

**PENGARUH VARIASI JENIS SERAT DENGAN MatriKS LIMBAH
PLASTIK POLYPROPYLENE MENGGUNAKAN PENGISI SLUDGE
KERTAS TERHADAP SIFAT TERMAL PANEL KOMPOSIT**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh:

**NISA CANTIKA FITRI
NIM. 17034119/2017**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

PERSETUJUAN SKRIPSI**PENGARUH VARIASI JENIS SERAT DENGAN MATRIKS LIMBAH
PLASTIK POLYPROPYLENE MENGGUNAKAN PENGISI SLUDGE
KERTAS TERHADAP SIFAT TERMAL PANEL KOMPOSIT**

Nama : Nisa Cantika Fitri
NIM : 17034119
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2022

Mengetahui
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si
NIP. 196901201993032002

Disetujui Oleh
Pembimbing



Dra. Yenni Darvina, M.Si
NIP. 196309111989032003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Nisa Cantika Fitri
NIM : 17034119
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PENGARUH VARIASI JENIS SERAT DENGAN Matriks LIMBAH
PLASTIK POLYPROPYLENE MENGGUNAKAN PENGISI SLUDGE
KERTAS TERHADAP SIFAT TERMAL PANEL KOMPOSIT**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Jurusan
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Februari 2022

Tim Penguji

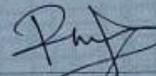
Tanda Tangan

Nama

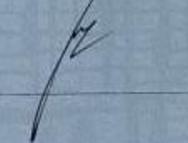
Ketua : Dra. Yenni Darvina, M.Si



Anggota : Dr. Ramli, M.Si



Anggota : Drs. Gusnedi, M.Si



Pengaruh Variasi Jenis Serat Dengan Matriks Limbah Plastik Polypropylene Menggunakan Pengisi Sludge Kertas Terhadap Sifat Termal Panel Komposit

Nisa Cantika Fitri

ABSTRAK

Perubahan iklim yang terjadi saat ini dapat disebabkan oleh pemanasan global dan gas rumah kaca yang mengakibatkan temperatur di permukaan bumi meningkat. Dampak dari hal ini tentunya akan mengganggu kenyamanan maka diperlukan usaha dan dibutuhkan inovasi untuk mengatasi masalah ini. Salah satu alternatif yang dapat ditempuh adalah pembuatan panel komposit . Pembuatan panel komposit sebelumnya telah banyak dilakukan , akan tetapi bahan komposit yang digunakan berasal dari bahan baru sehingga memerlukan biaya lebih dan menambah penumpukan limbah. Pada penelitian ini dibuat panel komposit memanfaatkan material sisa berbahan campuran limbah plastik polypropilene, sludge kertas berpenguat serat alam yaitu ampas tebu, sabut kelapa, tandan kosong kelapa sawit. Tujuan dilakukannya penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi jenis serat dengan matriks limbah plastik polypropylene menggunakan pengisi sludge kertas terhadap sifat termal panel komposit.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium berbahan dasar limbah plastik polipropilene ditambah dengan pengisi sludge kertas dan berpenguat serat alam. Komposisi Komposit 40% plastik PP hitam, 60% sludge kertas dan 2% serat (ampas tebu ,sabut kelapa dan TKKS) dari jumlah sludge kertas dan plastik PP hitam. Sifat termal yang diuji adalah konduktivitas termal menggunakan alat thermal conductivity apparatus.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai konduktivitas termal panel komposit berpenguat serat ampas tebu yaitu sebesar $0.1036 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, serat tandan kosong kelapa sawit yaitu $0.1377 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, serat sabut kelapa yaitu $0.1603 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, dan panel komposit tanpa serat yaitu sebesar $0.2512 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. Material penguat komposit (serat ampas tebu , serat sabut kelapa, dan serat TKKS) yang bersifat isolator akan menyebabkan nilai konduktivitas termal komposit menjadi menurun .Nilai konduktivitas termal komposit lebih dipengaruhi oleh bahan pengikat/matriks komposit. Dari hasil yang diperoleh disimpulkan bahwa panel komposit yang baik untuk dijadikan sebagai bahan isolator panas adalah yang memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah yaitu berpenguat serat ampas tebu sebesar $0.1036 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.

Kata kunci : Panel Komposit, Limbah Plastik Polypropylene, Sludge Kertas, Serat , Sifat termal .

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Jenis Serat Dengan Matriks Limbah Plastik *Polypropylene* Menggunakan Pengisi *Sludge* Kertas Terhadap Sifat Termal Panel Komposit”**.

Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (NK), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dan merupakan bagian dari penelitian Ibu Dra. Yenni Darvina, M. Si. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Ibu Dra. Yenni Darvina, M. Si, sebagai pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran, saran dan tenaga untuk membimbing penulis dalam kegiatan penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ramli, M.Si dan bapak Drs. Gusnedi, M. Si, sebagai Tim dosen penguji yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M. Si, sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNP.
4. Ibu Syafriani, M. Si, Ph. D, sebagai Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNP.

5. Bapak dan Ibu staf pengajar, administrasi, laboran dan karyawan Jurusan Fisika FMIPA UNP.
6. Orangtua yang selalu mendukung dan mendoakan penulis sampai saat ini.
7. Keluarga Besar Jurusan Fisika, terutama teman-teman kelas Fisika C Angkatan 2017 yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman sepenelitian yaitu Jeremi Novriando, ismatul dinny , Mella Septiyani P, Deby Kurnia P, dan Kasih Syirpia, terimakasih teman-teman DWW, serta teman-teman dari KBK material yang selalu mendukung dan memberikan semangat.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Maka dari penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Padang, Februari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II KERANGKA TEORITIS	
A. Komposit	9
B. Polymer Matrix Composite (PMC)	10
C. Metode Pembuatan Komposit Hand Lay-up	12
D. Limbah Plastik PP (Polypropylene)	13
E. Serat Alam	15
1. Serat Ampas Tebu	16
2. Serat Sabut Kelapa	17
3. TKKS	19
F. Sludge Kertas	21
G. Pengujian Porositas	22
H. Konduktivitas Termal (K) dan Mekanisme Perpindahan Energi ...	23
I. Isolator Panas	27
J. Kalor dan Azas Black	30

