

Anilisis Koefisien Absorpsi Bunyi pada Beton Ringan (Panel Dinding) Berbahan Baku Batu Apung dari Lombok

Analysis of Sound Absorption Coefficient on Light Concrete (Wall Panel) Made From Lombok Island Source Pumice

Apip Amrullah¹, Akhmad Syarief¹, Subagyo²,

¹Jurusan Teknik Mesin - Universitas Lambung Mangkurat

Jl. A.Yani Km.3,5 Banjarbaru, Kalsel, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin dan Industri - Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No.2, Yogyakarta, Indonesia

apipamrullah@gmail.com

Abstrak

Seiring dengan dengan kemajuan teknologi serta perkembangan infrastruktur yang berkembang pesat, khususnya dalam hal arsitektur bangunan, serta adanya industri-industri yang tidak lepas dari kebisingan, menuntut kita untuk melakukan penanggulangan terhadap hal tersebut. Salah satu yang bisa dilakukan untuk menanggulangi hal ini terutama hal kebisingan adalah pemanfaatan batu apung yang dijadikan sebagai bahan peredam bunyi.

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah batu apung yang berasal dari Lombok, dengan kriteria yang diutamakan adalah berwarna abu-abu muda atau hampir putih, dan memiliki massa jenis $< 1 \text{ Kg/m}^3$. Variasi komposisi campuran yang dilakukan yakni variasi antara komposisi semen, batu apung serta abu batu apung sebagai pengganti pasir. Pengujian redaman bunyi atau koefisien absorpsi bunyi dilakukan dengan menggunakan alat *standing wave tube* dengan variabel pengujian yakni komposisi campuran, pengaruh abu hasil *cruser* sebagai pengganti pasir terhadap koefisien absorpsi bunyi.

Hasil penelitian mengindikasikan bahwa variasi komposisi campuran sangat berpengaruh terhadap besarnya koefisien absorpsi bunyi. Pada penelitian ini, komposisi semen dan batu apung dengan perbandingan 1 : 6, 1 : 8 serta 1 : 10 memiliki koefisien absorpsi bunyi (α) yang tinggi yakni 0,94-0,97 pada frekuensi 8000 Hz. Dari ketiga variasi komposisi tersebut, yang terbaik adalah komposisi campuran dengan perbandingan 1 : 6 (1 semen : 6 batu apung) dengan $\alpha = 0,98$ pada frekuensi 8000 Hz dan dapat diaplikasikan di lingkungan pabrik yang menggunakan alat-alat kapasitas tinggi seperti boiler, ketel. Pada komposisi campuran 1 : 6, 1 : 8 dan 1 : 10, dengan variasi penambahan abu batu apung dan batu apung atau hanya menggunakan batu apung, memiliki koefisien absorpsi berkisar antara 0,01-0,96. Jika dibandingkan dengan mortar, pada komposisi 1 : 6, 1 : 8 dan 1 : 10 (semen : pasir) memiliki koefisien absorpsi terbaik yakni pada perbandingan 1 : 10 sebesar 0,98 pada frekuensi 4000 Hz (frekuensi sedang) beda halnya dengan perbandingan semen : batu apung yang berada pada frekuensi tinggi 8000 Hz.

Kata kunci : Panel dinding, batu apung, abu batu apung, mortar, koefisien absorpsi bunyi.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan perindustrian dan arsitektur bangunan yang ada sekarang ini, dan menuntut kenyamanan para pengguna, khususnya yang berhubungan dengan suara dan kebisingan menuntut para arsitek harus memenuhi kebutuhan pengguna yakni dengan pemanfaatan bahan peredam suara.

Salah satu upaya mereduksi kebisingan, khususnya pada ruangan adalah dengan memasang material penyerap bunyi (panel akustik) seperti karpet, busa, panel batu apung dan sebagainya. Para arsitektur dalam merancang bangunan, banyak mendapat permintaan untuk menanggulangi kebisingan seperti pada bangunan pemukiman, pendidikan, rekreasi, perdagangan, hotel dan industri. Mereka sangat

membutuhkan jenis bahan dan jenis konstruksi yang tepat untuk bahan akustik. Salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan peredaman adalah batu apung, batu apung sebagean besar di ambil dari wilayah Lombok Nusa Tenggara Barat.

