

**PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL TERHADAP
NILAI KONDUKTIVITAS TERMAL PAPAN PARTIKEL TONGKOL JAGUNG**

Nanda Pratama¹⁾ Djusmaini Djamas²⁾ Yenni Darvina²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

Nandapratama23maret1990@gmail.com

ABSTRACT

Corn cobs by most people still not optimally utilized, even considered as a waste byproduct of the primary production of maize. The content of lignocellulosic on corn cob allows for the manufacture of particle board by testing the thermal conductivity of which is expected later can be used as a heat insulator. The process of manufacture of particle board made with compression heat for 20 minutes with pressure of 160 Pa and temperature of 150 ° C, drying particle board for 15 days, density particle board $0.6 \times 10^3 \text{ kg / m}^3$ and thickness of particle board 1 cm. The results obtained for the thermal conductivity value of corn cob particle board is greater mesh size, the smaller the size of its particles, the greater the thermal conductivity. From the results concluded that good particle board to serve as heat insulator materials are those that have low thermal conductivity values which qualify ukuran 8 mesh sieve amounted to $0.1012 \text{ W / m}^{\circ} \text{ C}$. Increasingly smaller particle size makes thermal conductivity value increases so that the quality of heat insulator decreases.

Keywords : *corn cobs, passes sieve mesh size, the value of thermal conductivity, particle board*

PENDAHULUAN

Papan partikel merupakan komposit yang dibuat dari potongan-potongan kayu dan serbuk gergajian berupa bahan anorganik (seperti *phenol formaldehyde*) atau bahan organik (seperti *polyisocyanates*). Papan partikel adalah papan buatan yang terbuat dari limbah penggergajian kayu atau bahan selulosa yang diikat dengan perekat dan bahan tambahan lainnya, dalam proses tekanan dan suhu yang cukup tinggi dalam waktu tertentu, maka terciptalah papan partikel^[1].

Saat ini bahan utama yang paling sering digunakan dalam pembuatan papan partikel adalah limbah kayu industri penggergajian yang berupa serbuk kayu (grajen) dan potongan kayu (tatal). Hal tersebut cukup beralasan, karena sekitar 80% dari kayu-kayu di Indonesia merupakan kayu yang banyak dipergunakan untuk menghasilkan produk jadi^[2]. Kayu-kayu hasil hutan Indonesia juga memiliki kualitas yang baik.

Namun, eksplorasi kayu perlu dikendalikan dalam rangka konservasi sumber daya kehutanan. Salah satu alternatif yang dapat ditempuh adalah pemanfaatan bahan limbah non kayu, seperti limbah pertanian dan limbah industri untuk pemasok industri pembuatan papan partikel. Beberapa contoh limbah pertanian non kayu yang telah dimanfaatkan untuk keperluan tersebut adalah kulit kakao, limbah batang tebu, limbah bambu dan limbah sekam padi.

Jagung (*Zea Mays*) merupakan produk pertanian di negara-negara agraris, termasuk Indonesia. Hasil dari limbah jagung juga bisa dimanfaatkan, seperti tongkol jagung. Petani tradisional pada umumnya masih menggunakan

tongkol jagung tersebut sebagai bahan pakan ternak. Penanganan tongkol jagung yang kurang tepat akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Tongkol jagung oleh kebanyakan masyarakat masih belum maksimal dimanfaatkan, bahkan dianggap sebagai bahan limbah hasil sampingan dari produksi utama pertanian yang berupa jagung. Oleh karena itu perlu adanya alternatif untuk dapat lebih dimanfaatkan di bidang keteknikan, sebagai bahan pengganti yang mempunyai nilai lebih dibandingkan dengan bahan yang sudah ada baik dari segi teknik, ekonomis maupun kualitas bahan tersebut.

Saat ini pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan teknik belum optimal untuk dimanfaatkan dan belum dikelola dengan baik. Tongkol jagung mempunyai kemampuan sebagai isolator panas salah satu diantaranya adalah pengawetan es terhadap lingkungan, agar panas dari lingkungan dicegah tidak masuk ke dalam es, yang dapat menyebabkan es cepat mencair. Dilihat dari potensinya, tongkol jagung memiliki ukuran partikel lebih kecil, memiliki sifat mekanis yang baik, ukuran stabil, memiliki permukaan yang kuat, dan tahan tekanan sehingga berdasarkan sifat ini memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan isolator. Sebelum papan partikel tongkol jagung ini digunakan, terlebih dahulu diadakan berbagai proses pengujian diantaranya konduktivitas termal dengan kepadatan dan ketebalan tertentu dalam pembuatan papan partikel tongkol jagung.

Perbedaan ukuran mesh berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik dari komposit, ukuran mesh yang kecil menghasilkan permukaan kasar dan ikatan antar partikel lemah sehingga ada

pori di antara partikel serta tidak semua partikel berikatan baik dengan matrik. Ukuran partikel yang kecil menghasilkan permukaan yang halus dan ikatan antar partikel yang baik karena matrik berikatan baik dengan partikel^[3].

Perbedaan ukuran bulir dari papan partikel serbuk aren mempengaruhi sifat mekanik, densitas dan konduktivitas panas papan partikel tersebut^[4]. Partikel yang berukuran lebih besar nilai konduktivitasnya lebih kecil dibanding dengan partikel yang berukuran lebih kecil. Ukuran partikel yang besar menyebabkan banyak terjadi rongga pada papan partikel. Rongga mempunyai hambatan panas lebih besar jika dibandingkan dengan material penyusun papan partikel.

