

KAJI EKSPRIMENTAL KONDUKTIVITAS TERMAL ISOLATOR DARI SERBUK BATANG KELAPA SAWIT

M. Ali¹⁾
Rakhmat Kurniawan²⁾

Abstrak

Pohon kelapa sawit yang diremajakan mempunyai ketinggian 9 – 12 meter dengan diameter 45 – 65 cm, tebal kulit 3 – 3,5 cm. Batang kelapa sawit terdiri dari serat dan parenkim.

Kadar air dan kerapatan batang kelapa sawit bervariasi dan kandungan parenkim batang semakin tinggi, sedangkan kerapatan semakin menurun.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konduktivitas termal serbuk batang kelapa sawit dan sejauh mana dapat berfungsi sebagai isolasi termal, setelah dilakukan pengujian didapat konduktivitas termal rata-rata 0,211935 watts/m⁰C. Bahan ini tidak dapat digunakan diatas suhu 250⁰C, karena kalau digunakan diatas suhu tersebut bahan ini akan terbakar.

Kata Kunci: Batang kelapa sawit, isolasi.

Abstract

Palm trees have rejuvenated height 9-12 feet in diameter 45-65 cm, thick skin from 3 to 3.5 cm. Palm trunks consist of fibers and parenchyma .

Moisture content and density of oil palm trunks are varied and higher content of parenchymal stem, while the density decreases .

This study aims to determine the thermal conductivity of powder palm trunks and to what extent can serve as thermal insulation, after testing the thermal conductivity obtained an average of 0.211935 watts/m⁰C. This material may not be used above 2500C temperature, because if used above this temperature the material will burn.

Keywords: palm trunk, isolation.

Keyword :

¹⁾ Dosen PS. Teknik Mesin UTP

²⁾ Alumni PS. Teknik Mesin UTP

PENDAHULUAN

Isolasi termal digunakan untuk mengatasi kerugian energi yang terlalu besar akibat perpindahan panas dari sistem ke lingkungan.

Kini selaras dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, telah dihasilkan berbagai jenis bahan isolasi termal untuk berbagai keperluan, misalnya pada industri dan bangunan. Penggunaan isolasi termal berkembang tidak hanya untuk menghindari kebocoran panas, tetapi juga untuk mencegah kebakaran, mengontrol temperatur, meningkatkan produksi dan menciptakan kondisi

kerja yang aman dan lebih baik. Karena fungsi isolasi termal sangat penting dalam penggunaan energi panas yang harus seefisiensi mungkin, maka diperlukan bahan isolasi termal yang memiliki konduktivitas termal yang rendah dan cenderung konstan, yang paling mendekati adalah udara kering. Bahan yang paling banyak mengandung udara memberikan struktur yang menahan perpindahan panas oleh udara sehingga memiliki isolasi termal yang baik sekali.

Seperti halnya dengan jenis energi lainnya, energi panas juga dapat dimanfaatkan seefisien mungkin atau dapat dihindari kerugian-kerugian energi yang terlalu besar, kerugian energi pada tangki terbuka yang berisi cairan panas terjadi

karena penguapan. Kehilangan energi ini dapat diperkecil dengan merentangkan bola-bola plastik, sehingga menutup permukaan caitan tersebut. Pengalaman dilapangan menunjukkan bahwa kehilangan panas suatu cairan panas dengan temperatur 90°C dapat dikurangi sebanyak 75% dengan cara mengapungkan bola-bola profilin.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu, nilai konduktivitas termal tergantung kepadatan (density), porositas, diameter pori, diameter serat, fluida didalam pori-pori, dan juga nilai konduktivitas untuk berbagai jenis bahan isolasi termal harus ditetapkan dengan eksperimen. Beberapa penelitian yang telah dilakukan antara lain thermal insulation in residential building, isolasi panas pada permukaan dan gedung-gedung, sifat isolasi dari sekam dan serbuk gergaji, penentuan konduktivitas termal tandan kelapa sawit. Pada beberapa penelitian-penelitian ini mengkaji jenis bahan isolasi dan efek zat kimia sebagai bahan pencampur untuk mendapatkan isolasi termal yang tahan api. Penelitian lainnya yang mengkaji efek porositas antara lain, yaitu effective thermal conductivity at high porosity open cell nickel foam, dan berbagai penelitian lainnya.

