

**PENGARUH KETEBALAN *CORE* DAN JUMLAH SIKLUS BEBAN
BENDING DINAMIS TERHADAP PENURUNAN KEKAKUAN
KOMPOSIT *SANDWICH* SERAT AREN DENGAN *CORE* SERBUK
GERGAJI KAYU SENGON LAUT**

SKRIPSI

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



Disusun Oleh :

NOPI ANDRIYANA ANGGA UMBARA
NIM. I1405007

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

commit to user
2011

MOTTO

Janganlah kamu bersikap lemah dan jangan pula bersedih hati,
padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi (derajatnya)

jika kamu orang-orang yang beriman.

(Q.S Ali Imran :139)

Jalanilah seluruh kehidupanmu dengan optimisme dan suka cita,
harapan cemerlang dan keberanian menggebu serta kata-kata yang
penuh perdamaian.

(Anonim)

Bersyukurlah saat kita tidak mengetahui sesuatu,
karena hal itu yang memberi kesempatan kepada kita
untuk terus belajar.

Dan bersyukur kita atas keterbatasan yang kita miliki,
karena hal itu yang memberi kesempatan kepada kita
untuk memperbaiki diri.

(Penulis)

commit to user

SKRIPSI INI KU PERSEMBAHKAN UNTUK

ALLAH SWI atas segala nikmat dan hidayah yang telah dikaruniakan, ampunilah aku atas minimnya syukurku kepada MU.

Rasulullah Muhammad saw, mudah-mudahan ALLAH memperkenalkanku tuk menemuimu di surgaNYA kelak.

Ibundaku Nonih dan Ayahanda Engkus Kuswana yang telah senantiasa memberikan doa, semangat dan dukungan baik moral, spiritual dan material tanpa henti, semoga aku bisa menjadi anak yang engkau harapkan.

Istriku **Mirta Ardytia** dan Anakku **Navita Abigail Florencia** yang telah membuatku lebih dewasa, semoga kita menjadi keluarga yang harmonis sampai tua.

Kakakku Dewi Rustika dan adikku Yulia Andriyani banyak pelajaran dari kalian untuk membuat hidupku menjadi lebih baik.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT berkat limpahan rahmat-NYA penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan judul **"Pengaruh Ketebalan Core Dan Jumlah Siklus Beban Bending Dinamis Terhadap Penurunan Kekakuan Komposit Sandwich Serat Aren Dengan Core Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut"**. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penulisan skripsi ini selesai berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr. Kuncoro Diharjo, S.T.,M.T. selaku pembimbing I yang telah mencurahkan segenap perhatian, nasehat dan bimbingan hingga selesainya penulisan skripsi ini.
2. Bapak Heru Sukanto, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Wijang Wisnu Raharjo, M.T, Bapak Wahyu Purwo Raharjo, S.T.,M.T. dan Bapak Teguh Triyono S.T. selaku dosen penguji.
4. Bapak Sunhaji dan Mas Yanto di Lab. Bahan UGM yang telah membantu penulis dalam pengujian spesimen.
5. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan dorongan secara moral, kasih sayang dan cambukan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Istriku Mirta Ardytia yang selalu memberi semangat, dorongan dan banyak masukan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Anakku Navita Abigail Florencia yang selalu membuatku tetap semangat dan yang membuatku bisa bertahan sampai skripsi ini selesai.
8. Kakak Adikku kelian telah menjadi inspirasiku untuk membuatku lebih dewasa.
9. Teman-teman teknik mesin : Amin (Indro), Noke (Dono), Gobet, Gagas, Kunto, Ridwan, Irul, Orton, Bedugul, Heri (celeng), Satyawan, Levi, Blink yang sangat membantu masa-masa sulit dalam menyelesaikan skripsi ini.

10. Shogun si biru hitam yang selalu setia menemani perjalanaku.
11. Semua pihak yang telah memberikan bantuan moral dan spiritual hingga terselesainya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari walaupun telah berusaha secara maksimal. Namun skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Akhirnya, besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Surakarta, November 2011

Penulis



**PENGARUH KETEBALAN *CORE* DAN JUMLAH SIKLUS BEBAN
BENDING DINAMIS TERHADAP PENURUNAN KEKAKUAN
KOMPOSIT *SANDWICH* SERAT AREN DENGAN *CORE*
SERBUK GERGAJI KAYU SENGON LAUT**

Nopi Andriyana Angga Umbara

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh ketebalan *core* dan jumlah siklus beban *bending* dinamis terhadap penurunan kekakuan (*stiffness*) komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak bermatrik polyester dengan *core* serbuk gergaji kayu sengon laut.

Bahan utama yang digunakan adalah serat aren (acak), serbuk gergaji kayu sengon laut, larutan alkali (NaOH), resin *unsaturated polyester type* 157 BQTN, hardener *methyl ethyl keton peroksida* (MEKPO). Spesimen dibuat dengan metode *hand lay up* (cetak tekan). Komposit *sandwich* tersusun dari dua lamina komposit dengan *core* ditengahnya dan fraksi volum serat 30 %. *Core* yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu sengon laut dengan variasi ketebalan 5, 10, 15 dan 20 mm dan tebal lamina 2 mm serta perlakuan alkali (5 % NaOH) serat (selama 4 jam). Pengujian dilakukan dengan beban *bending* dinamis dan pada siklus tertentu dicatat kenaikan defleksinya. Penurunan kekakuan (K) *bending* dinamis ditentukan dengan perbandingan nilai $\frac{M/\delta}{c}$. Spesimen dan prosedur pengujian *bending* mengacu pada standart ASTM C393.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa harga δ/c tertinggi terjadi pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 5 mm. Penurunan kekakuan terjadi pada semua variasi tebal *core* seiring dengan peningkatan jumlah siklus beban *bending* dinamis. Kekakuan panel komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak menurun seiring dengan bertambahnya jumlah siklus beban *bending* dinamis. Persentase penurunan kekakuan terbesar terjadi pada komposit *sandwich* pada tebal *core* 5 mm (19,04%), sedangkan yang terendah terjadi pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 20 mm yaitu sebesar (11,42%).