Pulau Lombok adalah salah satu wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia yang memiliki kekayaan alam yang melimpah, mulai dari emas, tembaga hingga batu apung. Sekarang ini pengusaha yang berkecimpung di bidang batu apung di Lombok sudah mencapai 115 pengusaha tergabung dalam IPBA (Ikatan Pengusaha Batu Apung) dan telah menyerap tenaga kerja lebih dari 10.432 orang.

Kegiatan eksploitasi batu apung yang dilakukan pada lahan perkebunan tersebut telah berpengaruh terhadap

perubahan bentuk dan/atau morfologi lahan akibat pengambilan deposit batuan pada bagian subsoil dan lapisan bawah sehingga pada pada skala luasan yang besar dikhawatirkan terjadi kerusakan lahan yang berdampak terhadap penurunan kualitas kesuburan tanah yang tentunya akan berimplikasi terhadap penurunan produktivitas perkebunan.

Sesuai dengan Kebijakan Strategis Pembangunan Nasional Iptek 2005-2009 (Jakstranas Iptek 2005-2009) dirumuskan Visi Iptek 2025 yang menyatakan bahwa "Iptek sebagai kekuatan utama peningkatan kesejahteraan yang berkelanjutan dan peradaban bangsa". Maka, melalui penelitian ini diharapkan nantinya dapat memberikan solusi pemecahan masalah lingkungan mengenai kebisingan serta tingkat kerusakan lahan akibat eksplorasi batu apung yang diharapkan mampu meningkatkan kesejahteraan yang berkelanjutan.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari komposisi yang paling baik untuk menghasilkan beton ringan batu apung yang dipergunakan untuk panel dinding dengan agregat kasar batu apung dan agregat halus abu batu apung hasil *cruser* batu apung.
2. Membuktikan bahwa batu apung dapat dipakai sebagai bahan beton ringan untuk panel dinding dengan nilai koefisien absorpsi bunyi yang baik.
3. Menyelidiki pengaruh abu dari hasil *cruser* batu apung sebagai pengganti pasir terhadap koefisien absorpsi bunyi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan dan Alat Penelitian

A.1. Bahan Penelitian

1. Air

Air yang digunakan berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), yang menurut pengamatan secara visual telah memenuhi persyaratan teknis seperti yang tercantum pada PUBI 1982 yakni bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya. Dengan demikian penelitian air tidak perlu dilakukan karena telah memenuhi baku mutu air minum.

2. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland Cement tipe I* produksi PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. Dari pengamatan secara visual menunjukkan bahwa semen dalam keadaan baik yakni butir-butirannya tidak menggumpal, tidak ada bagian yang mengeras.

3. Abu batu apung

Abu batu apung diperoleh dari hasil *cruser* batu apung, secara visual menunjukkan bahwa abu batu

apung ini tidak tercampur dengan batu-batu kecil atau dengan kata lain abu batu apung sudah dalam kondisi halus atau lembut.

4. Batu apung

Agregat kasar (batu apung) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Lombok. Warna yang diambil yakni abu-abu putih, dengan diameter batu apung 0,5 s/d 1,0 cm.

A.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Alat pencetak benda uji
2. Ember untuk menampung air.
3. Ayakan / saringan
Saringan yang digunakan untuk pemeriksaan gradasi agregat halus (abu batu apung) menggunakan saringan dengan diameter 0.30 mm.
4. Timbangan
Alat ini digunakan untuk menimbang bahan-bahan penyusun benda uji yakni seperti batu apung, abu batu apung, semen dan air.
5. Loyang untuk mencampur bahan.
6. Alat *cruser* batu apung
Alat ini digunakan untuk memecah batu apung untuk mendapatkan hasil dengan diameter 0,5 cm – 1 cm. Alat ini dilengkapi dengan 4 pi sau pemecah yang berputar. Saringan pada alat ini berdiameter 1 cm.



Gambar 1. Alat *cruser* batu apung

7. Alat uji akustik.

Alat uji akustik ini terdiri dari *Standing Wave Tube*, *Sine Generator*, *Measuring Amplifier* dan *Heterodyne Slave Filter (optional)*. Pengujian pada frekuensi 125 – 1000 Hz menggunakan *Standing Wave Tube* dengan diameter 10 cm, sedangkan pengujian pada frekuensi 1000 – 10000 Hz menggunakan *Standing Wave Tube* dengan diameter 3 cm.