Untuk mengolah tongkol jagung menjadi papan partikel, tongkol jagung dicampur dengan bahan perekat/pengikat (resin). Untuk membuktikan kemampuan papan partikel tongkol jagung sebagai suatu isolator yang baik, maka dilakukan serangkaian pengujian konduktivitas termal. Untuk itu, berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “Pengaruh Variasi Ukuran Partikel terhadap Nilai Konduktivitas Termal Papan Partikel Tongkol Jagung”.

Papan partikel adalah salah satu jenis produksi / suatu panel yang dibuat dalam bentuk potongan kecil atau partikel dicampur dengan perekat sintetis atau perekat lain yang sesuai dan direkat bersama-sama dibawah tekanan dan pres di dalam suatu alat kempa panas melalui suatu proses dimana terjadi ikatan antara partikel dan perekat yang telah ditambahkan^[5].

Berdasarkan kerapatan/tipe papan partikel dapat dibedakan menjadi 3 macam^[6] yaitu:

- a) Papan partikel berkerapatan rendah (*Low Density particleboard*). Papan partikel berkerapatan rendah yaitu papan partikel yang mempunyai kerapatan kurang dari 0.4 gram/cm³ atau berat jenis kurang dari 0.59 g/cm³.
- b) Papan partikel berkerapatan sedang (*Medium Density Particleboard*). Papan partikel berkerapatan sedang adalah papan partikel yang mempunyai kerapatan kurang dari 0.4-0.8 gram/cm³ atau berat jenis kurang dari 0,59-0.80 g/cm³.
- c) Papan partikel berkerapatan tinggi (*High Density Particleboard*). Papan partikel berkerapatan tinggi yaitu papan partikel yang mempunyai berat jenis lebih dari 0.80 gr/cm³.

Bahan utama papan partikel adalah sisa industri seperti serbuk gergaji kayu. Selain itu bahan material berlignoselulosa juga dapat dijadikan sebagai papan partikel. Salah satu bahan yang memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup berlimpah adalah tongkol jagung yang berasal dari tanaman jagung.

Jagung merupakan tanaman semusim (*annual*). Satu siklus hidupnya diselesaikan dalam

80-150 hari. Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif. Tinggi tanaman jagung sangat bervariasi. Meskipun tanaman jagung umumnya berketinggian antara 1m sampai 3m, ada variasi yang dapat mencapai tinggi 6m.

Tanaman jagung dalam tatanama sistematika (*Taksonomi*), diklasifikasikan sebagai berikut^[7]:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisio	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Graminae</i>
Famili	: <i>Graminaceae</i>
Genus	: <i>Zea</i>
Spesies	: <i>Zea mays</i>

Jagung biasanya dikonsumsi sebagai makanan, dan sisanya adalah tongkol jagung.

Tongkol jagung merupakan bagian terbesar dari limbah jagung, yang telah diambil bijinya sehingga merupakan limbah padat karena tongkol jagung tidak dapat dikonsumsi. Tongkol jagung ialah tempat menempelnya biji serta merupakan modifikasi dari cabang. Tongkol mulai berkembang pada ruas-ruas batang. Tongkol jagung memiliki kandungan serat kasar yang cukup tinggi yakni 33%, 44.9 % selulosa, dan 33.3% lignin.

Banyaknya kandungan lignin dan selulosa yang terdapat pada tongkol jagung dapat memberikan sifat isolator, sehingga pengujian nilai konduktivitas termal pada papan partikel tongkol jagung dapat meningkatkan nilai guna. Papan partikel adalah salah satu jenis produksi / panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lainnya kemudian dikempa panas^[8].

Perekat (*adhesiv*) adalah suatu substansi yang dapat menyatukan dua buah benda atau lebih melalui ikatan permukaan. Perekatan merupakan suatu peristiwa tarik-menarik antara molekul-molekul dari dua permukaan yang direkat^[9]. Merekatnya dua buah benda yang direkat terjadi oleh adanya gaya tarik-menarik antar perekat dengan bahan yang direkat (adhesi) dan gaya tarik menarik (kohesi) antara perekat dengan perekat dan antar bahan yang direkat.

Katalis digunakan untuk menghambat penetrasi air pada produk jadi. Penetrasi air penting untuk memastikan keberhasilan proses perekatan dan untuk melindungi produk^[10]. Katalis yang digunakan adalah Amonium Klorida (*NH₄Cl*). Jika pada suatu benda terdapat gradien suhu (*temperature gradient*), maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Kita katakan bahwa energi berpindah secara konduksi (*conduction*) atau hantaran dan laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien suhu normal.

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial x} \dots \dots \dots (1)$$

Jika dimasukkan konstanta proporsionalitas (*proportionality constant*) atau tetapan kesebandingan, maka

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana q ialah laju perpindahan kalor dan $\frac{\partial T}{\partial x}$ merupakan gradient suhu kearah perpindahan kalor. Konstanta positif *k* disebut konduktivitas termal. Sedangkan tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu.

