

**PENGARUH TEBAL SKIN DAN CORE TERHADAP KEKUATAN BENDING
KOMPOSIT SANDWICH SERAT RAMI - POLYESTER DENGAN CORE SEKAM
PADI - UREA FORMALDEHYDE**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



**Disusun Oleh :
AHMAD TRI PUTRO NUGROHO
I 1405010**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2011**

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PENUGASAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
 BAB I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
 BAB II. DASAR TEORI	 4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Dasar Teori	6
2.2.1 Tinjauan Komponen Penyusun Komposit.....	6
2.2.2 Pengertian Komposit Sandwich	9
2.2.3 Proses Pembuatan Komposit	13
2.2.4 Kajian Teori Pengujian <i>bending</i>	15
 BAB III. METODE PENELITIAN	 21
3.1. Tempat Penelitian	21
3.2. Bahan Penelitian	21
3.3. Alat Penelitian	22
3.4. Pelaksanaan Penelitian	25
3.4.1. Pengolahan Bahan Dasar	25
3.5. Pembuatan Spesimen Uji Bending	28
3.5.1. Manufaktur core	28
3.5.2. Manufaktur Sandwich	28
3.6. Pembuatan Spesimen Uji Bending	38
3.6.1. Variasi Penelitian	38
3.7. Pengujian Bending	39
3.8. Diagram Alir	40

commit to user

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1. Pengaruh Tebal Skin Terhadap Kekuatan <i>bending</i>	42
4.2. Pengaruh Tebal Core Terhadap Kekuatan <i>bending</i>	44
4.3. Pengaruh Tebal Skin Terhadap Densitas Komposit Sandwich	45
4.4. Pengaruh Tebal Core Terhadap Densitas Komposit Sandwich	46
4.5. Foto Makro Kegagalan Uji Bending	47
 BAB V. PENUTUP.....	53
5.1. Kesimpulan.....	53
5.2. Saran	53
 DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	57



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Sifat Mekanis serat alam.....	11
Tabel 3.1. Bahan penyusun komposit sandwich	18
Tabel 3.2. Jumlah spesimen bending variasi tebal skin	29
Tabel 3.3. Jumlah spesimen bending variasi tebal core.	30
Tabel 4.1. Kekuatan <i>bending</i> komposit <i>sandwich</i> variasi tebal skin.	33
Tabel 4.2. Kekuatan <i>bending</i> komposit <i>sandwich</i> variasi tebal core.	35
Tabel 4.3. Densitas komposit sandwich variasi tebal skin.....	36
Tabel 4.4. Densitas komposit sandwich variasi tebal core.....	37

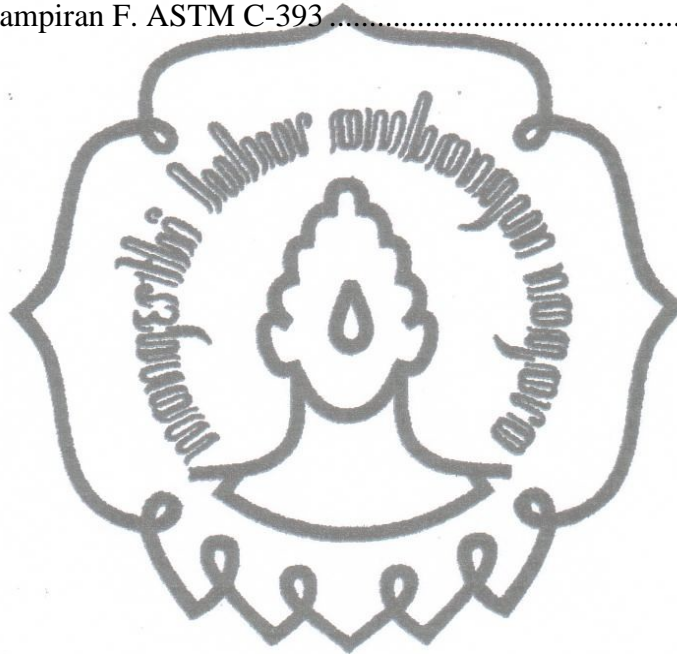


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. <i>Flexural strengths of ramie fiber</i>	4
Gambar 2.2. <i>Effect variation of skin thickness</i>	5
Gambar 2.3. Tipe serat pada komposit.....	7
Gambar 2.4. Komposit sandwich	8
Gambar 2.5. Reaksi kimia pembentukan polyester.....	11
Gambar 2.6. Proses <i>hand lay-up</i>	12
Gambar 2.7. Pengujian four point bending	14
Gambar 3.1. Bahan penyusun komposit.....	19
Gambar 3.2. Dongkrak hidrolik	19
Gambar 3.3. Timbangan digital	20
Gambar 3.4. <i>Oven elektrik</i>	20
Gambar 3.5. Alat cetak komposit.....	21
Gambar 3.6. Kompresor	21
Gambar 3.7. Tabung homogenitas	21
Gambar 3.8. Alat uji bending	22
Gambar 3.9. Pencucian serat rami.....	23
Gambar 3.10. Perlakuan alkali serat.....	23
Gambar 3.11. Pelurusan serat rami	24
Gambar 3.12. Mekanisme pencampuran sekam padi.....	25
Gambar 3.13. Grafik Pencetakan core dan post cure	26
Gambar 3.14. Alur proses pembuatan komposit sandwich.....	27
Gambar 3.15. Mekanisme pencetakan komposit	27
Gambar 3.16. Pencetakan sandwich dan post cure sandwich	28
Gambar 3.18. Alur pembuatan spesimen uji bending	29
Gambar 3.19. Diagram alir penelitian	32
Gambar 4.1. Grafik momen dan <i>facing bending stress</i> variasi skin	44
Gambar 4.2. Grafik defleksi komposit sandwich variasi skin.....	45
Gambar 4.3. Grafik momen dan <i>facing bending stress</i> variasi core	46
Gambar 4.4. Grafik defleksi komposit sandwich variasi core	47
Gambar 4.5. Grafik densitas komposit sandwich variasi skin	48
Gambar 4.6. Grafik densitas komposit sandwich variasi core	49
Gambar 4.7. Foto makro kegagalan bending variasi skin	50
Gambar 4.8. Foto makro kegagalan bending variasi skin	51
Gambar 4.9. Foto makro kegagalan bending variasi core	52
Gambar 4.10. Foto makro kegagalan bending variasi core	53

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Perhitungan kekuatan <i>bending</i> variasi tebal skin	48
Lampiran B. Perhitungan kekuatan <i>bending</i> variasi tebal core	49
Lampiran C. Data pengujian densitas variasi tebal skin	50
Lampiran D. Data pengujian densitas variasi tebal core.....	51
Lampiran E. Perhitungan bahan komposit sandwich.....	52
Lampiran Lampiran F. ASTM C-393	53



**PENGARUH TEBAL SKIN DAN CORE TERHADAP KEKUATAN
BENDING KOMPOSIT SANDWICH SERAT RAMI – POLYESTER
DENGAN CORE SEKAM PADI – UREA FORMALDEHYDE**

Ahmad Tri Putro Nugroho

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

INTISARI

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh tebal *skin* dan *core* terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich* serat rami – *polyester* dengan *core* sekam padi – *urea formaldehyde* serta menyelidiki penampang patahan dari kegagalan komposit *sandwich*.

Bahan yang digunakan adalah serat rami, sekam padi, resin *unsaturated polyester* 157 BQTN EX. Serat rami direndam dalam larutan alkali (5% NaOH) selama 2 jam. Komposit *sandwich* dibuat dengan metode cetak tekan terkontrol. Pada pembuatan komposit *sandwich* variabel yang digunakan adalah tebal *skin* 1,2,3,4,& 5 mm dengan tebal *core* 10 mm dan variasi tebal *core* 5,10,15,& 20 mm dengan tebal *skin* 2 mm. Pengujian *bending* mengacu pada standart ASTM C393.

Hasil penelitian menunjukkan *facing bending stress* komposit *sandwich* mengalami penurunan seiring dengan peningkatan tebal *skin* dan tebal *core*. Pola kegagalan yang terjadi adalah gagal *core*, delaminasi, dan cacat rongga, kegagalan *skin* (*debonding*) akibat beban tarik dan kegagalan *fiber pull out*.

Kata kunci : *tebal skin dan core, bending.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kurun lima tahun, data statistik Indonesia menunjukkan adanya hasil produksi padi yang mencapai 51,4 juta ton gabah kering giling. Besarnya produksi padi tersebut juga akan menghasilkan limbah sekam yang melimpah sebagaimana data pada tahun 2007 menyebutkan jumlah sekam padi yang ada di Indonesia berkisar sebesar 10,28 juta ton. Selama ini limbah sekam tersebut digunakan untuk pembakaran batu bata dan abunya digunakan untuk abu gosok. Dengan mengoptimalkan keunggulan sifatnya, limbah sekam tersebut dapat mempunyai kegunaan yang tinggi, seperti untuk pembuatan panel komposit (Herina, 2005).

Pada saat ini limbah sekam padi yang ada kebanyakan hanya dimanfaatkan oleh para pembuat batu bata sebagai bahan bakar yang didapatkan secara gratis dan walaupun harus membayar sekam padi tersebut dibeli dengan harga yang sangat murah yaitu Rp 15/kg – Rp 50 Rp/kg (Rahmarestia,2006). Pada penggilingan padi besar, sekam padi belum bisa dimanfaatkan secara maksimal dan pengusaha penggilingan mengalami kesulitan dalam pemusnahannya. Pemanfaatan limbah sekam padi masih berpeluang untuk direkayasa menjadi produk *core* untuk panel komposit *sandwich* dengan menambahkan perekat yang murah.

Dewasa ini, pengembangan serat alam sebagai alternatif pengganti penguat serat gelas pada material komposit polimer menunjukkan peningkatan akibat tuntutan terhadap masalah lingkungan. Inovasi pengembangan serat alam untuk aplikasi di bidang otomotif tidak hanya terbatas pada komponen interior tetapi juga pada bagian eksterior kendaraan (Peijs, 2002).

Berbagai jenis tanaman serat tumbuh subur di Indonesia. Besarnya produksi beberapa serat alam dunia adalah : rami 100.000 ton/tahun, kenaf 970.000 ton/tahun, rosella 250.000 ton/tahun, dan abaca 70.000 ton/tahun (Eichhorn, 2001).

commit to user

Serat alam memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat gelas, diantaranya : Memiliki kekuatan spesifik yang sesuai, murah, densitas rendah, ketangguhan tinggi, sifat termal yang baik, mengurangi keausan alat, mudah dipisahkan, meningkatkan *energy recovery*, dan dapat terbiodegradasi (Karnani dkk, 1997).

Serat rami (*Boehmeria Nivea*) merupakan salah satu jenis serat alam yang tumbuh dan berlimpah jumlahnya di Indonesia, seperti di Pondok Pesantren Darussalam Garut Jawa Barat. Hingga kini, tanaman rami ini dikonsentrasikan untuk produksi tekstil. Pengembangan dan pemanfaatan rami tersebut dapat ditingkatkan untuk kepentingan teknologi, seperti pembuatan panel komposit yang lebih ramah lingkungan untuk komponen panel interior dan panel rumah hunian.

Marsyahyo, dkk (2005) membandingkan kekuatan tarik komposit polimer *epoxy* dan *polyester* dengan penguatan serat alam dari beberapa tanaman tropis tanpa mengalami perlakuan (*green fibers*) dengan hasil bahwa serat ramie memiliki penguatan relatif paling tinggi dibandingkan serat alam daun nanas, pelepah pisang, kenaf, bambu, serbuk tempurung kelapa dan agel (*agave*).

Oleh karena itu penulis tertarik untuk membuat komposit *sandwich* dengan bahan serat rami dan sekam padi untuk meneliti kekuatan *bending* sebagai lanjutan dari penelitian sebelumnya, sehingga penulis mengambil judul skripsi “Pengaruh Tebal *Skin* dan *Core* Terhadap Kekuatan *Bending* Komposit *Sandwich* Serat Rami-*Polyester* dengan *Core* Sekam Padi-*Urea Formaldehyde*.”

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana pengaruh variasi tebal skin (1,2,3,4, & 5 mm) dan tebal core (5,10,15, & 20 mm) terhadap kekuatan *bending* panel komposit *sandwich* serat rami dengan *core* sekam padi.

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Properties serat rami dianggap homogen.

- b. Distribusi serat pada komposit dianggap seragam.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menyelidiki :

1. Pengaruh tebal *skin* terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich*.
2. Pengaruh tebal *core* terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich*.
3. Penampang patahan dari kegagalan komposit *sandwich*.

Hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

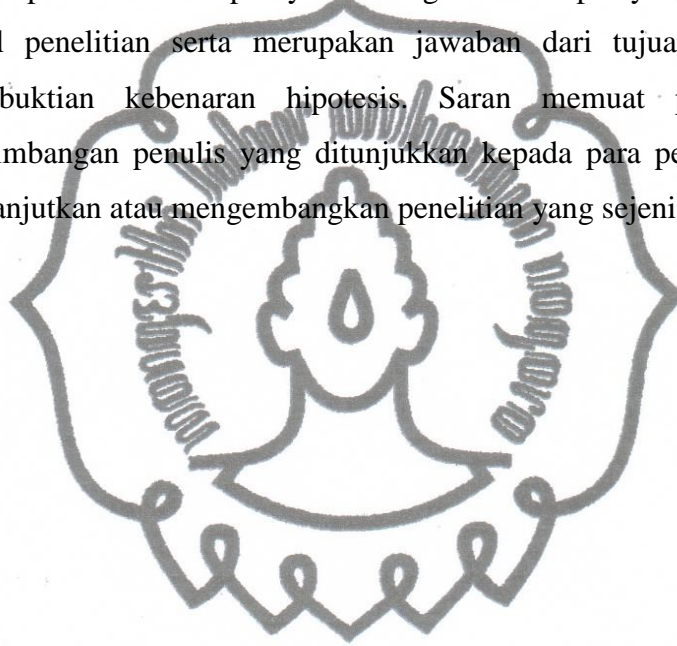
1. Memberikan informasi mengenai kekuatan *bending* komposit *sandwich* berpenguat serat rami-*polyester* dengan core sekam padi pada variasi tebal *skin* dan *core*.
2. Memberikan kontribusi positif dan memperkaya inovasi bagi ilmu pengetahuan dan teknologi terhadap pemanfaatan serat rami untuk aplikasi industri.
3. Hasil riset ini diharapkan dapat menjadi awal perkembangan dan referensi riset *bending mechanics* pada komposit *sandwich* berpenguat serat rami-*polyester* dengan core sekam padi yang selama ini belum berkembang.
4. Menambah nilai jual serat rami dan sekam padi.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan tugas akhir.
2. Bab II Dasar teori, berisi tinjauan pustaka serta kajian teoritis yang memuat penelitian-penelitian sejenis serta landasan teori yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti.

