

STUDI MATERIAL ISOLATOR BERBAHAN DASAR *FLY ASH*, PERLIT, DAN GYPSUM

Cipta Nusa

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo
Jl. H.E.A Mokodompit Kampus Tridharma Anduonohu, Kendari, 93222, Indonesia

Email : ciptanusa17@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai konduktivitas thermal dari bahan isolator, untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan sifat-sifat fisik dari bahan isolator dengan melalui uji konduktivitas thermal, densitas dan kekuatan tekan dari komposisi 60% fly ash:30% perlit:10% gypsum, 50% fly ash:40% perlit:10% gypsum, dan 40% fly ash:50% perlit:10% gypsum.

Penelitian ini dilakukan dengan bervariasi campuran bahan isolator dengan komposisi *Fly Ash* 60%, *Perlite* 30%, dan *Gypsum* 10%; *Fly Ash* 50%, *Perlite* 40%, dan *Gypsum* 10%; serta *Fly Ash* 40%, *Perlite* 50%, dan *Gypsum* 10%. Komposit yang dibuat berbentuk balok dengan ukuran 24 cm x 12 cm x 2 cm dan 8 cm x 2 cm x 2 cm. Komposit dengan ukuran 24 cm x 12 cm x 2 cm digunakan dalam pengujian konduktivitas dengan standar ASTM C177 dan densitas dengan standar ASTM C-00-2005, sedangkan spesimen dengan ukuran 8 cm x 2 cm x 2 cm digunakan dalam pengujian bending dengan standar ASTM D790.

Hasil pengujian konduktivitas thermal yang rendah pada material isolator terdapat pada komposisi *Fly Ash* 40%, *Perlite* 50%, dan *Gypsum* 10% dengan nilai sebesar 3,686830 W/m⁰C, sedangkan hasil pengujian *densitas* dan *bending* terdapat pada komposisi *Fly Ash* 60%, *Perlite* 30%, dan *Gypsum* 10% dengan nilai masing-masing sebesar 1,405 gram/cm³ dan 0,2052 N/mm².

Kata Kunci : *Fly Ash, Perlite, Gypsum, Konduktivitas Thermal, Densitas, dan Bending.*

Abstract

Study of Insulator Material Made From Fly ash, Perlite and Gypsum. The purpose of this study was to determine the value of the thermal conductivity of insulation materials, to determine the mechanical properties and physical properties of the insulator personality trait by means of testing thermal conductivity, density and compressive strength of composition 60% fly ash:30% perlite:10% gypsum, 50% fly ash:40% perlit:10% gypsum, and 40% fly ash:50% perlit:10% gypsum.

The objective of this research is to find out low conductivity, high density and compressive strength of fly ash insulation material fly ash is mixed by perlite and gypsum into composite whose fly ash, perlite, and gypsum composition of 60%:30%:10%, 50%:40%:10%, and 40%:50%:10% respectively. Composite plate samples have 24 cm x 12 cm x 2 cm and 8 cm x 2 cm x 2 cm in dimension, thermal conductivity, and density test were tested using ASTM C 177 and ASTM C – 00-2005 standard, while compressive strength test used bending test used on ASTM D 790.

The result of research showed that lower thermal conductivity of insulator plate was 3,6868 W/m⁰C it is composite plate of 40% fly ash, 50% perlite and 10% gypsum. While high density and compressive strength of composite plate reached by composition of fly ash 60%, perlite 30%, and gypsum 10% with 1,405 gram/cm³ and 0,2052 N/mm² in value respectively.

Keywords: *Fly Ash, Perlite, Gypsum, Thermal Conductivity, Density, and Bending.*

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini banyak industri telah mengganti sumber energi pada pembangkit listrik tenaga uap/boiler dari minyak dengan batubara sebagai akibat langkah dan mahalnya harga bahan bakar tersebut. Penggunaan batubara sebagai sumber energi pada unit pembangkit listrik tenaga uap akhir-akhir ini menjadi pilihan yang paling diminati oleh para pengusaha, karena disamping dapat menghemat biaya operasional juga ketersediaannya cukup melimpah di Indonesia (Munir, 2012).

Tercatat pada tahun 2011 produksi batubara di Indonesia sebesar 415 juta ton dari total cadangan yang diperkirakan sebesar 34 milyar ton. Keberadaan batubara yang melimpah berbanding lurus dengan banyaknya industri yang menggunakan batubara sebagai sumber energinya, yang mana akan semakin terus berkembang. Abu terbang merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik. Limbah padat ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar. Jumlah abu terbang yang dihasilkan sekitar 15% sampai 17% dari tiap satu ton pembakaran batubara (Aman,dkk. 2012).

Pemanfaatan limbah abu terbang batubara menjadi suatu produk merupakan salah satu cara dalam mengatasi limbah yang dihasilkan. Selain dapat meningkatkan nilai ekonomisnya, proses pemanfaatan limbah abu terbang juga mengurangi jumlah dan dampak buruknya terhadap lingkungan. Saat sekarang ini, pemanfaatan abu terbang batubara sering digunakan sebagai salah satu bahan campuran pembuatan beton yang mengandung senyawa kimia bersifat pozzolan seperti alumina dan silika. Oleh karena itu, abu terbang ini cocok untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku konstruksi bangunan (Sari N.U, dkk. 2015).

Indonesia merupakan daerah vulkanik yang kaya akan bahan galian industri, ini ditujukan oleh berbagai jenis batuan gelas vulkanik (gelas tuff, perlit, obsidian), akan tetapi bila dilihat dari kandungan mineralnya tidak selalu memenuhi persyaratan untuk industri dalam negeri. Pada saat ini sumber daya mineral Indonesia diekspor secara mentah ke luar negeri, akan tetapi dengan telah diberlakukannya Undang-Undang No.4 Tahun 2009 tentang pertambangan mineral dan batubara disebutkan bahwa industri pertambangan diwajibkan untuk mengolah dan memurnikan bahan tambang dalam negeri.