K. Pengaruh Variasi Jenis Serat Pada Papan Komposit Terhadap Konduktivitas Termal.....	31
L. Standwith Insulating Pad dan Generator Uap	32
BAB III METODELOGI PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	34
B. Tempat dan Waktu Penelitian	34
C. Variabel Penelitian	35
D. Alat dan bahan.....	35
E. Diagram Alir	47
F. Pelaksanaan Penelitian	48
G. Tahap Karakterisasi.....	52
H. Data Pengamatan.....	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Data.....	57
B. Analisis Data	62
C. Pembahasan.....	65
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	68
B. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik Plastik Polipropilene	14
2. Komponen kimia ampas tebu sumber	17
3. Komposisi TKKS	20
4. Sifat Fisis dan Mekanik Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	21
5. Data Pengukuran Sampel Panel Komposit dengan Variasi jenis serat	54
6. Data Hasil Perhitungan Sampel Panel Komposit dengan Variasi jenis serat	54
7. Hasil pengujian porositas 40% Plastik PP: 60% <i>Sludge</i> : 0% Serat	57
8. Hasil pengujian porositas 40% Plastik PP: 60% <i>Sludge</i> : 2% Serat sabut kelapa	58
9. Hasil pengujian porositas 40% Plastik PP: 60% <i>Sludge</i> : 2% Serat sabut kelapa	58
10. Hasil pengujian porositas 40% Plastik PP: 60% <i>Sludge</i> : 2% TKKS	59
11. Hasil pengukuran konduktivitas termal papan komposit tanpa serat.....	60
12. Hasil pengukuran konduktivitas termal papan komposit dengan serat ampas tebu.....	61
13. Hasil pengukuran konduktivitas termal papan komposit dengan serat sabut kelapa.....	61
14. Hasil pengukuran konduktivitas termal papan komposit dengan serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS)	62
15. Nilai rata-rata porositas panel komposit limbah plastic polypropylene 40%: sludge kertas 60%:serat 2% (serat TKKS, serat sabut kelapa, serat ampas tebu)	62
16. Data nilai konduktivitas termal papan komposit dengan variasi serat ampas tebu, sabut kelapa, tandan kosong kelapa sawit (TKKS).....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Komponen utama bahan komposit.....	9
2. Pembuatan Komposit Metode Hand-Lay Up.....	13
3. Simbol Polipropilena (PP).....	14
4. Serat Ampas Tebu	17
5. Sludge kertas	22
6. Standwith Insulating Pad Model TD-8561	32
7. Standwith Insulating Pad.....	36
8. Generator uap	36
9. Jangka Sorong	37
10. Termometer analog	37
11. Stopwatch.....	37
12. Neraca Ohaus 2610.....	38
13. Sikat Kawat	38
14. Gelas Kimia 800 ml	39
15. Sendok Pengaduk	39
16. Botol penyimpanan NaOH.....	39
17. Mistar	40
18. Gunting.....	40
19. Pinset.....	40
20. Timbangan Digital	41
21. Kompresor Gas Portable.....	41
22. Sarung tangan dan masker	42
23. Wajan	42
24. Termometer Inframerah	42
25. Cetakan.....	43
26. Alat Kempa	43
27. Baskom.....	43
28. Gergaji Ukir	44
29. Sludge Kertas	44
30. Plastik PP hitam	45
31. NaOH	45
32. Aquades.....	46
33. Diagram Alir Penelitian	47
34. Serat ampas tebu	49
35. Serat Sabut Kelapa	49
36. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	50
37. Grafik variasi jenis serat terhadap porositas panel komposit.....	63
38. Grafik variasi jenis serat pada panel komposit terhadap konduktivitas termal.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Nilai Porositas dan konduktivitas termal	79
2. Dokumentasi Penelitian.....	97

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Panas yang berpindah merupakan fenomena alam yang dapat dianalisis melalui hukum fisika. Secara umum perpindahan panas yang terjadi dapat dibedakan menjadi tiga cara, yaitu: konduksi, konveksi. Banyak faktor yang mempengaruhi dalam perpindahan panas. Sebagai contoh seperti panas yang dihasilkan oleh pancaran sinar matahari. Perpindahan panas pada suatu permbukaan bangunan dipengaruhi oleh material bangunan yang digunakan, adanya sumber-sumber panas dari dalam dan faktor faktor iklim dari luar. Perubahan iklim yang terjadi saat ini dapat disebabkan oleh pemanasan global dan gas rumah kaca yang mengakibatkan temperatur di permukaan bumi meningkat. Dampak dari hal ini tentunya akan mengganggu kenyamanan maka diperlukan usaha dan dibutuhkan inovasi untuk mengatasi masalah ini. Salah satu alternatif yang dapat ditempuh adalah pembuatan panel (papan) komposit yang diharapkan dapat dijadikan sebagai isolator panas sehingga dapat memberikan kenyamanan kepada penghuninya.

Panel komposit merupakan istilah umum untuk papan yang dibuat dari bahan berlignoselulosa atau partikel lainnya yang diikat dengan perekat melalui proses pengempaan pada tekanan dan temperatur tertentu. Secara sederhana komposit merupakan gabungan dari dua unsur, yaitu serat (fiber) sebagai pengisi atau penopang dan matriks sebagai perekat (Aprilia,2013). Polimer yang sering digunakan sebagai material matrik dalam komposit ada dua macam adalah thermoplastic dan thermoset. Matriks yang digunakan pada

penelitian ini yaitu plastik *Polypropylene* (PP) yang termasuk dalam kategori thermoplastic, *Polypropylene* memiliki sifat yang sangat kaku, berat jenis yang rendah, tahan terhadap bahan kimia dan asam basa, tahan terhadap panas, dan tidak mudah retak, namun memiliki ketahanan benturan yang rendah (Ahmed, 2021) . Kemudian sebagai pengisi menggunakan limbah Sludge kertas.

Sludge kertas yang merupakan hasil limbah pabrik kertas juga menjadi problem besar dalam industri kertas di Indonesia karena pemanfaatannya yang belum optimal. Padahal limbah kertas ini termasuk kategori B3 yang mengandung logam berat seperti Cd, Cr, Pb, Ag dan Zn yang sangat membahayakan (Adiprima,2006). Sludge akan terus meningkat dengan bertambahnya kebutuhan produksi sehingga diperlukan pemecahan dalam hal pembuangannya karena peningkatan kapasitas produksi perusahaan tidak sebanding dengan peningkatan kemampuan pengelolaan limbahnya (Khusna,2012). Sludge mempunyai komponen utama (95%) serat organik yang berupa selulosa (feris, 2008) yang komposisinya hampir sama dengan semen, sehingga sludge dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi untuk pembuatan komposit panel dinding yang diharapkan memiliki sifat fisik yang baik.

Sebagai penguat pada papan komposit digunakan bahan berlignoselulosa dapat diperoleh dari serat alam. Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki kekayaan alam berupa serat alam atau serat nabati yang

sangat berlimpah dan belum banyak dimanfaatkan secara optimal (Schwartz 1984).

Pembuatan panel komposit dengan memanfaatkan serat alam akan mendapatkan nilai tambah yaitu mengurangi dampak yang diakibatkan oleh limbah bagi lingkungan.

Semakin mahalnya harga barang, maka masyarakat berupaya untuk mencari alternatif lain dengan mulai memanfaatkan bahan yang berasal dari alam yang mudah didapatkan dan lebih murah karena memanfaatkan serat alam sebagai bahan penghambat panas. Salah satu contoh dengan memanfaatkan serat alam yaitu pembuatan komposit dengan menggunakan serat ampas tebu, sabut kelapa, dan tandan kosong kelapa sawit.

Uji konduktivitas *termal* untuk mengetahui karakteristik termal dari panel komposit yang dihasilkan. Dan diharapkan panel berbahan komposit yang akan dibuat, dapat digunakan sebagai pelapis dinding bangunan yang memiliki ketahanan dan yang tinggi terhadap benturan maupun dalam perubahan cuaca yang tidak menentu baru-baru ini.