Gambar 2. Alat Uji Akustik

8. Alat pendukung lainnya.
Alat pendukung lainnya seperti : alat pengaduk, sendok semen, jangka sorong, amplas, gergaji besi.

B. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian acak lengkap dengan 2 faktor (variabel bebas) yaitu :

1. Komposisi campuran bahan antara semen, abu dan batu apung.
 - a. Komposisi 1 : 6, divariasikan lagi menjadi 3 komposisi yaitu : 1 semen : 6 abu : 0 batu apung, 1 semen : 3 abu : 3 batu apung serta 1 semen : 0 abu : 6 batu apung.
 - b. Komposisi 1 : 8, di variasikan lagi menjadi 3 komposisi yaitu : 1 semen : 8 abu : 0 batu apung, 1 semen : 4 abu : 4 batu apung serta 1 semen : 0 abu : 8 batu apung.
 - c. Komposisi 1 : 10, di variasikan lagi menjadi 3 komposisi yaitu : 1 semen : 10 abu : 0 batu apung, 1 semen : 5 abu : 5 batu apung serta 1 semen : 0 abu : 10 batu apung
2. Frekuensi bunyi yaitu 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, 8500 Hz, 9000 Hz dan 10000 Hz.

C. Cara Penelitian

Pada tahap ini ada beberapa hal yang harus dilakukan, yaitu penyiapan bahan serta pemeriksaan bahan penyusun campuran.

C.1. Penyiapan Bahan

1. Menyiapkan dan mendatangkan batu apung dari Lombok yang dijadikan sebagai agregat kasar.
2. Merendam batu apung dengan tujuan untuk memilih warna dan berat jenis yang telah ditentukan yakni warna abu-abu putih dengan berat jenis $< 1 \text{ kg/m}^3$
3. Memilih batu apung yang terapung setelah perendaman sekitar 60 sekon.
4. Memecahkan batu apung hingga didapatkan batu apung dengan diameter 0,5 - 1 cm, dengan bentuk membundar.

5. Membeli dan meyiapkan semen *Portland* yang ada di pasaran, sebanyak 2 kg.
6. Menyaring batu apung hasil pemecahan untuk mendapatkan abu dengan ukuran saringan tertentu.

C.2. Pemeriksaan Bahan

1. Pemeriksaan air dan semen.
Pemeriksaan air dan semen dilakukan secara visual dengan ketentuan sebagai berikut :
 - a. Air harus bersih dan jernih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda-benda terapung lainnya.
 - b. Semen yang digunakan dalam kondisi kering dan tidak menggumpal.
2. Pemeriksaan bentuk agregat kasar
Agregat kasar (batu apung) hendaknya berbentuk bundar atau tidak bersudut. Bentuk ini dapat diperoleh dengan cara memasukkan batu apung yang telah di pecah ke dalam cawan atau ember, kemudian di goyang-goyangkan dengan maksud agar terjadi benturan antara agregat sehingga sudut-sudut yang ada akan hilang.

C.3. Perhitungan Kebutuhan Bahan

Perhitungan kebutuhan bahan berdasarkan pencetakan benda uji *mix design*. Untuk mendapatkan angka yang mendekati sebenarnya terhadap besarnya jumlah kebutuhan bahan dalam pembuatan 1 m^3 beton ringan dari campuran air, semen, abu batu apung serta batu apung, dirasakan masih perlu dilakukan penelitian berulang kali terhadap objek yang sama. Adanya sifat porous dari bahan menyebabkan kesulitan dalam penentuan FAS dalam penelitian ini. Penentuan FAS dapat dilakukan dengan cara dicoba-coba pada setiap sampel benda uji.