Dengan demikian dengan adanya penelitian mengenai perlit ini diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah sumber daya mineral dan ketersediaan bahan baku dalam negeri. Obsidian atau perlit merupakan jenis batuan beku luar yang kaya akan silika. Obsidian kebanyakan warna putih keabu-abuan hingga hitam dan mempunyai berat jenis 3 sampai 3,5 dan apabila dipanaskan pada suhu 900⁰ C sampai 1000⁰ C maka akan mengalami pengembangan yang maksimal sebesar 20 kali dari volume sebelumnya sehingga berat jenis menjadi 0,15 sampai 0,6 dan sangat ringan seperti gabus yang kegunaannya sebagai bahan beton ringan, isolator panas, dan sebagai penyaring air (Amin. M, 2013).

Kemudian dengan perkembangan ilmu dan teknologi saat ini sudah banyak dikembangkan bahan-bahan material baru untuk menggantikan fungsi kayu tersebut seperti baja ringan sebagai pengganti atap dan plafon, papan panel partikel sebagai pengganti dinding penyekat, dan *gypsum* sebagai plafon dan propil atau aksesoris pada dinding dan plafon. Papan *gypsum* dan propil *gypsum* adalah salah satu produk jadi setelah material gypsum diolah melalui proses pabrikasi. Penggunaan gypsum ini merupakan alternative yang tepat untuk penambahan dalam bahan uji isolator karena memiliki unsur perekat.

Para peneliti sebelumnya mencoba melakukan pengujian konduktivitas thermal pada abu sekam padi yang divariasikan ketebalan dan kepadatannya dengan melihat kandungan komposisi kimia baru sekam padi memiliki banyak kandungan unsur silika (SiO₂). Hasil penelitian tersebut mampu memperlihatkan bahwa papan sekam padi dapat bekerja sebagai isolator panas (Wibowo. H, dkk. 2008).

Bila potensi ini tergarap dengan baik, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengolahan limbah industri sekaligus dimanfaatkan untuk bahan isolator panas pada boiler (Pembakaran batubara PLTU). Mengingat potensi *Fly Ash* (abu terbang), *perlite* dan *gypsum* cukup besar sudah selayaknya perlu dikaji dan dikembangkan guna untuk mensejahterakan masyarakat.

Pada penelitian ini dilakukan pencampuran ketiga komposisi material dengan berbagai variasi komposisi, maka diharapkan dapat menghasilkan isolator panas baik dengan uji konduktivitas thermal, sifat-sifat mekanik yang baru dari isolator

melalui uji kekuatan tekan, dan sifat fisis yang baru dari isolator dengan melalui uji densitas.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka yang menjadi permasalahan adalah dari ketiga bahan pencampuran komposisi antara *fly ash* (abu terbang), *perlite*, dan *gypsum*, terjadi pada komposisi manakah yang ideal yang akan menghasilkan isolator panas yang baik dengan uji konduktivitas thermal, sifat-sifat mekanik baru dari isolator melalui uji tekan, dan sifat-sifat fisis melalui uji densitas.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai konduktivitas thermal dari bahan isolator, untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari isolator dengan melalui uji tekan dan untuk mengetahui sifat-sifat fisik dari isolator dengan melalui uji densitas terhadap komposisi ketiga bahan tersebut, dan untuk mengetahui komposisi yang ideal dari variasi komposisi spesimen.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian *fly ash* membuat campuran mortar Type M. Campuran dibuat tanpa dan dengan menambahkan bahan tambah *fly ash* proporsi tertentu, diperoleh adukan konsistensi normal dari kadar masing-masing (air, semen, *agregat*, dan *fly ash*) yang selanjutnya diuji kuat tekannya melalui benda uji kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm pada berbagai umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Dengan penambahan *fly ash* tersebut kekuatan tekan mortar lebih baik (Kusdiyono, 2012).

Pada penelitian pembuatan panel beton ringan dengan campuran semen-*perlite* dan semen-*agregate* dengan komposisi 80,00%, 85,72%, dan 88,89% mempunyai sifat fisis yang memenuhi syarat sebagai panel beton ringan. Pembuatan panel beton ringan *perlite* dengan perekat semen dan resin terbaik adalah komposisi 80% *perlite*, 20% perekat (perbandingan 1 : 4) dengan kekuatan tekan yang memenuhi syarat beton ringan (Amin. M, dkk. 2013).

Pada penelitian papan semen-gypsum dibuat dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 12 cm dengan sasaran kerapatan 1,2 gram/cm³. Papan semen-gypsum yang dibuat dari semen, gypsum dan partikel *core-kenaf* ini dibuat dengan formulasi untuk lapisan *face* dan *back* papan dari campuran semen, partikel *core-kenaf* dan air dengan perbandingan 2,5 : 1 : 1,25, sedangkan untuk lapisan tengah papan dibuat dari campuran *gypsum*, partikel *core-kenaf* dan air dengan perbandingan 3 :

1 : 1,5. Bahan tambahan yang digunakan antara lain *accelerator* CaC₁₂ (3%) dan *retarder* boraks (2%).

Pengujian sifat fisis dan mekanis papan semen-gypsum dilakukan berdasarkan *Japanese Industrial Standart* JIS A 5417-1992 meliputi pengujian kerapatan, kadar air, daya serap air, pengembangan tebal dan linear, keteguhan rekat (IB), modulus eleastisitas (MOE), keteguhan patah (MOR) dan kuat pegang sekrup. Nilai yang dibandingkan adalah nilai rata-rata setiap perlakuan dengan kombinasinya dari masing-masing sifat yang diuji. Hasil pengujian diolah dengan menggunakan model Regresi Linear Berganda dengan dua peubah bebas yakni : 1). Proporsi perbandingan semen-gypsum (berdasarkan berat) terdiri atas tiga taraf, yaitu 40 : 60, 50 : 50, dan 60 : 40. 2). Waktu *curing autoclave* terdiri atas lima taraf yaitu curing konvensional 2 minggu, *curing autoclave* 2, 4,8, dan 16 jam. Penelitian ini dilakukan dengan tiga ulangan sehingga terdapat 45 contoh uji (Mail. R.S, dkk. 2006).