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia diprediksi sampai tahun 2005 luas arealnya lebih kurang 4,5 juta hektar. Bilamana setiap tahun 10% dari tanaman sawit ini harus diremajakan, maka akan dihasilkan batang kelapa sawit 11,7 juta pohon pertahun yang setara dengan 5,85 juta ton kayu per tahunnya (Rafdi, 2008). Kayu sawit ini masih banyak dibuang dan belum dimanfaatkan sebagaimana kayu jenis lainnya, begitu juga belum ada sentuhan teknologi yang dapat memanfaatkannya menjadi barang bernilai ekonomis.

Bertitik tolak dari dasar pemikiran diatas, timbul keinginan untuk meneliti serat dari serbuk batang kelapa sawit untuk dijadikan isolasi termal. Penelitian ini diharapkan menjadi salah satu usaha untuk melestarikan lingkungan hidup terutama untuk mendapatkan alternatif pada sumber daya alam sebagai salah satu usaha penanggulangan limbah dari perkebunan. Isolasi

termal dari serbuk batang kelapa sawit ini akan digunakan untuk mengisolasi temperatur.

PERUMUSAN MASALAH

Isolasi termal adalah alat yang dibuat dari suatu bahan yang dapat mengurangi kerugian energi yang terlalu besar akibat perpindahan panas dari sistem ke lingkungan.

Bahan isolasi termal yang dipilih dalam penelitian ini adalah serat batang kelapa sawit dan apakah limbah batang kelapa sawit ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan isolasi termal, dimana nilai konduktivitas termal ditetapkan dengan eksperimental, seperti halnya dengan penelitian-penelitian terdahulu.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konduktivitas termal efektif dari isolasi termal dari serbuk batang kelapa sawit dan juga untuk mengetahui sejauh mana fungsi bahan isolasi termal berfungsi sebagai bahan isolasi termal.

MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat digunakan sebagai bahan pelapis penahan panas untuk suhu yang relatif tidak begitu tinggi.
2. Energi yang dilepaskan ke lingkungan dapat dihambat.

TINJAUAN PUSTAKA

Pohon kelapa sawit yang diremajakan mempunyai ketinggian 9 – 12 meter dengan diameter 45 – 65 cm diukur pada ketinggian 1,5 m dari tanah. Tebal kulit 3 – 3,5 cm. Batang kelapa sawit terdiri dari serat dan parenkim. Kandungan parenkim batang kelapa sawit meningkat dengan meningkatnya ketinggian pohon. Parenkim pada bagian atas pohon mengandung pati sampai 40%, kadar air dan kerapatan batang kelapa sawit bervariasi dan kandungan parenkim batang semakin tinggi, sedangkan kerapatannya semakin menurun.

Kadar air batang kelapa sawit segar sekitar 65%. Kerapatannya berkisar dari 0,2 – 0,6 gr/cc dan rata-rata 0,37 gr/cc (Refdi, 2008). Batang kelapa sawit ini belum dimanfaatkan secara ekonomis karena kualitas yang rendah, tidak homogen dan mudah rusak oleh pengaruh cuaca dan serangga.

Seperti telah dijelaskan terdahulu bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konduktivitas termal serat batang kelapa sawit dan sejauh mana bahan isolasi termal dapat berfungsi sebagai bahan isolasi.

Untuk mengukur konduktivitas termal digunakan peralatan yang dirancang sedemikian rupa dengan menggunakan sumber panas dari elemen listrik, perhitungannya menggunakan prinsip perpindahan panas.

Pengertian Perpindahan Panas.

Dalam kehidupan sehari-hari perpindahan energi mendapat penerapan yang luas sekali, dalam berbagai bidang dan pada berbagai tingkat kerumitan. Hampir tidak ada alat yang tidak ada hubungan dengan perpindahan energi.

Energi dikenal dalam berbagai bentuk, beberapa diantaranya yang dijumpai dalam bidang teknik ialah

- Energi dalam
- Energi kinetis
- Energi potensial
- Energi mekanis
- Panas.

Dalam bidang teknik didapati banyak masalah perpindahan panas. Pengetahuan tentang mekanisme perpindahan panas mutlak diperlukan untuk dapat memahami peristiwa-peristiwa yang berlangsung dalam : pemanasan, pendinginan, pendidihan, pengeringan, distilasi, evaporasi, kondensasi, dan lain-lainnya.

Ada tiga cara perpindahan panas, yang mekanismenya sama sekali berlainan, yaitu :

- Secara gelombang elektromagnetik, disebut *radiasi*.
- Secara aliran, disebut *konveksi*
- Secara molekular, disebut *konduksi*

Perpindahan Panas Radiasi.