C.4. Pembuatan Benda Uji

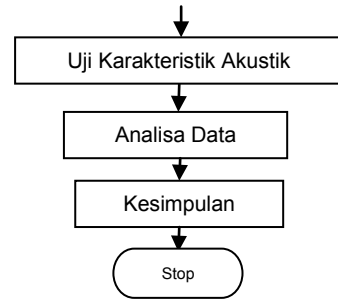
Sampel benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah berbentuk silinder dengan diameter 3 cm dan 10 cm dan tebal 1 cm, dengan jumlah variasi komposisi campuran ada 9 macam seperti pada tabel 4.2. Pembuatan bahan uji melalui beberapa tahap yakni :

1. Pencampuran bahan penyusun sesuai dengan komposisi campuran.
2. Pengeringan benda uji
Pengeringan benda uji tidak langsung dijemur dibawah sinar matahari, akan tetapi cukup diangin-anginkan selama 24 jam dan dilakukan perendaman di dalam ember.
3. Penghalusan benda uji
Permukaan benda uji dihaluskan dengan menggunakan kertas amplas nomor 200, dengan tujuan agar penerimaan gelombang bunyi dapat terarah.

C.5. Cara Pengujian Koefisien Absorpsi Bunyi

Pengujian karakteristik akustik bahan uji dilakukan dengan metode tabung impedansi. Pengujian dilakukan dengan cara :

1. Bahan yang akan dicari koefisien/angka serapan bunyinya dipasang pada *standing wave tube*.
2. Percobaan dilakukan pada frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, 8500 Hz, 9000 Hz dan 10000 Hz.
3. Atur frekuensi masukan sesuai dengan frekuensi yang akan dituju seperti pada point 2 dengan cara memutar tombol *decrease/increase* pada *sine generator*.
4. Cari tekanan maksimum dan minimum di dalam *standing wave tube*, dengan cara menggeser-geserkan letak mikrofon. Besarnya tekanan maksimum dibaca pada tampilan *measuring amplifier*.
5. Setelah mendapatkan nilai P_{maks} dan P_{min} , maka dapat dihitung nilai suatu besar n dengan Persamaan (*), yaitu perbandingan antara P_{mak} dan P_{min} .
6. Besarnya nilai n , dapat digunakan untuk menghitung besarnya koefisien absorpsi bunyi pada bahan yakni dengan Persamaan (**), yang menyatakan pebandingan kuadrat antara n_{min} dengan n_{mak} .

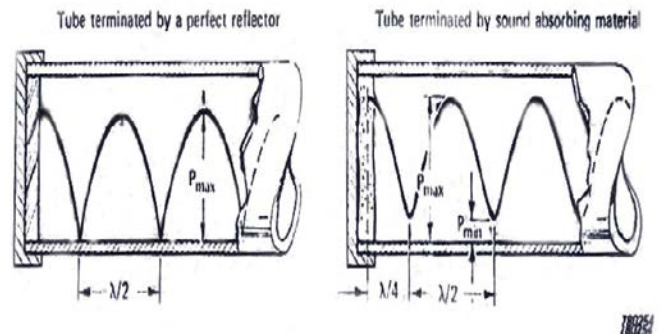
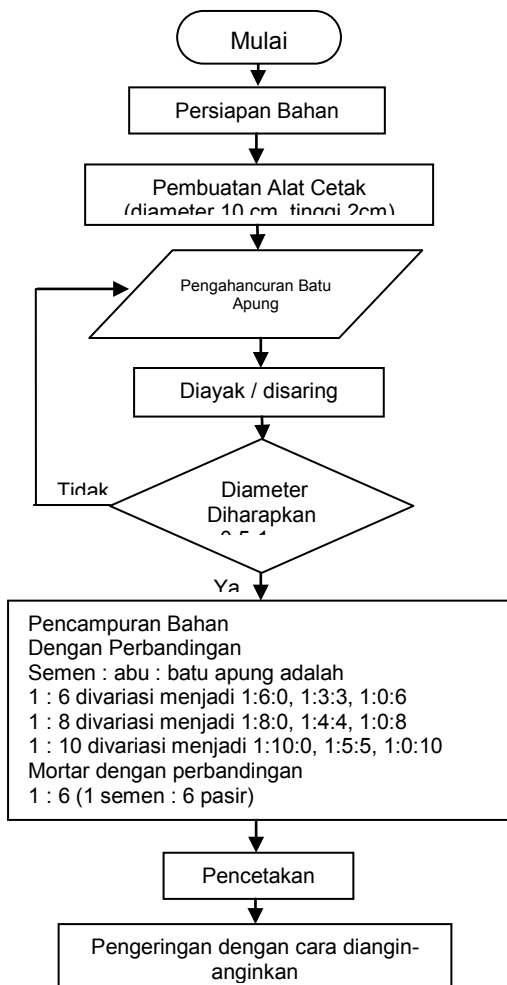