Pada penelitian konduktivitas thermal antara papan partikel sekam padi dengan *gypsum*, dimana papan partikel dengan *gypsum* adalah sebagai *ceiling* yang diaplikasikan pada model rumah kayu lapis dan atap terbuat dari seng bahwasanya papan partikel sekam padi memiliki konduktivitas thermal lebih besar daripada *gypsum*. Yaitu papan partikel sekam padi memiliki konduktivitas thermal sebesar 1,95 W/m⁰ C, sedangkan pada *gypsum* memiliki angka konduktivitas thermal sebesar 1,39 W/m⁰C (Muhajir. K, dkk. 2010).

Material Isolator

Tungku adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk melelehkan logam untuk pembuatan bagian mesin (*casting*) atau memanaskan bahan serta mengubah bentuknya atau merubah sifat-sifatnya. Dimana gas buang dari bahan bakar berkontak langsung dengan bahan baku, maka jenis bahan bakar yang dipilih menjadi penting. Sebagai contoh, beberapa bahan tidak akan mentolelir sulfur dalam bahan bakar. Bahan bakar padat akan menghasilkan bahan pertikulat yang akan mengganggu bahan baku yang ditempatkan didalam tungku.

Kunci dari operasi tungku yang efisien terletak pada pembakaran bahan bakar yang sempurna dengan udara berlebih yang minim. Tungku beroperasi dengan efisiensi yang relatif

rendah dibandingkan dengan peralatan pembakaran lainnya seperti boiler (efisiensi > 90%).

Perlit

Perlit (*perlite*) berasal dari kata *perstein* didefinisikan sebagai *certain glassy rocks (hyaloliparites, hyalorhiolities) with numerous concentric cracks, from the fancied resemblance of broken out fragment to pearls*. Beberapa ahli geologi telah mendefinisikan secara keilmuan. *Bateman* (1958), seorang ahli geologi ekonomi mendefinisikan perlit sebagai gelas vulkanik yang bersifat asam. *Barnes* (1962), mendefinisikan perlit secara petrologi sebagai gelas vulkanik tertentu yang mempunyai struktur retakan konsentris (mengulit bawang) sebagai akibat dalam proses pendinginannya. *Charmichael, et all* (1974), mendefinisikan perlit sebagai gelas vulkanik dengan struktur perlitis, terutama jika gelas tersebut berasal dari batuan rhyolit (bersifat asam) dan kaya akan kandungan air karena pada waktu batuan tersebut membeku berada pada lingkungan basah. *Klinefelter* (1960), memberikan defenisi perlit sebagai gelas vulkanik yang mempunyai struktur konsentris (mengulit bawang) dan berkilap mutiara berbeda dengan gelas vulkanik lainnya karena lebih banyak air terikat (*combinedwater*).

Abu Terbang (Fly Ash)

Fly Ash adalah serbuk halus sisa hasil pembakaran batubara yang dibuang melalui cerobong.

Gypsum

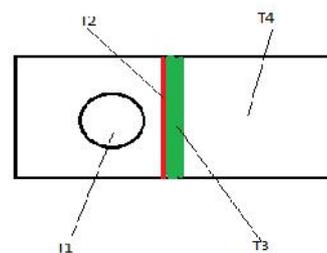
Gypsum adalah salah satu mineral terbanyak dalam lingkungan sedimen yaitu batu yang terdiri dari mineral yang diproduksi secara besar-besaran yang biasanya dengan persitipasi dari air asin. Gypsum adalah penyekat alami, hangat bila disentuh dibandingkan dengan batu bata (Kurniawan. V, dkk. 2011).

Pengujian Konduktivitas Thermal

Perpindahan panas adalah proses transport energi bila dalam satu sistem tersebut terdapat gradient temperatur atau bila dua sistem yang temperaturnya berbeda disinggungkan maka akan terjadi perpindahan energi. Energi yang

dipindahkan dinamakan kalor atau panas (Affandi. S, 2013).

Cara perpindahan panas antara lain konduksi. Perpindahan panas konduksi atau hantaran adalah perpindahan energi dari bagian yang bersuhu tinggi kebagian yang bersuhu rendah apabila perbedaan temperatur atau temperatur gradien. Hubungan dasar untuk perpindahan panas dengan cara konduksi diusulkan oleh Ilmuwan Prancis J.B.J Fourier pada tahun 1882. Hubungan ini menyatakan bahwa hubungan *q*, laju aliran panas dengan cara konduksi dalam satu bahan atau sama dengan hasil kali dari tiga buah besaran antara lain konduktivitas thermal bahan (*k*), luas penampang melalui mana panas mengalir dengan cara konduksi yang harus diukur tegak lurus terhadap arah aliran panas (*A*), gradient suhu pada penampang tersebut (*dt/dl*), yaitu laju perubahan temperatur *T*, terhadap jarak dalam arah aliran panas *L*.



Gambar 1. Kotak Pengujian Konduktivitas Panas
Keterangan :

1. Sumber panas (*T₁*)
2. Plat alminium (*T₂*)
3. Benda uji (*T₃*)
4. Ruang isolasi (*T₄*)

Perjanjian tanda untuk menuliskan persamaan konduksi panas dalam bentuk matematika ditetapkan bahwa arah naiknya jarak *L* arah aliran panas positif. Mengingat hukum kedua termodinamika bahwa panas akan mengalir secara otomatis dari titik yang bertemperatur lebih tinggi ke titik temperatur lebih rendah, maka aliran panas menjadi positif bila gradient temperatur negatif. Sesuai dengan hal itu, persamaan dasar untuk konduksi satu dimensi dalam keadaan *steady* ditulis (Affandi. S, 2013).

