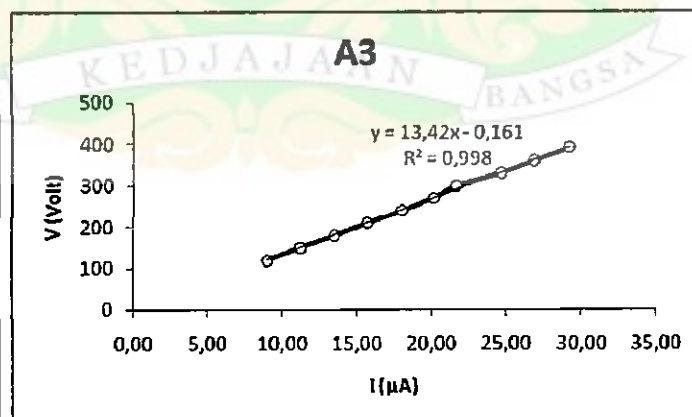
Resistansi (R) yang dihasilkan = 15,29 MΩ

Sampel A2	
V (Volt)	I (μA)
120	7,52
150	9,43
180	11,31
210	13,17
240	15,04
270	17,08
300	19,04
330	21,06
360	22,93
390	24,48



Resistansi (R) yang dihasilkan = 15,68 MΩ

Sampel A3	
V (Volt)	I (μA)
120	8,99
150	11,24
180	13,50
210	15,71
240	17,99
270	20,15
300	21,66
330	24,70
360	26,91
390	29,28



Resistansi (R) yang dihasilkan = 13,42 MΩ

LAMPIRAN 2

No.	Nama	No. Sampel	Panjang (m)	Jari-jari (m)	A (m ²)	R (MΩ)	ρ (MΩm)	ρ (Ωm)	ρ Rata2 (Ωm)
1	A	1	0,0500	0,0147	0,000673915	15,29	0,206083	206083,10	200573,16
2		2	0,0490	0,0147	0,000673915	15,68	0,215653	215652,69	
3		3	0,0490	0,0147	0,000673915	13,42	0,184570	184570,09	
4		4	0,0501	0,0147	0,000673915	14,57	0,195987	195986,76	
5	B	1	0,0504	0,0147	0,000673915	13,51	0,180647	180646,57	180785,57
6		2	0,0490	0,0147	0,000673915	13,49	0,185533	185532,83	
7		3	0,0507	0,0147	0,000673915	13,05	0,173463	173463,24	
8		4	0,0498	0,0147	0,000673915	13,56	0,183500	183499,65	
9	C	1	0,0501	0,0147	0,000673915	11,48	0,154422	154421,96	163718,99
10		2	0,0486	0,0147	0,000673915	12,24	0,169727	169726,65	
11		3	0,0497	0,0147	0,000673915	11,16	0,151326	151325,70	
12		4	0,0509	0,0147	0,000673915	13,55	0,179402	179401,64	
13	D	1	0,0500	0,0147	0,000673915	12,25	0,165109	165109,09	166802,52
14		2	0,0495	0,0147	0,000673915	12,30	0,167458	167457,58	
15		3	0,0505	0,0147	0,000673915	12,88	0,171882	171881,60	
16		4	0,0501	0,0147	0,000673915	12,10	0,162762	162761,82	

17	E	1	0,0505	0,0147	0,000673915	11,19	0,149329	149328,81	147702,04
18		2	0,0500	0,0147	0,000673915	11,03	0,148666	148665,57	
19		3	0,0503	0,0147	0,000673915	10,84	0,145233	145233,30	
20		4	0,0495	0,0147	0,000673915	10,84	0,147581	147580,50	
21	F	1	0,0505	0,0147	0,000673915	10,35	0,138119	138119,14	139681,00
22		2	0,0505	0,0147	0,000673915	10,00	0,133448	133448,45	
23		3	0,0490	0,0147	0,000673915	10,54	0,144960	144960,42	
24		4	0,0500	0,0147	0,000673915	10,55	0,142196	142195,99	
25	G	1	0,0505	0,0147	0,000673915	10,14	0,135317	135316,72	137553,22
26		2	0,0485	0,0147	0,000673915	10,33	0,143537	143536,87	
27		3	0,0500	0,0147	0,000673915	9,98	0,134513	134513,36	
28		4	0,0490	0,0147	0,000673915	9,95	0,136846	136845,93	
29	H	1	0,0500	0,0147	0,000673915	8,04	0,108365	108365,48	108247,86
30		2	0,0509	0,0147	0,000673915	8,39	0,111083	111083,38	
31		3	0,0509	0,0147	0,000673915	8,23	0,108965	108964,98	
32		4	0,0502	0,0147	0,000673915	7,79	0,104578	104577,59	



LAMPIRAN 3

No	Nama	No. Sampel	Massa dalam Air (gr)	Massa Basah di Udara (gr)	Massa Kering (gr)	Porositas (%)	Porositas Rata2 (%)
1	A	1	15,657	47,475	46,465	3,175	5,940
2		2	16,667	47,475	44,444	9,836	
3		3	16,667	48,485	47,475	3,175	
4		4	17,172	50,505	47,980	7,576	
5	B	1	14,646	48,485	46,465	5,970	4,435
6		2	15,152	47,475	46,465	3,125	
7		3	15,960	48,485	47,475	3,106	
8		4	14,646	47,475	45,657	5,538	
9	C	1	14,343	47,475	46,465	3,049	3,596
10		2	14,646	46,465	44,646	5,714	
11		3	15,657	47,475	46,465	3,175	
12		4	14,242	47,273	46,465	2,446	
13	D	1	14,141	46,465	45,455	3,125	3,656
14		2	15,152	47,475	46,465	3,125	
15		3	15,152	47,980	46,667	4,000	
16		4	15,657	47,980	46,566	4,375	
17	E	1	14,141	46,970	45,960	3,077	2,991
18		2	12,121	47,475	45,960	4,286	
19		3	13,636	46,970	45,960	3,030	
20		4	14,848	46,970	46,465	1,572	
21	F	1	12,121	45,354	44,444	2,736	2,761
22		2	12,121	45,152	43,939	3,670	
23		3	12,626	45,960	45,455	1,515	
24		4	14,141	46,465	45,455	3,125	
25	G	1	13,131	45,455	45,253	0,625	2,273
26		2	11,212	43,434	42,424	3,135	
27		3	13,131	45,455	44,444	3,125	
28		4	11,616	43,636	42,929	2,208	
29	H	1	12,121	44,444	43,434	3,125	3,200
30		2	11,616	45,152	43,939	3,614	
31		3	11,111	44,444	43,434	3,030	
32		4	10,606	43,939	42,929	3,030	