Penyelidikan terhadap konduktivitas termal adalah untuk menyelidiki laju dari konduksi termal melalui beberapa material. Jumlah panas yang dikonduksikan melalui material persatuan waktu dilukiskan oleh persamaan:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \dots\dots\dots (3)$$

Dalam kasus perubahan temperatur sebagai akibat dari perubahan posisi yang sangat kecil dimana $\Delta x \rightarrow 0$, maka berlaku:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{(T_2 - T_1)}{x} \dots\dots\dots (4)$$

Bila garis dari aliran panas adalah paralel, maka gradien temperatur pada setiap penampang adalah sama. Untuk kondisi ini jumlah panas yang dikonduksikan persatuan waktu, dapat dituliskan dalam bentuk :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{(T_2 - T_1)}{h} \dots\dots\dots (5)$$

Dalam penampang ΔQ merupakan energi panas total yang dikonduksikan, A adalah luas dimana konduksi mengambil tempat, ΔT adalah perbedaan temperatur dua sisi dari material, Δt merupakan waktu selama konduksi terjadi, h adalah ketebalan dari material dan k merupakan konduktivitas termal dari material.

Kalor (*Q*) adalah bentuk energi yang berpindah melewati batas sistem pada temperatur tertentu ke sistem lain (sekelilingnya) dengan temperatur lebih rendah, karena adanya perbedaan temperatur antara sistem-sistem itu. Jadi panas dipindahkan dari sistem bertemperatur tinggi ke sistem bertemperatur rendah^[11]. Besarnya kalor yang diserap/dilepas suatu benda berbanding lurus dengan massa benda, kalor jenis benda dan perubahan suhu. Besarnya kalor tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut^[12]:

$$Q = mc\Delta T. \dots\dots\dots (6)$$

Dimana Q adalah besar kalor yang diserap / dilepas dengan satuan Joule, m adalah massa benda dengan

satuan kilogram, c merupakan kalor jenis benda dengan satuan J/kg°C, dan ΔT adalah perubahan suhu dengan satuan °C.

Konduktivitas termal adalah suatu fenomena transport dimana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang lain dari benda yang sama pada temperatur yang lebih rendah^[13]. Nilai konduktivitas termal suatu material dapat ditentukan melalui pengukuran tak langsung. Dengan melakukan pengukuran secara langsung terhadap beberapa besaran lain, maka nilai konduktivitas termal secara umum dapat ditentukan melalui persamaan:

$$k = \frac{\Delta Q}{A \Delta T \Delta t} \dots\dots\dots (7)$$

Dalam teknik pengukuran konduktivitas termal, suatu plat material yang akan diuji di jepitkan di antara satu ruang uap (stem chamber) dengan mempertahankan temperatur konstan sekitar 100°C dan satu blok es yang di pertahankan pada temperature konstan 0°C. Berarti perbedaan temperatur di antara dua permukaan dari material adalah 100°C. Panas yang di transfer diukur dengan mengumpulkan air yang berasal dari es yang melebur. Es melebur pada suatu laju 1 gram per 80 kalori dari aliran panas (panas laten untuk peleburan es). Karena itu konduktivitas termal dari suatu material dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$k = \frac{M_{es} K_l h}{A \Delta T \Delta t} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana k adalah konduktivitas termal, h merupakan ketebalan material, A merupakan luas penampang es. ΔT merupakan perbedaan temperature antara kedua sisi material sedangkan Δt merupakan selang waktu selama terjadinya kontak termal dan K_l bernilai 80 kal/gram. Dalam system CGS kalor lebur es adalah 80 kal/gram^[14].

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai konduktivitas termal suatu material, yaitu sebagai berikut^[15]:

1. Kandungan Uap Air

Konduktivitas termal air sebesar 25 kali konduktivitas udara tenang. Oleh karena itu, apabila suatu benda berpori diisi air, maka akan berpengaruh terhadap nilai konduktivitas termalnya. Konduktivitas termal yang rendah pada bahan isolator adalah selaras dengan kandungan udara dalam bahan tersebut.

Kadar air merupakan banyaknya air di dalam papan partikel. Lama pengeringan dan suhu kempa yang tinggi akan mempengaruhi kadar air karena dapat membuat partikel-partikel penyusunya mengering dan pada saat air dikeluarkan dari dinding-dinding sel, molekul-molekul berantai panjang bergerak saling mendekat dan ikatan antar partikel menjadi kuat sehingga pori-pori papan partikel menjadi lebih kecil^[16].

2. Suhu

Pengaruh suhu berbanding lurus terhadap konduktivitas termal, secara umum apabila suhu meningkat maka konduktivitas termalnya juga akan meningkat.

3. Porositas dan Kepadatan

Kepadatan merupakan ukuran kekompakan partikel dalam suatu bahan dan merupakan sifat khas dari suatu bahan, kepadatan dipengaruhi oleh temperature dan tekanan. Dengan mengetahui kepadatan papan maka kita mengetahui kekuatannya. Semakin rendah kerapatannya maka kekuatan papan pun akan semakin rendah. Nilai kepadatan dihitung dengan rumus^[17]:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana ρ adalah nilai kepadatan (Kg/m^3), m adalah massa benda (Kg) dan V adalah volume (m^3)

Perpindahan panas adalah proses terjadinya transport energi, bila dalam suatu sistem tersebut terdapat gradien temperatur, atau bila dua sistem yang temperaturnya berbeda disinggungkan, maka akan terjadi perpindahan energi. Energi yang dipindahkan dinamakan kalor atau panas^[18].