3. Bab III Metodologi penelitian, menjelaskan peralatan yang digunakan tempat dan pelaksanaan penelitian, langkah-langkah percobaan dan pengambilan data.
4. Bab IV Data dan analisa, menjelaskan data hasil pengujian, perhitungan data hasil pengujian serta analisa hasil dari perhitungan.
5. Bab V Kesimpulan dan Penutup, berisi tentang kesimpulan dan saran. Kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian serta merupakan jawaban dari tujuan penelitian dan pembuktian kebenaran hipotesis. Saran memuat pengalaman dan pertimbangan penulis yang ditunjukkan kepada para peneliti yang ingin melanjutkan atau mengembangkan penelitian yang sejenis.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Hasil penelitian awal yang dilakukan oleh Marsyahyo dkk, (2005) menunjukkan bahwa diameter serat rami (jenis rami Cina super) dari Garut adalah sekitar 0.034 mm. Menurut Mueller dan Krobjilobsky (2003), massa jenis serat rami adalah $1.5 - 1.6 \text{ gr/cm}^3$ dan kekuatan tarik serat rami berkisar 400 – 1050 MPa. Modulus elastisitas dan regangannya adalah sekitar 61.5 GPa dan 3.6%. Umumnya, serat rami memiliki diameter sekitar 0.04 – 0.08 mm.

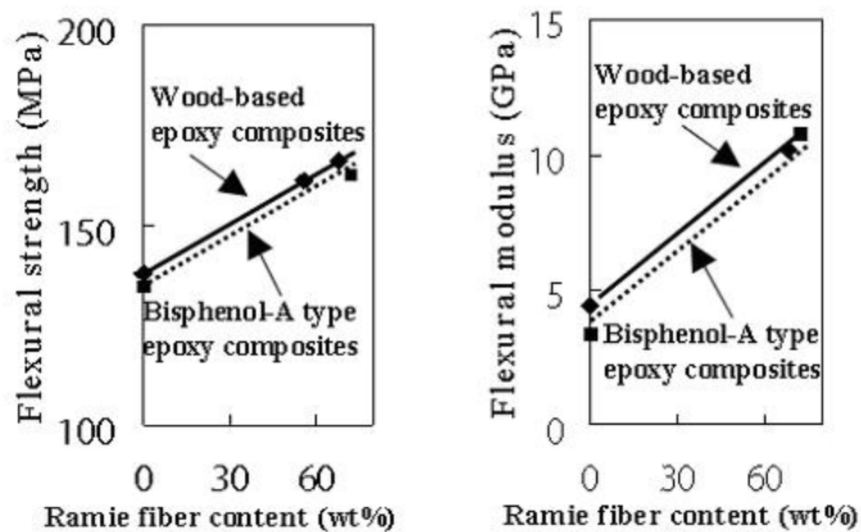
Komposit yang diperkuat serat rami dengan perlakuan 5 % NaOH selama 2 jam memiliki kekuatan tarik dan regangan terbesar, yaitu 190,27 Mpa & 0,44 %. Dan Komposit dengan penguat serat rami tanpa perlakuan NaOH dan matrik polyester (UPRs) dengan variasi fraksi volume serat memiliki kekuatan tarik tertinggi (29,54 Mpa) pada fraksi volume serat 39,68 % (Diharjo, 2006).

Begitu pula Sydenstricker, 2002 mengemukakan bahwa berdasarkan pengamatan melalui SEM (*Scanning Electron Microscope*) terlihat adanya modifikasi kimia pada serat sisal cenderung mengurangi zat – zat permukaannya, sehingga dapat meningkatkan sifat mampu dibasahi. Komposit yang diperkuat serat sisal dengan perendaman pada larutan 2 % NaOH menunjukkan kekuatan ikatan serat dan matrik yang terkuat dan cenderung konstan pada perlakuan 2 % - 5 %. Perlakuan 0,25 %, 0,5 % NaOH tidak menunjukkan pengaruh yang berarti pada kemampuan serat untuk dibuat komposit.

Pengujian *bending* pada komposit *sandwich* dengan masing-masing variasi tebal *core* ada 4 spesimen, maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan *Bending* komposit *Sandwich* dengan *core* spon semakin menurun seiring dengan penambahan tebal *core* spon, pada tebal *core* 2 mm kekuatan *Bending* rata-ratanya adalah 38,08 MPa, sedangkan pada komposit *Sandwich* dengan tebal *core* 9 mm kekuatan *Bending* rata-ratanya adalah 2,28 MPa, lebih rendah 94,01 % (Harbrian, 2007).

commit to user

Penelitian yang telah dilakukan oleh Hajime Kishi dan Akira Fujita (2008) yang didapatkan hasil pada *wood-based epoxy resin* dan serat rami yang dibandingkan dengan *bisphenol-A type epoxy composites* memiliki harga flexural strength dan modulus elastisitas yang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi *volume* serat rami (Kishi dan fujita, 2008).

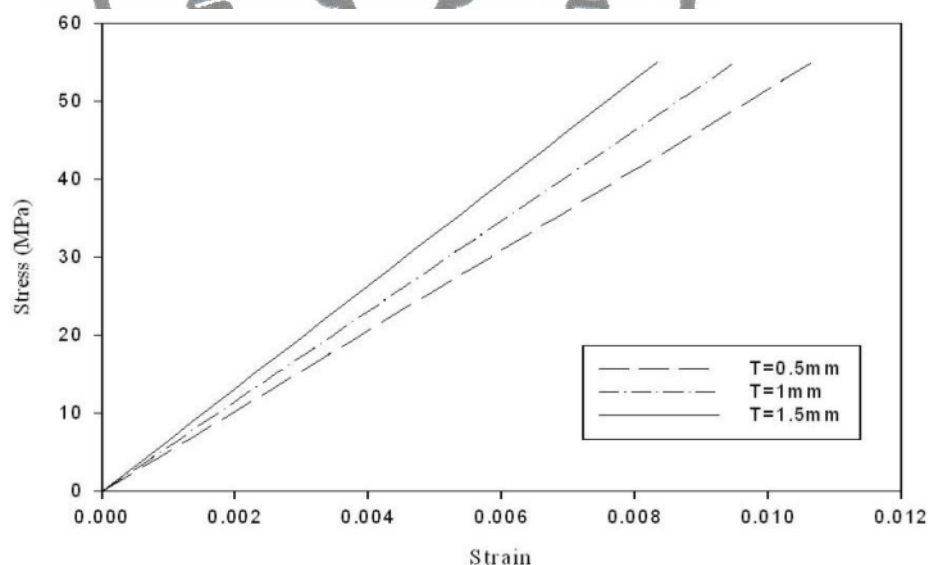


Gambar 2.1. *Flexural strengths and moduli of the biomass composites made from the resorcinol liquefied woodbased epoxy resin and ramie fibers, compared with bisphenol-A type epoxy composites* (Kishi dan fujita, 2008).

Diharjo, dkk. (2009) melakukan penelitian tentang komposit *sandwich* dengan *core* serbuk gergaji kayu sengon laut dan *skin* serat aren, pembuatan komposit dengan metode cetak tekan hidrolis pada fraksi *volume* serat komposit *skin* 30%. Optimasi yang dilakukan dengan memvariasi tebal *skin* (1, 2, 3, 4, dan 5 mm) untuk tebal *core* SG KSL 10 mm dan memvariasi tebal *core* (5, 10, 15, dan 20 mm) untuk tebal *skin* 2 mm. Energi patah dan ketangguhan impak komposit *sandwich* dengan variasi tebal *core* memiliki nilai yang optimum pada ketebalan *core* 10 mm dengan nilai energi patah (1,655 J) dan ketangguhan impak (0,0069 J/mm²).

Chand dan Jhod (2009) melakukan penelitian mengenai sifat mekanik komposit serbuk sekam padi dengan matrik PVC. Komposit di uji tarik dengan variasi fraksi berat serbuk sekam padi 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% hasilnya adalah didapat kekuatan tarik tiap variasi yaitu 33,9 MPa, 19,4 MPa, 18,1 MPa, 14,6 MPa dan 9,5 MPa. Kekuatan tarik menurun seiring dengan bertambahnya fraksi berat serbuk sekam padi.

Muthyala (2008) meneliti tentang efek ketebalan skin terhadap kekakuan komposit sandwich E-Glass Fiber-epoxy resin dengan core spon. Dalam penelitian ini ketebalan kulit bervariasi dari 0.5mm ke 1.5mm untuk kelompok 3 dan 4 dan efeknya pada perpindahan tekan sampel sampai pada beban 71500 N. Hasilnya kekakuan keseluruhan meningkat dengan peningkatan ketebalan kulit seperti yang ditunjukkan pada grafik dibawah.



Gambar 2.2. Effect of variation of skin thickness on the Stress-Strain curve of Group 4 specimens.

2.2 Klasifikasi Material dan Pembentuk Komposit

Menurut Kaw (1997), Komposit adalah struktur material yang terjadi dari dua kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisika. Unsur pembentuk komposit disebut penguat (serat atau

partikel) dan pengisi (matrik). Matrik bertugas mengikat serat agar tetap pada posisinya dan menjaga serat dari pengaruh lingkungan luar.

2.2.1 Serat

Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak dipakai. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber* atau *whisker*). Dalam penelitian ini diambil bahan komposit serat (*fiber composite*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat (Hadi, 2000).

Serat alam yang digunakan sebagai penguat komposit mempunyai bagian struktur yang beragam. Bagian struktur tersebut diantaranya selulosa, hemiselulosa, lignin, ditambah bahan – bahan lain (Rowell, dkk. 2000).

Selulosa adalah komponen dasar pembentuk struktur serat tumbuhan. Molekul selulosa tersusun dari glukosa yang terhubung membentuk rantai yang panjang dan terhubung satu sama lain dan membentuk ikatan yang disebut mikrofibril. Bentuk dan bangunan sel tumbuhan sangat ditentukan oleh komposisi dari rangkaian selulosa ini (Sargiono, 2004)

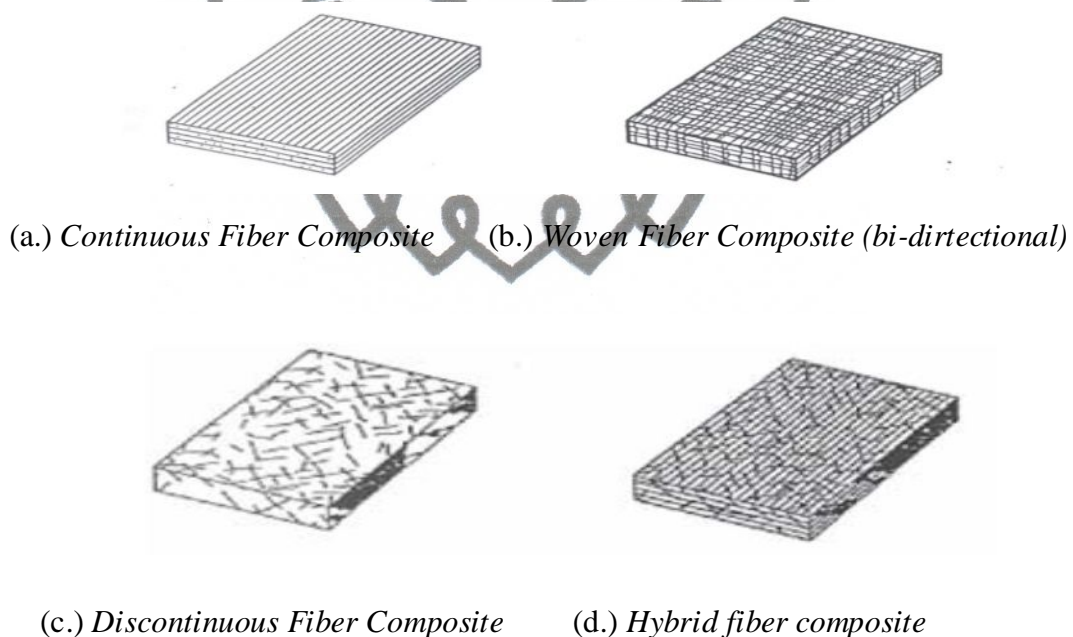
Hemiselulosa adalah rangkaian *polysacharida* yang terikat satu sama lain yang membentuk rantai dan ikatan yang relatif pendek dan berperan sebagai penghubung antara selulosa dengan matriknya dalam struktur serat tumbuhan (Sargiono, 2004)

Lignin adalah komponen yang berfungsi sebagai pengikat antar serat, dan memberikan kekakuan pada batang tumbuhan. Lignin merupakan unsur kompleks yang tersusun dari zat – zat yang heterogen yang memberikan kekakuan pada dinding sel tumbuhan. Rumus molekul yang tepat untuk unsur lignin ini sampai sekarang belum diketahui dengan pasti, namun demikian sebagian kelompok dan unit fungsional yang membentuk molekul ini sudah diketahui, yaitu merupakan material phenolic polymeric yang tersusun dari p – *hydrocycinnamyl alcohol*, dan

sinapyl alcohol (Zaki, 2004). Pada sel tumbuhan yang sudah cukup dewasa, lignin ini mengisi daerah *middle lamella* dan berperan sebagai pengikat antar serat.

Komponen – komponen lain penyusun serat tumbuhan adalah bahan pentosan, protein, anorganik, dan bahan – bahan ekstraktif. Bahan – bahan ekstraktif yang terkandung dalam serat tumbuhan antara lain lemak, asam lemak, alcohol, phenol, terpentin, steroid, lilin, dan lain – lain. Masing – masing serat tumbuhan memiliki kandungan dalam serat yang berlainan satu sama lain tergantung jenis tanaman, usia, kondisi lingkungan, letak serat, dan lain – lain. (Sargiono, 2004).

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu:



Gambar 2.3. Tipe serat pada komposit (Gibson, 1994)

2.2.2 Matrik

Matriks (resin) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Matriks harus bisa meneruskan

beban dari luar ke serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan yang lunak dan liat. Polimer (plastik) merupakan bahan umum yang biasa digunakan. Matriks juga umumnya dipilih dari kemampuannya menahan panas. *Polyester*, *vinilester* dan epoksi adalah bahan-bahan polimer yang sejak dahulu telah dipakai sebagai bahan matriks.

Persyaratan di bawah ini perlu dipenuhi sebagai bahan matriks untuk pencetakan bahan komposit :

- Resin yang dipakai perlu memiliki viskositas rendah, dapat sesuai dengan bahan penguat dan *permeable*.
- Dapat diukur pada temperatur kamar dalam waktu yang optimal.
- Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan.
- Memiliki kelengketan yang baik dengan bahan penguat.
- Mempunyai sifat baik dari bahan yang diawetkan.

Tidak ada bahan yang dapat memenuhi semua persyaratan di atas tetapi pada saat ini paling banyak dipakai adalah *polyester* tak jenuh (Surdia, 2000).

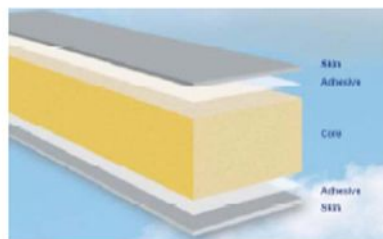
2.2.3 Ikatan serat dan matrik

Material komposit merupakan gabungan dari unsur-unsur yang berbeda. Hal itu menyebabkan munculnya daerah perbatasan antara serat dan matrik seperti ditampilkan pada Gambar 2.3. Daerah pencampuran antara serat dan matriks disebut dengan daerah *interphase (bonding agent)*, sedang batas pencampuran antara serat dan matrik disebut *interface*. Ikatan antarmuka (*interface bonding*) yang optimal antara matrik dan serat merupakan aspek yang penting dalam penunjukan sifat-sifat mekanik komposit. Transfer beban/tegangan diantara dua fase yang berbeda ditentukan oleh derajat adhesi. (George, dkk, 1995) mengungkapkan bahwa adhesi yang kuat diantara permukaan antara matrik dan serat diperlukan untuk efektifnya perpindahan dan distribusi beban melalui ikatan permukaan.