Serat ampas tebu mengandung silika 62,78%, yang merupakan bahan keramik isolator. Semakin tinggi kandungan ampas tebu yang digunakan, semakin rendah konduktivitas termal papan partikel yang artinya semakin baik kemampuan papan sebagai isolator panas (Maiwita dkk., 2014). Selain itu ampas tebu juga mengandung 32% selulosa. Selulosa mengakibatkan terbentuknya *void*, sehingga dapat membantu mengurangi transfer energi panas pada partikel yang ada di dalam papan partikel (Wibowo dkk., 2008). Serat sabut kelapa memiliki sifat yang tahan lama, sangat ulet, tidak mudah

patah, tidak mudah membusuk, tahan terhadap air, dan tidak dihuni oleh rayap dan tikus (Nisa, 2018).

Serat tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan alami pembuatan komposit, dimana serat tandan sawit juga mengandung kadar lignin dan kadar selulosa. Tandan kosong kelapa sawit memiliki banyak kandungan serat atau selulosa, terdapat pada bagian pangkal atau bagian ujung yang runcing dan keras. Adapun komposisi kimia tandan kosong kelapa sawit terdiri atas lignin 22.23%, selulosa 37,76%, holoselulosa 68.88%, dan abu 6.59% (Sari, 2015).

Penelitian tentang komposit yang dibuat dari serat ampas tebu sudah banyak dilakukan. Maiwita dkk (2014) melakukan penelitian sifat konduktivitas termal menggunakan campuran ampas tebu dan serbuk gergaji diperoleh nilai konduktivitas termal terkecil terdapat pada perbandingan komposisi ampas tebu dan serbuk gergaji yaitu 100:0 dengan nilai konduktivitas termal 0,08 W/m°C, sedangkan konduktivitas termal terbesar dengan perbandingan ampas tebu dan serbuk gergaji 50:50 dengan nilai konduktivitas termal 0,14 W/m°C, papan partikel yang baik sebagai isolator panas memiliki nilai konduktivitas termal terendah hal ini berarti pemberian serbuk gergaji membuat kualitas papan partikel sebagai isolator panas semakin memburuk. Suryani (2019) telah melakukan penelitian terkait pengaruh variasi panjang serat ampas tebu dan serbuk kulit buah kakao terhadap sifat fisis, mekanis, dan konduktivitas termal papan partikel. Berdasarkan penelitian ini dinyatakan bahwa panjang serat mempengaruhi kerapatan papan partikel yang dihasilkan. Papan partikel yang memiliki panjang serat 5 cm adalah papan

yang memiliki kerapatan tinggi, dan papan yang memiliki panjang serat 1 cm adalah papan yang memiliki kerapatan yang rendah. hasil penelitian menunjukkan bahwa papan partikel yang dihasilkan sudah memenuhi sni 03-2105-2006, dan pengujian konduktivitas termal didapatkan hasil sesuai teori yaitu dibawah $0,1 \text{ w/m}^{\circ}\text{c}$ namun pada pengujian mekanis uji kuat lentur nilai yang dihasilkan belum memenuhi standar dan nilai densitas papan yang didapatkan lebih tinggi dari standar.

Asri (2011) melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan serabut kelapa pada komposit yang menggunakan filler (Serbuk kayu jati) dan matriks (Lem kayu Fox). Hasil dari pengujiannya yaitu komposit dengan penambahan serabut kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan bahan isolator yang mampu menahan panas dan dapat memberikan kenyamanan kepada penghuninya.

Penelitian yang dilakukan Hadi (2018) yaitu membuat komposit dari bahan dasar tandan kosong kelapa sawit dan *matriks* epoksi didapatkan nilai konduktivitas termal sebesar $0,13 \text{ W/m.K}$ dan komposit dengan bahan dasar tandan kosong kelapa sawit dengan *matriks* poliester didapatkan nilai konduktivitas termal sebesar $2,1 \text{ W/m.K}$.

Penelitian tentang komposit mengenai pengaruh jenis serat alam terhadap sifat akustik sudah dilakukan. Nisa (2018) telah melakukan penelitian mengenai pembuatan komposit material peredam akustik berbahan dasar dari serat sabut kelapa, pelepah pisang, lidah mertua dan epoxy resin.

Mutia (2019) juga telah melakukan penelitian mengenai pengaruh jenis serat alam terhadap koefisien absorpsi bunyi sebagai peredam kebisingan .

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, penelitian ini mengembangkan bahan komposit dengan variasi bahan dasar dari serat ampas tebu, sabut kelapa, dan tandan kosong kelapa sawit sebagai filler dan limbah plastik *polipropylene* sebagai matriks dengan melakukan pengujian terhadap sifat termal. Judul penelitian ini adalah “Pengaruh Variasi Jenis Serat Dengan Matriks Limbah Plastik Polypropylene Menggunakan Pengisi Sludge Kertas Terhadap Sifat Termal Panel Komposit”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diidentifikasi masalah dalam penelitian sebagai berikut:

1. Penggunaan sampah plastik terus mengalami peningkatan, sehingga perlunya pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan pembuatan komposit.
2. Serat ampas tebu, serat sabut kelapa, dan serat tandan kosong kelapa sawit merupakan serat alam yang mudah didapatkan sehingga pembuatan komposit menggunakan serat ini sangat bisa untuk dilakukan.
3. Pembuatan komposit berserat alam sudah banyak dilakukan namun untuk pembuatan panel komposit dengan pengisi *sludge* kertas masih sedikit sehingga perlu dilakukan penelitian.
4. Masih sedikit pengujian porositas dan karakterisasi sifat termal pada panel komposit dengan variasi jenis serat.

C. Batasan Masalah

1. Bahan penguat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat ampas tebu, sabut kelapa, dan tandan kosong kelapa sawit.
2. Orientasi serat menggunakan metode randomly oriented discontinuous fiber dan panjang serat yang digunakan yaitu sepanjang 3cm.
3. Perlakuan kimia pada serat menggunakan larutan alkali (2% NaOH) dan waktu perendaman serat dilakukan selama 2 jam.
4. Perbandingan volume matriks dan filler sebesar 40%: 60%
5. Matriks polimer yang digunakan adalah limbah plastik *polypropilene*.
6. Proses fabrikasi komposit dilakukan dengan mesin kempa dingin dengan waktu pengepresan selama 30 menit.
7. Peneliti tidak melakukan variasi ketebalan sampel, karena ketebalan pada sampel ini dibuat sama yaitu $\pm 0,7$ cm.
8. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian porositas dan pengujian konduktivitas termal.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka didapatkan rumusan masalah yaitu bagaimana Pengaruh Variasi Jenis Serat Dengan Matriks Limbah Plastik Polypropylene Menggunakan Pengisi Sludge Kertas Terhadap Sifat Termal Panel Komposit ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian yaitu untuk mengetahui Pengaruh Variasi Jenis Serat Dengan Matriks Limbah Plastik Polypropylene Menggunakan Pengisi Sludge Kertas Terhadap Sifat Termal Panel Komposit.