Rendahnya nilai konduktivitas termal disebabkan oleh rendahnya konduktivitas udara yang terjebak dalam pori-pori. Namun penggunaan pada temperatur tinggi yang berkelanjutan cenderung terjadi pemadatan yang mengurangi kualitasnya sebagai isolator termal. Isolator termal yang paling baik adalah ruang hampa, karena panas hanya bisa dipindahkan melalui radiasi. Material polimer yang porous bisa mendekati kualitas ruang hampa pada temperatur sangat rendah, gas dalam pori yang membeku menyisakan ruang-ruang hampa yang bertindak sebagai isolator. Material isolator jenis ini banyak digunakan dalam aplikasi sebagai bahan penyekat^[19].

Ilmu perpindahan kalor tidak hanya menjelaskan bagaimana energi kalor itu dipindahkan dari satu benda ke benda yang lain, tetapi juga dapat meramalkan laju perpindahan kalor dan konduktivitas termal bahan dimana yang akan dilakukan pada penelitian ini. Suatu bahan yang mempunyai konduktivitas panas yang rendah maka dapat dikatakan bahan tersebut merupakan penghambat panas yang baik yang disebut dengan isolator, sedangkan bahan yang mempunyai konduktivitas tinggi disebut konduktor karena dapat menghantarkan panas dengan baik. Bahan yang baik untuk isolator panas memiliki nilai konduktivitas termal sekitar $0,1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ^[20].

Nilai konduktivitas panas penting untuk menentukan jenis dari penghantar apakah termasuk penghantar panas yang baik (*good konduktor*) atau penghantar panas yang tidak baik (*good isolator*). Apabila suatu suatu material mempunyai nilai

konduktivitas yang rendah maka material tersebut merupakan bahan isolator.

Material berpori dapat mengandung gas atau cairan didalam pori-porinya. Sebagaimana yang telah diketahui bahwa gas adalah pemindah kalor yang buruk dibandingkan cairan. Pada material yang mengandung gas dan bertemperatur yang tinggi, kalor dapat berpindah melalui radiasi. Pada material yang berpori yang mengandung cairan juga harus memperhitungkan kadar air yang terkandung didalamnya. Selain itu konduktivitas termal akan turun dengan naiknya porositas serta akan naik dengan bertambahnya kecepatan^[21].

Konduktivitas termal pada papan partikel juga dipengaruhi oleh bahan penyusunnya. Suatu bahan yang mengandung silika dapat bertindak sebagai penghambat hantaran panas karena silika memiliki bahan keramik yang bersifat isolator^[20]. Standwhith Insulating Pad merupakan alat yang digunakan untuk mengukur konduktivitas termal suatu bahan atau sampel padat. Perangkat alat yang dibuat dari PASCO Scientific Compani ini Tipenya adalah Model TD-8561 dan dilengkapi dengan generator uap Termal (*Thermal Conductivity Apparatus*).

Cara kerja dari alat ini yaitu dengan memasang atau menjepitkan sampel berbentuk plat yang telah diukur diameternya di antara satu tabung ruang uap (steam chamber) yang temperature konstanta sekitar 100°C dan di atasnya diletakkan satu balok es yang dipertahankan suhu konstantanya 0°C . Panas yang di transfer di ukur dengan mengumpulkan air yang berasal dari es yang melebur. Es melebur pada satu laju 1 gram per 80 kalori dari aliran panas (panas laten dari peleburan es). Untuk menghitung nilai konduktivitas termal dari setiap material sampel yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini menggunakan persamaan :

$$k = \frac{(R_0)\left(80 \frac{\text{kal}}{\text{gr}}\right)(h)}{(A)(\Delta T)} \dots\dots\dots (10)$$

Koefisien k merupakan nilai konduktivitas termal, R_0 adalah laju pada es yang melebur h adalah ketebalan sampel, A adalah luas permukaan sampel, dan ΔT adalah perbedaan suhu.

Untuk penentuan pengukuran papan partikel digunakan satuan berupa ukuran mesh. Mesh adalah jumlah lubang yang terdapat dalam ayakan tiap 1 inchi persegi. Misalkan ukuran mesh adalah 5 mesh artinya tiap 1 inchi persegi terdapat 5 lubang. Jadi makin besar jumlah mesh berarti ukuran lubang akan semakin kecil.

Tabel 1. Konversi ukuran mesh ke millimeter

U.S.MESH	MILIMETERS
3	6.730
4	4.760
5	4.000
6	3.360

U.S.MESH	MILIMETERS
7	2.830
8	2.380
10	2.000
12	1.680
14	1.410
16	1.190
18	1.000
20	0.841
25	0.707
30	0.595
35	0.500
40	0.400

Pada Tabel 1 dapat dijelaskan sebagai berikut, untuk ayakan 3 mesh, tiap 1 linear inci ada 3 lubang dan tiap lubang ukuran diameternya 6,73mm.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan maka pada penelitian ini dirumuskan suatu permasalahan Bagaimana Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Tongkol Jagung Terhadap Nilai Konduktivitas Termal? Dan Berapakah Ukuran Partikel Tongkol Jagung Yang Baik Supaya Didapatkan Nilai Konduktivitas Termal Untuk Dijadikan Sebagai Bahan Isolator Panas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Proses pembuatan papan partikel jagung dilakukan di laboratorium kehutanan Universitas muhammadiyah Sumatera Barat dan untuk pengukuran konduktivitas termal dilakukan di laboratorium mekanika dan kalor Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang.