2.3 Pengertian Komposit Sandwich

Komposit *sandwich* merupakan komposit yang tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari *flat composite* dan atau *metal sheet* sebagai *skin* serta *core* di

bagian tengahnya. Komposit *sandwich* dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Sehingga untuk mendapatkan karakteristik tersebut, pada bagian tengah diantara kedua *skin* dipasang *core*. Komposit *sandwich* merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk menahan beban lentur, impak, meredam getaran dan suara. Komposit *sandwich* dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Biasanya pemilihan bahan untuk komposit *sandwich*, syaratnya adalah ringan, tahan panas dan korosi, serta harga juga dipertimbangkan (Harbian 2007).



Gambar 2.4. Komposit *Sandwich* (DIAB *Sandwich* Concept)

Menurut Hedlund (2008), keuntungan utama dari material komposit konstruksi *sandwich*, dibandingkan dengan material lainnya adalah sebagai berikut:

- a. Mempunyai berat ringan.
- b. Kekuatan dan kekakuannya tinggi.
- c. Mempunyai ketahanan korosi yang baik.
- d. Insulasi listrik.
- e. Dapat meredam getaran dan suara dengan baik.
- f. Lebih mudah dirancang dalam bentuk yang kompleks.
- g. Pemeliharaan yang cukup mudah.

2.3.1 Bagian-bagian dari komposit *sandwich*

a. *Core*

Salah satu bagian terpenting dari *sandwich* adalah *core*, dimana bagian ini harus cukup kaku agar jarak antar permukaan terjaga. Dengan kekakuannya *core* harus mampu menahan geseran agar tidak terjadi *slide* antar permukaan.

Bahan dengan tingkat kekakuan yang rendah tidak baik untuk *core*, karena kekakuan pada *sandwich* akan berkurang atau hilang. Tidak hanya kuat dan mempunyai densitas rendah, *core* biasanya mempunyai syarat lain, seperti tingkat kadar air, *buckling*, umur panjang (*age resistance*), dan lain sebagainya (Hartomo 2009).

Inti atau *core* dibagi menjadi empat kelompok yaitu kayu, lembaran bergelombang, *honeycomb* dan *foam core* (Shipsa 2001).

- **Sekam padi**

Sekam padi adalah bagian terluar dari butir padi yang merupakan hasil sampingan saat proses penggilingan padi dilakukan. Sekitar 20% dari bobot padi adalah sekam padi (Hara, 1986). Sekam padi mempunyai beberapa keunggulan seperti kemampuan menahan kelembapan, tidak mudah berjamur, & tidak berbau. Sekam padi memiliki diameter 5-15 μm , massa jenis 1,24 gram/cm³, dan memiliki *Ultimate tensile stress* sebesar 100 (Mpa) (Syafiisab, 2010).

- b. Skin**

Bagian ini berfungsi untuk menahan *tensile* dan *compressive stress*. *Skin* biasanya mempunyai *rigidity* atau tingkat kekakuan yang rendah. Material-material konvensional seperti aluminium, baja, juga *stainless steel* bisa digunakan untuk bagian ini. Material-material berbentuk plastik yang diperkuat dengan serat gelas dan *fiber* menjadi pilihan yang baik karena bahan-bahan ini memiliki keunggulan seperti mudah untuk digabungkan, desain dapat dirancang sesuai kebutuhan (*freedom of design*), serta bentuk permukaan yang baik (Lukasen 2007).

- **Serat Rami**

Tanaman rami sudah dikenal manusia sejak kira-kira 2000 tahun Sebelum Masehi. Rami diduga berasal dari Negeri Cina bagian tengah dan barat (Vavilov, 1951), dan sampai sekarangpun rami berkembang sangat baik di negeri tirai bambu tersebut. Tanaman rami pertama kali ditemukan oleh seorang peneliti

botani dari Negeri Belanda yang bernama George E. Rumphius pada tahun 1660 di daerah India Timur dan diberi nama *Ramium majus*.

Kemudian pada tahun 1737 tanaman tersebut dideskripsi dalam *Hortus Cliffortianus* oleh Carl von Linné (Linnaeus) menjadi *Boehmeria nivea*. Tanaman rami pertama kali diintroduksi ke Negeri Belanda tahun 1733, Rami mulai ditanam di Indonesia sejak tahun 1937, yang mencakup wilayah pertanian di Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sumatra Utara, dan Sulawesi (Anonim, 1986).

Serat rami tergolong dalam serat panjang, kuat, dan baik untuk bahan baku tekstil karena memiliki struktur yang mirip dengan serat kapas (Berger, 1969; Buxton dan Greenhalgh, 1989) seperti yang terdapat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Sifat Mekanis Serat Alam (Muller dan Krobjilowski, 2003)

Fiber	Properties					
	Tensile Strength (Mpa)	Young's Modulus (Gpa)	Elongation (%)	Density (gr/cm ³)	Diameter (µm)	Length (mm)
Ramie bast	1050	61,5	3,6 – 3,8	1,5 – 1,6	40 – 80	60 – 26
Kenaf bast	930	53	1,6	1,4	200	2 – 6
Coco shell	175	4 – 6	25	1,2	100 – 400	-
Sisal leaf	835	9,4 – 22	2 – 4	1,16- 1,5	50 – 200	1 – 5
Banana bast	540	-	3	1,3	50 – 250	-
Pineapple leaf	740	-	2,4	-	-	-
E- Glass	1800	69 – 73	2 – 3	2,5	5 – 25	-

- **Matriks / Resin *Unsaturated Polyester Resin* (UPR)**

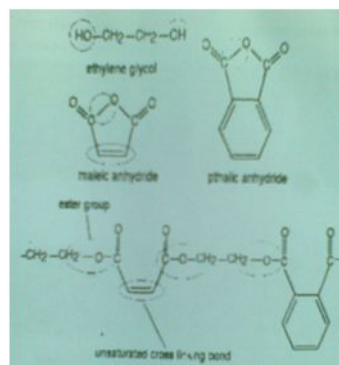
Unsaturated polyester resin (UPR) merupakan jenis resin termoset atau lebih populernya sering disebut *polyester* saja. UPR berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin termoset lainnya.

Unsaturated Polyester Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah seri *Yukalac 157® BQTN-EX Series*, di mana memiliki berat jenis 1,215 gr/cm² (Justus, 2001).

- **Katalis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO)**

Katalis yang digunakan adalah katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO) dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi dari katalis adalah mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matriks suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak adalah membuat komposit menjadi getas. Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya. Pada saat mencampurkan katalis ke dalam matriks maka akan timbul reaksi panas (60°-90°C) (Harbian, 2007).

Proses pengerasan resin diberi bahan tambahan yaitu, katalis jenis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO), katalis digunakan untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin pada suhu yang lebih tinggi. Pemakaian katalis dibatasi sampai 1% dari volume resin (P.T. Justus Sakti Raya, 2001).



Gambar 2.5. Reaksi kimia pembentukan polyester (Mallik, 1998)

2.4 Perlakuan Alkali

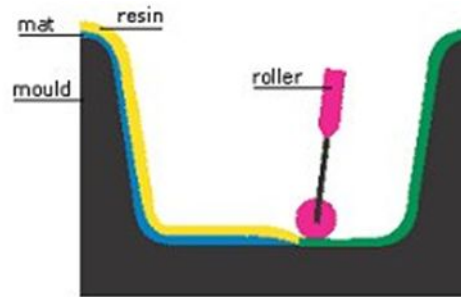
NaOH adalah larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Menurut teori Arrhenius, basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa. Salah satu indikator yang digunakan untuk menunjukkan kebasaan adalah lakmus merah. Bila lakmus merah dimasukkan kedalam larutan basa maka berubah menjadi biru.

Perlakuan NaOH ini bertujuan untuk melarutkan lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, seperti lignin, hemiselulosa, dan kotoran lainnya. Dengan hilangnya lapisan lilin ini maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Namun, perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Padahal, selulosa itu sendiri sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat. Akibatnya, serat yang dikenai perlakuan alkali terlalu lama mengalami degradasi kekuatan yang signifikan. Sebagai akibatnya, komposit yang diperkuat serat rami dengan perlakuan alkali yang lebih lama memiliki kekuatan yang lebih rendah (Diharjo, 2006).

2.5 Proses pembuatan komposit

Proses pembuatan komposit sangat beraneka ragam dari yang paling sederhana sampai dengan yang kompleks dengan sistem komputerisasi. Tiap proses memiliki kelebihan masing-masing. Ada berbagai macam proses yang dapat digunakan untuk membuat komposit antara lain metode *hand lay-up*, metode *spray-up*, metode *vacuum bagging* (Gibson, 1994).

Proses *hand lay-up* merupakan proses laminasi serat secara manual, dimana merupakan metode pertama yang digunakan pada pembuatan komposit. metode *hand lay-up* lebih ditekankan untuk pembuatan produk yang sederhana dan hanya menuntut satu sisi saja yang memiliki permukaan halus.



Gambar 2.6. Proses *hand lay-up* (Gibson, 1994)

Keuntungan *hand lay up* :

- Peralatan sedikit dan harga murah.
- Kemudahan dalam bentuk dan desain produk.
- Variasi ketebalan dan komposisi serat dapat diatur dengan mudah.

Fraksi serat yang tinggi dapat diperoleh dengan cara mengkombinasikan metode *hand lay up* dengan cetak tekan (*press molding*). Pada metode cetak tekan pengontrolan fraksi volume dapat dilakukan dengan menggunakan *stopper* (Rusmiyatno, 2007).

2.6 Fraksi Volume

Menurut Gibson (1994), penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi *volume*, agar dapat dihasilkan komposit berkekuatan tinggi. Untuk suatu lamina *unidirectional*, dengan serat kontinu dengan jarak antar serat yang sama, dan direkatkan secara baik oleh matrik, seperti ditunjukkan pada gambar 3. Fraksi *volume* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Shackelford, 1992):

$$V_f = \frac{\text{Volume serat}}{\text{Volume komposit}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{\text{serat}} = \frac{\frac{m_f}{\rho_f}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

commit to user

$$V_{matrik} = \frac{\text{Volume matrik}}{\text{Volume komposit}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$V_{matrik} = \frac{\frac{m_m}{\rho_m}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Dengan catatan :

m_f = massa serat (gr)

m_m = massa matrik (gr)

ρ_f = massa jenis serat (gr/mm³)

ρ_m = massa jenis matrik (gr/mm³)

2.7 Fraksi Berat

Fraksi berat adalah perbandingan antara berat material penyusun dengan berat komposit. Fraksi berat material penyusun dapat dihitung dengan persamaan:

$$w_i = \frac{W_i}{W_c} \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

w_i : fraksi berat, i, material penyusun.

W_i : berat material penyusun, gr.

W_c : berat komposit, gr.

2.8 Pengujian *bending* komposit *sandwich*

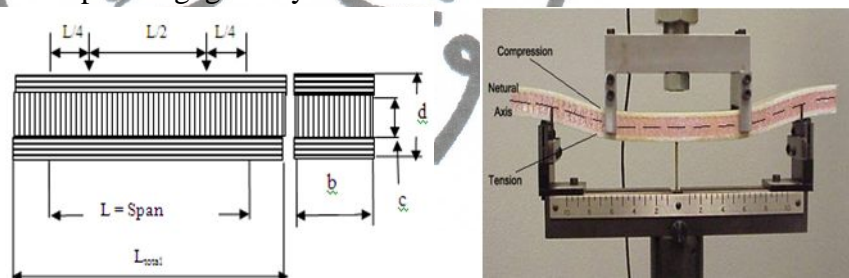
Dalam aplikasinya komposit *sandwich* tak pernah lepas dari proses pembebanan mekanik terutama beban *bending*. Pada umumnya kelemahan komposit *sandwich* terhadap beban *bending* terletak pada bagian yang belum merata pemampatannya antara serat dan matrik dibagian bawah pada spesimen. Pada lapisan ini mempunyai kekuatan tarik maksimum dan akan mengalami kegagalan paling awal karena tidak mampu menahan tegangan tarik pada bagian bawah komposit, sehingga akan terjadi retak lebih awal (Rusmiyatno 2007). Kegagalan komposit *sandwich* akibat beban *bending* diawali dari *skin* komposit

sisi belakang dan dilanjutkan dengan kegagalan *core*, delaminasi antara *skin* dan *core* (Bagus 2010).

Dari beberapa pernyataan di atas maka harus diambil tindakan untuk meneliti pengaruh tebal *skin* dan *core* terhadap kekuatan mekanik komposit *sandwich* serat rami dengan core sekam padi, karena semakin banyak perkembangannya dalam penggunaan komposit *sandwich* di era sekarang ini.

Penelitian ini juga merupakan salah satu inovasi dengan memanfaatkan material limbah sekam padi dan serat rami. Keberhasilan studi ini akan dapat membantu pengembangan teknologi serat rami dan sekam padi menjadi suatu rancangan panel komposit *sandwich* yang potensial untuk dikembangkan menjadi produk komersial.

Pengujian bending dilakukan dengan *four point bending method*, seperti ditunjukkan pada gambar 2.7. Spesimen dan metode pengujiannya mengacu pada standar ASTM C 393. Penampang patahan spesimen uji dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.



Gambar 2.7. Pengujian *four point bending* komposit *sandwich*

Jika komposit *sandwich* diasumsikan homogen dan dikenai pengujian *four point bending* dengan sumbu netral terletak di tengah, maka momen bending maksimum komposit *sandwich* dapat dirumuskan dengan persamaan 6 berikut ini.

$$M = \frac{P}{2} \times \frac{L}{4} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan catatan : M = momen bending maksimum (Nmm); P = beban maksimum (N); L = panjang *span*

commit to user

Jika uji bending dilakukan dengan metode *four point bending*, maka *facing bending stress* komposit *sandwich* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 7 berikut ini (ASTM C 393-00)

$$\sigma_f = \frac{PL}{4t(d+c)b} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan catatan : σ_b = tegangan bending komposit *sandwich* (MPa); M = momen bending maksimum (Nmm); P = beban maksimum (N); L = panjang *span* (mm); d = tebal komposit *sandwich* (mm); b = lebar komposit *sandwich* (mm).

dengan catatan : σ_f = *facing bending stress* komposit *sandwich* (MPa); P = beban maksimum (N); L = panjang *span* (mm); t = tebal *skin* (mm); d = tebal komposit *sandwich* (mm); c = tebal *core* (mm); b = lebar komposit *sandwich* (mm).