Berbeda dari konduksi dan konveksi, dalam perpindahan panas radiasi energi

berpindah tanpa memerlukan zat pengantar. Radiasi adalah pancaran energi secara gelombang elektromagnetik dengan kecepatan cahaya. Daerah panjang gelombang yang dapat disebut radiasi panas terutama terletak antara 0,1 – 10 mikron. Daerah ini hanya sebagian kecil dari keseluruhan radiasi elektromagnetik.

Kalau λ adalah panjang gelombang dan c kecepatan cahaya dan ν frekuensi, maka berlaku hubungan :

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

dimana :

$$c = 2,9979.10^{10} \text{ cm.s}^{-1}$$

Suatu gelombang elektromagnetik dengan frekuensi ν biasanya digambarkan sebagai gerakan foton, yaitu 'benda dengan massa nol', muatan nol dan energi sebesar ϵ , dimana :

$$\epsilon = h\nu$$

dimana :

$$h = \text{tetapan Plank}$$

Energi foton itu dapat dipancarkan (emisi), dapat diserap (absorpsi) oleh suatu permukaan dan dapat juga dipantulkan (refleksi).

Dalam radiasi panas dikenal beberapa benda bandingan. Suatu benda atau permukaan yang terkena radiasi panas, biasanya menyerap hanya sebagian dari energi yang sampai, ini dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$a = \frac{q_a}{q_m} \quad ; \quad a_\nu = \frac{q_{\nu a}}{q_{\nu m}}$$

dimana :

a : koefisien absorpsi

q_a : energi yang diserap

q_m : energi yang masuk

Untuk benda-benda nyata a_ν tidak sama untuk berbagai frekuensi. Benda kelabu (gray body), mempunyai a_ν yang sama, tetapi lebih kecil dari 1, untuk semua frekuensi dan semua temperatur. Benda hitam (black body) ialah benda yang mempunyai $a_\nu = 1$ untuk semua frekuensi dan temperatur. Semua permukaan padat selain menyerap juga memancarkan panas.

Jika dibandingkan dengan pancaran benda hitam, bagian yang dipancarkan oleh suatu permukaan disebut koefisien emisi e :

$$e = \frac{q_e}{q_{be}} \quad ; \quad e_v = \frac{q_{ve}}{q_{bve}}$$

dimana :

q_e = energi yang dipancarkan benda biasa

q_{be} = energi yang dipancarkan benda hitam.

Perpindahan panas secara radiasi untuk benda hitam telah dirumuskan dalam hukum *Stefan-Boltzmann* sebagai berikut :

$$q_{be} = \sigma AT^4$$

dimana :

$$\sigma = \text{tetapan Stefan-Boltzmann} \\ (5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

Untuk benda tak hitam energi yang dipancarkan ialah :

$$q_e = e \sigma AT^4$$

Hukum *Stefan-Boltzmann* menyatakan energi total yang dipancarkan oleh suatu benda dari seluruh permukaannya ke semua arah. Karena tidak semua permukaan suatu benda menghadap ke benda yang lain, maka dari pancaran total pertama hanya sebagian sampai pada benda kedua. Benda kedua menyerap sebagian dari energi yang sampai padanya dan bagian yang lain dipancarkan kembali ke benda pertama. Pancaran benda kedua itu sebagian diserap oleh benda pertama dan sebagian dipancarkan kembali, begitu seterusnya.

Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi terjadi karena adanya transfer energi dalam bentuk kalor antara suatu permukaan dan fluida yang bergerak di atasnya, transfer energi terjadi karena adanya gerakan molekul secara acak (random) atau karena adanya gerakan fluida (secara mikroskopik).

Fluida pada temperatur T_∞ bergerak dengan kecepatan V disekitar permukaan sembarang A_s . Jika temperatur permukaan $T_s \neq$

T_∞ , maka akan terjadi perpindahan kalor secara konveksi.

$$\text{Fluk Kalor Lokal : } q'' = h(T_s - T_\infty)$$

dimana :

h : koefisien konveksi lokal

(h bervariasi sepanjang permukaan)

Laju perpindahan kalor total :

$$q = \int_{A_s} q'' dA_s$$

Untuk T_s uniform :

$$q = (T_s - T_\infty) \int_{A_s} h dA_s$$

Jika \bar{h} menunjukkan angka koefisien konveksi rata-rata untuk seluruh permukaan A_s , terlihat bahwa \bar{h} bukanlah suatu sifat fisis karena \bar{h} selalu menyangkut dua zat, yaitu permukaan padat dan fluida, maka fluk kalor didapat dengan hukum pendinginan Newton, yaitu :

$$q = \bar{h} A_s (T_s - T_\infty)$$

atau :

$$q = \bar{h} A (T_{\text{pada tan}} - T_{\text{fluida}})$$

Dalam perpindahan panas konveksi dikenal dua cara perpindahan, yaitu :

- Konveksi paksa
- Konveksi bebas atau alamiah.