Penelitian ini memiliki tiga variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah ukuran partikel jagung, sedangkan variabel terikatnya adalah nilai konduktivitas termal papan partikel jagung yang telah dibuat. Pada penelitian ini ada beberapa variabel yang berhubungan dikontrol agar hasil penelitian lebih akurat, yang disebut dengan variabel kontrol. Adapun variabel kontrol pada penelitian ini adalah massa tongkol jagung 540 gram, jumlah resin 30% dari massa bahan, katalis (NH_4CL) 1% dari massa resin, lama waktu pengempaan 20 menit, suhu mesin kempa 150°C , tekanan pada mesin kempa 160 Pa, pengeringan papan partikel selama 15 hari, kerapatan papan partikel $0,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ dan ukuran dari papan partikel 30 cm x 30 cm x 1 cm

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung, perekat / pengikat (*resin polyester*), katalis dan es batu. Sementara itu, alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat penggiling tongkol jagung, alat cetak papan partikel ukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm, ayakan ukuran 8, 16, 30 mesh, ember, timbangan digital, kempa dingin, kempa panas, jangka sorong, gelas ukur dan *Thermal Conductivity Apparatus*.

Sampel pada penelitian ini adalah papan partikel tongkol jagung dengan variasi ukuran partikel dengan ukuran satuan mesh. Prosedur penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu persiapan bahan, pembuatan sampel dan pengujian papan partikel. Tahap-tahap dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Persiapan bahan

Sebelum melakukan penelitian dilakukan persiapan bahan-bahan yang akan dipergunakan sewaktu melakukan penelitian. Bahan yang digunakan adalah tongkol jagung, perekat / pengikat (*resin polyester*), katalis dan es batu. Tongkol jagung terlebih dahulu dihancurkan kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 2 hari. Setelah semua bahan dipersiapkan dilakukan pengayakan bahan dengan ukuran lolos ayakan 8, 16, 30 mesh.

2. Pembuatan Papan Partikel

Pembuatan papan partikel dilakukan dengan cara mencampurkan bahan perekat (*resin polyester*) dan katalis. Tongkol jagung yang telah dipersiapkan dengan ukuran lolos ayakan 8, 16, 30 mesh yang massanya masing-masing 540 gram dicampur dengan resin dengan perbandingan 30% dari massa bahan dan katalis 1% dari massa resin diaduk sampai tercampur rata kemudian dimasukkan dalam cetakan ukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm. Bahan baku kemudian di kempa dingin dan kempa panas selama 20 menit, dengan tekanan kempa 160 Pa, dan suhu kempa 150°C .

Lembaran yang sangat panas lalu dikeluarkan dari mesin kempa dan dibiarkan selama 3 jam agar terjadi pengerasan perekat sebelum dikeluarkan dari cetakan papan partikel. Selanjutnya dilakukan pengeringan selama 15 hari untuk mencapai distribusi air yang seragam dan melepaskan tegangan sisa dalam papan akibat pengempaan. Kemudian papan dipotong menjadi 4 bagian sama besar.

3. Pengujian Papan Partikel

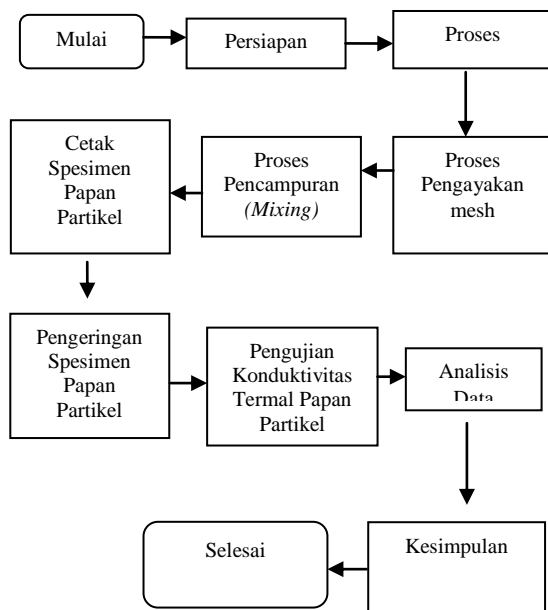
Pengujian papan partikel dengan mengukur nilai konduktivitas termal papan partikel menggunakan *Thermal Conductivity Apparatus*. Langkah-langkah dalam pengukuran adalah sebagai berikut:

- Mengisi bejana es dengan air lalu bekukan dengan freezer. Pekerjaan ini dilakukan sebelum pelaksanaan kegiatan penelitian .
- Mengukur ketebalan dari setiap material sampel yang digunakan dalam penelitian(h).
- Memasang material sampel pada tabung ruang uap .
- Mengukur diameter dari balok es dan nilai ini di lambangkan dengan d_1 .tempatkan es tersebut di atas sampel.
- Membiarkan es berada di atas sampel selama beberapa menit sehingga es mulai melebur dan terjadi kontak penuh antara es dengan permukaan material sampel.