2.8.1 Faktor- faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan komposit

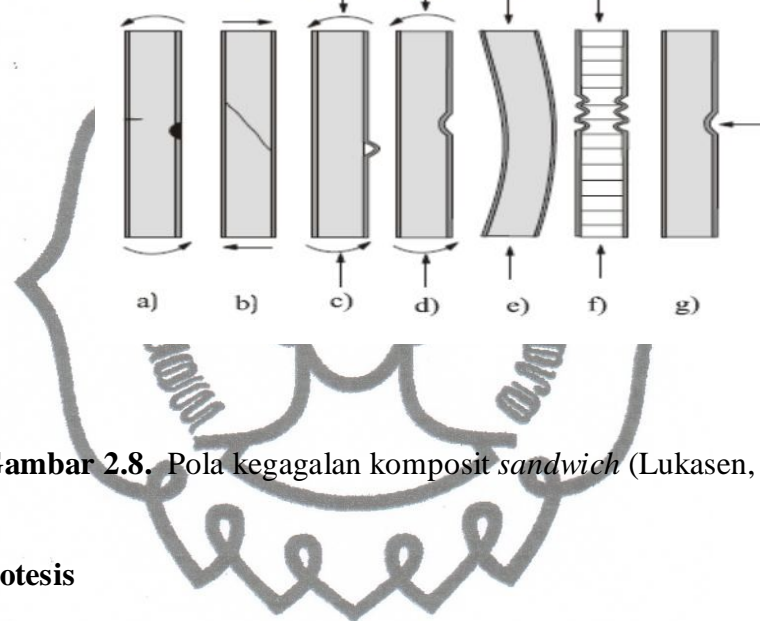
Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat/serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f). Kemudian permasalahan lain yang timbul adalah cara meningkatkan ikatan (*mechanical bonding*) antara serat rami dan matrik. Karena sifat alami serat alam adalah *hydrophilic* yaitu suka terhadap air, berbeda dari polimer yang *hydrophobic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hydrophilic* serat dapat memberikan kekuatan ikatan *interfacial* dengan matrik polimer secara optimal (Bismarck dkk, 2002).

Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan bending komposit *sandwich* adalah ketebalan *core*. Dengan bervariasikan tebal *core* maka akan didapat hasil yang optimum. Pengujian *bending* pada komposit *sandwich* dengan masing-masing variasi tebal *core* ada 4 spesimen, maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan *Bending* komposit *Sandwich* semakin menurun seiring dengan penambahan tebal *core*. Karena dengan semakin menurunnya kekuatan *bending* ini dikarenakan dimensi komposit *sandwich* yang semakin besar. Semakin tebal *core* yang digunakan, dimensi komposit *sandwich*-nya akan semakin besar pula.

Dimensi yang besar akan menyebabkan bertambah besar momen inersianya (Harbian, 2007).

2.9 Pola kegagalan komposit *sandwich*

Pola-pola kegagalan pada *sandwich* ditunjukkan pada Gambar 5 meliputi: a) *Face Yielding/Fracture*, b) *Core shear Failure*, c) dan d) *Face Wrinkling*, e) *general buckling*, f) *face dimpling*, g) *local indentation* (Lukassen 2007).



Gambar 2.8. Pola kegagalan komposit *sandwich* (Lukassen, 2007)

2.10 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah, tebal skin dan core akan berpengaruh terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich* serat rami dengan *core* sekam padi.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

3.2 Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan bahan-bahan untuk membuat komposit *sandwich* antara lain seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.1. Bahan penyusun komposit *sandwich* serat rami *core* sekam padi

No.	Bahan	Jenis	Sumber	Keterangan
1.	Serat rami	<i>Boehmeria Nivea</i>	Di daerah Koppontren Darussalam Garut Jawa Barat	Sebagai penguat komposit
2.	Limbah sekam padi	Sekam padi beras	Penggilingan padi di Sragen Jawa Tengah	Sebagai <i>core</i> komposit
3.	Matrik <i>core</i>	<i>Urea formaldehyde</i>	PT. Palmolite Adhesive Industry Probolinggo, Jawa Timur	Untuk mengikat <i>core</i>
4.	Katalis	<i>Methyle ethyl keton peroxide (MEKPO)</i>	PT. Justus Kimia Raya Semarang	Mempercepat pengerasan
5.	Resin	<i>Unsaturated polyester resin (UPR) yukalac® 157 BTQN-EX</i>	PT. Justus Kimia Raya Semarang	Sebagai pengikat/matrik komposit
6.	Alkali	NaOH	Toko kimia di wilayah Surakarta (seperti kimia farma)	Untuk perlakuan alkali
7.	<i>Release</i>	<i>Blue band</i>	Toko makanan	Memudahkan pelepasan <i>sandwich</i>



Gambar 3.1 Bahan penyusun komposit *sandwich*

3.3 Alat Penelitian

Spesifikasi alat yang digunakan dalam penelitian dan pengambilan data antara lain adalah :

a. Dongkrak hidrolik.

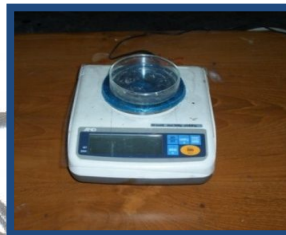
Dongkrak hidrolik digunakan untuk mengepress komposit pada cetakan, Spesifikasi dongkrak hidrolik kapasitas 3 ton



Gambar 3.2. Dongkrak hidrolik.

b. Timbangan Digital

Timbangan digunakan untuk menimbang seberapa beratnya resin dan serat dicampurkan sesuai dengan fraksi volumenya. Selain itu juga untuk menguji hasil komposit apakah sesuai dengan fraksi *volume* yang telah ditentukan.



Gambar 3.3. Timbangan digital

c. Oven Elektrik

Digunakan sebagai alat untuk melakukan pengovenan serat rami dan *core* sekam padi.



Gambar 3.4. Oven elektrik.

d. Perangkat cetakan

Ada dua jenis cetakan yang digunakan yaitu cetakan untuk membuat *core* dan cetakan untuk membuat *sandwich*, seperti pada gambar 11.



(a) cetakan *core*(b) cetakan *sandwich*

(c) rangka penopang cetakan

Gambar 3.5. Alat cetak komposit

e. Kompresor

Kompresor digunakan untuk melakukan proses *spray up* saat pencampuran bahan pada proses pembuatan *core*.

**Gambar 3.6.** Kompresor

f. Tabung Homogenitas

Digunakan untuk mencampur bahan pembuat *core* yaitu sekam padi dan perekat *urea formaldehyde* dengan metode *spray up*.

**Gambar 3.7.** Tabung Homogenitasg. *Universal Testing Mechine* (UTM)*commit to user*

Digunakan untuk melakukan pengujian *four point bending* pada komposit *sandwich* (spesimen uji).



(a) UTM



(b) span

Gambar 3.8. Alat uji *bending*

Peralatan pendukung lainnya:

- Gerinda potong, untuk memotong spesimen.
- Pengaduk, box kecil, sedang, menyimpan (spesimen dan material).
- Injeksi / gelas ukur, palu, malampet, dan lainnya.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengolahan bahan dasar

- Persiapan alat dan bahan

Alat-alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan komposit disiapkan seperti sekam padi, resin, katalis, larutan NaOH dan peralatan yang menunjang lainnya dalam pembuatan spesimen.

- Pengolahan serat rami

- Pencucian serat rami

Serat rami dicuci dengan menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang masih menempel. Pencucian dilakukan dengan cara perendaman dan dilanjutkan penyemprotan dengan menggunakan air.



Gambar 3.9. Pencucian serat rami

- Perlakuan alkali serat rami

Untuk melakukan perlakuan alkali serat, perlu disiapkan larutan alkali (5% NaOH). Perbandingan volume serat dengan larutan alkali adalah 1 : 15 Perlakuan dilakukan dengan perendaman alkali didalam bak. Perendaman serat didalam larutan alkali selama 2 jam (Najib, 2010). Selanjutnya, serat dinetralkan dari efek NaOH dengan direndam air bersih yang diganti secara periodik hingga pH7. Serat ditiriskan kembali hingga kering, pengeringan tersebut dilakukan tanpa terkena sinar matahari. Setelah itu, serat tersebut siap diproses lebih lanjut menjadi mat serat (komposit).

- Untuk kadar NaOH 5 %

ukuran : 0,5 kg NaOH + 9,5 liter aquades → kadar NaOH 5 %

500 gr NaOH + 9500 ml aquades → kadar NaOH 5 %

500 gr NaOH + 9500 gr aquades → kadar NaOH 5 %

($\rho_{\text{air}} = 1 \text{ gr/cm}^3$, maka 9500 ml aquades = 9500 gr)

- Perendaman serat rami

Misalkan untuk perendaman dengan NaOH kadar 5 % dan aquades untuk volume total 10000 ml maka :

$$\text{ukuran serat} = \frac{1}{15} \times (\text{volume NaOH} + \text{volume aquades})$$

$$V_f = \frac{1}{15} \times (500 + 9500) \text{ ml}$$

$$V_f = \frac{1}{15} \times 10000 \text{ ml}$$

$$V_f = 666,67 \text{ ml} = 666,67 \text{ cm}^3$$

Sehingga massa serat (M_f)

$$\begin{aligned} m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 1,5 \text{ gr/cm}^3 \times 666,67 \text{ cm}^3 \\ &= 1000,05 \text{ gram} \end{aligned}$$



Gambar 3.10. Perlakuan alkali serat

- **Pengeringan Serat**

Setelah serat rami dilakukan pencucian air untuk menghilangkan kotoran dan perlakuan alkali telah dilakukan maka proses selanjutnya adlah pengeringan serat. Serat dikeringkan pada suhu kamar selama 48 jam. Tahap preparasi serat selanjutnya sebelum dilakukan pencetakan adalah menyelidiki karakteristik pengeringan serat (kadar air yang terkandung di dalam serat). Serat dikontrol kadar airnya dengan menggunakan alat moisture analyser yang berada pada Laboraturium Perpindahan

Panas Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta. Serat dengan berat awal 9,79 gram kemudian dikeringkan pada suhu 105 °C dalam waktu \pm 20 menit sampai kering (kadar air 0 %) (Najib, 2010).

- Pelurusan dan pemotongan serat rami

Setelah serat rami dibersihkan dan dilakukan perlakuan alkali kemudian serat yang masih kasar disisir menggunakan sisir baja. Setelah mendapatkan serat yang cukup, serat 2,5 cm untuk mendapatkan hasil yang merata pada komposit untuk masing-masing variasi.



Gambar 3.11. Pelurusan serat rami

c. Pengeringan Sekam Padi

Bahan sekam padi diperoleh dari industri penggilingan padi di Sragen Jawa Tengah kemudian dikeringkan dengan ditiriskan tanpa sinar matahari. Sekam padi yang sudah kering kemudian disimpan di dalam plastik agar tidak mudah menyerap uap air.

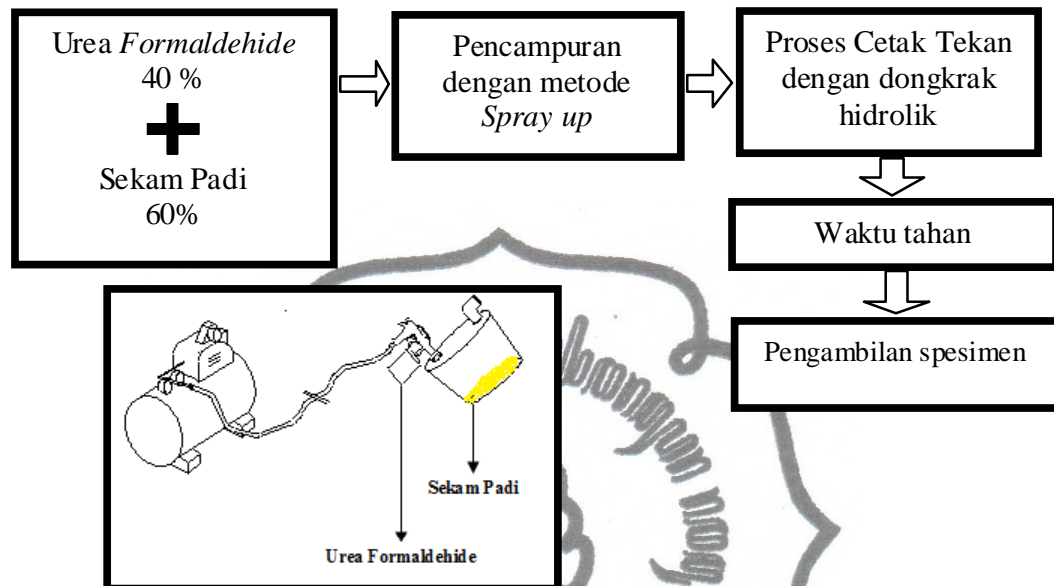
3.5 Pembuaatan spesimen uji *bending*

3.5.1 Manufaktur *core*

- a. Cetakan yang digunakan untuk membuat core dipersiapkan terlebih dahulu. Cetakan dibuat dengan panjang 240 mm, lebar 100 mm.

- b. Pelapisan seluruh permukaan cetakan yang akan bersentuhan dengan komposit menggunakan mika agar permukaan spesimen yang terbentuk menjadi halus dan rata.
- c. Pengolesan *releaser* permukaan mika untuk mempermudah pengambilan komposit dari cetakan.
- d. Perhitungan kebutuhan sekam padi, *urea formaldehyde*, dan hardener untuk masing-masing variasi komposit core.
- e. Proses pencampuran sekam padi dan *urea formaldehyde* menggunakan metode *spray up* agar dihasilkan campuran yang homogen.
- f. Setelah cetakan, matrik dan sekam padi siap, proses pencetakan core dimulai dengan memasukkan campuran SP-UF kedalam cetakan secara merata dengan fraksi berat SP: UF; 60 % : 40%, dengan variasi tebal core 5, 10, 15, 20 mm.
- g. Setelah semua bahan dimasukkan kedalam cetakan maka segera dilakukan proses penekanan cetakan dengan menggunakan dongkrak hidrolik manual.
- h. Setelah itu didiamkan selama 4-6 jam, selanjutnya komposit dikeluarkan dari cetakan kemudian dilakukan proses pelapisan resin pada permukaan core menggunakan spray, kemudian dilakukan *post cure* pada suhu 60 °C selama 10 menit.
- i. Komposit core yang telah di *post cure* kemudian dilakukan pengecekan fraksi volume pada masing-masing variasi.

Alur proses pembuatan *core* :



Gambar 3.12. Mekanisme proses pencampuran sekam padi - *Urea formaldehide* dengan metode *spray up*.