Kedua cara perpindahan diatas dapat dibedakan seperti pada tabel dibawah ini :

Perbedaan perpindahan panas konveksi paksa dan konveksi bebas adalah

Konveksi paksa :

- Panas dipindahkan karena dibawa oleh massa yang dialirkan oleh suatu alat
- Sifat aliran ditentukan oleh suatu alat
- Penyebaran kecepatan dicari lebih dahulu, kemudian baru dicari penyebaran temperatur
- Bilangan Nusselt bergantung pada bilangan Reynold dan Prandtl.

Konveksi bebas :

- Panas dibawa serta oleh fluida yang bergerak ke atas karena perbedaan temperatur
- Sifat aliran ditentukan oleh gaya apung fluida yang berbeda density
- Penyebaran kecepatan dan temperatur saling berhubungan
- Bilangan Nusselt bergantung pada bilangan Grashof dan bilangan Prandatl.

Dalam zat yang tidak bergerak, misalnya padatan, panas berpindah hanya secara konduksi, panas berpindah karena getaran molekul dari satu molekul ke molekul yang lain. Besarnya fluksi panas antara dua tempat dalam padatan dinyatakan dengan persamaan Fourier.

Didalam fluida terjadi juga konduksi panas, akan tetapi di samping itu panas lebih banyak dipindahkan secara *konveksi*, dimana panas berpindah karena terbawa massa fluida yang bergerak sebagai aliran. Jadi konveksi hanya terjadi dalam suatu fluida.

Berdasarkan gerakan fluida ada dua cara perpindahan panas konveksi, yaitu konveksi alamiah dan konveksi paksa. Konveksi alamiah terjadi karena gerakan fluida disebabkan oleh beda densitas antara beberapa tempat, karena adanya selisih temperatur antara tempat-tempat itu. Konveksi paksa terjadi karena fluida mengalir disebabkan adanya usaha dari luar terhadap fluida, umpamanya oleh sebuah pompa, kompresor atau blower.

Perpindahan Panas Konduksi.

Jika pada suatu benda terdapat gradien suhu, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Energi berpindah secara konduksi atau hantaran dan laju perpindahan panas itu berbanding dengan gradien suhu normal.

Ungkapan kuantitatif hubungan antara laju perpindahan panas satu dimensi kearah x, dengan gradien temperatur dan sifat-sifat medium penghantarnya dinyatakan dalam persamaan Fourier sebagai berikut :

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx}$$

atau dinyatakan dalam fluks kalor (heat flux)

$$q'' = \frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx}$$

dinamakan :

q : laju aliran kalor kearah x (watt)
 A : luasan normal terhadap arah aliran
 kalor (m^2)

$\frac{dT}{dx}$: gradien temperatur kearah x
 ($K.m^{-1}$)

k : konduktivitas termal bahan
 ($W.m^{-1}.K^{-1}$)

Tanda (-) menunjukkan kenyataan bahwa aliran kalor dengan konduksi terjadi ke arah gradien temperatur yang menurun..

Harga konduktivitas termal k , umumnya tergantung pada temperatur, terutama untuk gas harga k naik mengikuti temperatur.

Jika sistem ini berada dalam keadaan steady state, yaitu jika temperatur tidak berubah menurut waktu, maka kita hanya mengintegrasikan persamaan tersebut. Tetapi jika temperatur zat padat itu berubah menurut waktu, atau jika ada sumber panas (heat source) atau heat sink dalam zat padat itu, maka kita harus membuat neraca energi untuk bagian yang tebalnya dx sebagai berikut :

"Energi masuk + energi yang dibangkitkan = perubahan energi dalam + energi yang dikeluarkan"

Kuantitas energi diatas ialah sebagai berikut :

Energi masuk : $q_x = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$

Energi yang dibangkitkan : $\phi A dx$

Perubahan energi dalam : $\rho c A \frac{\partial T}{\partial \tau} dx$

Energi yang dikeluarkan :

$$q_{x+dx} = -kA \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x+dx}$$

$$= -A \left[k \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) dx \right]$$

dimana :