- f. Menentukan massa dari tabung kecil yang digunakan untuk menampung es yang melebur (M_t).
 - g. Mengumpulkan es yang melebur dalam tabung untuk suatu waktu pengukuran i_a , misalnya sekitar 3 menit, lakukan untuk 3 kali pengukuran.
 - h. Menentukan masa dari tabung yang berisikan es yang melebur tadi (M_{ta}).
 - i. Menentukan massa es yang melebur (M_a) dengan cara mengurangi M_{ta} dengan M_t .
 - j. Mengalirkan Uap ke dalam ruang uap. Biarkan uap mengalir untuk beberapa menit sampai temperature mencapai stabil sehingga aliran panas dalam keadaan mantap (steady), artinya temperature pada beberapa titik tidak berubah terhadap waktu.
 - k. Mengosongkan tabung yang digunakan untuk mengumpulkan es yang melebur. ulangi langkah 6 sampai 9 tetapi pada waktu ini dengan uap di alirkan ke dalam ruang uap dalam suatu waktu tertentu t_{au} (misal sekitar 3 menit). ukur massa es yang melebur (M_{au}). lakukan untuk 3 kali pengukuran.
 - l. Melakukan pengukuran ulang diameter balok es yang dinyatakan dengan d_2 .
 - m. Melakukan kegiatan yang sama dengan sampel material ukuran lainnya.
4. Tahap Analisis Data

Setelah nilai kelajuan lelehan batu es yang dipanaskan dengan menggunakan papan partikel jagung, maka dilakukan analisis data untuk menentukan nilai konduktivitas termal dari papan partikel yang telah dibuat.

Secara ringkas tahap penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Data hasil pengamatan pengukuran ketebalan, diameter, massa dan waktu pada *Thermal Conductivity Apparatus*. Pengamatan pengukuran yang dilakukan dengan mengukur diameter es, waktu pengukuran dan massa es sebelum dialiri uap dan setelah dialiri uap dengan waktu selama 3 menit sebanyak 3 kali pengukuran yang dilakukan secara langsung di Laboratorium Mekanika dan Kalor Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian konduktivitas termal pada papan partikel tongkol jagung menggunakan *thermal conductivity apparatus*. Papan partikel dibuat dengan membandingkan ukuran mesh. Sampel papan partikel dibuat sebanyak tiga buah dengan ukuran lolos ayakan 8, 16, 30 mesh, dan menghitung konduktivitas termal masing-masingnya.

Data hasil pengukuran yang didapat secara langsung berupa ketebalan sampel (1cm) dan massa tabung (63gr). Data hasil pengukuran pada sampel papan partikel tongkol jagung dengan ukuran partikel yang lolos ayakan 8, 16, 32 mesh. Tabel penelitian terdiri dari diameter rata-rata total es (d), luas aliran panas antara es yang berkontak dengan permukaan sampel (A), laju es melebur (R_0), dan nilai konduktivitas termal (K) dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Hasil pengukuran papan partikel tongkol jagung dengan ukuran lolos ayakan 8 mesh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Sampel Papan Partikel Tongkol Jagung dengan Ukuran Lolos Ayakan 8 mesh.

Ukuran Mesh	Pengujian	d (cm)	A (cm ²)	R ₀ (gr/s)	K (W/m °C)
8	1	7,878	48,719	0,017	0,1199
	2	8,155	52,205	0,015	0,0965
	3	8,210	52,910	0,014	0,0873

Pada Tabel 2 dapat dilihat, hasil pengukuran pada pengujian 1 dengan diameter 7,878 cm, luas penampang 48,179 cm² dan kelajuan 0,017 gr/s diperoleh nilai konduktivitas termalnya 0,1199 W/m⁰C. Pada pengujian 2 dengan diameter 8,155 cm, luas penampang 52,205 cm² dan kelajuan 0,015 gr/s diperoleh nilai konduktivitas termalnya 0,0965 W/m⁰C. Pada pengujian 3 dengan diameter 8,210 cm, luas penampang 52,91 cm² dan kelajuan 0,014 gr/s diperoleh nilai konduktivitas termal 0,156 W/m⁰C.

Hasil pengukuran papan partikel tongkol jagung dengan ukuran lolos ayakan 16 mesh dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Sampel Papan Partikel Tongkol Jagung dengan Ukuran Lolos Ayakan 16 Mesh.

Ukuran Mesh	Pengujian	d (cm)	A (cm ²)	R ₀ (gr/s)	K (W/m °C)
16	1	8.080	51.249	0.0200	0.130
	2	8.276	53.760	0.0178	0.110
	3	8.200	52.780	0.0246	0.156

Pada Tabel 3 dapat dilihat, hasil pengukuran pada pengujian 1 dengan diameter 8,080 cm, luas penampang 51,249 cm² dan kelajuan 0,0200 gr/s diperoleh nilai konduktivitas termalnya 0.130 W/m⁰C. Pada pengujian 2 dengan diameter 8,276 cm, luas penampang 53,760 cm² dan kelajuan 0,0178 gr/s diperoleh nilai konduktivitas termalnya 0.110. pada pengujian 3 dengan diameter 8,200 cm, luas penampang 52,780 cm² dan kelajuan 0,0246 gr/s diperoleh nilai konduktivitas termalnya 0.156 W/m⁰C.