Kata kunci : Komposit *sandwich*, kekakuan, jumlah siklus beban *bending* dinamis, ketebalan *core*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Ketersediaan Serat Aren

Memiliki sumber hayati melimpah, Indonesia juga kaya bahan serat alam. Pemanfaatannya sebagai bahan komposit yang ramah lingkungan berpotensi menggantikan logam dan plastik. Di Kawasan Industri Mie Suun di Dusun Bendo, Klaten, Jawa Tengah berpeluang sebagai pemasok limbah serat aren yang cukup menjanjikan. Luas Dukuh Bendo mencapai 61.190 m², dengan jumlah penduduk 1.164 jiwa. Mata pencaharian utama penduduknya adalah sebagai pekerja di industri aren, dengan jumlah UKM sebanyak 35 buah. Kegiatan industri tersebut dihasilkan limbah serat aren dalam jumlah besar (Firdayati dan Handajani, 2005).

Hasil survey oleh Diharjo (2006) menunjukkan bahwa kebutuhan bahan baku batang aren per hari sekitar 150 ton. Kegiatan proses produksi tepung aren dihasilkan tepung (pati), limbah padat (ampas dan kulit kayu) dan limbah cair. Produk buangan limbah ampas tepung aren tersebut mencapai 50 ton per hari dan limbah kulit aren mencapai 20 ton per hari. Limbah kulit kayu digunakan untuk bahan bakar industri dan yang berkualitas baik dikirim ke Bali sebagai bahan kerajinan. Ampas pati aren yang halus tanpa serat digunakan untuk campuran pakan ternak sapi, sedangkan limbah yang berupa serat kasar belum dimanfaatkan. Limbah ampas yang mengandung serat kasar sekitar 50% dari limbah ampas (25 ton per hari). Eksistensi limbah ampas tepung aren yang mengandung serat ini sangat potensial untuk digunakan sebagai penguat panel komposit, seperti serat alam yang lain (kenaf, rami, rosella, abaca dll). Solusi kreatif pemanfaatan limbah serat aren menjadi produk teknologi dengan nilai ekonomi tinggi merupakan langkah yang tepat untuk menjawab permasalahan ini.

1.1.2 Ketersediaan Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut

Pemanfaatan limbah kayu sengon laut juga sudah banyak dilirik dan diaplikasikan di dalam teknologi komposit. Menurut data Desperindagkop, di karesidenan Surakarta banyak terdapat industri penggergajian kayu yang jumlahnya mencapai sekitar 150 unit industri per kabupaten (Sukoharjo, Sragen, Boyolali, Surakarta, Karanganyar, Klaten, Wonogiri). Jenis kayu yang dikerjakan bermacam-macam seperti sengon laut, glugu, dan jati. Jumlah serbuk gergaji yang paling banyak dihasilkan adalah kayu sengon laut dan glugu. Massa jenis kayu sengon laut (KSL) adalah $0,3 \text{ gr/cm}^3$ jauh lebih rendah daripada massa jenis kayu glugu. Dengan massa jenis yang lebih ringan, pemanfaatan limbah serbuk gergaji KSL lebih sesuai sebagai bahan *core* pada struktur panel *sandwich*. Setiap industri penggergajian dapat menghasilkan limbah serbuk gergaji KSL sekitar 40-60 kg/hari. Jadi produksi limbah serbuk gergaji KSL di Karesidenan Surakarta tersebut mencapai sekitar 2,5 ton per hari. Limbah serbuk gergaji tersebut biasanya hanya dibiarkan membusuk atau dibakar jika sudah mengering. Eksistensi limbah serbuk gergaji dengan menambahkan perekat yang murah mempunyai potensi yang tinggi untuk direkayasa menjadi produk *core* fleksibel untuk pembuatan panel komposit *sandwich*.

1.1.3 Keunggulan Struktur *sandwich*

Komposit *sandwich* merupakan salah satu jenis komposit yang tersusun dari 2 lapisan material atau lebih dengan *core* di bagian tengahnya dan *skin* di bagian sisi luarnya. Komposit *sandwich* yang berkembang saat ini adalah komposit *Honeycomb*, yang tersusun dari 2 lapisan *skin* dan *core* yang dibuat menyerupai rumah-rumahan lebah madu. Komposit *sandwich* merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk struktur karena strukturnya yang ringan mampu menahan beban tinggi dan modulus terhadap rasio beratnya. Selain itu, komposit *sandwich* juga dapat berfungsi sebagai panel untuk komponen di industri otomotif seperti bodi mobil.