F. Manfaat Penelitian

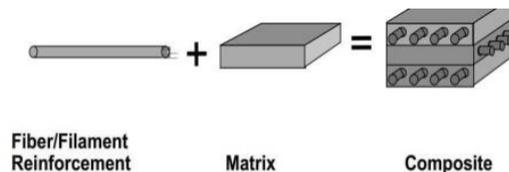
1. Bagi peneliti, merupakan syarat dalam menyelesaikan Program Studi Fisika S1 dan merupakan pengembangan diri dalam bidang kajian Fisika.
2. Kelompok Bidang Kajian Fisika Material dan Biofisika, merupakan pengetahuan untuk pembuatan komposit dengan variasi jenis serat panel komposit dengan matriks *polypropilena* (PP) menggunakan pengisi *sludge* kertas berpenguat serat ampas tebu terhadap sifat termal.
3. Jurusan Fisika, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian material dan biofisika.
4. Peneliti lain, sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya yang mengembangkan pembuatan komposit dengan limbah dan serat alam lainnya.
5. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan serta pendalaman ilmu mengenai pembuatan panel komposit.

BAB II KERANGKA TEORITIS

A. Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda dimana satu material sebagai pengikat (matrik) dan yang lainnya sebagai penguat (Lokantara, 2012).

Komposit tersusun oleh serat dan polimer. Serat adalah sebuah zat yang panjang, tipis, dan mudah dibengkokkan. Ditinjau dari segi zat kimia penyusunnya, serat tersusun atas molekul molekul yang sangat besar yaitu berupa selulose, protein, thermoplastic atau mineral. Polimer yang sering digunakan sebagai material matrik dalam komposit ada dua macam adalah thermoplastic dan thermoset (Dantes & Aprianto,2017).



Gambar 1. Komponen utama bahan komposit
(Sumber: Dantes & Aprianto,2017)

Beberapa sifat yang dapat dikembangkan dengan membentuk bahan komposit yaitu: kekuatan (strength), kekakuan (stiffness), tahanan korosi (corrosion resistance), tahanan arus (wear resistance), daya pikat (attractiveness), berat, perioda lelah (fatigue life), sifat ketergantungan suhu (temperature-dependent behavior), insulasi termal, konduktivitas termal, dan insulasi akustik (acoustical insulation). Secara umum, tidak semua sifat-sifat

di atas dikembangkan pada waktu yang bersamaan karena dikhawatirkan malah akan mengganggu sifat material itu sendiri misalnya insulasi termal dan konduktivitas termal. Tujuan pembentukan bahan komposit itu sendiri yaitu untuk membentuk suatu bahan baru yang memiliki sifat khusus untuk keperluan tertentu pula. (M. R Jones, 2013).

Menurut Gibson (1994), struktur komposit berdasarkan matriksnya dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

1. Polymer Matrix Composite (PMC)

Bahan ini disebut polimer berpenguat serat (fiber reinforced polymers or plastic – FRP) merupakan bahan komposit yang paling banyak digunakan. Bahan ini menggunakan suatu polimer berdasarkan resin untuk matriksnya dan suatu jenis serat untuk penguatnya seperti kaca, aramid dan karbon.

2. Metal Matrix Composite (MMC)

Bahan ini dikembangkan pada industry otomotif yang menggunakan suatu logam berupa kuningan sebagai matriks dan penguat dengan silicon karbida sebagai seratnya.

3. Ceramix Matrix Composite (CMC)

Bahan ini menggunakan matriks seperti keramik dan diperkuat serat pendek atau serabut-serabut yang terbuat dari baron nitride atau silicon karbida, biasanya digunakan pada lingkungan yang memiliki temperatur sangat tinggi.

Menurut Jones (1999), komposit dapat dibagi menjadi tiga macam berdasarkan bentuk penguatnya (serat), yaitu :

1. Komposit serat (Fiber Composite)

Komposit serat ialah komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Serat berfungsi sebagai penopang kekuatan dari komposit, yang menyebabkan tinggi rendahnya kekuatan komposit bergantung pada serat yang digunakan, karena tegangan yang diberikan pada komposit awalnya diterima oleh matriks kemudian diteruskan kepada serat, sehingga serat dapat menahan beban sampai beban maksimum. Maka dari itu, serat harus memiliki tegangan tarik dan modulus elastisitas yang tinggi dibandingkan matrik penyusun komposit. Dalam pemilihan serat atau penguat penyusun pada komposit hendaklah mempertimbangkan beberapa hal, salah satunya adalah harga. Ini merupakan hal penting karena dapat dipertimbangkan untuk pemakaian skala produksi besar.

Berdasarkan seratnya komposit dapat dibagi menjadi 4 macam, yaitu :

- a. Continuous Fiber Composite (Komposit diperkuat serat continue)
- b. Woven Fiber Composite (Komposit diperkuat serat anyaman)
- c. Chopped Fiber Composite (Komposit diperkuat serat pendek atau acak)
- d. Hybrid Composite (Komposit diperkuat serat continue dan serat acak)

2. Komposit partikel (Particulate Composite)

Komposit partikel ialah komposit yang menggunakan serat sebagai penguatnya dengan pendistribusian secara merata dalam matriks. Produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus melakukan pengikatan dengan suatu matriks Bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator dll disebut dengan komposit partikel. Komposit partikel ini bersifat isotropis dengan jenis serat acak. Tegangan koheren mempengaruhi kekuatan dari komposit serat dimana fase partikel dan matriks menunjukkan sambungan yang baik.

3. Komposit laminat (Laminated Composite)

Komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus disebut komposit laminat.

Menurut Safitri (2017), komposit dapat dibagi menjadi tiga berdasarkan asal seratnya, yaitu :

1. Komposit serat sintetis

Komposit ini merupakan komposit dengan serat buatan yang berasal dari pembuatan rekayasa industry seperti kevlar, karbon dan fiberglass.

2. Komposit serat alam

Komposit ini merupakan komposit dengan serat alami seperti serat yang berasal dari hewan atau tumbuh-tumbuhan. Serat yang berasal dari tumbuh-tumbuhan (pepohonan) seperti pohon bamboo, pohon

kelapa, pohon pisang serta tumbuhan lain yang memiliki serat pada batang maupun daunnya. Karena bahannya berlimpah dialam, komposit ini memiliki beberapa keuntungan antara lain kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi, densitas rendah dan harga rendah. Karena beberapa keuntungan inilah penulis ingin membuat komposit dengan bahan serat alam yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yaitu serat ampas tebu.

3. Komposit serat hybrid

Komposit serat hybrid merupakan komposit dengan serat gabungan antara serat sintetis dengan serat alam. Tujuan pembuatan komposit ini untuk melengkapi sisi terlemah dari salah satu serat yang digunakan.

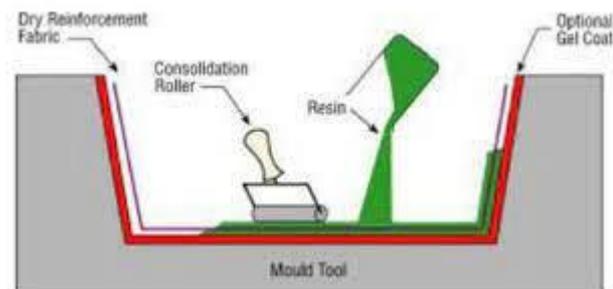
B. Metode Pembuatan Komposit Hand Lay-up

Proses Hand Lay-Up merupakan proses pembuatan komposit yang paling sederhana karena pelapisan serat dilakukan secara manual dan hanya menuntut satu sisi saja yang memiliki permukaan halus (Gibson, 1994).