Pengujian konduktivitas thermal dengan modifikasi metode ASTM C177 dengan pengujian secara tertutup dengan sumber panas yang diberikan lebih dari 100 °C (pada pelat). Dalam penelitian ini lingkungan disolir dengan temperatur dan tekanan.

Perpindahan panas pada dinding datar dapat dihitung dengan mengintegrasikan hukum Fourier, bila konduktivitas thermal dianggap tetap maka persamaannya :

$$q = -\frac{kA}{\Delta X}(T_2 - T_3) \dots\dots\dots 2.1$$

Jika laju perpindahan kalor pada suatu dinding datar seperti dalam hal dinding lapisan rangkap dua, satu dimensi yang tersusun atas dua lapisan yaitu plat aluminium dan komposit (benda uji), maka aliran kalor dapat ditulis sebagai berikut :

$$q = \frac{T_2 - T_3}{\frac{\Delta X_A}{K_A A} + \frac{\Delta X_B}{K_B A}} \dots\dots\dots 2.2$$

Maka untuk mendapatkan nilai konduktivitas rangkap dua, maka persamaan diatas dikonversikan menjadi :

$$K_B = \frac{L_{BU}}{A_{BU} \left[\frac{\Delta T}{q} - \frac{L_{Plat}}{K_{Plat} A_{Plat}} \right]} \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana :

- q = Laju Aliran Panas (W)
- k = Konduktivitas Thermal Bahan (W/m⁰C)
- A = Luas Penampang (m²)
- T₂ = Temperatur Plat (°C)
- T₃ = Temperatur Benda Uji (°C)
- L = Tebal Dinding Bahan (m)

(Holman J.P,1995)

Dimana satuan SI satuan panas adalah Joule dengan 1 kal sama dengan 4186 Joule. Bila sumber kalor (q) melalui bahan uji dengan tebal (L) dan luas penampang (A) pada temperatur (T) dapat dihitung dengan persamaan (Holman J.P, 1995) :

$$k = \frac{q.L}{A.\Delta T} \dots\dots\dots 2.4$$

Pengujian Densitas

Densitas merupakan suatu ukuran massa perunit volume (g/cm³) atau (lb/in²). Pengukuran densitas yang dilakukan adalah jenis densitas ruah (*bulk density*) berdasarkan metode Archimedes pada standar ASTM C-00-2005, dimana perbedaan berat diudara dibandingkan dengan berat dalam air (Barsoum, 1997).Persamaan dalam menghitung massa jenis komposit adalah sebagai berikut:

$$\rho_c = \frac{W_{CU}}{W_{CU} - W_{CA}} \rho_{CA} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana :

- c = Massa jenis bahan (g/cm³)
- CA = Massa jenis air (g/cm³)
- W_{CU} = Berat bahan di udara (g)
- W_{CA} = Berat bahan dalam air (g)

Pengujian Bending Three Point (ASTM D 790)

Tegangan bending dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini :

$$\sigma = \frac{3P.L}{2b.d^2} \dots\dots\dots 2.7$$

Dimana adalah tegangan bending maksimal yang mampu diterima oleh spesimen dalam satuan Mpa, P adalah beban maksimum yang mampu diterima oleh spesimen dalam satuan kgf, L adalah jarak dari penumpu (*support span*), b adalah lebar spesimen dalam satuan mm, dan d adalah tebal dari spesimen dalam satuan mm (ASTM D-790).

3. METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian dilakukan beberapa tahap diantaranya adalah tahap persiapan, pembuatan spesimen, proses pembakaran/pengeringan, pengujian, pengambilan data, dan pengolahan data.

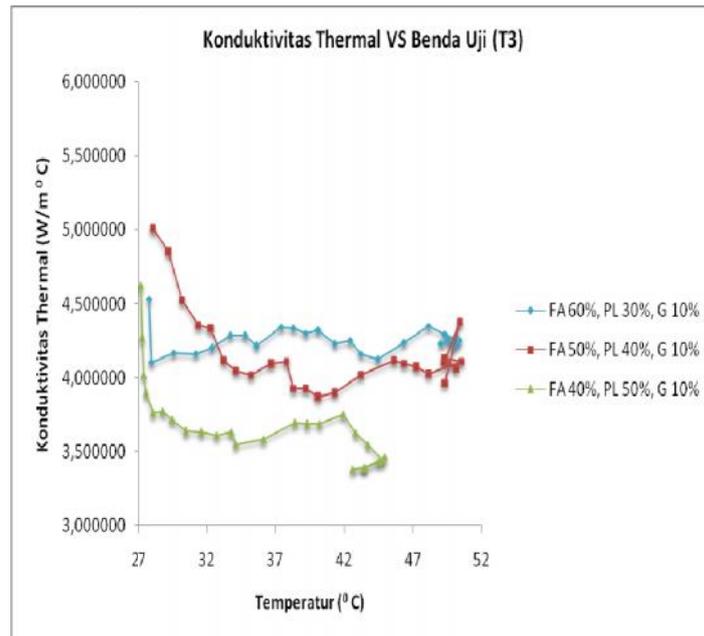
Mempersiapkan peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Spesimen dibuat sebanyak 18, diantaranya 9 spesimen untuk pengujian konduktivitas thermal dan densitas, dan 9 spesimen berikutnya untuk pengujian bending. Dalam pembuatan spesimen disesuaikan dengan ukuran cetakan yang telah ditentukan. Dimana dalam pembuatan spesimen ini menggabungkan semua komposisi (*fly ash, gypsum, dan perlite*) yang telah dicampur secara merata kemudian dituang kedalam cetakan. Proses pembuatan spesimen tidak jauh beda dengan proses pembuatan batu merah. Pembakaran dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo. Proses pembakaran dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan kadar air yang masih terkandung dalam sebuah komposit. Alat yang digunakan dalam pembakaran ini adalah oven dengan suhu pembakaran yang digunakan sebesar 125 °C. Pengujian spesimen dalam penelitian dilakukan dengan 3 cara pengujian. Diantaranya adalah pengujian konduktivitas thermal, pengujian densitas, dan pengujian bending. Dalam setiap pengujian terdiri dari 3 spesimen dengan komposisi yang berbeda-beda, diantaranya : Komposisi Fly Ash 60%, Perlit 30%, dan Gypsum 10%, Komposisi Fly Ash 50%, Perlit 40%, dan Gypsum 10%, dan Komposisi Fly Ash 40%, Perlit 50%, dan Gypsum 10%. Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan analisa sistem perhitungan yang diambil dari persamaan-persamaan peneliti