Gambar 3. Skema Penelitian

D. Teknik Analisa Data

Data yang diperoleh dari pengukuran yaitu berupa panjang gelombang datang dan panjang gelombang pantul. Dalam pengukuran, pada alat dapat dicatat besarnya nilai P_{maks} dan P_{min} . Nilai P_{mak} dan P_{min} dapat digunakan untuk menentukan besarnya nilai *standing wave ratio* (n), serta dari nilai n , dapat digunakan untuk menentukan besarnya koefisien absorpsi bunyi suatu bahan. Dalam tabung nilai P_{mak} dan P_{min} dapat diilustrasikan pada gambar 4

Diagram alir penelitian



Gambar 4. Gelombang suara di dalam tabung

Nilai P_{mak} dan P_{min} dapat ditentukan dari besarnya nilai A dan B . Nilai A dan B dapat ditentukan melalui persamaan (2.6). Dari data hasil perhitungan nilai koefisien akustik, maka dapat digambarkan karakteristik dari masing-masing sampel dalam grafik.

III. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, sebelum melakukan pengujian koefisien absorpsi bunyi, terlebih dahulu kita melakukan pengujian terhadap nilai kadar air beton ringan batu apung seperti yang terdapat pada table di bawah ini.

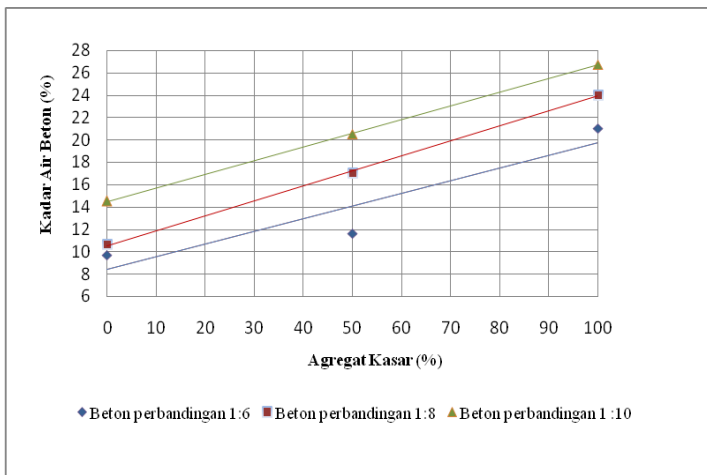
Tabel 1. Nilai Kadar Air Beton Ringan Batu Apung

Kode Sampel	Perbandingan agregat	Massa Jenis Basah (kg/m ³)	Massa Jenis Kering (kg/m ³)	Kadar air (%)
A160-1	1 semen : 6 abu : 0 batu apung	1558.55	1420.45	9.7
A133-1	1 semen : 3 abu : 3 batu apung	1298.56	1163.29	11.6
A106-1	1 semen : 0 abu : 6 batu apung	1043.59	861.38	21
B180-1	1 semen : 8 abu : 0 batu apung	1543.63	1395.61	10.6
B144-1	1 semen : 4 abu : 4 batu apung	1160.04	990.86	17
B108-1	1 semen : 0 abu : 8 batu apung	1027.03	828.25	24
C1100-1	1 semen : 10 abu : 0 batu apung	1410.24	1231.72	14.5
C155-1	1 semen : 5 abu : 5 batu apung	1082.13	897.68	20.5
C1010-1	1 semen : 0 abu : 10 batu apung	969.76	765.60	26.7

Tabel 2. Nilai koefisien absorpsi bunyi (α)