Langkah-langkah dalam metode ini yang pertama melapisi cetakan dengan lapisan lilin atau wax agar cetakan tidak lengket. Serat sebagai penguat diletakkan dalam cetakan secara manual dengan bentuk seperti kain atau alas, anyaman dan rajuan. Kemudian resin yang telah dicampur dengan tangan dituangkan dalam cetakan dengan cara penaburan, penyikatan atau penyemprotan. Selanjutnya diberi tekanan sekaligus meratakannya dengan kuas atau rol yang berfungsi untuk menghilangkan udara yang terjebak

dimana proses ini dilakukan secara berulang-ulang agar ketebalan yang diinginkan tercapai (Madhusudhan, 2017).

Metode Hand Lay-Up memiliki keuntungan biaya lebih murah karena peralatan yang digunakan sedikit, kemudian kemudahan dalam bentuk dan desain produk. Kelemahannya ketebalan komposit yang dihasilkan tidak konsisten, distribusi pengikat tidak merata, dan lebih boros bensin. (Triyono,2019)



Gambar 2. Pembuatan Komposit Metode Hand-Lay Up
(Sumber: Dantes & Aprianto,2017)

C. Limbah Plastik PP (Polypropylene)

Plastik merupakan bahan yang bermanfaat yang ditemukan dalam produk sehari-hari. Bersifat (Non-biodegradable) dimana dibutuhkan ribuan tahun agar plastik bisa hancur dan membusuk (Rasid, dkk, 2017).

Plastik polipropilen merupakan salah satu plastik konvensional (non biodegradable) yang paling sering digunakan saat ini. Hal ini dikarenakan selain harganya yang relatif murah dan proses produksi yang relatif mudah. Plastik polipropilen ini juga memiliki kesetimbangan sifat mekanik dan termal yang cukup baik. Plastik jenis ini memiliki permukaan yang tidak rata,

seringkali lebih kaku daripada beberapa plastik yang lain dan memiliki nilai ekonomis yang lumayan baik (Supriadi,2013)

Plastik PP (Polypropylene) termasuk dalam kategori thermoplastik, karena memiliki ikatan antar molekul yang linier, sehingga dapat mengalami pelunakan atau perubahan bentuk, dengan kata lain meleleh jika dikenai panas. PP terbentuk dari gabungan dari banyak molekul-molekul kecil atau monomer yang akan membentuk makro molekul disebut polymer. Proses pembuatannya melibatkan energi panas dan katalisator yang berfungsi memisahkan ikatan dalam suatu molekul agar dapat terjadi ikatan dengan molekul-molekul lain yang sejenis (Herlina,2017).

Polipropilene monomernya adalah propilena ($\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}_2$), nama sistematisnya adalah poly (propene). Polipropilena biasanya di daur ulang, dan simbol daur ulangnya adalah nomor “5” (Lubis, 2009).



Gambar 3. Simbol Polipropilena (PP)
(Sumber: <https://www.google.com/search>)

Plastik sebagai limbah menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan namun telah menunjukkan dapat digunakan sebagai matriks maupun pengganti perekat dalam pembuatan papan komposit (Herlina,2017). Penggunaan bahan pengisi dan penguat memungkinkan polipropilena memiliki mutu kimia yang baik sebagai bahan polimer dan tahan terhadap

pemecahan karena tekanan (stress-cracking) walaupun pada temperatur yang tinggi (Supriadi, 2013).

Tabel 1.
Karakteristik Plastik Polipropilene

Sifat Fisik	Nilai
Indeks bias	1,49
<i>Tensile Strenght</i> (psi)	4300-5500
<i>Elongation</i> (%)	200-700
<i>Impact strength</i> (ft-lb)	0,5-2,0
Densitas (g/cm ³)	0,855
Titik leleh (°C)	160

Sumber: Matthias, 2007

Tabel 2. Karakteristik Platik Polypropylene

<i>Properties</i>	<i>Value</i>
<i>Density (g/cm³)</i>	0,90 - 0,91
<i>Modulus of elasticity (GPa)</i>	1,14 - 1,55
<i>Tensile strength (MPa)</i>	31,0 - 41,4
<i>Conductivity (W/mK)</i>	0,12
<i>Elongation (%)</i>	100 - 600
<i>Melting temperature (°C)</i>	175

Sumber : Callister,1997

Polipropilene banyak dipakai sebagai bahan dalam produksi peralatan meja makan, keranjang, peralatan kamar mandi, keperluan rumah tangga, mainan, peralatan listrik, komponen mobil,dst. Penggunaan yang luas itu berkat mampu cetaknya yang baik, permukaannya yang licin mengkilat dan tembus cahaya (Anggriani, 2018).

D. Serat Alam

Serat alam merupakan jenis serat yang berasal dari alam dalam artian molekul seratnya terbentuk secara alami (Dantes & Aprianto,2017). Serat alami (natural fiber) merupakan serat yang berasal dari tumbuhan atau hewan

yang bersulur-sulur seperti benang. Untuk mendapatkan bentuk serat, diperlukan beberapa tahap pemrosesan tergantung pada karakter bahan dasarnya. Serat dari tumbuhan antara lain kapas, pelepah pisang, enceng gondok, dan rami. Sedangkan serat dari hewan misalnya wool, sutra, dan bulu burung (Yudhanto,dkk,2016).

Pemakaian material komposit dengan isi serat alami makin meluas karena kelebihanya dibandingkan dengan material komposit berpenguat serat sintetis. Kelebihan tersebut antara lain murah, ringan, biodegradabel, sifat termal yang baik, ketangguhannya yang relatif tinggi, tidak iritatif terhadap kulit dan sifat mekanis spesifiknya yang relatif tinggi, untuk memproduksi serat perlukan 40% energi dibandingkan dengan yang diperlukan untuk memproduksi serat gelas (Sudarisman,2020)

1. Serat Ampas Tebu

Ampas Tebu (bagase) adalah bahan sisa berserat dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi niranya dan banyak mengandung parenkim serta tidak tahan disimpan karena mudah terserang jamur. Ampas tebu kebanyakan digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi yang diperlukan untuk pembuatan gula. Padahal ampas tebu selain dimanfaatkan sebagai bahan bakar pabrik, dapat juga sebagai bahan baku untuk serat dan partikel untuk papan, plastik dan kertas serta media untuk budidaya jamur atau dikomposisikan untuk pupuk (Slamet, 2004).

Ampas tebu merupakan hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu. Dari satu pabrik dapat dihasilkan sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling

(Malau,2009). Menurut (Pramono dkk, 2019) Serat ampas tebu (bagasse) sebagian besar mengandung ligno-cellulose. Panjang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro, sehingga ampas tebu ini dapat diolah menjadi papan buatan. Bagasse mengandung air 48-52%, gula rata-rata 3,3% dan serat rata-rata 47,7%. Serat bagasse tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan dan lignin. Serat ampas tebu mempunyai sifat mekanik yang cukup baik, tidak korosif, low density. Serat ampas tebu memiliki massa jenis yang rendah yaitu sebesar 0.368 gr/cm³.