terdahulu. Dimana dari hasil perhitungan ini digambarkan dalam bentuk grafik guna untuk melihat fenomena yang terjadi dalam penelitian.

4. PEMBAHASAN

Pembahasan dalam penelitian merupakan suatu tahap pola pengkajian fenomena-fenomena

Hubungan Konduktivitas Thermal Terhadap Temperatur Benda Uji (T_3)



Gambar 2. Hubungan Konduktivitas Terhadap Temperatur Benda Uji (T_3)

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara konduktivitas thermal terhadap temperatur benda uji (T_3). Pola dari grafik ini menggambarkan adanya hubungan timbal balik antara konduktivitas thermal terhadap temperatur benda uji pada setiap variasi komposisi. Bahwa semakin besar temperatur yang diperoleh oleh benda uji (T_3), maka semakin rendah konduktivitas thermalnya. Hal ini dapat dilihat pada komposisi FA 60%, PL 30%, dan G 10% yang memiliki konduktivitas tertinggi sebesar 4,252784 W/m °C, sedangkan konduktivitas terendah diperoleh pada komposisi FA 40%, PL 50%, G 10% sebesar 3,686830 W/m °C.

Fenomena ini disebabkan karena kemampuan dari masing-masing komposit mengalami kemudahan dan kesulitan dalam menerima panas. Apabila kemampuan untuk menyimpan panas besar, maka temperaturnya kecil. Dan apabila kemampuan untuk menyimpan panas kecil, maka temperaturnya besar.

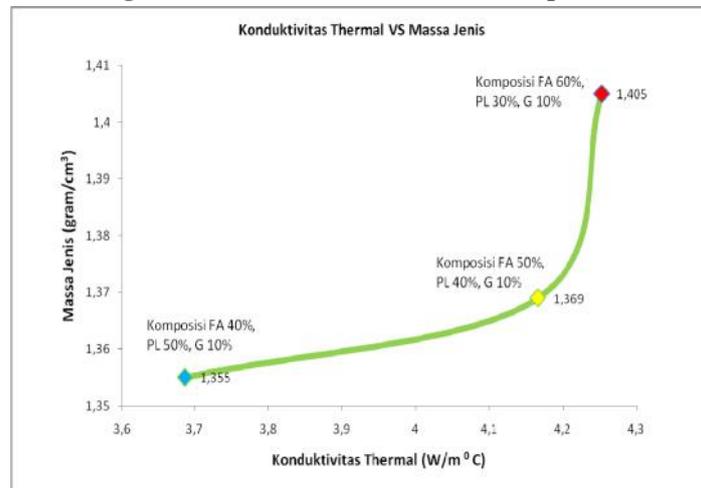
yang terjadi yang bersumber dari data hasil penelitian alat ukur dan hasil perhitungan teori yang dihubungkan dalam bentuk grafik. Adapun hal-hal yang berhubungan berdasarkan fenomena yang terjadi dalam penelitian ini adalah material penyusun komposit, temperatur, densitas, konduktivitas, dan bending.

Oleh karena itu, dengan adanya kemudahan dan kesulitan suatu komposit tersebut dalam menerima panas, itu disebabkan karena adanya penambahan material penyusun suatu komposit memiliki kandungan komposisi yang berbeda-beda antara unsur *fly ash*, *perlite*, dan *gypsum*. Jika unsur *fly ash* lebih besar daripada *perlite*, dan *gypsum* tetap, maka nilai konduktivitas yang diperoleh tinggi. Begitupun sebaliknya, jika penambahan unsur *perlite* lebih besar daripada *fly ash* dan *gypsum* tetap, maka nilai konduktivitas yang diperoleh rendah. Sebab dalam komposisi *fly ash* dan *perlite* ini terdapat suatu unsur yang sangat mempengaruhi material tersebut tahan terhadap panas yaitu unsur silika oksida. Unsur silika oksida (SiO_2) tersebut banyak terkandung pada komposisi perlit yaitu sebesar 68,97%.

Dimana unsur silika oksida ini merupakan suatu unsur yang banyak mengandung pasir halus yang banyak digunakan sebagai bahan dasar keramik atau bahan padat organik bukan logam

yang memiliki sifat keras, tahan aus, dan stabil pada temperatur tinggi (Wibowo. H, 2008)

Hubungan Konduktivitas Thermal Terhadap Densitas



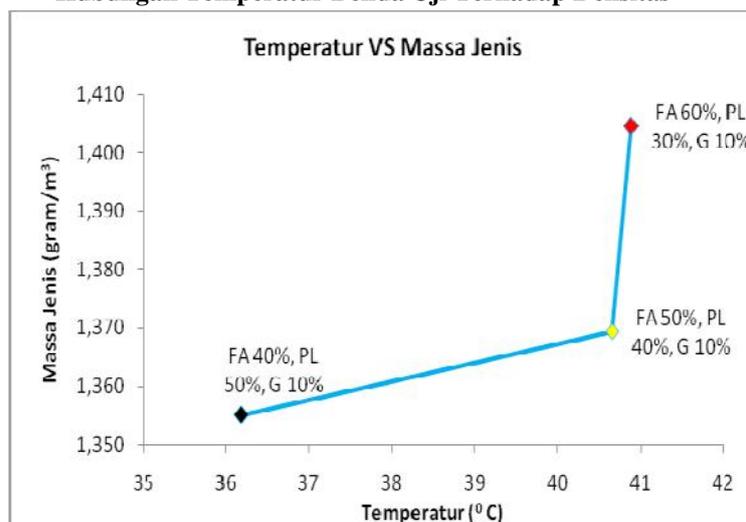
Gambar 3. Hubungan Konduktivitas Terhadap Massa Jenis