ϕ = energi yang dibangkitkan per satuan

c = volume, (W/m^3)
 c = kalor spesifik bahan, ($\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)
 ρ = kerapatan (densitas), (kg/m^3)

Jika persamaan-persamaan diatas diselesaikan, maka akan didapatkan :

$$-kA \frac{\partial T}{\partial x} + \phi dx = \rho c A \frac{\partial T}{\partial \tau} dx - A \left[k \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) dx \right]$$

atau

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \phi = \rho c \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

Hukum kekekalan energi pada kontrol volume, menghasilkan :

$$q_x + q_y + q_z + q_{gen} = q_{x+dx} + q_{y+dy} + q_{z+dz} + \frac{dE}{dt}$$

sedangkan :

$$q_x = -k dy dz \frac{\partial T}{\partial x}$$

$$q_{x+dx} = - \left[k \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) dx \right] dy dz$$

$$q_y = -k dx dz \frac{\partial T}{\partial y}$$

$$q_{y+dy} = - \left[k \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) dy \right] dx dz$$

$$q_z = -k dx dy \frac{\partial T}{\partial z}$$

$$q_{z+dz} = - \left[k \frac{\partial T}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) dz \right] dx dy$$

$$q_{gen} = \phi dx dy dz$$

$$\frac{dE}{dt} = \rho c_p dx dy dz \frac{\partial T}{\partial t}$$

Dari persamaan diatas akan didapat :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \phi = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

Untuk konduktivitas thermal yang tetap (konstan), persamaan diatas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\phi}{k} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}$$

dimana :

$\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$ disebut Diffusivitas thermal bahan ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

Dalam keadaan tunak (steady state) temperature T tidak tergantung dengan waktu t, sehingga $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$ dan persamaan pada hal 14

paling bawah menjadi :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \phi = 0$$

Jika tidak ada kalor yang dibangkitkan ($\phi = 0$) dan harga k konstan dan uniform, maka persamaan diatas dapat diturunkan menjadi:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0$$

Untuk aliran kalor konduksi dimensi satu ke arah x, steady state, tidak ada kalor yang dibangkitkan dan harga k konstan dan uniform, maka : $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0$

Perhitungan Konduktivitas Termal Serbuk Kelapa Sawit .

Konduktivitas termal serbuk kelapa sawit (k) dapat dihitung dengan menggunakan hukum Fourier, yaitu :

$$k = \frac{qL}{A(T_1 - T_r)} \quad (\text{W/m}^0\text{C})$$

dimana:

- q : kalor yang melewati serbuk kelapa sawit (Watt)
- L : tebal serbuk kelapa sawit (m)
- A : luas serbuk kelapa sawit (m^2)
- T_1 : sisi serbuk kelapa sawit bertemperatur tinggi (^0C)
- T_r : sisi serbuk kelapa sawit bertemperatur rendah (^0C)

Persamaan yang sederhana diatas sebenarnya tidaklah mudah untuk diaplikasikan apabila diinginkan keakuratan yang tinggi, karena persamaan tersebut membutuhkan

kondisi yang sebenarnya terjadi perpindahan panas konduksi satu dimensi, atau dengan kata lain panas hanya mengalir pada sumbu x dan tidak mengalir ke arah sumbu yang lain, ini merupakan suatu kondisi yang sulit untuk dapat dipenuhi didalam praktek.

Konduktivitas termal serbuk batang kelapa sawit dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran jumlah panas yang dicetuskan pemanas utama dan pengukuran temperatur sisi sebelah bawah dan atas serbuk kelapa sawit. Konduksi yang terjadi didalam serbuk kelapa sawit diharapkan hanya satu dimensi dalam arah vertikal, sehingga persamaan diatas dapat diintegrasikan dengan mudah. Akan tetapi dalam penelitian ini kita asumsikan seluruh panas mengalir satu dimensi dalam arah vertikal.

Dalam penelitian ini dibuat suatu perangkat pengujian yang menggunakan metode pengukuran laju perpindahan panas dimana laju aliran panas per satuan luas melalui serbuk kelapa sawit diukur dengan menggunakan ampere dan volt meter. Pengukuran suhu bagian bawah dan atas serbuk kelapa sawit menggunakan wire termokopel.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental.

Lokasi Penelitian.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridianti Palembang dan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2011 sampai dengan September 2011.

Instrumen Penelitian.