Tabel 2. Komponen kimia ampas tebu sumber (Nurwahyu hidayati, 2010)

No	Analisis	% berat kering
1.	Selulosa	26% - 43%
2.	Semiselulosa	17% - 23%
3.	Pentose	20% - 33%
4.	Lignin	13% - 22%

Ampas tebu atau bagasse diperoleh dari sisa pengambilan air tebu oleh pedagang es tebu. Tanaman tebu yang sering kita lihat tidak hanya berisi air yang digunakan sebagai bahan pembuat gula tetapi memiliki komposisi yang lebih kompleks yakni, scharose, zat sabut/fiber, gula reduksi dan beberapa bahan lainnya (Husein, 2002). Dari pengambilan air tebu didapatkan ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 4:



Gambar 4. Serat Ampas Tebu
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

2. Serat Sabut Kelapa

Tanaman kelapa tergolong dalam jenis *Palmae* yang berbiji tunggal (monokotil). Dalam tata nama atau taksonomi tumbuhan, tanaman kelapa (*Cocos mucifera*) digolongkan dalam klasifikasi berikut:

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)

Devisi : *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji)

Sub-devisi : *Angiospermae* (berbiji tertutup)

Kelas : *Monocotyledonae*

Ordo : *Palmales*

Famili : *Palmae*

Genus : *Cocos*

Spesies : *Cocos mucifera* L.

Kelapa memiliki nama daerah. Secara umum, buah kelapa dikenal sebagai coconut. Orang Belanda menyebutnya kokosnoot atau klapper, sedangkan orang Perancis menyebutnya cocotier. Di Indonesia kelapa biasa

disebut krambil atau klapa. Secara morfologi, bagian-bagian tanaman kelapa antara lain: akar, batang, daun, bunga dan buah (NN 2003).

Sabut kelapa tersusun atas unsur organik dan mineral yaitu: pectin dan hemisellulose (merupakan komponen yang larut dalam air), lignin dan sellulose (komponen yang tidak larut dalam air), kalium, kalsium, magnesium, nitrogen serta protein. Perbandingan komponen diatas tergantung dari umur sabut kelapanya. Lignin pada serat sabut kelapa berkisar antara 40% sampai 50%. Serat sabut tergolong relatif pendek, sel seratnya sepanjang kirakira 1 mm dengan diameter 15 micron dan sehelai serat terdiri dari 30 sampai 300 sel atau lebih, dilihat dari penampang lintangnya. Panjang serat sabut berkisar 15 sampai 35 cm dengan diameter 0,1 sampai 1,5 mm. Serat sabut kelapa mempunyai daya apung yang tinggi, tahan terhadap bakteri, air garam dan murah, sedang kelemahannya ialah, tidak dapat digintir dengan baik dan tergolong serat yang kaku.

Serat sabut kelapa secara tradisional hanya dimanfaatkan untuk bahan pembuat sapu, keset, tali dan alat-alat rumah tangga lain. Perkembangan teknologi, sifat fisika-kimia serat, dan kesadaran konsumen untuk kembali ke bahan alami, selanjutnya serat sabut kelapa diproses untuk dijadikan coir fiber sheet yang digunakan untuk lapisan kursi mobil, spring bed, dan lain-lain. Serat sabut kelapa juga dimanfaatkan untuk pengendalian erosi. Serat sabut kelapa bagi negara-negara tetangga penghasil kelapa sudah merupakan komoditi ekspor yang memasok kebutuhan dunia yang berkisar 75,7 ribu ton pada tahun 1990 (BI 2004).

Menurut United Coconut Association of the Philippines (UCAP), dari satu buah kelapa dapat diperoleh rata-rata 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat (Anggoro, P 2009). Sabut kelapa terdiri dari serat dan sekam yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. Setiap butir kelapa mengandung 525 g (75% dari sabut), dan sekam 175 g (25% dari sabut). Serat sabut kelapa memiliki nilai densitas sebesar $1,2 \text{ gr/cm}^3$ (Ulfa 2007). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Okzama (2019) nilai konduktivitas termal serat sabut kelapa yaitu sebesar $3.75 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Serat dari sabut kelapa mempunyai potensi yang baik untuk dijadikan bahan komposit karena sifatnya yang tahan lama, kuat terhadap gesekan dan tidak mudah patah, tidak mudah membusuk, serta tahan terhadap jamur dan hama (Ulfa 2007).

3. TKKS

Salah satu limbah hasil perkebunan kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Tandan adalah tempat buah kelapa sawit menempel, Setelah buah kelapa sawit dipisahkan untuk kemudian diolah maka dihasilkan limbah berupa TKKS. Limbah berupa tandan kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komposit serat karena tandan kelapa sawit banyak mengandung komponen kimia kayu seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Trisyulianti, 1996). Komponen kimia kayu seperti selulosa dapat digunakan sebagai sumber serat alami dalam pembentukan bahan komposit serat. Bagian dari tandan yang banyak mengandung serat atau selulosa adalah bagian pangkal dan ujungnya yang runcing dan keras. Berdasarkan penelitian Kaban (2009) yaitu menentukan konduktivitas termal

tandan kosong sawit dengan polistiren (polystyrene) sebagai heat flux meter didapatkan nilai konduktivitas termal serat TKKS yaitu berkisar 0.076-0.102 W/mK.

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan pabrik/industri pengolahan minyak kelapa sawit dimana dalam proses produksi minyak mentah sawit (CPO) dengan kapasitas 30 ton, akan menghasilkan limbah TKKS sejumlah 28-35 ton (Anggraini dan Roliadi,2011). Sebagai bahan pengisi dalam produk berserat seperti papan komposit (Aulia, 2013). Di Indonesia, tandan kosong kelapa sawit dimanfaatkan sebagai bahan pulp kertas, papan serat dan pengisi volume bahan furniture. Jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Pada tahun 2010 sebesar 21.958.120 ton dan pada tahun 2011 meningkat menjadi 22.508.011 ton (Lusiani, 2015).

Tabel 3. Komposisi TKKS

NO	Komponen	Persentase %
1.	Lignin	31,68
2.	Selulosa	37,36
3.	Hemiselulosa	14,26
4.	Ekstraktif	1,34
5.	Abu	6,69

Sumber: Yanni S, dkk 2012

TKKS umumnya diolah secara tradisional untuk dijadikan pupuk kompos yang akan dimanfaatkan kembali menjadi pupuk pada perkebunan kelapa sawit tersebut. Penelitian ilmiah yang berhubungan dengan limbah tandan kosong kelapa sawit diantaranya ialah pembuatan papan partikel dengan perekat fenol formaldehyde dan bahan baku kertas. Tandan kosong

kelapa sawit juga menghasilkan serat kuat yang biasa digunakan sebagai bahan pengisi dalam produk berserat seperti papan komposit (Yanni S, dkk 2012). Berikut ini adalah sifat fisis dan mekanik tandan kosong kelapa sawit:

Tabel 4. Sifat Fisis dan Mekanik Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sifat	Nilai
Densitas (g/cm^3)	0,7-1,55
Kuat Tarik (MPa)	0,1-0,4
Modulus Young (GPa)	1-9
%Pemanjangan (%)	8-18
Kadar Selulosa (%)	49,6
Kadar Lignin (%)	21,2

Sumber: Jawaid M, dkk 2010

E. Sludge Kertas

Meningkatnya kapasitas produksi industri pulp dan kertas saat ini tentu berdampak pada permasalahan penanganan limbah padat (sludge) yang jumlahnya terbilang besar. Hal ini perlu adanya penanganan khusus limbah padat (sludge) kertas sehingga permasalahan tersebut teratasi.