No	Kode Sampel	Variasi Campuran	Koefisien Absorpsi Bunyi (α)									
			Frekuensi (Hz)									
			125	250	500	1000	2000	4000	8000	8500	9000	10000
1	A160-1	1 semen : 6 abu : 0 batu apung	-	0.06	0.41	0.34	0.6	0.55	0.96	0.932	0.70	0.70
2	B180-1	1 semen : 8 abu : 0 batu apung	-	0.06	0.36	0.09	0.46	0.6	0.86	0.897	0.59	0.53
3	C1100-1	1 semen : 10 abu : 0 batu apung	-	0.06	0.4	0.16	0.38	0.29	0.89	0.725	0.57	0.48
4	A133-1	1 semen : 3 abu : 3 batu apung	-	0.05	0.13	0.17	0.6	0.87	0.97	0.923	0.73	0.69
5	B144-1	1 semen : 4 abu : 4 batu apung	-	0.01	0.17	0.09	0.51	0.83	0.89	0.925	0.76	0.69
6	C155-1	1 semen : 5 abu : 5 batu apung	-	0.03	0.11	0.06	0.39	0.73	0.86	0.691	0.64	0.64
7	A106-1	1 semen : 0 abu : 6 batu apung	-	0.02	0.19	0.35	0.44	0.87	0.98	0.944	0.94	0.93
8	B108-1	1 semen : 0 abu : 8 batu apung	-	0.03	0.11	0.32	0.36	0.81	0.96	0.920	0.82	0.77
9	C1010-1	1 semen : 0 abu : 10 batu apung	-	0.02	0.12	0.18	0.28	0.7	0.94	0.905	0.78	0.77

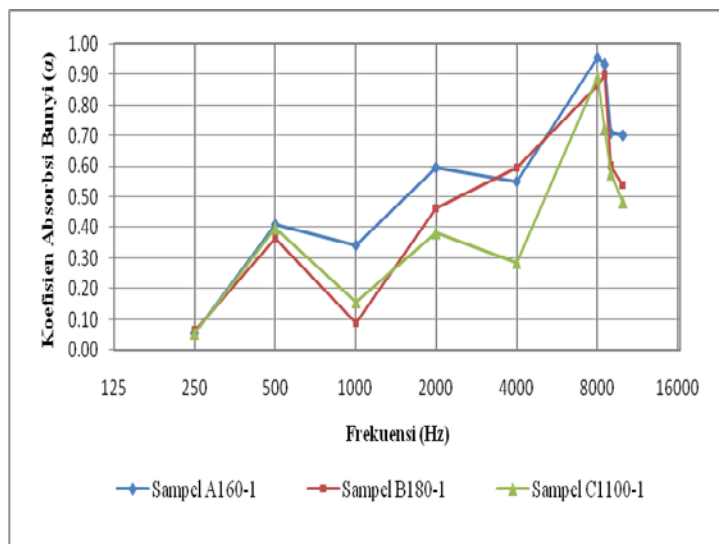
Dari data di atas, nilai kadar air beton ringan batu apung dapat digambarkan dalam grafik di bawah ini.



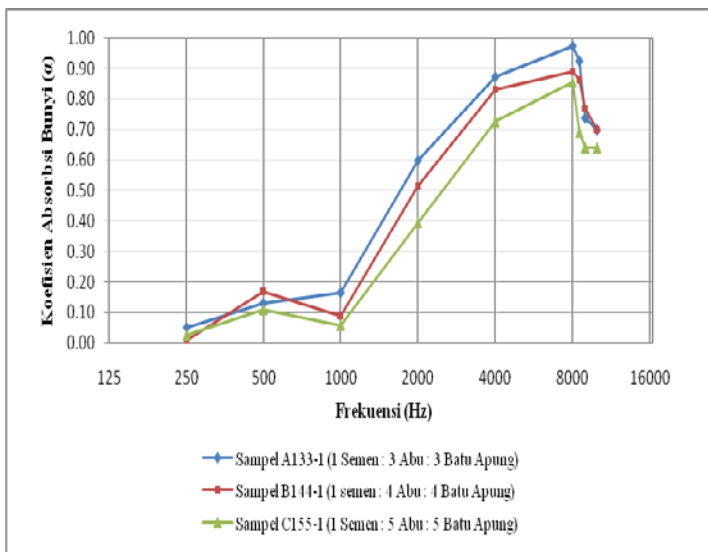
Gambar 5. Grafik hubungan antara persentase agregat kasar dengan kadar air (%)