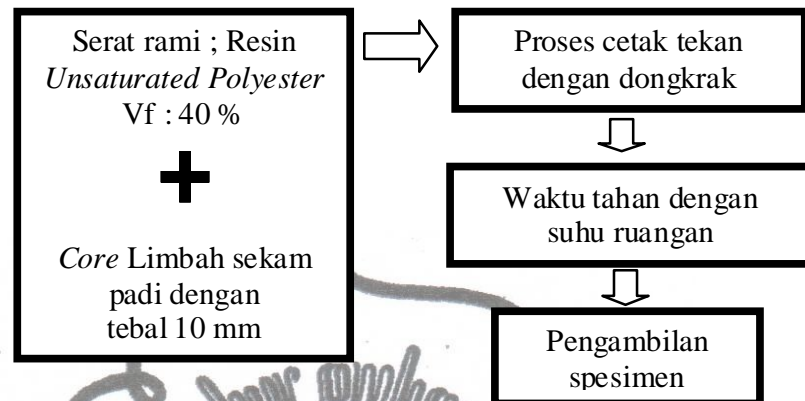


Gambar 3.13. Pencetakan *core* dan *post cure core*

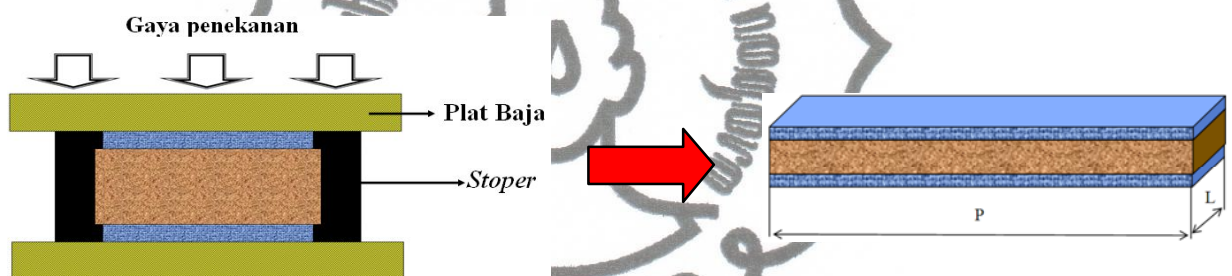
3.5.2 Manufaktur *sandwich*

- Cetakan yang digunakan untuk membuat *sandwich* dipersiapkan terlebih dahulu. Cetakan dibuat dengan panjang 240 mm, lebar 100 mm.

- b. Pelapisan seluruh permukaan cetakan yang akan bersentuhan dengan komposit menggunakan mika agar permukaan spesimen yang terbentuk menjadi halus dan rata.
- c. Pengolesan *releaser* permukaan mika untuk mempermudah pengambilan komposit dari cetakan.
- d. Pemasangan *stopper* pada kedua ujung cetakan. Fungsi *stopper* ini selain untuk pembatas panjang juga berfungsi sebagai pemberi batas tebal panel komposit yang akan dibuat.
- e. Pemanasan serat rami pada suhu 105 °C selama ± 20 menit, kemudian dilanjutkan penyimpanan serat dalam kantong plastik yang sudah diberi *silica gel* untuk menjaga kelembaban.
- f. Penghitungan kebutuhan serat, matrik, dan katalis untuk masing-masing variasi komposit skin.
- g. Menyiapkan core yang telah dicetak dengan variasi tertentu.
- h. Setelah cetakan, core, matrik dan serat siap, proses pencetakan komposit sandwich dimulai dengan menata serat kedalam cetakan dengan merata dan dilanjutkan dengan menuangkan resin ke dalam cetakan secara merata keseluruh bagian. Selanjutnya meletakkan core diatasnya, kemudian serat ditata dibagian permukaan core dengan merata dilanjutkan penuangan resin diatasnya.
- i. Setelah semua bahan dimasukkan kedalam cetakan maka segera dilakukan proses penekanan cetakan dengan dongkrak hidrolik manual.
- j. Setelah itu proses pengeringan diruang terbuka (*curing*) sekitar 4-6 jam, komposit dapat dikeluarkan dari cetakan kemudian dilanjutkan dengan *postcure* pada suhu 60 °C selama 4 jam.
- k. Pemotongan spesimen uji bending.
- l. Pengujian bending dengan mesin UTM di Lab. Material UNS Surakarta.



Gambar 3.14. Alur proses pembuatan komposit *sandwich*



Gambar 3.15. Mekanisme pencetakan komposit *sandwich*

Stopper berfungsi untuk mengontrol ketebalan dari komposit *sandwich* sehingga akan didapatkan ketebalan *skin* atas dan bawah sesuai dengan dimensi yang direncanakan.

Keterangan :

P = 240 mm

L = 40 mm

Dimensi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan ASTM-C 393



Gambar 3.16. Pencetakan *sandwich*

commit to user

3.6 Perhitungan Kebutuhan Bahan.

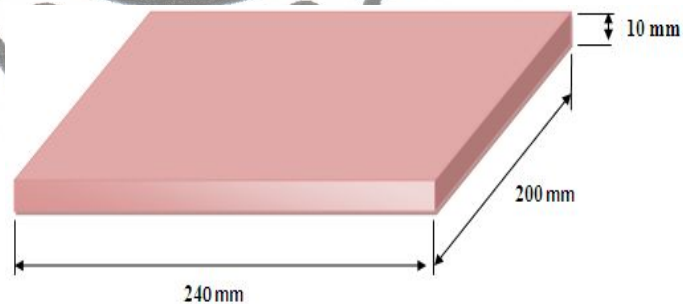
Untuk memperoleh komposisi bahan untuk komposit sandwich maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk masing-masing variasi. Cara perhitungan adalah sebagai berikut:

3.6.1 Perhitungan kebutuhan sekam padi, *urea formaldehyde*, dan *hardener*.

Menentukan luasan core yang akan dibuat, dimensi core yang dibuat untuk satu kali cetak seperti gambar 4.3.1.

a. Teknik Manufaktur Core

Kebutuhan sekam padi untuk *core* dengan ketebalan dimensi 200 mm x 240 mm x 5 mm adalah 96,43 gram, maka kebutuhan sekam padi untuk *core* dengan tebal 10 mm besarnya dua kali lipat dari kebutuhan pada *core* tebal 5 mm untuk luasan cetakan yang sama.



Gambar 3.17. *core* sekam padi

- Kebutuhan sekam padi untuk *core* dengan ketebalan 5 mm adalah sebanyak 96,43 gram. Maka perhitungan kebutuhan bahan lainnya adalah :

Sekam padi 96,43 gram = 60% dari berat total komposit

- Maka berat total spesimen *core* dengan tebal 10 mm adalah :

$$\frac{100}{60} \times 96,43 \text{ gram} = 160,71 \text{ gram}$$

- Berat *Urea formaldehyde* dengan fraksi berat 40 % :

commit to user

$$\frac{40}{100} \times 160,71 \text{ gram} = 64,28 \text{ gram}$$

c. Berat *Hardener* 1 % dari berat Urea *formaldehyde* :

$$\frac{1}{100} \times 64,28 \text{ gram} = 0,642 \text{ gram}$$

- Kebutuhan sekam padi untuk *core* dengan ketebalan 10 mm adalah sebanyak 192,86 gram. Maka perhitungan kebutuhan bahan lainnya adalah :

Sekam padi 192, 86 gram = 60% dari berat total komposit

d. Maka berat total spesimen *core* dengan tebal 10 mm adalah :

$$\frac{100}{60} \times 192, 86 \text{ gram} = 321,43 \text{ gram}$$

e. Berat Urea *formaldehyde* dengan fraksi berat 40 % :

$$\frac{40}{100} \times 321,43 \text{ gram} = 128,57 \text{ gram}$$

f. Berat *Hardener* 1 % dari berat Urea *formaldehyde* :

$$\frac{1}{100} \times 128, 57 \text{ gram} = 1,2857 \text{ gram}$$

- Kebutuhan sekam padi untuk *core* dengan ketebalan 15 mm adalah sebanyak 289,26 gram. Maka perhitungan kebutuhan bahan lainnya adalah :

Sekam padi 289,26 gram = 60% dari berat total komposit

g. Maka berat total spesimen *core* dengan tebal 10 mm adalah :

$$\frac{100}{60} \times 289,26 \text{ gram} = 482,15 \text{ gram}$$

h. Berat Urea *formaldehyde* dengan fraksi berat 40 % :

$$\frac{40}{100} \times 482,15 \text{ gram} = 192,86 \text{ gram}$$

i. Berat *Hardener* 1 % dari berat Urea *formaldehyde* :

$$\frac{1}{100} \times 192,86 \text{ gram} = 1,928 \text{ gram}$$

- Kebutuhan sekam padi untuk *core* dengan ketebalan 20 mm adalah sebanyak 385,72 gram. Maka perhitungan kebutuhan bahan lainnya adalah :

Sekam padi 385,72 gram = 60% dari berat total komposit

- j. Maka berat total spesimen *core* dengan tebal 10 mm adalah :

$$\frac{100}{60} \times 385,72 \text{ gram} = 642,86 \text{ gram}$$

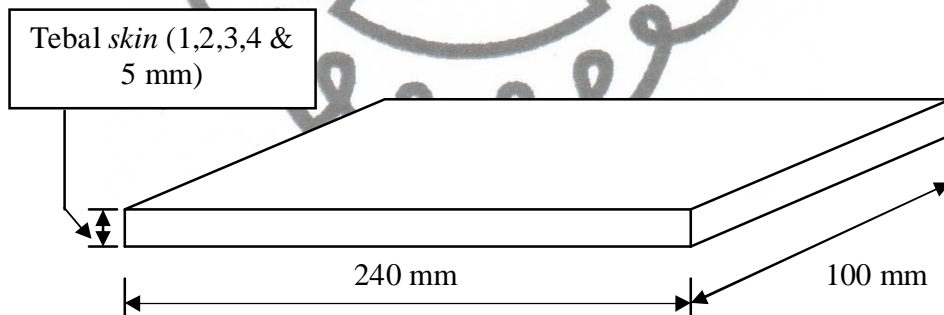
- k. Berat Urea *formaldehyde* dengan fraksi berat 40 % :

$$\frac{40}{100} \times 642,86 \text{ gram} = 257,14 \text{ gram}$$

- l. Berat *Hardener* 1 % dari berat Urea *formaldehyde* :

$$\frac{1}{100} \times 257,14 \text{ gram} = 2,571 \text{ gram}$$

b. Teknik manufaktur sandwich



Gambar 3.18. Dimensi komposit *skin*.

- a. Menentukan kebutuhan serat rami, resin, dan katalis dengan variasi tebal *skin* 1 mm.

$$\text{Volume komposit skin (Vc)} = (240 \times 100 \times 1) = 24000 \text{ mm}^3.$$

$$\text{Volume serat rami} = V_f \times V_c = 40 \% \times 24000 = 96000 \text{ mm}^3 = 9,6 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Sehingga kebutuhan massa serat (Mf)} = \text{Volume serat} \times \text{massa jenis serat}$$

$$= 9,6 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ gram/cm}^3 = 14,4$$

gram.

$$\text{Volume matrik} = V_m \times V_c = 60 \% \times 24000 = 14400 \text{ mm}^3 = 14,4 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Berat resin (Mm)} = V_m \times \text{Massa jenis matrik} = 14,4 \times 1,215 = 17,496 \text{ gram}.$$

$$V_{\text{katalis}} = 1 \% \times V_m = 1 \% \times 14,4 = 0,144 \text{ ml}.$$

- b. Menentukan kebutuhan serat rami, resin, dan katalis dengan variasi tebal skin 2 mm.

$$\text{Volume komposit skin (Vc)} = (240 \times 100 \times 2) = 48000 \text{ mm}^3.$$

$$\text{Volume serat rami} = W_i \times V_c = 40 \% \times 48000 = 19200 \text{ mm}^3 = 19,2 \text{ cm}^3.$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga kebutuhan massa serat (Mf)} &= \text{Volume serat} \times \text{massa jenis serat} \\ &= 19,2 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ gram/cm}^3 = 28,8 \text{ gram}. \end{aligned}$$

$$\text{Volume matrik} = V_m \times V_c = 60 \% \times 48000 = 28800 \text{ mm}^3 = 28,8 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Berat resin (Mm)} = V_m \times \text{Massa jenis matrik} = 28,8 \times 1,215 = 34,992 \text{ gram}.$$

$$V_{\text{katalis}} = 1 \% \times V_m = 1 \% \times 28,8 = 0,288 \text{ ml}.$$

- c. Menentukan kebutuhan serat rami, resin, dan katalis dengan variasi tebal skin 3 mm.

$$\text{Volume komposit skin (Vc)} = (240 \times 100 \times 3) = 72000 \text{ mm}^3.$$

$$\text{Volume serat rami} = W_i \times V_c = 40 \% \times 72000 = 28800 \text{ mm}^3 = 28,8 \text{ cm}^3.$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga kebutuhan massa serat (Mf)} &= \text{Volume serat} \times \text{massa jenis serat} \\ &= 28,8 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ gram/cm}^3 = 43,2 \text{ gram}. \end{aligned}$$

$$\text{Volume matrik} = V_m \times V_c = 60 \% \times 72000 = 43200 \text{ mm}^3 = 43,2 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Berat resin (Mm)} = V_m \times \text{Massa jenis matrik} = 43,2 \times 1,215 = 53,488 \text{ gram}.$$

$$V_{\text{katalis}} = 1 \% \times V_m = 1 \% \times 43,2 = 0,432 \text{ ml}.$$

- d. Menentukan kebutuhan serat rami, resin, dan katalis dengan variasi tebal skin 4 mm.

$$\text{Volume komposit skin (Vc)} = (240 \times 100 \times 4) = 96000 \text{ mm}^3.$$

Volume serat rami = $W_i \times V_c = 40 \% \times 96000 = 38400 \text{ mm}^3 = 38,4 \text{ cm}^3$.

Sehingga kebutuhan massa serat (M_f) = Volume serat x massa jenis serat
 $= 38,4 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ gram/cm}^3 = 57,6 \text{ gram}$.

Volume matrik = $V_m \times V_c = 60 \% \times 96000 = 57600 \text{ mm}^3 = 57,6 \text{ cm}^3$.

Berat resin (M_m) = $V_m \times \text{Massa jenis matrik} = 57,6 \times 1,215 = 69,984 \text{ gram}$.

$V_{\text{katalis}} = 1 \% \times V_m = 1 \% \times 57,6 = 0,576 \text{ ml}$.

- e. Menentukan kebutuhan serat rami, resin, dan katalis dengan variasi tebal skin 5 mm.

Volume komposit *skin* (V_c) = $(240 \times 100 \times 5) = 120000 \text{ mm}^3$.

Volume serat rami = $W_i \times V_c = 40 \% \times 120000 = 48000 \text{ mm}^3 = 48 \text{ cm}^3$.

Sehingga kebutuhan massa serat (M_f) = Volume serat x massa jenis serat
 $= 48 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ gram/cm}^3 = 72 \text{ gram}$.

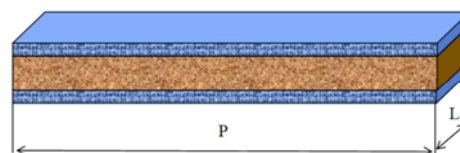
Volume matrik = $V_m \times V_c = 60 \% \times 120000 = 72000 \text{ mm}^3 = 72 \text{ cm}^3$.

Berat resin (M_m) = $V_m \times \text{Massa jenis matrik} = 72 \times 1,215 = 87,48 \text{ gram}$.

$V_{\text{katalis}} = 1 \% \times V_m = 1 \% \times 72 = 0,77 \text{ ml}$.

3.7 Pembuatan Spesimen Uji *Bending* Komposit *Sandwich*.

Proses pembuatan spesimen dilakukan dengan proses permesinan yaitu dengan gerinda yang mengacu pada standar uji yang digunakan yaitu bentuk spesimen uji bending berdasarkan standar ASTM C 393 seperti pada gambar 25. Setiap spesimen diberi label dengan catatan jenis variasi untuk menghindari kesalahan dalam pengujian.