Sludge kertas merupakan limbah padat sisa dari produksi industri pulp dan kertas yang biasanya berwarna hitam atau abu-abu, dengan komposisi sebesar 90% padatan dan 10% air yang diperoleh dari proses pengendapan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Khusna,2012).



Gambar 5. Sludge kertas
(Sumber: <https://www.google.com/search>)

Sludge memiliki kandungan kimia yang mirip dengan semen, sehingga sludge diharapkan dapat menggantikan fungsi semen dalam pembuatan panel komposit (Feris, 2008). Semen memiliki nilai konduktivitas termal yaitu sebesar $0.29 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ (J.P Holman, 1997: 584).

Limbah pabrik kertas (*sludge*) mempunyai komponen utama (95%) serat organik yang berupa selulosa (Feris, 2008) yang komposisinya hampir sama dengan semen, sehingga sludge dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi untuk pembuatan komposit panel dinding yang diharapkan memiliki sifat fisik yang baik. Sludge terbagi atas 2 jenis yaitu sludge primer yang masih mengandung selulosa dan hemiselulosa dan sludge sekunder yang sudah dipisahkan dengan bagian padatnya. Penambahan sludge kedalam material komposit akan meningkatkan kekuatan mekanis dari komposit tersebut (Soucy, 2014).

F. Pengujian Porositas

Porositas dapat di definisikan sebagai perbandingan antara volume pori-pori terhadap volume total pada papan komposit. Besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada sampel dan

merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan papan komposit. Ada dua jenis porositas yaitu porositas tertutup dan porositas terbuka. Porositas tertutup pada umumnya sulit untuk ditentukan pori tersebut merupakan rongga yang terjebak didalam padatan dan serta tidak ada akses kepermukaan luar, sedangkan porositas terbuka masih ada akses kepermukaan luar walaupun rongga tersebut ada ditengah-tengah padatan. Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka dan dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut dengan SNI 01-44492006.:

$$P = \frac{M_b - M_k}{V_b} \times \rho_{air} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

P : Porositas (%)

M_b : Massa basah sampel setelah direndam (gr)

M_k : Massa kering sampel setelah direndam (gr)

V_b : Volume benda uji (cm^3)

ρ_{air} : Massa jenis air (gr/cm^3)

G. Konduktivitas Termal (K) dan Mekanisme Perpindahan Energi

Menurut J.P Holman (1997) 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 gradient suhu normal

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2)$$

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

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (3)$$

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 (J.P. Holman,1997:2).

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. Panas yang ditransfer dari suatu titik ke titik yang lain melalui salah satu dari tiga metoda yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Bila panas yang di transfer tidak diikuti dengan perpindahan massa dari benda disebut dengan peristiwa konduksi.

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

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (4)$$

Dalam kasus perubahan temperatur sebagai akibat perubahan posisi yang sangat kecil di mana $\Delta x \rightarrow 0$, maka berlaku

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{x} \quad (5)$$

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

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{T_2 - T_1}{h} \quad (6)$$

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

Koefisien konduktivitas termal k didefinisikan sebagai laju panas pada suatu benda dengan suatu gradien temperatur. Nilai konduktivitas termal penting untuk menentukan jenis dari penghantar yaitu konduksi panas baik (*good conductor*) dan penghantar panas yang tidak baik (*good isolator*).

Pada suhu tinggi, perpindahan energi pada bahan isolator berlangsung dalam beberapa cara konduksi melalui bahan berongga atau padat, konduksi melalui udara yang terkurung dalam rongga-rongga dan jika suhu cukup tinggi melalui radiasi (J.P. Holman,1997:10). 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:

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

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:

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

Dimana k adalah konduktivitas termal, h merupakan ketebalan material, A merupakan luas penampang es. ΔT merupakan perbedaan temperatur 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 (Anonim, 1987).

Menurut Hidayat (2000) ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai konduktivitas termal suatu material, yaitu sebagai berikut:

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 penyusunnya 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 menjadi lebih kecil.

Berdasarkan SNI 03-2105-1996 nilai kadar air dihitung dengan rumus:

$$KA = \frac{B_1 - B_2}{B_2} \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

KA = kadar air papan partikel (%)

B₁ = berat awal sampel setelah pengeringan (kg)

B₂ = berat kering sampel (kg)

2. Suhu

Pengaruh suhu terhadap konduktivitas termal sebenarnya kecil, tapi 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.

H. Isolator Panas

Isolator merupakan suatu bahan atau material penghantar panas yang tidak baik. Hal ini dipengaruhi oleh tinggi dan rendahnya nilai dari koefisien konduktivitas termal (k) bahan tersebut. Koefisien konduktivitas termal

didefinisikan sebagai laju panas pada suatu benda dengan suatu gradien temperatur. 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 material mempunyai nilai konduktivitas yang rendah maka material tersebut merupakan bahan isolator

Giancoli (2001) menjelaskan energi termal pada zat padat dihantarkan melalui dua mekanisme:

1. Melalui angkutan elektron bebas, dimana elektron bebas yang bergerak didalam struktur kisi-kisi bahan, disamping dapat mengangkut muatan listrik, dapat pula membawa energi kalor dari daerah yang memiliki suhu lebih tinggi ke daerah bersuhu lebih rendah, elektron ini disebut juga gas elektron.
2. Melalui getaran kisi (phonon), pada mekanisme ini energi berpindah sebagai energi getaran dalam struktur kisi bahan. Getaran kisi-kisi dalam gelombang tetap (standing waves) yang bergerak melalui material dengan kecepatan suara.

Pada bahan-bahan non logam perpindahan kalor hampir seluruhnya dilakukan oleh getaran kisi (phonon). Jadi pengaruh dari kontribusi elektron dapat diabaikan. Hal ini mengakibatkan rendahnya konduktivitas kalor pada bahan isolator. Pada bahan isolator dan material bangunan biasanya merupakan material berpori. 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.

Bahan isolator secara garis besar mempunyai sifat - sifat sebagai berikut:

1. Sifat Kelistrikan
2. Sifat Mekanis
3. Sifat Kimia
4. Sifat Termal

Pada penelitian ini sifat yang akan diteliti adalah sifat termal. Panas yang ditimbulkan dari dalam oleh arus listrik atau oleh arus gaya, magnet, berpengaruh terhadap kekuatan konduktivitas bahan sampel. Demikian panas yang berasal dari luar (alam sekitar).