Hasil pengukuran papan partikel tongkol jagung dengan ukuran lolos ayakan 30 mesh dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Sampel Papan Partikel Tongkol Jagung dengan Ukuran Lolos Ayakan 30 Mesh.

Ukuran Mesh	Pengujian	d (cm)	A (cm ²)	R _o (gr/s)	K (W/m ⁰ C)
30	1	8.289	53.9365	0.0425	0.2640
	2	8.894	62.1065	0.0310	0.1677
	3	8.240	53.2900	0.0313	0.1973

Pada Tabel 4 dapat dilihat, hasil pengukuran pada pengujian 1 dengan diameter 8,289 cm, luas penampang 53,9365 cm² dan kelajuan 0,0425 gr/s diperoleh nilai konduktivitas termalnya 0.2640 W/m⁰C. Pada pengujian 2 dengan diameter 8,894 cm, luas penampang 62,1065 cm² dan kelajuan 0,0310 gr/s diperoleh nilai konduktivitas termalnya 0,1677. Pada pengujian 3 dengan diameter 8,240 cm, luas penampang 53,2900 cm² dan kelajuan 0,0313 gr/s diperoleh nilai konduktivitas termal 0,1973 W/m⁰C.

Data hasil pengukuran yang didapat secara tidak langsung yaitu nilai konduktivitas termal, yang dihitung berdasarkan nilai pengukuran langsung dengan menggunakan Persamaan 10. Konduktivitas termal menunjukkan kemampuan benda menghantarkan panas. Untuk melihat pengaruh dari variasi ukuran partikel terhadap nilai konduktivitas termal papan partikel tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 5.

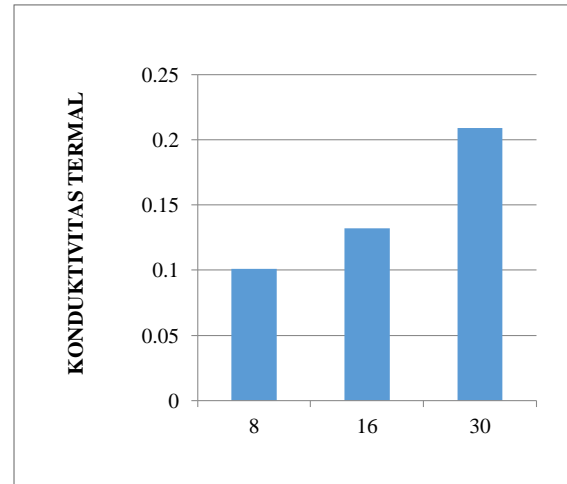
Tabel 5. Data Nilai Konduktivitas Termal Papan Partikel dengan Variasi Ukuran Partikel yang Lolos Ayakan 8, 16, 30 Mesh

Komposisi Ukuran Mesh	Konduktivitas termal (W/m ⁰ C)			Rata-rata Konduktivitas Termal(W/m ⁰ C)
	1	2	3	
8 mesh	0.1199	0.0965	0.0873	0.1012
16 mesh	0.1300	0.1100	0.1560	0.1320
30 mesh	0.2640	0.1677	0.1973	0.2090

Tabel 5. menunjukkan bahwa semakin besar ukuran lolos ayakan mesh yang digunakan, yang mana ukuran partikelnya semakin kecil maka nilai konduktivitas termal dari papan partikel semakin besar dan sebaliknya.

Pada hasil pengujian rata-rata konduktivitas termal pada Tabel 5 dapat dilihat semakin besar

ukuran lolos ayakan mesh, ukuran partikelnya semakin kecil maka nilai konduktivitas termal semakin tinggi dan sebaliknya. Hal ini dapat dilihat pada grafik hubungan antara ukuran ayakan mesh terhadap nilai konduktivitas termal pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Variasi Ukuran Partikel pada Papan Partikel Tongkol Jagung terhadap Konduktivitas Termal.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa variasi ukuran partikel pada papan partikel terhadap konduktivitas termal. Papan partikel yang memiliki ukuran lolos ayakan 8 mesh yang mana ukuran partikel nya besar, memiliki nilai konduktivitas terkecil yaitu 0.1012 W/m⁰C dan nilai konduktivitas terbesar terdapat pada ukuran lolos ayakan 30 mesh yaitu 0.209 W/m⁰C yang mana ukuran partikelnya kecil.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai konduktivitas termal papan partikel tongkol jagung dipengaruhi oleh ukuran partikel, semakin kecil ukuran partikel semakin besar konduktivitas termal. Berdasarkan Tabel 5 nilai konduktivitas termal terkecil terdapat pada ukuran partikel yang besar yaitu dengan ukuran lolos ayakan 8 mesh yaitu 0,1012 W/m⁰C. Nilai konduktivitas termal terbesar terdapat pada ukuran partikel yang kecil dengan ukuran lolos ayakan 30 mesh yaitu 0,2090 W/m⁰C. Bahan yang baik dijadikan sebagai bahan untuk isolator panas memiliki nilai konduktivitas termal sekitar 0.1 W/m⁰C^[20].