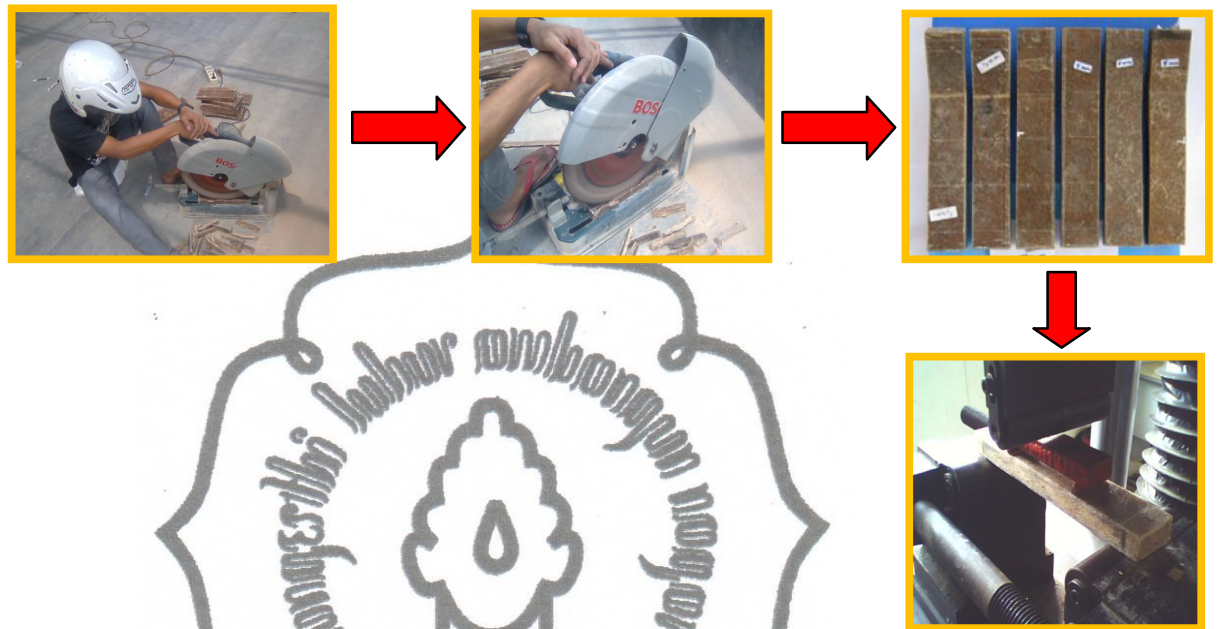
Dimana :

$P = 240 \text{ mm}$.

$L = 40 \text{ mm}$.

Gambar 3.19. Bentuk spesimen uji *bending* berdasar ASTM C393.

commit to user



Gambar 3.20. Alur pembuatan spesimen uji bending komposit sandwich.

3.7.1. Variasi Penelitian

Spesimen uji bending komposit *sandwich* ini menggunakan komposisi skin serat rami-matrik *polyester* dengan fraksi volume serat (V_f) adalah 40%. Dan komposisi *core* sekam padi dengan komposisi 60 % : 40 % dengan *urea formaldehyde*. Perlakuan alkali juga dikenakan pada serat rami dengan cara perendaman pada larutan NaOH 5% selama 2 jam yang kemudian dilakukan netralisasi serat dengan menggunakan air mengalir. Variasi yang dilakukan adalah variasi tebal *skin* (1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm) dengan ketebalan *core* 10 mm dan pengaruh variasi tebal *core* (5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm) dengan ketebalan *skin* tertentu (Hasil optimasi). Jumlah spesimen uji yang digunakan ditunjukkan pada tabel 4 dan 5.

Tabel 3.2. Jumlah spesimen *bending* variasi tebal *skin*

Variasi <i>Skin</i> (mm)	Jumlah Spesimen	Jenis Pengujian
1	6 buah	<i>Bending</i>
2	6 buah	<i>Bending</i>
3	6 buah	<i>Bending</i>
4	6 buah	<i>Bending</i>
5	6 buah	<i>Bending</i>

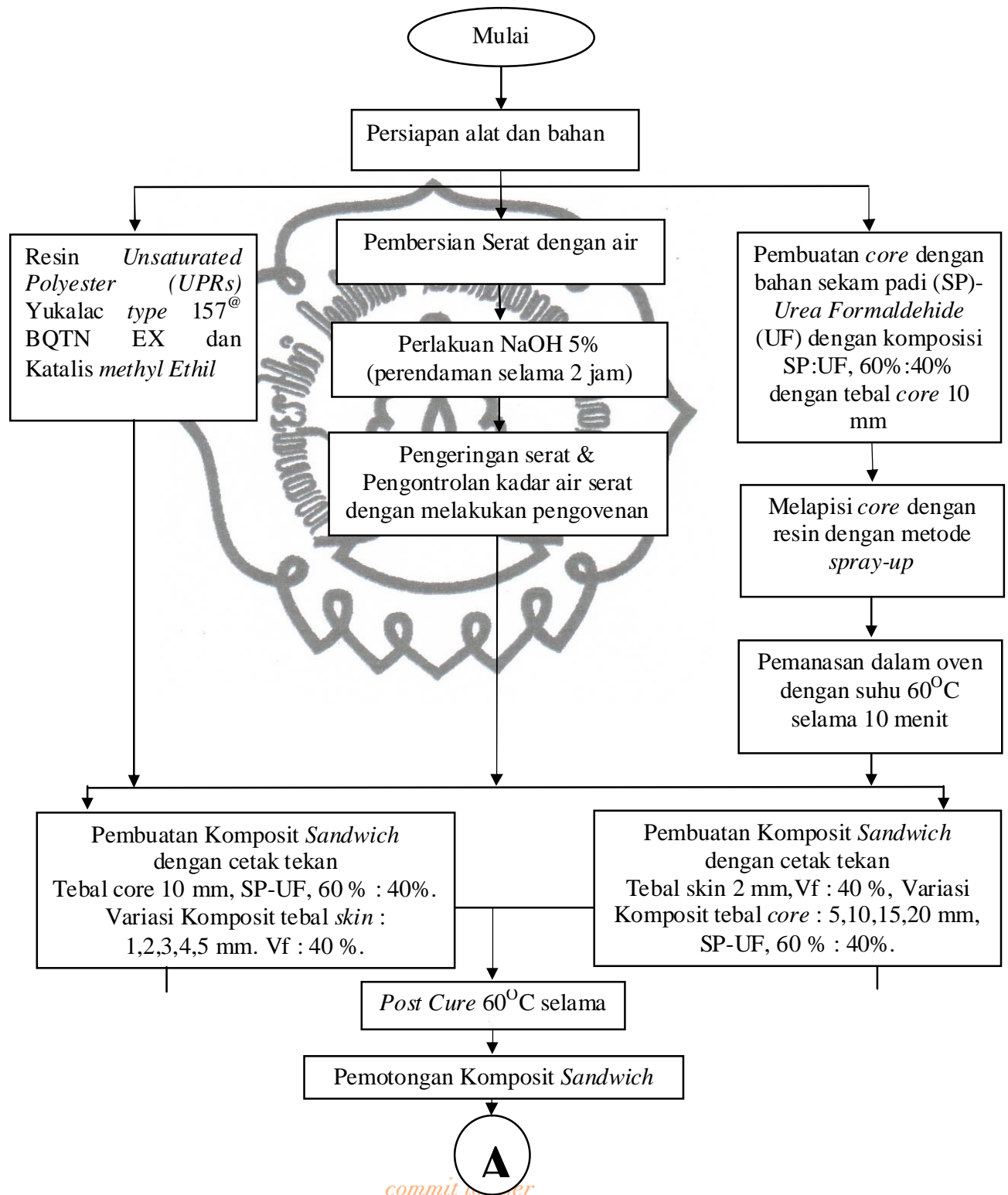
Tabel 3.3. Jumlah spesimen *bending* variasi tebal *core*

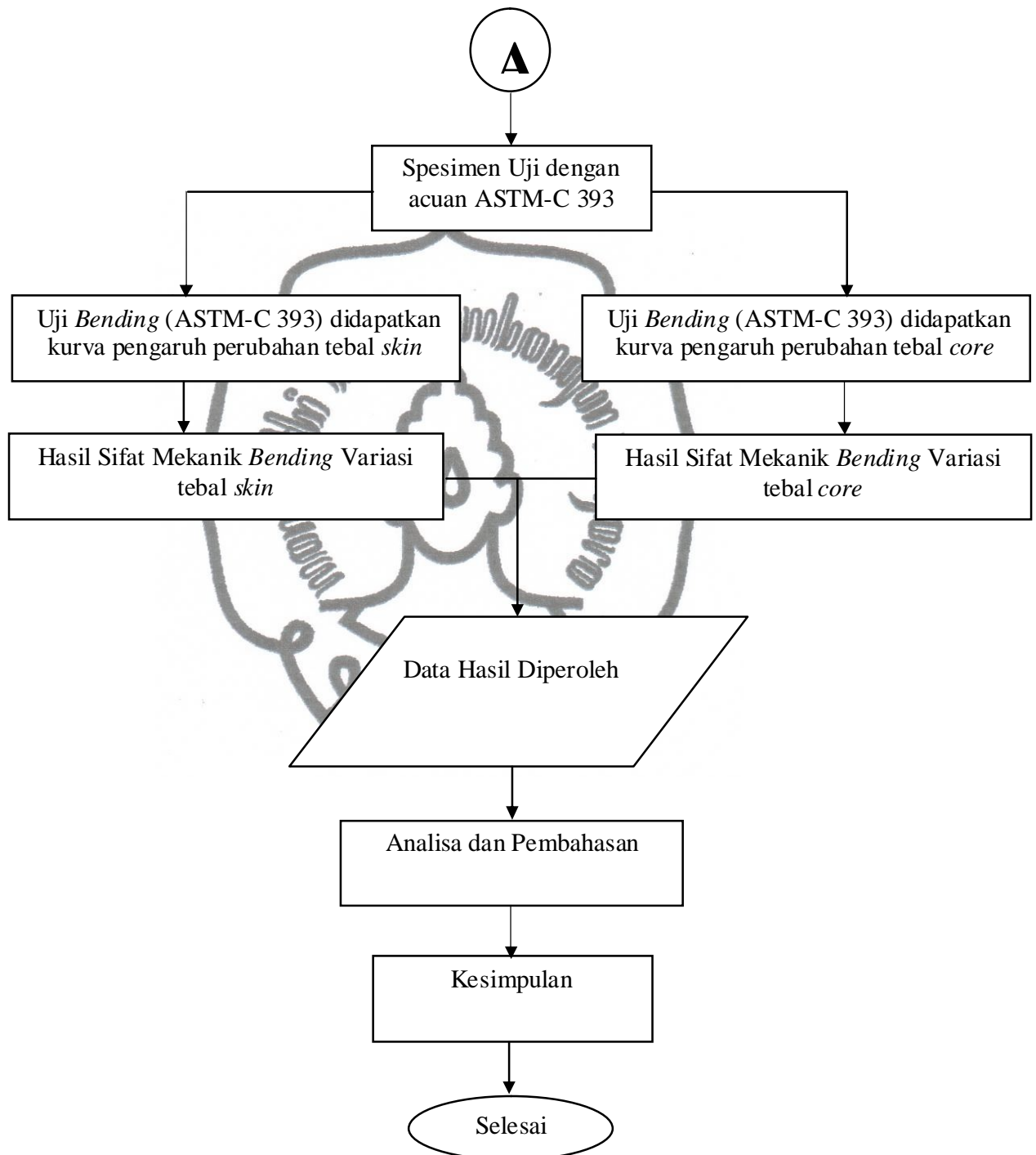
Variasi <i>Core</i> (mm)	Jumlah Spesimen	Jenis Pengujian
5	6 buah	<i>Bending</i>
10	6 buah	<i>Bending</i>
15	6 buah	<i>Bending</i>
20	6 buah	<i>Bending</i>

3.7.2. Tahap pengambilan data (pengujian *bending*)

1. Mempersiapkan spesimen yang telah dikenai perlakuan variasi *tebal skin* dan variasi *tebal core* sesuai dengan jumlah yang akan diuji.
2. Melakukan pemotongan spesimen sesuai dengan ketentuan ASTM C 393.
3. Melakukan dan mencatat pengukuran dimensi spesimen meliputi panjang, lebar, dan tebal di setiap spesimen uji.
4. Menentukan panjang span sesuai ketentuan.
5. Menyalakan dan menyeting mesin uji *bending* (UTM) dan mengamati proses pengujian serta mencatat hasil pengujian.
6. Melakukan pengolahan, analisa data dan kesimpulan.
- 7.

3.8 Diagram Alir





Gambar 3.21. Diagram Alir Penelitian

commit to user



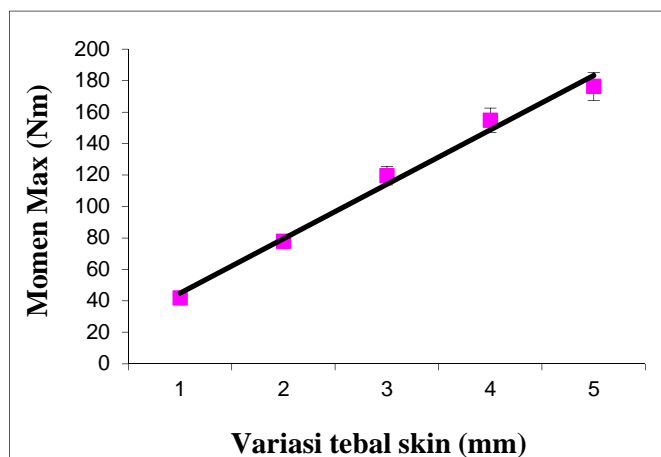
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh tebal *skin* terhadap sifat *bending* komposit sandwich.