Adapun bahan yang digolongkan sebagai bahan isolator adalah:

1. Bahan tambang (batu pualam, asbes, mika, dan sebagainya)
2. Bahan berserat (benang kain, kertas, prespon, kayu, dan sebagainya)
3. Gelas dan keramik
4. Plastik
5. Karet, bakelit, ebonit, dan sebagainya

I. Kalor dan Azas Black

1. Kalor

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 (Hermanto,1989).

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 (Hough D,2001)

$$Q = mc\Delta T \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

- Q = besar kalor yang diserap/dilepas (J)
- m = massa benda (kg)
- c = kalor jenis benda (J/kg°C)
- ΔT = perubahan suhu (°C)

Satuan dari kuantitas panas dapat didefinisikan berdasarkan perubahan suhu pada bahan tertentu. Kalori (disingkat kal) didefinisikan sebagai jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu gram air dari 14,5°C menjadi 15,5 °C kilo kalori (kkal). Karena panas adalah energi yang berpindah, maka harus ada hubungan pasti antara satuan kuantitas panas dan satuan energi mekanik, misalnya joule, seperti terlihat dibawah ini:

$$1 \text{ kal} = 4,186 \text{ J}$$

$$1 \text{ kkal} = 1000 \text{ kal} = 4186 \text{ J}$$

Dalam satuan SI satuan kalor adalah Joule (J) (Hough D,2001)

b. Azas black

Azas black menjelaskan kekekalan energi kalor. Bunyi Azas Black yaitu, "Banyaknya kalor yang dilepas sama dengan banyaknya kalor yang diterima".

Secara matematis dapat dirumuskan

$$\Sigma Q \text{ lepas} = \Sigma Q \text{ terima}$$

Dengan menggunakan persamaan diatas, maka azas black dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$m_2 c_2 t_2 = m_1 c_1 t_1 \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan:

m_2 = masa materi yang suhunya lebih tinggi (kg)

c_2 =kalor jenis materi yang suhunya lebih tinggi (J/kg°C)

m_1 = masa materi yang suhunya lebih rendah (kg)

c_1 = kalor jenis materi yang suhunya lebih rendah (J/kg°C)

t_1 =suhu yang lebih rendah (°C)

t_2 =suhu yang lebih tinggi (°C)

J. Pengaruh Variasi Jenis Serat Pada Papan Komposit Terhadap Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal pada papan komposit dipengaruhi oleh kepadatan material, apabila pori-pori bahan semakin banyak maka konduktivitas termalnya makin kecil. perbedaan konduktivitas termal dengan kepadatan yang sama, akan tergantung pada perbedaan struktur yang meliputi ukuran, distribusi, hubungan pori-pori lubang (Hidayat,2000).

Material berpori dapat mengandung gas atau cairan didalam 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 (Arbintarso, 2008).

Konduktivitas termal pada papan komposit juga dipengaruhi oleh bahan penyusunnya. Suatu bahan yang mengandung silika dapat bertindak sebagai penghambat hantaran panas karena silika memiliki bahan keramik yang bersifat isolator (Wibowo, 2008). Penelitian Hadi (2018) , menyatakan bahwa material penyusun komposit (matriks dan penguat) mempengaruhi nilai konduktivitas termal , material penguat komposit yang bersifat isolator akan menyebabkan nilai konduktivitas termal komposit menjadi menurun.

Serat selulosa yang kuat dan mempunyai sifat termal yang baik akan menghasilkan komposit yang baik pula karena tidak terpengaruh oleh faktor luar seperti suhu dan kelembaban. Pemilihan sifat fisika/mekanika dan sifat termal perlu dilakukan untuk mendapatkan komposit yang paling optimal (Mulyawan dkk, 2015)

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 $0,1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ (Wibowo,2008).

K. Standwith Insulating Pad dan Generator Uap

Standwith Insulating Pad merupakan alat yang digunakan untuk mengukur konduktivitas termal suatu bahan sampel padat. Perangkat alat yang dibuat dari PASCO Scientific Comapani ini Tipenya adalah Model TD-8561 dan dilengkapi dengan generator uap Termal (*Thermal Conductivity Apparatus*).



Gambar 6. Standwith Insulating Pad Model TD-8561
(Sumber: <https://www.google.com/search>)

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 konstantanya 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).

Karena itu konduktivitas termal dari suatu material dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$K = \frac{M_{es} \times K_{lebur} \times h}{A \times \Delta T \times \Delta t} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana: M_{es} = Massa Es (gram)
 K_{lebur} = Kalor Lebur (Dalam system CGS kalor lebur es adalah 80 kal/gram)

$$K = \frac{(R_0)(80 \text{ kal/gr})(h)}{(A)(\Delta T)} \dots\dots\dots (13)$$

Untuk menghitung nilai konduktivitas termal dari setiap material sampel yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini menggunakan persamaan:

$$k = \frac{(R_0) (L+c \Delta t)(h)}{(A)(\Delta T)} \dots\dots\dots (14)$$

dimana: k = konduktivitas termal
 R_0 = laju pada es yang melebur
 L =kalor lebur (kalor lebur es adalah 80 kal/gr)
 C = kalor jenis air (1 kal/g°C)
 Δt = Perbedaan suhu ($T_{air \text{ mencair}} - T_{balok \text{ es}}$)
 h = ketebalan sampel
 A = luas permukaan sampel
 ΔT = Perbedaan suhu

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa jenis serat berpengaruh terhadap sifat termal dari panel komposit. Baik pada pengujian konduktivitas termal maupun pengujian porositas bahan. Jika porositas panel komposit meningkat maka nilai konduktivitas termal makin rendah. Berdasarkan jenis serat yang digunakan terlihat bahwa serat ampas tebu memiliki nilai porositas tertinggi yaitu sebesar 4.72% dan nilai konduktivitas termalnya sebesar 0.1036 W/m°C. Hal ini disebabkan material penguat komposit (serat ampas tebu) yang bersifat isolator akan menyebabkan nilai konduktivitas termal komposit menjadi menurun. Jenis serat yang baik dijadikan sebagai bahan isolator pada panel komposit adalah serat ampas tebu.

B. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan wajan yang anti lengket, agar komposisi bahan yang dimasukkan sebelum dan setelah dimasak tidak jauh berbeda.
2. Sebaiknya dibuat sampel komposit menggunakan serat ampas tebu, sabut kelapa dan tandan kosong kelapa sawit dengan potongan yang lebih kecil dan dengan resin yang sama agar sampel lebih kuat. (sampel dibuat dengan variasi ukuran serat yaitu serat dengan kategori serat halus / dibuat

serbuk, serat dengan wujud serat panjang / kasar. Maksudnya serat dengan kategori serat halus, serat yang sedang, dan serat yang kasar).

3. Penelitian selanjutnya diharapkan bisa melakukan pengujian menggunakan alat konduktivitas termal lainnya seperti *Thermal Measuring Apparatus*. Agar hasil pengukuran yang sudah didapat bisa didukung menggunakan metode lain. Kemudian juga diharapkan bisa dipertimbangkan untuk pengaplikasiannya di dunia nyata.