1.1.4 Beban Struktur *sandwich*

Struktur *sandwich* mayoritas menerima beban *bending* dinamis, oleh karena itu agar rancangan panel komposit *sandwich* aman digunakan, maka kajian riset yang mampu memprediksi penurunan kekakuan panel komposit *sandwich* akibat beban

bending dinamis dipandang perlu dilakukan. Penelitian ini juga merupakan salah satu inovasi dengan memanfaatkan material limbah (aren dan serbuk gergaji kayu sengon laut). Keberhasilan studi ini akan dapat membantu pengembangan teknologi serat aren dan serbuk gergaji kayu sengon laut menjadi suatu rancangan panel komposit *sandwich* yang potensial untuk dikembangkan menjadi produk komersial.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian latar belakang di atas, komposit *sandwich* merupakan komposit yang cocok untuk struktur karena strukturnya yang ringan mampu menahan beban tinggi dan modulus terhadap rasio beratnya. Struktur *sandwich* mayoritas menerima beban *bending* dinamis, oleh karena itu agar rancangan panel komposit *sandwich* aman digunakan, maka kajian riset yang mampu memprediksi peningkatan defleksi dan penurunan kekakuan panel komposit *sandwich* akibat beban *bending* dinamis dipandang perlu dilakukan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Sifat-sifat serat aren dianggap homogen.
- b. Distribusi serat pada komposit dianggap seragam.
- c. Beban dalam pengujian dianggap konstan.
- d. Pencampuran partikel *core* dianggap merata.
- e. Kepadatan *core* dianggap sama.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh ketebalan *core* terhadap penurunan kekakuan komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak dengan *core* serbuk gergaji kayu sengon laut.

2. Mengetahui pengaruh jumlah siklus beban *bending* dinamis terhadap penurunan kekakuan komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak dengan *core* serbuk gergaji kayu sengon laut.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat, antara lain:

1. Penelitian ini akan memberikan kontribusi dalam bidang IPTEK khususnya dalam bidang teknik mesin.
2. Menjadikan serat aren dan serbuk gergaji kayu sengon laut sebagai bahan alternatif bahan penguat komposit yang ramah lingkungan.
3. Memberi masukan para ilmuwan tentang seberapa besar pengaruh perbedaan tebal *core* terhadap kekuatan *bending* dinamis pada komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak dan serbuk gergaji kayu sengon laut.
4. Meningkatkan motivasi untuk memanfaatkan serat aren dan serbuk gergaji kayu sengon laut dalam bidang rekayasa dan memunculkan inovasi-inovasi baru dalam pengolahan serat aren dan serbuk gergaji kayu sengon laut.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar penelitian dapat mencapai tujuan dan terarah dengan baik, maka penulisan penelitian ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan, berisi Latar Belakang Masalah, Perumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Sistematika Penulisan.
2. Bab II Dasar Teori, berisi tinjauan pustaka, dasar teori komposit dan penjelasan unsur-unsur penyusunnya.
3. Bab III Metode Penelitian, berisi alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, pelaksanaan penelitian dan diagram alir.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan, berisi data hasil pengujian dan pembahasannya.
5. Bab V Penutup, berisi kesimpulan yang diperoleh dan saran-saran yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dan bagi penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Kekuatan ikatan antara matrik dan serat akan menimbulkan tegangan dalam serat. Tegangan yang tinggi pada ujung serat menimbulkan adanya aliran plastik dalam matrik. Untuk dapat memanfaatkan kekuatan serat yang cukup tinggi, perlu dilakukan pencegahan agar zona plastik dari matrik tidak merambat melampaui tengah-tengah serat, sebelum regangan dalam serat mencapai regangan putus (Dieter, 1996).

Ray dkk, (2001) pada penelitiannya menyatakan bahwa komposit berpenguat serat *jute* dengan $V_f=35\%$ perlakuan alkali perendaman NaOH 5 % selama 4 jam mempunyai sifat mekanik komposit paling bagus.

Kegagalan fatik *bending* pada komposit *sandwich* serat gelas dengan *core foam rohacell WF51* terdiri dari 3 tahap yaitu :

1. kegagalan leleh cepat pada daerah sekeliling bridged zone
2. retak fatik awal, dan
3. perambatan retak fatik pada core dengan sudut perjalanan retak 70°C .

Kegagalan fatik pada daerah sekitar bridged zone terjadi pada siklus awal umur leleh, yaitu sekitar 3-15% dari total jumlah siklus beban (P_{max}). Pada 20.000 siklus beban, peningkatan level displacement mengindikasikan peningkatan tiba-tiba pada kekakuan batang, yang ada kaitannya dengan kegagalan fatik pada *bridged zone*. (Shipsha dan Zenkert, 2003)

Samirkumar dkk (2008) Melakukan penelitian kegagalan fatik *bending* pada komposit sandwich serat gelas dengan core carbon epoxy pada temperatur 22°C , 0°C , dan -60°C . Pada temperatur rendah kegagalan fatik terjadi sangat cepat dan signifikan. Sedangkan pada temperatur kamar cenderung lebih lambat dan memiliki kekakuan yang tinggi.

Boualem dkk (2007) Kegagalan fatik bending pada komposit sandwich dengan core honeycomb menyimpulkan bahwa umur kelelahan menurun dengan cepat saat beban yang di berikan meningkat.

Penambahan kandungan limbah serat mampu meningkatkan kekuatan dan modulus tarik bahan komposit berpenguat limbah serat aren bermatriks *urea formaldehyde*. Pada V_f 40 %, kekuatan, modulus dan regangan tarik komposit tersebut masing-masing adalah 30 MPa, 600 MPa dan 4,5 %. Kekuatan dan modulus tarik komposit tersebut dapat dikatakan masih rendah karena jenis matriks yang digunakan memiliki sifat mekanis yang rendah pula. Kekuatan komposit ini masih dapat ditingkatkan dengan mensubstitusi matriks yang memiliki propertis lebih baik, seperti *polyestrer*. Ketersediaan serat limbah aren yang berlimpah di klaten sangat mendukung pengembangan komposit alam (Prasetyo dkk, 2005).