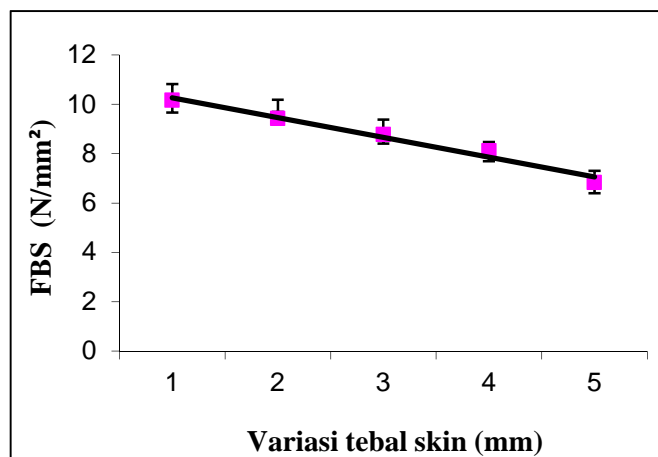
Data hasil *bending* komposit sandwich *skin* serat rami dengan *core* sekam padi dengan variasi tebal *skin* ditunjukkan pada tabel 4.1. Untuk memudahkan menganalisa data-data hasil penelitian ini, maka hasilnya dipaparkan dalam bentuk kurva sifat *bending* komposit *sandwich* seperti ditunjukkan pada gambar 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian *Bending* Komposit *Sandwich* serat rami *polyester-core* sekam padi dengan variasi tebal *skin*

Variasi tebal skin (mm)	Tebal core	Momen (Nmm)			Facing bending stress (N/mm ²)			Defleksi (mm)		
		Maks	Min	rata-rata	Maks	Min	rata-rata	Maks	Min	rata-rata
1	10	43,95	40,50	41,73	10,82	9,67	10,17	10,5	8,7	9,4
2	10	79,75	75,50	77,84	10,19	9,69	9,43	10,25	6,5	8,67
3	10	122,5	116,25	119,66	9,38	8,41	8,78	9,2	6,5	7,87
4	10	157,25	152,75	154,75	8,47	7,69	8,11	8,5	4,65	6,99
5	10	187,50	165,60	176,27	7,3	6,4	6,83	6,25	4,25	5,89



(a)



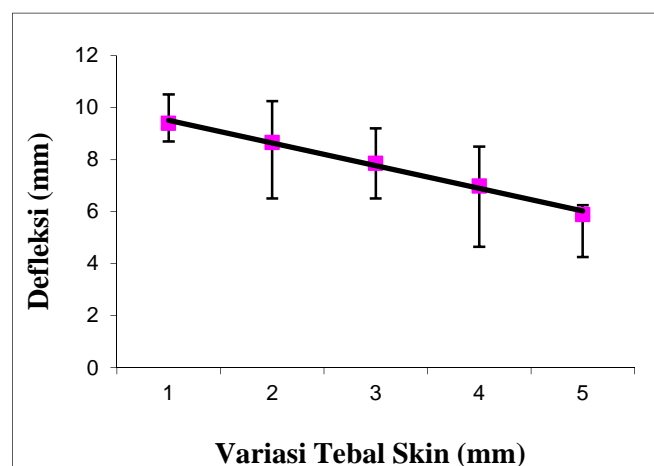
(b)

Gambar 4.1. (a) Grafik momen maksimum, (b) Grafik *facing bending stress* komposit *sandwich* variasi tebal *skin*

Berdasarkan analisis hasil uji *bending* komposit *sandwich* berpenguat serat rami-*polyester* dengan *core* sekam padi, *facing bending stress* tertinggi terdapat pada tebal *skin* 1 mm dengan tebal *core* 10 mm yaitu sebesar 10,17 N/mm². Kemudian *facing bending stress* menurun seiring bertambahnya tebal *skin* sampai pada tebal *skin* 5 mm (Gambar 4.1.b). *Skin* yang semakin tebal meningkatkan kemampuan komposit *sandwich* dalam menahan beban momen. Komposit *sandwich* dengan tebal *skin* 5 mm memiliki kemampuan menahan beban momen tertinggi 176,27 Nmm (Gambar 4.1.a).

Facing bending stress rata-rata pada komposit *sandwich* dengan tebal *skin* 2 mm adalah 9,43 N/mm² atau lebih rendah 7,2 % dari tebal *skin* 1 mm. Pada komposit *sandwich* tebal *skin* 3 mm memiliki *facing bending stress* rata-rata yakni 8,78 N/mm² atau turun 6,8 % dari tebal *skin* 2 mm. Sedangkan pada tebal komposit 4 mm *facing bending stress* rata-ratanya turun 7,6 % dari tebal *skin* 3 mm yakni sebesar 8,11 N/mm², dan pada komposit dengan tebal *skin* 5 mm *facing bending stress* rata-ratanya turun 6,83 N/mm² atau turun 15,7 %.

Penurunan *facing bending stress* komposit *sandwich* tebal *skin* 2,3,4 dan 5 mm disebabkan meningkatnya kemampuan komposit *sandwich* dalam menahan momen maksimum yang terjadi. Dengan kata lain, *skin* menahan beban sampai batas maksimumnya kemudian beban didistribusikan *core* pada seluruh luasan. *Skin* dan *core* memberikan kontribusi optimumnya pada peningkatan kekuatan *bending* komposit *sandwich*. Pada komposit *sandwich* dengan tebal *skin* 3,4 dan 5 mm, *core* mengalami kegagalan terlebih dahulu. Penebalan *skin* tidak memberikan kontribusi kekuatan *bending* komposit *sandwich* jika masih menggunakan *core* yang sama, karena kekuatan *bending* komposit *sandwich* sangat dipengaruhi oleh sifat mekanis komponen penyusunnya.



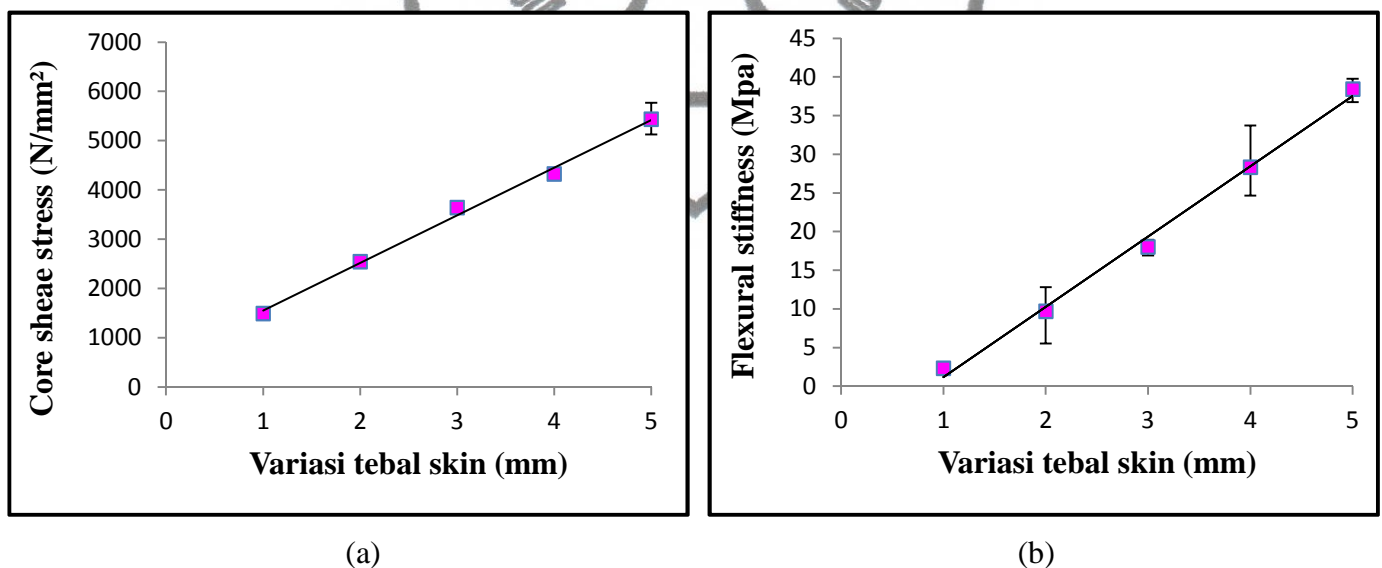
Gambar 4.2. Grafik defleksi komposit *sandwich* dengan variasi tebal *skin*

Berdasarkan analisis grafik defleksi, nilai defleksi tertinggi terdapat pada tebal *skin* 1 mm sebesar 9,4 mm. Pada *skin* 2,3,4, dan 5 mm nilai defleksi menurun, ini dikarenakan kekakuan keseluruhan meningkat dengan peningkatan ketebalan *skin* (Muthyala, 2008).

4.2. Pengaruh tebal skin terhadap *core shear stress* dan *flexural stiffness*

Tabel 4.2. Hasil Pengujian *Bending* Komposit *Sandwich* serat rami polyester-core sekam padi dengan variasi tebal *skin*

Variasi tebal <i>skin</i> (mm)	Tebal core (mm)	<i>Core shear stress</i> (N/mm ²)			<i>Flexural stiffness</i> (Mpa)		
		Maks	Min	rata-rata	Maks	Min	rata-rata
1	10	1561,38	1427,31	1493,63	2,78	1,64	2,29
2	10	2647,43	2473,89	2545,33	12,81	5,51	9,66
3	10	3735,09	3526,39	3640,03	18,94	16,89	18,01
4	10	4436,1	4222,48	4322,93	33,72	24,67	28,32
5	10	5768,8	5123,2	5436,59	39,78	36,76	38,44



Gambar 4.3. (a) Grafik *core shear stress*, (b) Grafik *flexural stiffness* komposit *sandwich* variasi tebal *skin*.

Grafik tegangan geser core di atas menunjukkan bahwa pada penambahan tebal *skin* pada komposit *sandwich* skin serat rami dengan core sekam padi mengalami kenaikan tegangan gesernya. Nilai tegangan geser tertinggi terdapat pada tebal skin 5 mm sebesar 5436,59 N/mm². Kenaikan tegangan geser ini disebabkan core yang tidak mampu

mengimbangi dari peningkatan ketebalan skin. Akibatnya adalah core mengalami kegagalan geser. Setelah core gagal geser, maka tegangan geser antara permukaan skin dengan core semakin besar

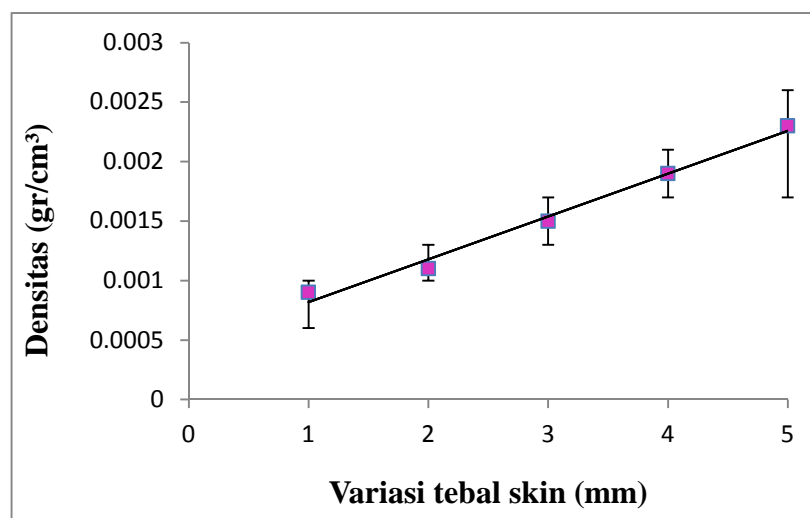
Grafik kekakuan lentur *bending* variasi tebal skin di atas menunjukkan bahwa pada penambahan tebal *skin* spon pada komposit *sandwich* serat rami dengan core sekam padi mengalami peningkatan kekakuan *bending*-nya. Nilai kekakuan lentur tertinggi terdapat pada tebal skin 5 mm sebesar 38,44 Mpa. Hal ini disebabkan karena sifat dasar dari skin rami ini adalah lentur tetapi juga mempunyai sifat yang kaku seiring dengan penambahan tebal skin, sehingga kekakuan lentur *bending* meningkat.

4.3. Pengaruh tebal *skin* terhadap densitas komposit *sandwich*

Data hasil uji densitas komposit *sandwich skin* serat rami dengan *core* sekam padi dengan variasi tebal *skin* ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Densitas komposit *sandwich*

Tebal <i>skin</i> (mm)	Densitas (gr/cm ³)
1	0,0009
2	0,0011
3	0,0015
4	0,0019
5	0,0023



commit to user

Gambar 4.4. Grafik densitas komposit *sandwich* variasi tebal *skin*

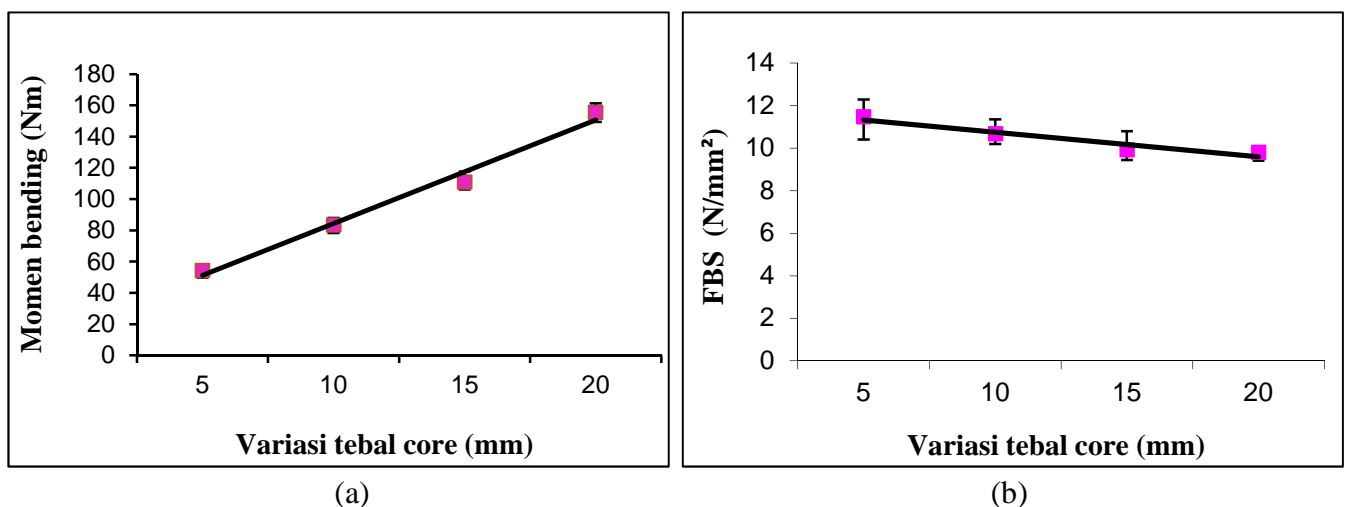
Densitas tertinggi terdapat pada tebal *skin* 5 mm sebesar 1,184 gr/cm³. Berdasarkan analisis grafik, nilai densitas naik seragam seiring bertambahnya tebal *skin*. Dikarenakan *skin* semakin tebal, maka volume komposit *skin* semakin bertambah dan berat komposit *skin* akan semakin bertambah pula. Sehingga nilai densitas komposit *sandwich* semakin meningkat seiring bertambahnya tebal *skin*. Disamping itu penambahan tebal *skin* yang berdampak pada kenaikan nilai densitas *skin* ini tidak diimbangi dengan penambahan tebal *core*.

4.4. Pengaruh tebal *core* terhadap sifat *bending* komposit *sandwich*.

Data hasil *bending* komposit *sandwich skin* serat rami dengan *core* sekam padi dengan variasi tebal *core* ditunjukkan pada tabel 4.2. Untuk memudahkan menganalisa data-data hasil penelitian ini, maka hasilnya dipaparkan dalam bentuk kurva sifat *bending* komposit *sandwich* seperti ditunjukkan pada gambar 4.3.