Setelah diketahui nilai kadar airnya, penelitian dilanjutkan ke pengujian koefisien absorpsi bunyi. Pada penelitian ini didapatkan data-data koefisien absorpsi bunyi pada masing-masing sampel. Data dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

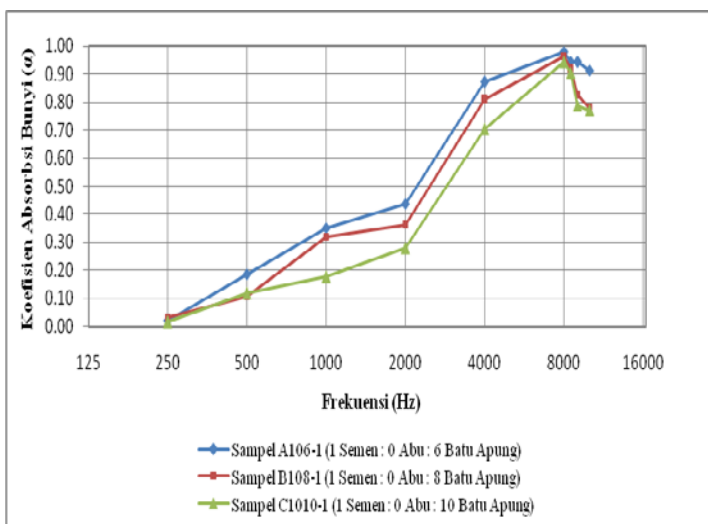
Berdasarkan tabel di atas, kita dapat menggambarkan hasil koefien absorpsi bunyi pada grafik-grafik di bawah ini:



Gambar 6. Grafik koefisien absorpsi bunyi beton ringan batu apung dengan variasi abu batu apung pada berbagai frekuensi.



Gambar 7. Grafik koefisien absorpsi bunyi beton ringan batu apung dengan variasi abu batu apung dan batu apung pada berbagai frekuensi.



Gambar 8. Grafik koefisien absorpsi bunyi beton ringan batu apung dengan variasi batu apung sebagai agregat kasar pada berbagai frekuensi

Dari grafik diatas, dapat dikatakan bahwa koefisien absorpsi bunyi benda uji yang memiliki variasi pada komponen penyusunnya ternyata berbeda satu dengan lainnya, dan cenderung memiliki koefisien absorpsi bunyi semakin naik. Hal ini dikarenakan meningkatnya perbedaan jumlah pori-pori pada masing-masing sampel, karena semakin banyak pori-pori suatu bahan, maka tingkat redamannya akan semakin tinggi. Dalam penelitian ini, koefisien absorpsi bunyi yang paling baik terjadi pada frekuensi 8000 Hz, dengan nilai koefisien absorpsi yakni 0.97. Dengan koefisien absorpsi 0.97 ini, dapat digunakan pada daerah industri yang menggunakan mesin-mesin berat.

Penentuan pengaplikasian bahan peredam bunyi dapat dilakukan berdasarkan pada besarnya koefisien absorpsi bunyi bahan tersebut pada frekuensi yang dominan. Dari pengujian yang telah dilakukan di atas, terlihat bahwa nilai koefisien absorpsi pada masing-masing sampel uji dengan variasi komposisi campuran, dominan pada frekuensi tinggi yakni pada frekuensi 8000 Hz dengan koefisien absorpsi bunyi sekitar 0,85-0,97.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Batu apung merupakan bahan porous dan sangat baik digunakan sebagai bahan panel dinding untuk meredam suara karena memiliki koefisien absorpsi bunyi yang baik, yakni pada frekuensi 8000 Hz dengan koefisien absorpsi bunyi sekitar 0.97.
2. Porositas suatu bahan sangat mempengaruhi besarnya nilai absorpsi yang terjadi, batu apung merupakan salah satu bahan yang memiliki nilai porositas yang tinggi. Warna dari batu apung dapat mempengaruhi besarnya nilai serapan air. Warna yang baik adalah abu muda atau hampir putih.

V. Ucapan Terima kasih

Terimakasih buat Doa dan dukungan dari kedua Orang Tua dan Keluarga Besar Saya, semua rekan-rekan Magister Sistem Teknik UGM (08) yang senantiasa telah meluangkan waktu, memberikan bantuan tenaga dan fikirannya, sehingga penelitian sampai dengan penyusunan laporan ini bisa terselesaikan.