Instrumen penelitian terdiri dari bahan dan alat, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk batang kelapa sawit, calcium carbonat, tepung kanji dan air yang diramu menjadi papan serbuk batang kelapa sawit, sedangkan peralatan penunjang lainnya adalah:

a. Alat uji konduktivitas termal.

Peralatan ini berupa kotak yang terbuat dari bahan plat baja 0,5 mm yang dilengkapi dengan

- heater 350 Watts
- Volt meter
- Ampere meter
- Box heater terbuat dari kramik dengan tebal 10 mm, dengan lebar 65 mm, panjang 140 mm dan tinggi 40 mm
- Isolator dari bahan styrofoam, yang dipasang diantara box dari baja dan box yang terbuat dari kramik

Plat aluminium sebanyak 2 keping dengan lebar 65 mm, panjang 140 mm, yang salah satunya dipasang dibagian bawah serbuk kelapa sawit, pada plat ini dipasang wire thermocouple untuk mengukur suhu yang dibangkitkan oleh heater, plat yang lainnya dipasang dibagian atas sebagai penutup serbuk batang kelapa sawit dengan dilengkapi lima buah lubang tempat menempatkan wire thermocouple untuk mengukur suhu pada bagian atas serbuk batang kelapa sawit.

b. Wire Thermocouple

Alat ini dipergunakan untuk mengukur suhu dibagian bawah lapisan dan bagian atas serbuk batang kelapa sawit

c. Thermo Control

Alat ini dipergunakan untuk mendisplay suhu yang terukur oleh wire thermocouple dalam derajat Celcius atau Fahrenheit

d. Regulator listrik

Regulator digunakan untuk mengatur tegangan listrik yang mengalir ke peralatan uji.

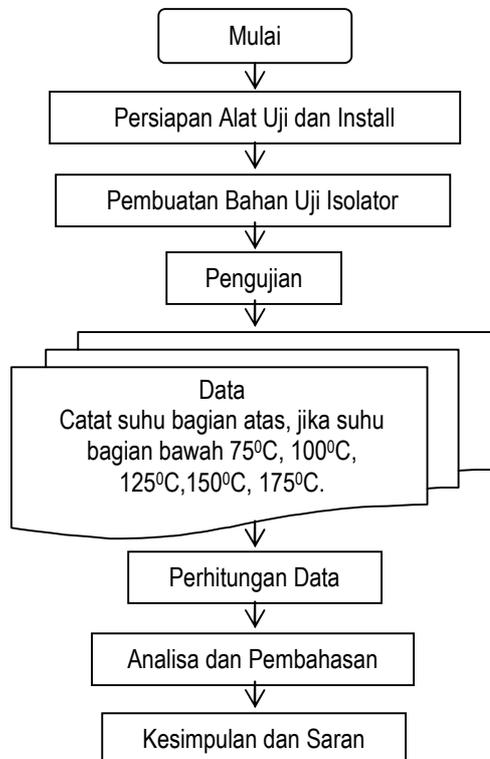
Rancangan Penelitian.

Batang kelapa sawit dikeringkan dengan sekitar 0,5 kg, setelah kering serbuk batang kelapa sawit dihaluskan, kemudian disiapkan perekat dari tepung kanji yang telah dicampur dengan calcium carbonat, calcium carbonat digunakan agar hasil cetakan serbuk kelapa sawit tidak jamur, setelah perekat jadi dengan kekentalan tertentu didinginkan. Setelah dingin

batang kelapa sawit yang telah halus dimasukkan kedalam adonan perekat dan diaduk hingga rata.

Kemudian disiapkan cetakan dengan panjang 20 cm, lebar 12 cm dan tinggi 3 cm, selanjutnya adonan serbuk kelapa sawit dimasukkan dalam cetakan dengan ketebalan yang merata dan dikeringkan di bawah sinar matahari, setelah setengah kering serbuk batang kelapa sawit dikeluarkan dari cetakan dan dilanjutkan dengan pengeringan di bawah sinar matahari, setelah benar-benar kering (terasa sangat ringan) serbuk kelapa sawit siap diuji.

Pemasangan pada alat uji harus diperhatikan benar, jangan sampai benda uji tidak terpasang secara merata pada alat uji.



Teknik Pengumpulan Data.

Setelah serbuk batang kelapa sawit yang akan diuji sudah siap digunakan, dilanjutkan dengan menyiapkan peralatan uji yang telah dilengkapi wire thermocouple yang dipasang pada bagian atas plat aluminium dan pada bagian bawah serbuk kelapa sawit, kemudian bagian atas serbuk kelapa sawit ditutup dengan plat aluminium yang telah dipersiapkan yang dilengkapi 5 buah lubang tempat memasukkan ujung wire thermocouple untuk mengukur suhu bagian atas serbuk kelapa sawit.