Berdasarkan Gambar 2, tampak perbedaan nilai konduktivitas termal papan partikel berbeda di setiap perbedaan ukuran mesh yang digunakan. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin besar nilai konduktivitas termalnya dan sebaliknya semakin besar ukuran partikel maka konduktivitas termalnya kecil. Papan partikel dengan ukuran partikel yang lebih kecil membuat nilai konduktivitas termalnya juga semakin besar.

Salah satu faktor yang mempengaruhi konduktivitas termal suatu material adalah porositas dan kepadatan material tersebut^[15]. Apabila pori pori

bahan semakin banyak maka konduktivitas termalnya makin kecil. Material berpori dapat mengandung gas dalam pori-porinya. Sebagaimana yang telah diketahui bahwa gas adalah pemindah kalor yang buruk dibandingkan cairan atau padatan. Rendahnya konduktivitas termal disebabkan oleh rendahnya konduktivitas udara yang terjebak dalam pori.

Nilai konduktivitas termal yang semakin besar dikarenakan materi penyusun papan partikel lebih padu dan sedikit menghasilkan rongga di dalam papan partikel yang menyebabkan terjadinya gesekan-gesekan antar partikel yang mengakibatkan hantaran panas jadi meningkat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai papan partikel tongkol jagung dengan variasi ukuran partikel, dapat disimpulkan:

1. Pengaruh variasi ukuran partikel pada papan partikel tongkol jagung adalah semakin kecil ukuran partikel pada papan partikel tongkol jagung, maka semakin besar nilai konduktivitas termalnya.
2. Ukuran partikel yang baik dijadikan sebagai bahan isolator pada papan partikel tongkol jagung adalah ukuran partikel yang besar dengan ukuran lolos ayakan 8 mesh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dra. Syakbaniah, M.Si, Bapak Zullhendri Kamus, S.Pd, M.Si, dan Bapak Yohandri, S.Si, Ph.D yang telah banyak memberikan saran dalam penulisan jurnal ini. Selanjutnya kepada pihak laboran Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat yang telah memberikan izin untuk membuat papan partikel dan kepada Ibu Dra. Syakbaniah, M.Si sebagai Kepala Labor Mekanika dan Geofisika yang telah memberikan izin untuk melakukan pengambilan data nilai konduktivitas termal papan partikel jagung, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1].Sulastiningsih, I.M. 2004. *Pengaruh Kadar Perekat dan Campuran Kulit Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Tusam*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Vol. 4 No. 5 Hal 184-191.

[2].Subiyakto dan Prasetya B. 2003. *Pemanfaatan Langsung Serbuk Kulit Kayu Akasia Sebagai Perekat Papan Partikel*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis Vol. 1 LIPI. Bogor.

[3].Zhongli, P., Ruihong, Z. dkk. 2007. *Physical Properties of Thin Particleboard Made from Saline Eucalyptus*. Elsevier.

[4].Mujahid. 2008. *Pengaruh Variasi Sambungan Satu Ruas dan Dua Ruas Bambu Terhadap Kekuatan Balok Laminasi Bambu Tali*

[skripsi]. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor

[5].Suhasman.2008. *Papan Komposit*. Fakultas Kehutanan Universitas Hasanudin:Makasar.

[6].Kollman, F.F.P., E.W Kwenzi, dan A.J. Stamm 1975. *Principle of Wood Science and Technology Vol II, Wood Based Materials*. Springer Verley Berlin Heidelberg. New York.

[7].Wakman, dan Burhanuddin. 2007. *Pengelolaan Penyakit Tanaman Jagung*. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.

[8].Maloney TM. 1993. *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. San Fransisco: Miller Freeman Inc.

[9].Houwink R dan Solomon G. 1965. *Adhesion and Adhesive*. Vol I & II. Elseiver Publishing Company. Amsterdam.

[10].Haygreen dan Bowyer. 1989. *Langkah Langkah Dasar Dalam Pembuatan Papan Partikel*.

[11].Harmanto.1989. *Dasar-Dasar Termodinamika Teknik*. Depertemen Pendidikan dan Kebudayaan,Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi: Jakarta.

[12].Haugh D.Young & Roger A. 2001. *Fisika Untuk Universitas, Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

[13].J. P. Holman.1997. *Perpindahan Kalor*. Jakarta : Erlangga.

[14].Anonim.1987. *Thermal Conductivity Apparatus, Instruction Manual and Experiment Guide for the Pasco Scientific Model TD-8561*. PASCO scientific.

[15].Hidayat, Syarif . 2000. *Pusat Pengembangan Bahan Ajar*. Fisika Bangunan. UMB.

[16].Haygreen JG dan Bowyer JL. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Terjemahan. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.

[17].Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika 1*. Erlangga:Jakarta.

[18].Kreith, F., 1976, *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*, edisi ketiga, (Alih Bahasa: A Prijono), Erlangga:Jakarta.

[19].Asyhari, Muhammad. 2012. *Isolator dan Semikonduktor*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

[20].Wibowo, Hari, dkk. 2008. *Pengaruh Ketebalan dan Kepadatan Terhadap Sifat Isolator Panas Papan Partikel dari Sekam Padi*. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, IST AKPRIND Yogyakarta (Diakses pada tanggal 25 Januari 2014).

[21].Arbintarso,Ellyawan S, dkk. 2008. *Kotak Penyimpanan Dingin dari Papan Partikel Sekam Padi*. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, IST AKPRIND Yogyakarta (Diakses pada tanggal 21 Maret 2012).