Komposit berpenguat limbah serat aren dengan matriks polyester dapat dilakukan proses manufaktur dengan mudah dan memiliki kekuatan diatas 42,25 MPa untuk fraksi volume serat sekitar 30 %. Komposit berpenguat limbah serat aren perlakuan alkali (5 % NaOH) selama 4 jam bermatriks polyester memiliki kekuatan tarik dan *bending* tertinggi, sedangkan kekuatan impaknya mencapai nilai tertinggi pada komposit berpenguat limbah serat aren perlakuan alkali (5 % NaOH) selama 2 jam. Bahan core limbah serbuk gergaji kayu sengon laut-*urea formaldehyde* memiliki kekuatan tarik tertinggi pada kandungan serbuk gergaji 60 %, kekuatan *bending* tertinggi pada kandungan serbuk gergaji 40 %, kekuatan impak tertinggi pada kandungan serbuk gergaji 60 %, kekuatan geser tertinggi pada kandungan serbuk gergaji 70 %, dan kekuatan buckling tertinggi pada kandungan serbuk gergaji 60 %. Berdasarkan analisis diatas, maka dapat disimpulkan bahwa *core* limbah serbuk gergaji kayu sengon laut-*urea formaldehyde* memiliki sifat mekanis tertinggi pada kandungan serbuk gergaji sebesar 60-70 %. Mekanisme kegagalan yang sering terjadi pada komposit *sandwich* adalah delaminasi antara skin dan *core*. Faktor utama kegagalan ini adalah lemahnya ikatan interface antara skin dan *core*. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kadar air dan tidak adanya komponen pentransfer beban antara skin dan *core*. Kadar air dapat dikendalikan dengan

pemanasan menggunakan oven, sedangkan pentransfer beban dapat dilakukan dengan mengoptimasi kandungan serat acak pada daerah interface (Diharjo dkk, 2006).

Wibowo (2006), meneliti karakteristik kekuatan *bending* dinamis dan impak komposit *sandwich* karung goni-poliester dengan *core* kayu randu dengan variasi tebal *core* 5 mm, 10 mm, dan 15 mm, kekuatan *bending* dinamis komposit *sandwich* mengalami kenaikan secara signifikan pada tebal *core* 10 mm yaitu sebesar 28.839 MPa. Kekuatan impak komposit *sandwich* mengalami kenaikan dari tebal *core* 5 mm, 10 mm, dan 15 mm yaitu sebesar 0.018 J/mm² atau 58.06 %.

2.2. Kajian Teori Komposit

Komposit adalah material teknik yang dibuat dari dua atau lebih material yang mempunyai sifat fisik/ kimia yang secara signifikan berbeda dimana material tersebut tetap berbeda dan terpisah pada tingkat makroskopik dalam struktur yang sudah selesai. Dengan kata lain, komposit didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur - unsur utama yang secara makro berbeda didalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Gibson, 1994).

Dalam hal ini gabungan bahan ada dua macam (Schwartz, 1984) :

a. Gabungan makro :

1. Bisa dibedakan secara visual.
2. Penggabungan lebih secara fisis dan mekanis.
3. Bisa dipisahkan secara fisis dan mekanis.

b. Gabungan mikro :

1. Tidak bisa dibedakan secara visual.
2. Penggabungan ini lebih secara kimia.
3. Sulit dipisahkan, tetapi dapat dilakukan secara kimia.

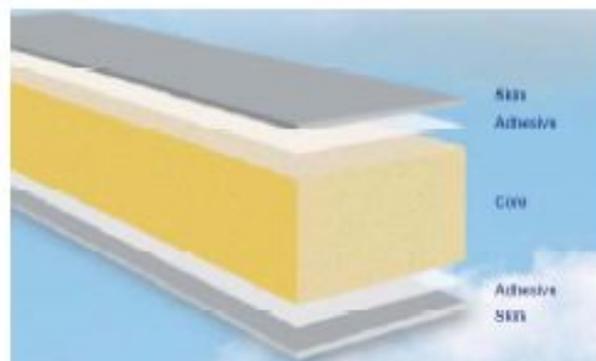
Karena bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro, maka bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran / kombinasi dua atau lebih unsur - unsur utamanya yang secara makro

berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material pada dasarnya tidak dapat dipisahkan. (Schwartz, 1984)

2.3. Unsur Penyusun Komposit *Sandwich*

Pada umumnya bahan penyusun komposit *sandwich* terdiri dari dua unsur, yaitu bahan penguat yang umumnya berupa serat (*fiber*) dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Unsur utama bahan komposit *sandwich* adalah serat. Serat inilah yang menentukan karakteristik bahan komposit *sandwich*, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lain. Seratlah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada bahan komposit *sandwich*. Sedangkan matrik berfungsi melindungi dari pengaruh lingkungan, mengikat serat dan mempersatukan serat serta meneruskan beban yang diterima komposit *sandwich*.

Sandwich adalah material komposit yang terdiri dari dua buah *skin* dimana diantara dua *skin* tersebut terdapat *core*.



Gambar 2.1. Komposit *Sandwich* (DIAB *Sandwich* Concept).

2.3.1 *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

commit to user

mudah untuk digabungkan, desain dapat dirancang sesuai kebutuhan (*freedom of design*), serta bentuk permukaan yang baik (DIAB, 2003).

2.3.2 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 (DIAB, 2003).

2.3.3 Serat Aren

Aren (*arenga pinnata wurmb* atau *Arenga Saccharifera Labill*) termasuk suku *Arecaceae* (pinang-pinangan). Aren merupakan tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*) yaitu biji buahnya terbungkus daging buah. Tanaman aren banyak terdapat mulai dari pantai timur india sampai ke Asia Tenggara. yakni meliputi India, Bangladesh, Burma, Thailand, Laos, Malaysia, Indonesia, Vietnam, Hawaii, Philipina, Guam, dan berbagai pulau sekitar pasifik. Di indonesia tanaman ini banyak terdapat di seluruh wilayah nusantara. Umur pohon aren mencapai lebih dari 50 tahun, dan di atas umur ini pohon aren sudah sangat berkurang dalam memproduksi buah. Bahkan sudah tidak mampu lagi memproduksi buah (Sunanto, 1993).