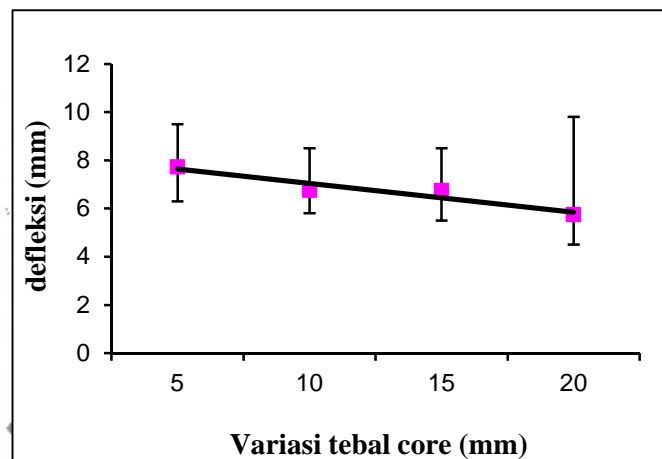
Tabel 4.4. Hasil Pengujian *Bending* Komposit *Sandwich* serat rami polyester-core sekam padi dengan variasi tebal *core*

Variasi tebal <i>core</i> (mm)	Tebal <i>skin</i> (mm)	Momen (Nmm)			Teg. Bending (N/mm ²)			Defleksi (mm)		
		Maks	Min	rata-rata	Maks	Min	rata-rata	Maks	Min	rata-rata
5	2	56,25	49,75	54,13	12,28	10,40	11,47	9,5	6,3	7,72
10	2	87,90	78,25	83,31	11,35	10,19	10,67	8,5	5,8	6,76
15	2	117,7	106,25	110,81	10,79	9,44	9,79	8,5	5,5	6,74
20	2	161,2	149,54	155,38	10,08	9,41	9,79	9,8	4,5	5,74



Gambar 4.5. (a) Grafik momen maksimum, (b) Grafik *facing bending stress* komposit *sandwich* variasi tebal *core*.

Nilai *facing bending stress* tertinggi terdapat pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 5 mm, yaitu sebesar 11,47 N/mm² (Gambar 4.3.b). Peningkatan ketebalan *core* menyebabkan penurunan *facing bending stress* komposit *sandwich*. Dengan tebal *core* yang lebih besar maka akan menyebabkan meningkatnya kemampuan komposit *sandwich* dalam menahan momen maksimum (Gambar 4.3.a). Penebalan *core* secara otomatis juga akan meningkatkan tebal dari komposit *sandwich* tersebut, sehingga mempengaruhi dari nilai *facing bending stress* nya.



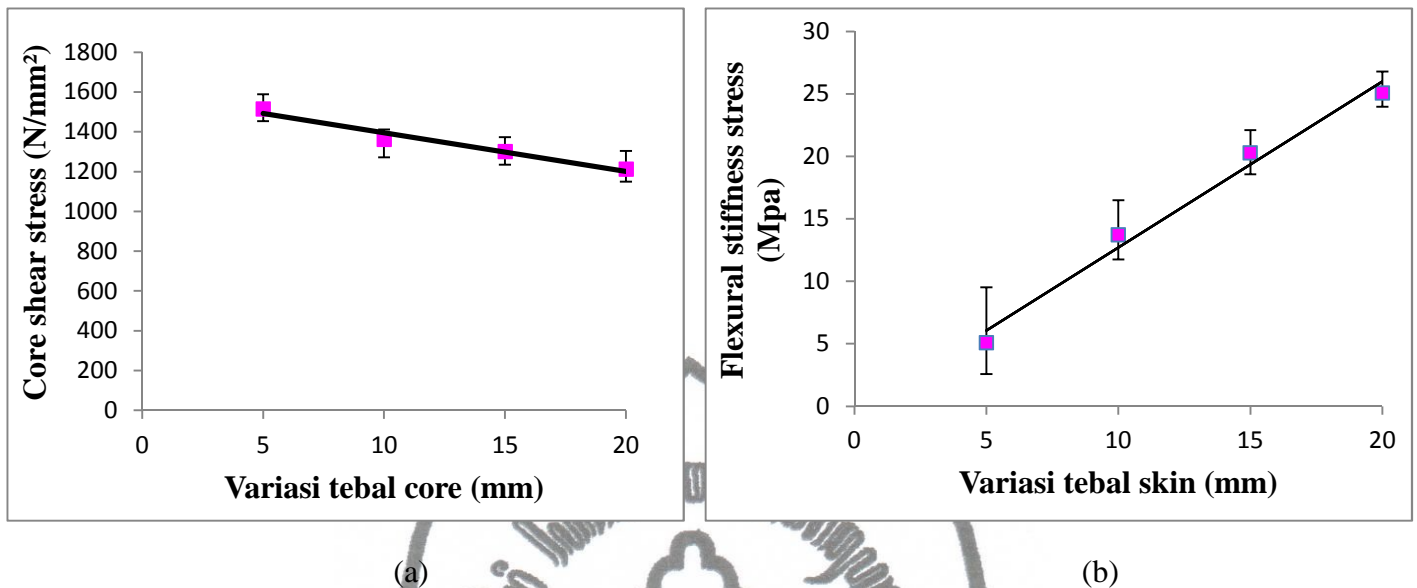
Gambar 4.6. Grafik defleksi komposit *sandwich* variasi tebal *core*

Berdasarkan analisis grafik defleksi, nilai defleksi tertinggi terdapat pada tebal *core* 5 mm sebesar 7,72 mm. Pada *core* 10,15, dan 20 mm defleksi menurun, ini dikarenakan kekakuan keseluruhan meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan *core*.

4.5. Pengaruh tebal *core* terhadap *core shear stress* dan *flexural stiffness*

Tabel 4.5. Hasil Pengujian *Bending* Komposit *Sandwich* serat rami polyester-core sekam padi dengan variasi tebal *core*

Variasi tebal <i>core</i> (mm)	Tebal skin (mm)	<i>Core shear stress</i> (N/mm ²)			<i>Flexural stiffness</i> (Mpa)		
		Maks	Min	rata-rata	Maks	Min	rata-rata
5	2	1589,06	1454,23	1514,41	9,53	2,59	5,08
10	2	1412,43	1272,35	1361,75	16,5	11,75	13,71
15	2	1372,59	1235,15	1300,5	22,1	18,56	20,26
20	2	1303,4	1148,98	1211,29	26,78	23,98	25,07



Gambar 4.7. (a) Grafik *core shear stress*, (b) Grafik *flexural stiffness* komposit *sandwich* variasi tebal *core*.

Grafik tegangan geser variasi tebal *core* di atas menunjukkan bahwa pada penambahan tebal *core* sekam padi pada komposit *sandwich skin* serat *rami* dengan *core* sekam padi mengalami penurunan tegangan gesernya. Tegangan geser tertinggi terdapat pada tebal *core* 5 mm sebesar 1514,41 N/mm². Hal ini juga diakibatkan karena semakin besar dimensi pada suatu benda uji maka tegangan gesernya pun akan semakin kecil karena dimensi benda uji sebagai pembagi dari besarnya beban yang diberikan pada benda uji tersebut.

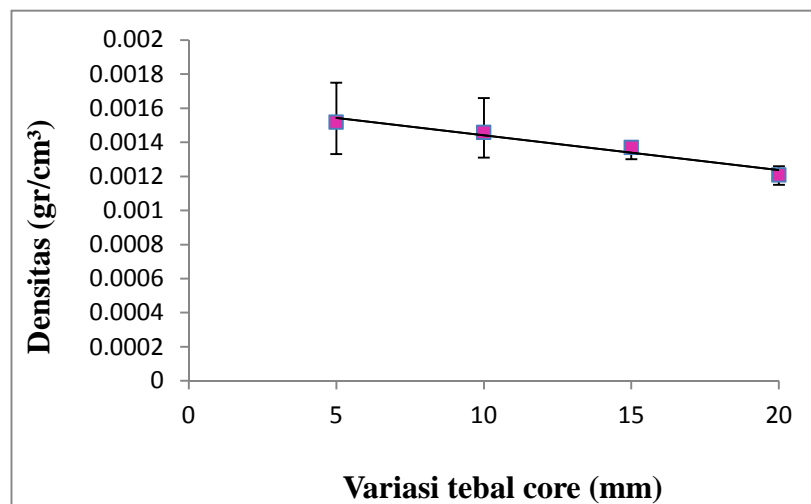
Grafik kekakuan lentur variasi tebal *core* diatas menunjukkan bahwa pada penambahan tebal *core* maka mengalami peningkatan kekakuan lenturnya. Nilai kekakuan lentur tertinggi terdapat pada *core* 20 mm sebesar 25,07 Mpa. Hal ini disebabkan semakin tebal dimensi *core* maka sifat *core* tersebut akan menjadi kaku bila digabung dengan *skin* dan dijadikan komposit *sandwich*. Sehingga kekakuan lentur komposit *sandwich* meningkat.

4.6 Pengaruh tebal *core* terhadap densitas komposit *sandwich*

Data hasil uji densitas komposit *sandwich skin* serat *rami* dengan *core* sekam padi dengan variasi tebal *core* ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Densitas komposit *sandwich*

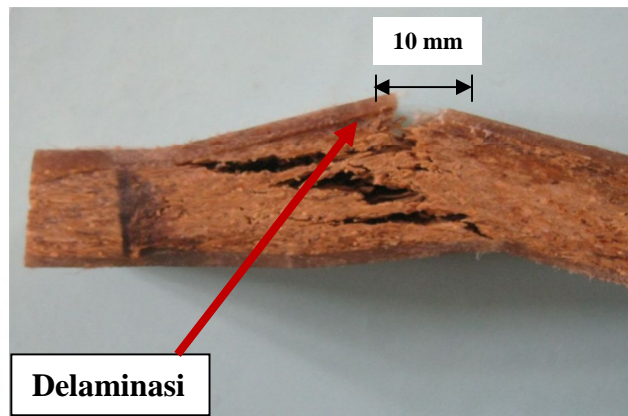
Tebal <i>core</i> (mm)	Densitas (gr/cm ³)
5	0,00152
10	0,00146
15	0,00137
20	0,00121

**Gambar 4.8.** Grafik densitas komposit *sandwich* variasi tebal *core*

Densitas tertinggi terdapat pada tebal *core* 5 mm sebesar 1,053 gr/cm³. Berdasarkan analisis grafik, nilai densitas turun seiring bertambahnya tebal *core*. *Core* semakin tebal maka volume komposit *sandwich* semakin bertambah dan berat komposit *sandwich* akan semakin bertambah pula. Akan tetapi pada penambahan tebal dan volume tidak dibarengi dengan kesebandingan beratnya. Hal ini dikarenakan pada saat pencampuran (*mixing*) pada pembuatan *core* dan *skin* tidak homogen. Pada saat pembuatan *core*, *urea formaldehyde* ada sebagian yg tidak tercampur, akibatnya nilai densitas sekam padi lebih rendah dibandingkan dengan densitas *urea formaldehyde*, sehingga berdampak pada massa dari komposit *sandwich* tersebut.

4.7. Analisa Foto Makro Kegagalan Uji *Bending*.

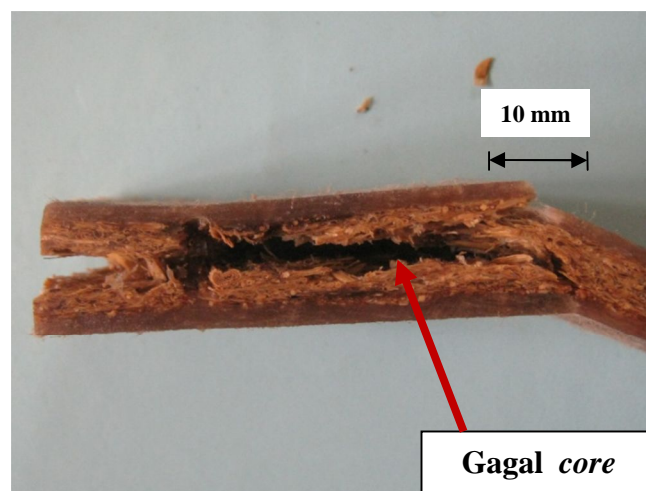
a. Delaminasi



Gambar 4.9. *Skin 2 mm-core 20 mm*

Delaminasi diakibatkan oleh ketidaksempurnaan ikatan antara *skin* dan *core* (Gambar 4.7), hal ini dikarenakan oleh 2 hal yaitu adanya serapan air bebas di dalam *core* dan kurang ketelitian proses manufaktur cetak tekan secara manual. Adanya air bebas di dalam *core* disebabkan oleh terlalu lamanya waktu menunggu *core* yang telah didinginkan sehingga *core* tersebut menyerap uap air dari udara di sekitarnya. Padahal, ketika komposit *sandwich* tersebut dikenai proses *post curing* maka air bebas tersebut menguap dan terdorong keluar antara lapisan *skin*, hal ini yang menyebabkan ikatan antara *skin* dan *core* menjadi lemah.

b. Gagal *core*



Gambar 4.10. *Skin 2 mm-core 5 m*

Kegagalan *core* diamati pada komposit *sandwich* dibawah 3 titik lentur (Gambar 4.8). *Core* terutama membawa beban geser yang diterapkan. Pada balok komposit *sandwich* dibawah tiga titik lentur *core* terutama mengalami geser dan kegagalan terjadi ketika tegangan geser maksimum mencapai nilai kritis dari bahan *core* (Daniel, 2008).



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil dan analisa pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Semakin tebal *skin* komposit *sandwich* serat rami polyester-core sekam padi pada variasi tebal *skin* maka semakin menurun kekuatan bendingnya yakni memiliki kekuatan bending tertinggi pada tebal *skin* 1 mm dan tebal *core* 10 mm sebesar (10,17 N/mm²).
2. Semakin tebal *core* komposit *sandwich* serat rami polyester-core sekam padi maka semakin menurun kekuatan bendingnya. Kekuatan *bending* tertinggi sebesar (11,47 N/mm²) pada ketebalan *skin* 2 mm dan tebal *core* 5 mm.
3. Nilai densitas variasi tebal *skin* naik seiring dengan bertambahnya tebal *skin*. Densitas tertinggi pada komposit *sandwich* variasi tebal *skin* 5 mm dengan tebal *core* 10 mm adalah 1,211 gr/cm³.
4. Nilai densitas variasi tebal *core* menurun seiring dengan bertambahnya tebal *core*. Densitas tertinggi pada komposit *sandwich* variasi tebal *core* 5 mm dengan tebal *skin* 2 mm adalah 1,149 gr/cm³.
5. Komposit *sandwich* berpenguat *skin* serat rami polyester-core sekam padi dengan variasi tebal *skin* memiliki karakteristik kegagalan core dan delaminasi.

5.2. Saran

Peneliti menyadari bahwa hasil penelitian ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, peneliti sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan hasil penelitian ini. Selain itu penulis juga menyarankan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pencetakan komposit, antara lain :

1. Pada proses pembuatan *skin* dengan serat acak hendaknya disusun merata agar memudahkan pencetakan, dan menghasilkan cetakan komposit yang tebalnya sama dalam satu bidang.

2. Meminimalkan keberadaan rongga udara (*void*) pada komposit yang akan dibuat sehingga akan memiliki kekuatan komposit dengan menggunakan alat tekan yang lebih baik.
3. Dalam pembuatan benda uji hendaknya memakai alat pengaman, karena bahan benda uji merupakan bahan kimia.