Heater dihidupkan, suhu diperiksa sampai dengan suhu yang diinginkan dengan cara mengatur regulator listrik, jika suhu aluminium bagian bawah serbuk kelapa sawit telah mencapai 75°C dan relatif stabil dan dipertahankan beberapa saat maka dilanjutkan dengan pengambilan data, yaitu temperatur dibawah dan diatas serbuk kelapa sawit, dibagian atas serbuk kelapa sawit dilakukan pada lima tempat pengukuran suhu yang telah ditentukan dan diambil suhu rata-ratanya.

Dengan cara yang sama dilakukan pengukuran temperatur bagian atas batang kelapa sawit jika suhu bagian bawah 75°C, 100°C, 125°C, 150°C, 175°C.

Setelah selesai seluruh pengujian dan pengambilan data, serbuk kelapa sawit dikeluarkan dari peralatan uji, alat uji didinginkan dan dibersihkan, kabel dilepaskan dari regulator listrik, begitu juga wire thermocouple dilepaskan dan disimpan.

Kabel input pada peralatan regulator listrik dilepaskan, seluruh baut dan mur untuk pemasangan kabel dikencangkan kemudian regulator dibersihkan dan disimpan pada tempat yang telah disediakan di laboratorium.

Teknik Analisis Data

Data yang didapatkan dari pengujian dihitung dan kemudian ditabulasikan setelah itu digambarkan dalam bentuk grafik, dari grafik yang didapat dianalisis hasil pengujian tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian 1.

No	V (Volt)	A _L (Amp.)	T _b (°C)	T _a (°C)	Ket.
1	25	0,2	75	39	
2	25	0,2	75	37	
3	25	0,2	75	36	

4	25	0,2	75	35	
5	25	0,2	75	34	
Rata-rata	25	0,2	75	36,2	

Tabel 2. Data Hasil Pengujian 2.

No	V (Volt)	A _L (Amp)	T _b (°C)	T _a (°C)	Ket
1	32	0,25	100	40	
2	32	0,25	100	39	
3	32	0,25	100	38	
4	32	0,25	100	40	
5	32	0,25	100	38	
Rata-rata	32	0,25	100	39	

Tabel 3. Data Hasil Pengujian 3.

No	V (Volt)	A _L (Amp)	T _b (°C)	T _a (°C)	Ket
1	35	0,32	125	41	
2	35	0,32	125	42	
3	35	0,32	125	41	
4	35	0,32	125	43	
5	35	0,32	125	42	
Rata-rata	35	0,32	125	41,8	

Tabel 4. Data Hasil Pengujian 4.

No	V (Volt)	A _L (Amp)	T _b (°C)	T _a (°C)	Ket
1	38	0,35	150	46	
2	38	0,35	150	45	
3	38	0,35	150	46	
4	38	0,35	150	45	
5	38	0,35	150	45	
Rata-rata	38	0,35	150	45,4	

rata					
------	--	--	--	--	--

Tabel 5. Data Hasil Pengujian 5.

No	V (Volt)	A _L (Amp)	T _b (°C)	T _a (°C)	Ket
1	42	0,38	175	49	
2	42	0,38	175	48	
3	42	0,38	175	50	
4	42	0,38	175	50	
5	42	0,38	175	51	
Rata-rata	42	0,38	175	49,6	

V : Tegangan jala listrik PLN (volt)

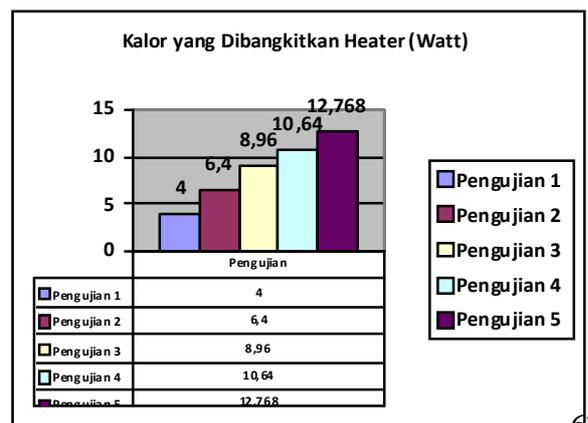
A_L : Arus Listrik (Amp.)