Batang aren tidak berduri, tidak bercabang, tinggi mencapai 25 m, diameter 65 cm (mirip pohon kelapa). Pohon ini mulai berbunga dari umur 6-12 tahun. Umur produktif 2-5 tahun. Pohon ini dalam pertumbuhannya berguna untuk perlindungan erosi terutama tebing-tebing sungai dari bahaya tanah longsor maupun sebagai unsur produksi (Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan, 1998).

Pohon Aren merupakan pohon yang menghasilkan bahan-bahan industri. Hampir semua bagian atau produk tanaman ini dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomis. Semua bagian pohon aren ini dapat diambil manfaatnya, mulai dari bagian-bagian fisik pohon maupun dari hasil-hasil produksinya. Hampir semua dari bagian fisik pohon ini dapat dimanfaatkan misalnya akar (untuk obat tradisional dan

peralatan), batang (untuk berbagai macam peralatan dan bangunan), daun muda atau jamur (untuk pembungkus atau pengganti kertas rokok yang disebut dengan kawung). Di Indonesia pohon aren sebagian besar secara nyata digunakan untuk bahan bangunan, keranjang, kerajinan tangan, atap rumah, gula, manisan buah dan lain sebagainya (Sumarni, dkk., 2003).

Di Indonesia tanaman ini dapat tumbuh baik dan mampu memproduksi pada daerah yang tanahnya subur pada ketinggian 500-800 m di atas permukaan laut. Pada daerah-daerah yang mempunyai ketinggian kurang dari 500 m atau yang lebih dari 800 m, tanaman aren tetap dapat tumbuh namun produksi buahnya kurang memuaskan. Di samping itu, banyaknya curah hujan juga sangat berpengaruh pada tumbuhnya tanaman ini. Tanaman aren menghendaki curah hujan yang merata sepanjang tahun, yaitu minimum sebanyak 1200 mm setahun. Jika diperhitungkan dengan perumusan Schmidt dan Ferguson, iklim yang paling cocok untuk tanaman aren ini adalah iklim sedang sampai iklim agak basah (Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan, 1998).

Tabel 2.1. Sifat fisik dan mekanik serat aren dan beberapa serat lainnya.

<i>Natural fibre</i>	<i>Density, gr./cm³</i>	<i>Tensile Strength, MPa</i>	<i>Tensile Modulus, GPa</i>	<i>Strain,%</i>	<i>Diameter, μm</i>
<i>Sugar palm</i>	1,29	190,29	3,69	19,6	99-311
<i>Curaua</i>	1,33	665-1404	20-36	2-3	49-100
<i>Nettle</i>	1,53	1594	87	2,11	19,9
<i>Hemp</i>	1,48	270	19,1	0,8	31,2
<i>Hemp</i>	1,48	550-900	73	1,6	
<i>Jute</i>	1,18	393-773	26,5	1,8	200
<i>Coir</i>	1,25	138,7	6	10,5	396,98
<i>Kenaf</i>	1,4	215,4	13-17	1,18-1,31	
<i>Bamboo</i>	0,6-0,8	200,5		10,2	
<i>E-Glass</i>	2,25	1800-3000	72-83	3	4-14

(Bachtiar D, dkk, 2009)

2.3.4 Resin *Unsaturated Polyester* (UP)

Unsaturated Polyester merupakan jenis resin *thermoset*. Karena berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, *polyester* mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin lainnya. Sifat resin ini adalah kaku dan rapuh. Mengenai sifat termalnya karena banyak mengandung *monomer stiren*, maka suhu *deformasi thermal* lebih rendah daripada resin *thermoset* lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya adalah kira-kira 110-1400°C. Ketahanan dingin resin *polyester* relatif cukup baik. Resin *polyester* juga mempunyai sifat kelistrikan yang lebih baik diantara resin *thermoset* (Wicaksono, 2006).

Table 2.2. Spesifikasi resin *Unsaturated Polyester Yukalac BQTN 157* (Justus Kimia Raya, 1996)

Item	Satuan	Nilai tipikal	Catatan
Berat Jenis	Gr/cm ³	1.215	25 ⁰
Kekerasan		40	Barcol GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	⁰ C	70	
Penyerapan air (suhu Ruangan)	%	0.188	24 Jam
	%	0.446	3 Hari
Kekuatan Fleksural	Kg/mm ²	9.4	
Modulus Fleksural	Kg/mm ²	300	
Daya Rentang	Kg/mm ²	5.5	
Modulus rentang	Kg/mm ²	300	
Elongasi	%	1	

Penggunaan resin jenis ini dapat dilakukan dari proses *hand lay up* sampai dengan proses yang kompleks yaitu dengan proses mekanik. Resin ini banyak digunakan dalam aplikasi komposit pada dunia industri dengan pertimbangan harga relatif murah, *curing* yang cepat, warna jernih, kestabilan dimensional dan mudah penanganannya (Billmeyer, 1984). Pengesetan termal digunakan *benzoyl peroksida* (BPO) sebagai katalis. Temperatur optimal adalah 80⁰-130⁰C, namun demikian

kebanyakan pengesetan dingin digunakan *metyl ethyl keton peroksida* (MEKPO) yang digunakan sebagai katalis dan ditambahkan pada 1-2 % (Surdia dan Saito, 2001).

Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin *unsaturated polyester* (UP) Yukalac 157® BTQN-EX. Pemberian bahan tambahan katalis jenis *methyl ethyl keton peroxide* (MEKPO) pada resin UP berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (*curing*). Penambahan katalis dalam jumlah banyak akan menimbulkan panas yang berlebihan pada saat proses *curing* (Bilmeyer, 1984).