Pada grafik diatas menggambarkan hubungan konduktivitas thermal terhadap massa jenis pada setiap variasi komposisi. Dimana pola dari grafik ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai massa jenis, maka nilai konduktivitas thermal semakin meningkat. Sebaliknya, jika semakin rendah nilai massa jenisnya, maka semakin menurun pula konduktivitasnya. Hal ini disebabkan karena material penyusun dari setiap komposit memiliki variasi komposisi dengan sifat fisik yang berbeda-beda. Dimana pada komposisi fly ash terdapat unsur MgO yang memiliki densitas tinggi yaitu sebesar 3,58 gram/cm³ dibanding perlit yang tidak memiliki unsur tersebut, sedangkan gypsum

hanya sebagai perekat antar material (Widodo R.D, dkk. 2010).

Peristiwa ini dapat dilihat pada komposisi FA 60%, PL 30%, G 10% yang memiliki densitas tertinggi yaitu sebesar 1,405 gram/cm³ dengan konduktivitas thermal diperoleh sebesar 4,252784 W/m⁰C, sedangkan densitas terendah terdapat pada komposisi FA 40%, PL 50%, G 10% yaitu sebesar 1,355 gram/cm³ dengan nilai konduktivitas thermal sebesar 3,686830 W/m⁰C. Oleh karena itu, jika semakin besar densitas suatu bahan, maka semakin besar pula konduktivitas thermalnya (Affandi. S, 2013).

Hubungan Temperatur Benda Uji Terhadap Densitas



Gambar 4. Hubungan Temperatur Benda Uji Terhadap Densitas

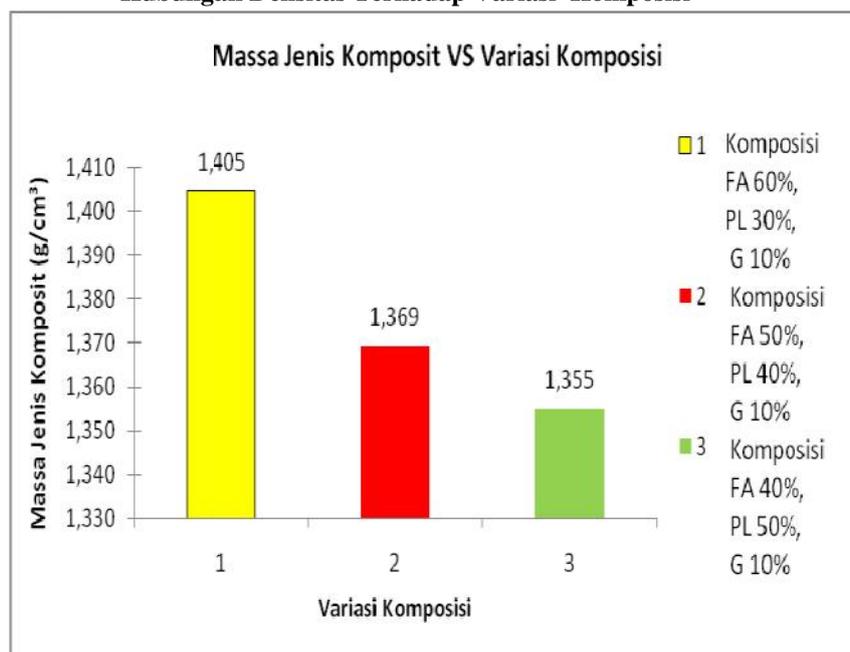
Grafik diatas menunjukkan hubungan antara temperatur terhadap massa jenis pada setiap variasi komposisi. Pola dari grafik ini menggambarkan bahwa semakin meningkat temperatur pada setiap variasi komposisi, maka massa jenisnya semakin besar. Dimana pada densitas terendah didapatkan pada komposisi FA 40%, PL 50%, G 10% sebesar $1,335 \text{ gram/cm}^3$, sedangkan untuk densitas tertinggi diperoleh sebesar $1,405 \text{ gram/cm}^3$ pada komposisi FA 60%, PL 30%, G 10%.

Peristiwa ini disebabkan karena penambahan material penyusun suatu komposit menguap menjadi gas akibat panas, sehingga berat jenis dari masing-masing komposisi berbeda-beda. Namun komposisi yang mudah menguap itu adalah perlit. Apabila perlit dikena panas maka berat jenisnya berkurang, hal ini dapat dilihat dari sifat perlit yang mudah mengembang bila temperaturnya meningkat. Disisi lain dapat dilihat bahwa perlite juga mudah terlarut apabila terkena air, sehingga

menyebabkan terbentuknya rongga-rongga pada permukaan komposit. Dengan adanya rongga-rongga tersebut menandakan bahwa partikel-partikel penyusunnya yang tidak saling mengikat antara yang satu dengan yang lainnya (Ismayanto A.F. 2007).

Olehnya itu, dalam penelitian ini apabila penambahan unsur fly ash lebih banyak dari pada perlite maka sedikit mempengaruhi nilai densitasnya terhadap temperatur. Dimana dalam fly ash mengandung unsur alumina (Al_2O_3), dan biji besi (Fe_2O_3) yang jauh lebih besar daripada *perlite*, sehingga sangat sukar untuk menguap menjadi gas apabila dipanaskan dengan unsur-unsur lain yang terkandung didalamnya seperti TiO_2 , MnO , K_2O , dan P_2O_5 . Sedangkan untuk kandungan gypsum digunakan hanya sebagai perekat antar material satu dengan material lainnya. Apabila gypsum terkena panas, itu tidak mempengaruhi dari nilai massa jenisnya.