T_b : Temperatur bagian bawah specimen (°C).

T_a : Temperatur bagian atas specimen (°C).

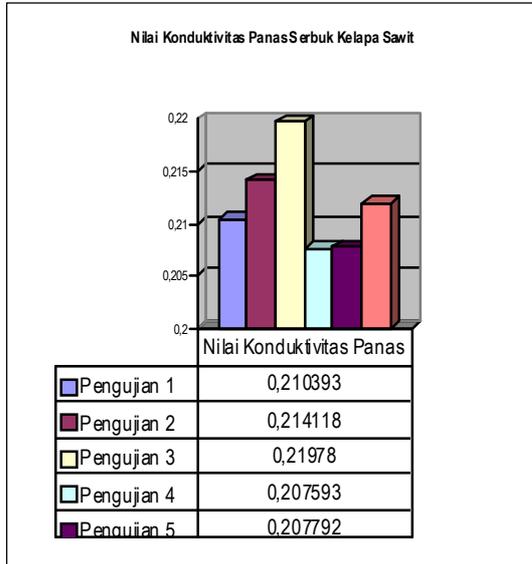
Tabel 6. Tabel Nilai Konduktivitas Isolator dari Serbuk Batang Kelapa Sawit.

No	q (watts)	L (m)	A (m ²)	T _t (°C)	T _r (°C)	k (w/m ⁰ C)
1	4	0,02	0,0098	75	36,2	0,210393
2	6,4	0,02	0,0098	100	39	0,214118
3	8,96	0,02	0,0098	125	41,8	0,219780
4	10,64	0,02	0,0098	150	45,4	0,207593
5	12,768	0,02	0,0098	175	49,6	0,207792
Rata-rata harga k						0,211935



konduktivitas yang didapat setiap pengujian tidak jauh berbeda. Maka besar konduktivitas rata-rata (k) adalah $0,211935 \text{ (w/m}^0\text{C)}$.

Grafik 1. Kalor yang dibangkitkan Heater



Grafik 2. Konduktivitas Panas Serbuk Batang Kelapa Sawit.

PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan untuk bahan isolator termal yang terbuat dari serbuk batang kelapa sawit yang bertujuan untuk mengetahui dan mendapatkan nilai konduktivitas termal bahan tersebut. Bahan serbuk batang kelapa sawit dalam penggunaannya sebagai bahan isolator tidak dapat menahan suhu yang tinggi, karena kalau menahan suhu lebih dari 300^0C bahan ini akan terbakar.

Untuk itu sebaiknya isolator ini digunakan untuk pelapis kamar atau ruangan dari sinar matahari atau sumber panas yang lain, karena bahan isolator ini terbuat dari bahan tumbuh-tumbuhan atau sering disebut herbal, maka bahan ini aman untuk kesehatan. Disamping dapat digunakan sebagai isolator bahan ini juga dapat dijadikan hiasan dinding, karena dapat diberi warna sesuai dengan keinginan.

Dari lima kali pengujian dengan memberikan lima macam variasi tegangan dan arus listrik maka didapat bermacam konduktivitas termal bahan, tetapi besar

KESIMPULAN

Dari pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan:

1. Konduktivitas panas (k) serbuk kelapa sawit adalah $0,211935 \text{ watts/m}^0\text{C}$.
2. Bahan isolasi serbuk kelapa sawit tidak mampu menahan suhu melebihi 300^0C , jika melebihi suhu tersebut serbuk kelapa sawit akan terbakar.
3. Untuk mendapatkan suhu yang stabil (steady) memerlukan waktu cukup lama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cangel A. Yunus, 2002, "**Heat Transfer**", McGraw-Hill Book Company, Singapore.
2. Hill, James, M and Dewynne Jeffrey. N, 1986, "**Heat Conduction**", Blackwell Scientific Publications, Oxford.
3. Holman JP, 1988, "**Heat Transfer**", McGraw-Hill Kogakhusa, Ltd.
4. Incropera P, Frank and De Witt P. David, Fourth Edition, 2002, "**Introduction Heat Transfer**", McGraw-Hill, Inc
5. Kays, W. and Crawford, M.E, 1993, "**Convective Heat and Mass Transfer**", McGraw-Hill, Inc
6. Mill A, F, 2004, "**Heat Transfer**", Printice Hall, New Jersey
7. Internet, 2011, "**Profil Kelapa Sawit**", tanggal 6 Juli 2011, jam 20.00 WIB