2.3.5 Katalis *metyl ethyl 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 matrik suatu komposit. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan. Tetapi bila katalis yang dicampurkan terlalu banyak maka akan menyebabkan komposit menjadi getas (Saito, 1985).

Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya. Pada saat mencampurkan katalis ke dalam matriks maka akan timbul reaksi panas (600-900°C). Proses pengerasan resin diberi bahan tambahan berupa katalis jenis *metyl ethyl keton peroksida* (MEKPO). Katalis ini 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).

2.4 Pengeringan Serat

Proses pengeringan adalah proses terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Dalam proses ini kandungan uap air udara lebih sedikit atau dengan kata lain udara mempunyai kelembaban relatif yang rendah, sehingga terjadi penguapan. Kemampuan udara membawa uap air bertambah besar jika perbedaan antara kelembaban udara pengering dengan udara di sekitar bahan semakin besar. Faktor yang dapat mempercepat proses pengeringan adalah kecepatan angin atau udara yang mengalir dan penambahan temperatur. Akan tetapi pengeringan yang terlalu cepat

dapat merusak bahan, yakni permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air bahan ke permukaan. Hal ini menyebabkan pengerasan pada permukaan bahan (Taib, 1988).

SG KSL mempunyai sifat higroskopis yaitu dapat menyerap atau melepas air atau kelembaban. Bila *core* SG KSL tersebut belum dikeringkan pada saat penggunaan, maka *core* SG KSL dapat mengembang pada kondisi musim hujan atau pada kelembaban tinggi dan dapat menyusut pada kondisi musim kemarau atau pada kelembaban rendah. Pengeringan *core* SG KSL adalah proses untuk melepas sebagian air yang terkandung di dalam *core* SG KSL hingga mencapai kadar air *core* SG KSL tertentu atau yang diinginkan. Kadar air *core* SG KSL adalah banyaknya air yang terkandung dalam *core* SG KSL yang dinyatakan dalam persen.

Kandungan air yang terdapat di dalam kayu terdiri dari (Reeb, 1995) :

- a. Air bebas (*free water*) adalah air yang terdapat di antara rongga sel selulosa kayu, paling mudah dan terlebih dahulu keluar. Air bebas ini tidak mempengaruhi sifat dan bentuk kayu kecuali berat kayu.
- b. Air terikat (*bound water*) adalah air yang berada di dalam sel selulosa SG KSL, sangat sulit untuk dilepas. Air terikat inilah yang dapat mempengaruhi sifat *core* SG KSL misalnya penyusutan. Bila air bebas telah keluar dan kondisi dinding sel jenuh air, maka dapat dikatakan *core* SG KSL telah mencapai kadar air titik jenuh serat (*fiber saturation point*). Tingkatan titik jenuh serat untuk semua jenis kayu tidak sama, hal ini karena adanya variasi susunan kimiawi kayu.

Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan melakukan pengeringan *core* SG KSL sebagai berikut :

- a. Menjamin kestabilan *core* SG KSL.
- b. Membuat *core* SG KSL menjadi ringan, hemat ongkos angkut.
- c. Mudah pengerjaan selanjutnya.
- d. Mencegah serangan jamur dan hama kayu, karena organisme tersebut pada umumnya tidak dapat hidup di bawah kadar air 20 %.

Untuk menghasilkan kekuatan yang tinggi pada komposit *sandwich*, maka kegagalan akibat terjadinya delaminasi antara komposit *skin* dengan *core* tidak boleh terjadi. Hal ini dapat tercapai dengan mengurangi kadar air serbuk gergaji kayu sengon laut dan serat aren. Kadar air bebas sel selulosa pada serat dan *core* SG KSL harus dihilangkan, namun kadar air terikat di dalam sel harus dipertahankan agar tidak terjadi degradasi kekuatan serat selulosa (Diharjo, 2006).

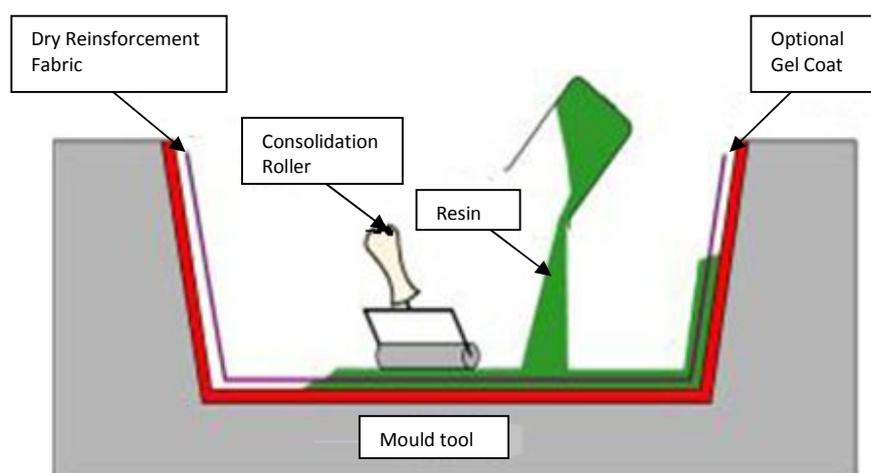
Penentuan kadar air pada *core* SG KSL dilakukan dengan membagi massa kayu kayu basah (massa awal) dengan massa kayu setelah kondisi kering (massa tetap). Kadar air pada *core* SG KSL dan serat dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.1 (Simpson, 1997).

$$Kd_{air} = \frac{W_a - W_o}{W_o} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan catatan : Kd_{air} = kadar air (%); W_a = massa *core* basah (gr); W_o = massa *core* kering (gr).

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).



Gambar 2.2. Proses *hand lay-up* (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 (Gibson, 1994).