VI. Nomenklatur

f	Frekuensi (Hz)
P	pressure (Pa)
α	Koefisien Absorpsi
D	Diameter (cm)

Greek letters

c Kecepatan bunyi di dalam tabung (m/s)

y Jarak titik yang dihitung tekannya terhadap pemantul (meter)

t Time (s)

Subsripts

Ka	Kadar Air (%)
Bb	Beton Basah (kg)
Bk	Beton Kering (kg)

Refrensi

- Anggito. 2008. “*Pengaruh Pumice Terhadap Karakteristik Beton Polimer Sebagai Baban Bangunan Jenis Beton Ringan Struktural*”. Pusat Penelitian LIPI, Serpong, Tangerang.
- Attenborough, K., 1996, “*Porous Materials for Scale Model Experiments in Outdoor Sound Propagation*”, Journal of Sound and Vibration.
- Bullen, R.B., dan Fricke, F.R., 1982, “*Sound Propagation, Through Vegetation*” Journal of Sound and Vibration.
- Davis dan Cornwel. 1991, “*Introduction to Environmental Engineering*”, Mc Graw-Hill International Edition, Second Edition, New York.
- Doelle, L.L., Lea Prasetyo, 2006, “*Akustik Lingkungan*”. Erlangga, Jakarta.
- Darmanijati, 2003, “*Efek Kombinasi Perlakuan Terhadap Tebal Insulasi Gabus Frekuensi dan Jarak antar Lubang pada Sekat Melamin untuk Menurunkan Kebisingan*”.
- Doelle, L.L., 1985, “*Akustik Lingkungan*”. Erlangga, Jakarta.
- Himawanto, D.A., 2007, “*Karakteristik Panel Akustik Sampah Kota Pada Frekuensi Rendah dan Frekuensi Tinggi Akibat Variasi Bahan Organik*”.
- Kinsler, 1982, “*Fundamentals of Acoustic*”
- Lord, P., dan Duncan Templeton, 2001, “*Detail Akustik*”.
- Lee dan Joo, 2003, “*Pengaruh penambahan kadar terhadap harga Noise Absorption Coefficient (NAC) dengan low melting point polyester (LMP)*”.
- Lord, P., dan Duncan Templeton, 1980, “*Detail akustik*”.
- Miasa, I Made Racmat Sriwijaya, 2004, “*Penelitian Sifat-Sifat Akustik Dari Bahan Kertas dan Plastik Sebagai Penghalang Kebisingan*”, Media Teknik, No, 1 Tahun XXVI.
- Mediastika, 2007, “*Pemanfaatan Jerami Sebagai Bahan Baku Panel Akustik Pelapis Dinding*”.
- Mulyono, T., 2005, “*Teknologi Beton*” Edisi II., ANDI Yogyakarta.
- Nor, M.J.M, 2004, “*Pemanfaatan Serabut Kelapa untuk Peningkatan NAC Material pada Frekuensi Rendah*”.
- Porges, G, 1977, “*Applied Acoustics*”, London.
- Reynolds, Douglas D, 1981, “*Engineering Principles of Acoustics, Noise and Vibration Control*”, Boston.
- Subagyo, 1989, “*Tingkat Kebisingan Lalu lintas di Kota Yogyakarta di Dominasi Oleh Frekuensi rendah*”
- Sebayang, P, 2008, “*Pengaruh Pumice Terhadap Karakteristik Beton Polimer Sebagai Bahan Bangunan Jenis Beton Ringan Struktural*”.
- Suptandar, J.P, 2004, “*Faktor Akustik dalam Perencanaan Desain Interior*”.
- Satyarno, I., 2004, *Penggunaan Semen Putih Untuk Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM)*, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1996, “*Teknologi Beton*”, Nafiri, Yogyakarta.
- <http://wijoseno.wordpress.com/2007/09/22/beton-ringan>, dikunjungi 10 Agustus 2009.
- _____, 2007, *Potensi Bahan Galian Golongan C (BGGC)* “Dinas Pertambangan dan Industri, Pemerintah Kabupaten Lombok Timur.
- _____, 2006, *Agenda Riset Nasional 2006-2009*“, Dewan Riset Nasional, Jakarta.