Hubungan Densitas Terhadap Variasi Komposisi



Gambar 5. Hubungan Densitas Terhadap Variasi Komposisi

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa untuk nilai massa jenis tertinggi terdapat pada komposisi FA 60%, PL 30%, dan G 10%, sedangkan untuk nilai massa jenis terendah terdapat pada komposisi FA 40%, PL 50%, dan G 10%.

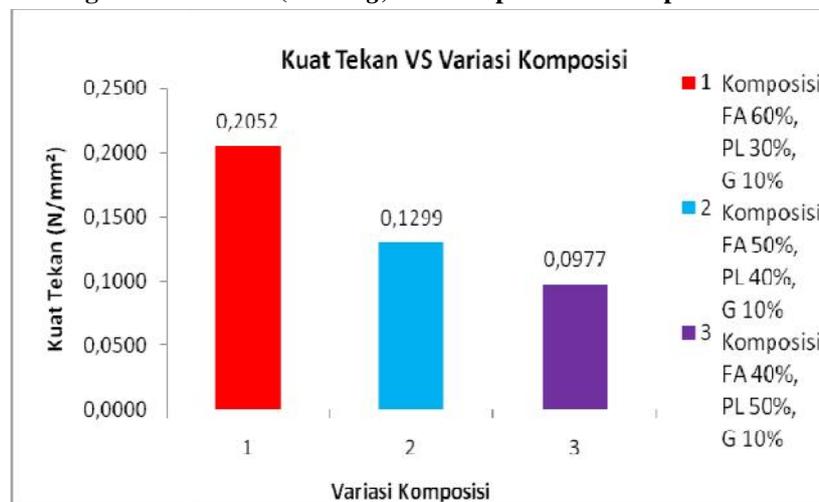
Hal ini disebabkan karena adanya kandungan komposisi material memiliki sifat fisik yang berbeda-beda. Dimana pada komposisi fly ash banyak mengandung unsur logam dibandingkan dengan perlite. Unsur logam yang terkandung pada fly ash tersebut terdiri dari Fe_2O_3 sebesar 4,47%

dan Al_2O_3 sebesar 20,70%, dan MgO sebesar 0,42%. Unsur-unsur ini merupakan suatu unsur yang tidak merubah densitas suatu material, terkecuali material tersebut dipengaruhi oleh faktor yang bisa merubah bentuk dan fisiknya. Dimana pada saat kandungan komposisi *fly ash* lebih tinggi daripada *perlite*, maka nilai massa jenis yang didapatkan tinggi. Jika kandungan *fly ash* lebih rendah daripada *perlite*, maka nilai massa jenis yang didapatkan rendah. Sebab, *fly ash* memiliki berat jenis lebih besar daripada perlite yaitu 65

gram/cm³, sedangkan perlite memiliki berat jenis sebesar 15 gram/cm³ (Anval, *Table Bulk Density Chart*). Jadi, dengan adanya variasi komposisi yang

berbeda-beda dengan jumlah kandungan yang sama, maka akan mempengaruhi nilai massa jenis yang terkandung didalamnya.

Hubungan Kuat Tekan (*Bending*) Terhadap Variasi Komposisi



Gambar 6. Hubungan Kuat Tekan Terhadap Variasi Komposisi

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa terjadi penurunan tekanan pada setiap variasi komposisi. Dimana pada komposisi FA 60%, PL 30%, G10% memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 0,2052 N/mm², komposisi FA 50%, PL 40%, G 10% memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 0,1299 N/mm², dan komposisi FA 40%, PL 50%, G 10%. Namun untuk nilai tekan tertinggi terdapat pada komposisi FA 60%, PL 30%, G 10%, sedangkan untuk nilai tekan terendah terdapat pada komposisi FA 40%, PL 50%, dan G 10%.

Adanya penurunan dan peningkatan kuat tekan ini disebabkan oleh kandungan beberapa komposisi yang berbeda-beda. Perbedaan kandungan komposisi tersebut akan melemahkan atau menguatkan unsur-unsur yang terkandung didalamnya. Oleh karena itu, jika *fly ash* lebih besar daripada *perlite* serta gypsum tetap maka akan meningkatkan kuat tekan. Peningkatan ini karena *fly ash* mengandung sifat *pozzolanic* dan *self-cementing* yaitu kemampuan untuk mengeras dan menambah *streght* apabila bereaksi dengan air. Sebaliknya, jika *fly ash* lebih kecil daripada *perlit* serta *gypsum* tetap maka akan menurunkan kuat tekan. Penurunan uji tekan ini karena mengurangnya sifat *pozzolanic* dan *self-cementing*. Disisi lain bahwa *fly ash* mengandung unsur-unsur logam yang jauh lebih besar daripada *perlite* seperti Titanium (TiO₂) yaitu sebesar 0,96%, alumina (Al₂O₃) sebesar 20,70%, dan biji besi (Fe₂O₃) sebesar 4,87%. Ketiga unsur ini guna untuk menambah kekerasan material, namun bersifat

getas dan ketangguhan retaknya rendah. Jadi, untuk menambahkan nilai kuat tekan pada komposit maka perlu adanya penambahan *fly ash* yang lebih besar daripada *perlite* (Fatharoni. N, dkk. 2003).

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dan pembahasan, maka penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

Nilai konduktivitas thermal dari masing-masing komposit isolator yang tersusun dari beberapa komposisi (Fly Ash, Perlite, dan Gypsum) dengan kadar tertentu didapatkan bahwa komposit dengan komposisi FA 60%, PL 30%, G 10% nilai konduktivitas thermal sebesar 4,252784 W/m⁰C, komposit dengan komposisi FA 50%, PL 40%, G 10% nilai konduktivitas thermal sebesar 4,166514 W/m⁰C, dan komposit dengan komposisi FA 40%, PL 50%, G 10% nilai konduktivitas thermal sebesar 3,686830 W/m⁰C.