Keuntungan *hand lay up* :

- a. Peralatan sedikit dan harga murah.
- b. Kemudahan dalam bentuk dan desain produk.
- c. 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 Karakteristik Material Komposit

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menentukan karakteristik lamina/skin, (Chawla, 1987).

2.6.1 Massa Jenis Komposit

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

ρ_c = Massa jenis komposit (gr/m³)

m_c = Massa komposit (gr)

V_c = Volume komposit (m³)

$$V_c = p \times l \times t \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

p = Panjang spesimen (m)

l = Lebar spesimen (m)

t = Tebal spesimen (m)

2.6.2 Fraksi Volume Komposit

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.

Fraksi Volume (V) :

$$V_f = \frac{\text{Volume serat}}{\text{Volume komposit}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

$$V_{\text{serat}} = \frac{\frac{m_f}{\rho_f}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

$$V_{\text{matrik}} = \frac{\text{Volume matrik}}{\text{Volume komposit}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

$$V_{\text{matrik}} = \frac{\frac{m_m}{\rho_m}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

m_f = massa serat (gr)

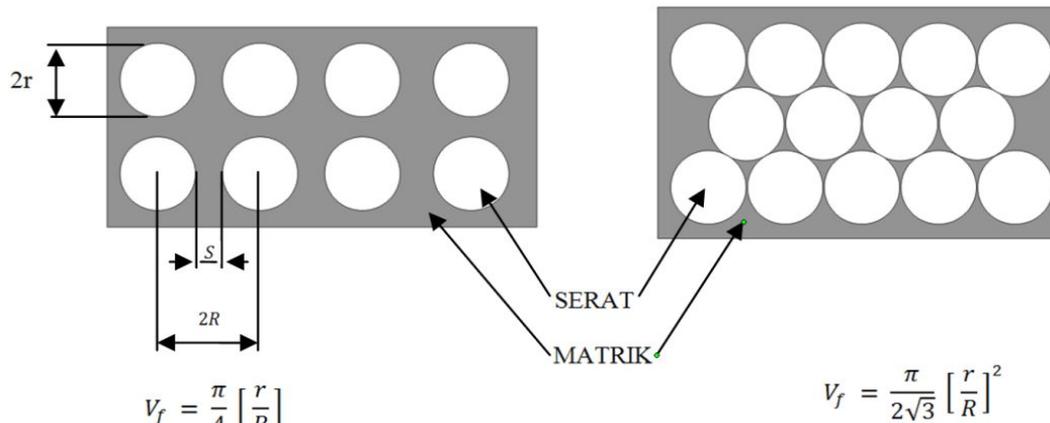
m_m = massa matrik (gr)

ρ_f = massa jenis serat (gr/mm³)

ρ_m = massa jenis matrik (gr/mm³)

Kekuatan komposit dapat ditentukan dengan persamaan (Shackelford, 1992):

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m \dots\dots\dots(2.8)$$



Gambar 2.3. Struktur mikro komposit dengan peletakan serat teratur dan homogen (Gibson, 1994).

2.7 Kajian Teori Pengujian *Bending* Dinamis

Jika komposit *sandwich* diasumsikan homogen dan dikenai pengujian *four point bending* dengan sumbu netral terletak ditengah, maka momen *bending* maksimum komposit *sandwich* dapat dirumuskan dengan persamaan (2.9) berikut ini:

$$M = \frac{P}{2} \times \frac{L}{4} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

M = momen *bending* maksimum (Nmm)

P = beban maksimum (N)

L = panjang *span* (mm).

Momen inersia komposit *sandwich* ditentukan dengan persamaan (2.10) berikut ini :

$$I = \frac{bd^3}{12} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

I = momem inersia (mm⁴)

b = lebar komposit *sandwich* (mm)

d = tinggi komposit *sandwich* (mm).

Dari persamaan (2.9) dan (2.10) maka besarnya tegangan *bending* dapat dihitung dengan persamaan (2.11) berikut ini.

$$\sigma_b = \frac{M.y}{I}$$

$$\sigma_b = \frac{\frac{P.L}{8} \times \frac{d}{2}}{\frac{1}{12} \times b \times d^3}$$

$$\sigma_b = \frac{3P.L.}{4b.d^2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

σ_b = tegangan *bending* komposit *sandwich* (MPa)

M = momen *bending* maksimum (Nmm)

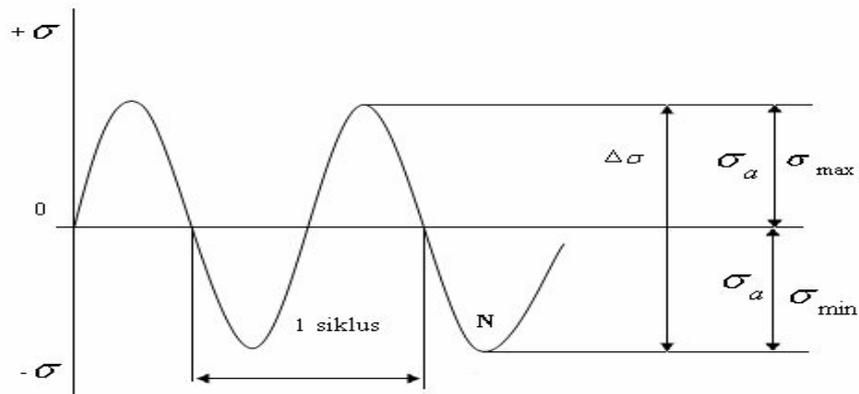
P = beban maksimum (N)

L = panjang *span* (mm)

d = tebal komposit *sandwich* (mm)

b = lebar komposit *sandwich* (mm).