Sifat mekanik dan fisis yang didapatkan berdasarkan uji tekan serta densitas pada beberapa komposit yang tersusun dari beberapa komposisi (Fly Ash, Perlite, dan Gypsum) tertentu bahwa pada komposisi FA 60%, PL 30%, G 10% nilai uji tekan rata-rata yang didapatkan sebesar 0,2052 N/mm² dengan nilai massa jenis rata-rata sebesar 1,405 gram/cm³, komposisi FA 50%, PL 40%, G 10% nilai uji tekan rata-rata yang didapatkan sebesar 0,1299 N/mm² dengan nilai massa jenis rata-rata sebesar 1,369 gram/cm³, dan pada komposisi FA 40%, PL 50%, G 10% nilai uji tekan

rata-rata didapatkan sebesar 0,0977 N/mm² dengan nilai massa jenis rata-rata sebesar 1,355 gram/cm³.

Komposit yang ideal sebagai bahan isolator panas didapatkan pada komposisi FA 40%, PL 50%, G 10%, sedangkan komposit yang ideal dalam uji mekanis dan fisis didapatkan pada komposisi FA 60%, PL 30%, dan G 10%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Fauzi Ismayanto, dkk. 2007. *Batuan Perlite Karangnunggal Sebagai Bahan Sintesa Atapulgit*. Jurnal Riset dan Pertambangan. Jilid 17.(2): 1-17
- Aman, dkk. 2012. “*Pemanfaatan Abu Terbang Batubara (Fly Ash) Sebagai Bahan Batako Yang Ramah Lingkungan*”. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Riau Kampus Binawidya. Hal : 1-5
- Barsoum. 1997. “*Fundamentals Of Ceramic*”. New York : Mc Graw-Hill Companies
- Bondan T Sofyan. 2011. *Pengantar Material Teknik*. Jilid 1, 184 hal. Jakarta : Salemba Teknika
- Harry Wibowo. 2008. *Studi Banding Konduktivitas Panas Antara Gabus (Styrofoam) Dengan Sekam Padi*. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi- IST AKPRIND: Yogyakarta. Hal : 112-118
- Hikmah Annur, dkk. 2015. “*Pengujian Bending Biomaterial Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi Sebagai Prosthesis Sendi Rahang (TMJ) Pada Manusia*”. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Hal : 37-40
- Jack P. Holman. 1995. “*Perpindahan Kalor*”. Terjemahan : Jasjfi. Edisi 6. Jakarta : Erlangga. Hal : 6-10
- Khaerul Muhajir. 2010. “*Studi Komparasi Perpindahan Kalor Pada Ceiling Papan Partikel Sekam Padi dan Gypsum*”. Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Akprind Yogyakarta. Jurnal Kompetensi Teknik, 2(1)
- Kusdiyono, dkk. 2012. “*Pengaruh Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Terhadap Kekuatan Tekan Mortar Type M*”. Jurusan Sipil Politeknik Negeri Semarang. Vol. 17, No.2
- Muhammad Amin. 2013. “*Proses Produksi Expanded Perlite Lampung Sebagai Material Industri Bata Ringan*”. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung. Hal : 185-189
- Munir. 2008. *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) Untuk Hollow Block Yang Bermutu Dan Aman Bagi Lingkungan*, Laporan Penelitian. Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Hal : 1-5
- Naya Fatharoni, dkk. 2013. “*Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Pada Beton Non Pasir Ditinjau Dari Kuat Tekan Dan Permeabilitas Beton Untuk Green Pedestrian Road (Implementasi Sebagai Bahan Pembelajaran Mata kuliah Teknologi Beton)*”. USM
- Nurzal, dkk 2013. “*Pengaruh Komposisi Fly Ash Terhadap Daya Serap Air Pada Pembuatan Paving Block*. Institut teknologi padang. Jurnal Teknik Mesin. 3(2) : 41-48
- Nur Ungki Sari, dkk. 2015. “*Sintesis Keramik Geopolimer Untuk Aplikasi Pipa Geothermal (Geothermal Pipelines)*”. Fakultas MIPA. Universitas Negeri Makasar. Hal : 227-229
- Samsudin Affandi, dkk. 2013. *Sintesa Isolator Panas Nano Porous Silika Dari Water Glass Dengan Metode Deposisi Elektroforesis*. Jurnal Teknik Pomits, 2 (1) : ISSN : 2337-3539 (2301-9271 Print). Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- Surdia Tata, Saito Shinroku. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Edisi Kelima. Jakarta : PT. Pradnya Paramitha
- Rahmat Doni Widodo, dkk. 2010. *Densitas dan Kekuatan Bending Pada Material Komposit Fly Ash-MgO*. Vol (8), 1. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Hal : 79-86
- Rhony Setiawan Mail, dkk. 2006. “*Papan Semen-Gypsum Dari Core-Kenaf (Hibiscus Cannabinus L.) Menggunakan Teknologi Pengerasan Autoclave*”. Jurnal Perennial, 2(2) : 12-18
- Van Vlack, Sriatie. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisi Kelima, Jakarta : Erlangga
- Vemmy Kurniawan, dkk 2011. *Pengaruh Penambahan Serbuk Gypsum Dengan Lamanya Waktu Pengeraman (Curing) Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya
- <http://indonesian.alibaba.com/product-gs/thermal-insulation-coating-used-cenosphere-fly-ash-> diakses tgl 15 Desember 2013.
- www.minerals.net, opened at December, 1, 2005

<http://ardra.biz/sain-teknologi/metalurgi/besi-pearlite/2008>.

<http://dhianmilanisty.blogspot.com/2012/11/konduktivitas-thermal-bahan>.

www.energyefficiencyasia.org,2006.