Pengujian kelelahan dapat dilakukan dengan beban tarik, tekan, *bending* atau kombinasi dari ketiga beban. Pada pengujian kelelahan terdapat lima parameter dasar yang biasa digunakan dalam definisi tegangan siklus. Dalam pengujian lelah *bending*, besarnya R sama dengan -1. Konfigurasi beban uji lelah dapat bervariasi dengan mengombinasikan beban sinusoidal amplitude konstan dan beban lebih, seperti ditunjukkan pada gambar 2.4 (Fuchs dan Stephens, 1980).



Gambar 2.4. Siklus amplitude konstan dan beban lebih
(Fuchs dan Stephens, 1980)

Dimana :

σ_{min} = Tegangan minimum

σ_{max} = Tegangan maksimum

Tegangan bolak balik seragam :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \dots\dots\dots(2.12)$$

Tegangan rata-rata :

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \dots\dots\dots(2.13)$$

Perbandingan tegangan (R)

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Perbandingan amplitude

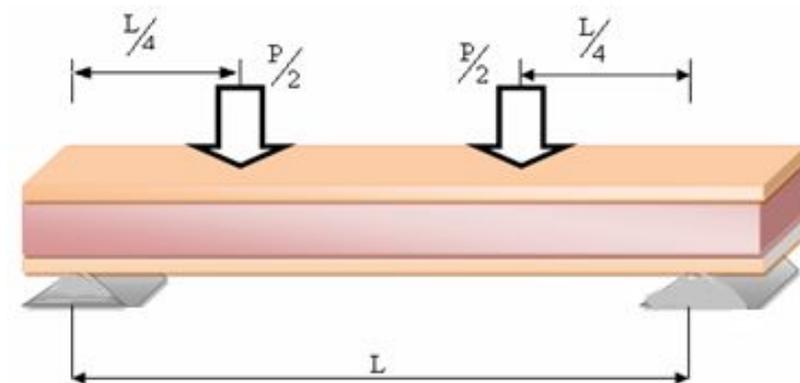
$$A = \frac{\sigma_a}{\sigma_m} = \frac{1 - R}{1 + R} \dots\dots\dots(2.15)$$

Pengujian suatu bahan dimaksudkan untuk memperoleh kepastian mengenai sifat-sifat dan kekuatan bahan tersebut. Melalui pengujian yang teliti akan diketahui apakah bahan tersebut dapat digunakan untuk suatu konstruksi tertentu.

Pada pengujian *bending* dinamis, untuk menentukan kelelahan komposit *sandwich*, kekakuan merupakan hal terpenting yang perlu diperhatikan. Penurunan kekakuan dapat digunakan untuk memprediksi mekanisme kegagalan komposit *sandwich*. Selama pengujian kelelahan $\frac{\text{momen / defleksi}}{\text{tebal core}}$ dapat digunakan untuk menentukan penurunan kekakuan suatu material.

Kekakuan material dapat digunakan untuk mengetahui mekanisme kegagalan komposit *sandwich* selama pengujian kelelahan. Kegagalan yang terjadi pada komposit *sandwich* biasanya diawali dengan *microcracks* kemudian berkembang menjadi *cracks*. Pada pengujian kelelahan, *cracks* sangat sulit dideteksi selama pengujian. Kegagalan komposit *sandwich* lebih mudah diamati dengan fenomena penurunan kekakuan seiring bertambahnya siklus pengujian. Kegagalan terjadi saat material tidak mempunyai kekakuan, sehingga umur lelah komposit *sandwich* dapat dilihat melalui penurunan kekakuan. Untuk mengetahui penurunan kekakuan *bending* dinamis komposit *sandwich* dapat dilakukan pengujian dengan mesin uji *servopulser*. Pada pengujian *bending* dinamis, bagian atas spesimen akan mengalami tegangan tekan dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik.

Metode pengujian *bending* dinamis ada dua macam yaitu metode *three point bending* dan metode *four point bending*. Dalam pengujian ini digunakan metode pengujian *four point bending*. Pengujian *bending* dinamis bagi bahan keras dan getas adalah cara terbaik untuk menentukan kelelahan, kekakuan, kekuatan, dan kegetasan.



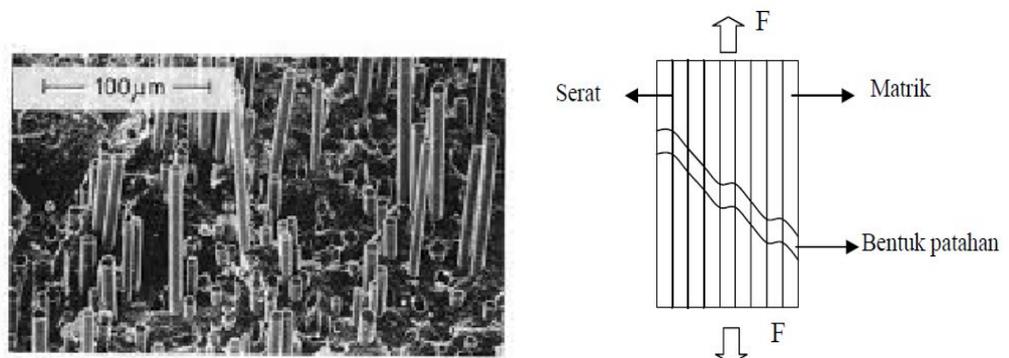
Gambar 2.5. Pengujian *Four point bending* sesuai standar ASTM 393

2.8 Model Patahan Komposit *Sandwich*

Patahnya material komposit *sandwich* dapat disebabkan oleh deformasi ganda, antara lain disebabkan oleh kondisi pembebanan serta struktur mikro komponen pembentuk komposit *sandwich*. Jenis model patahan material komposit *sandwich* antara lain :

2.6. Patah Banyak

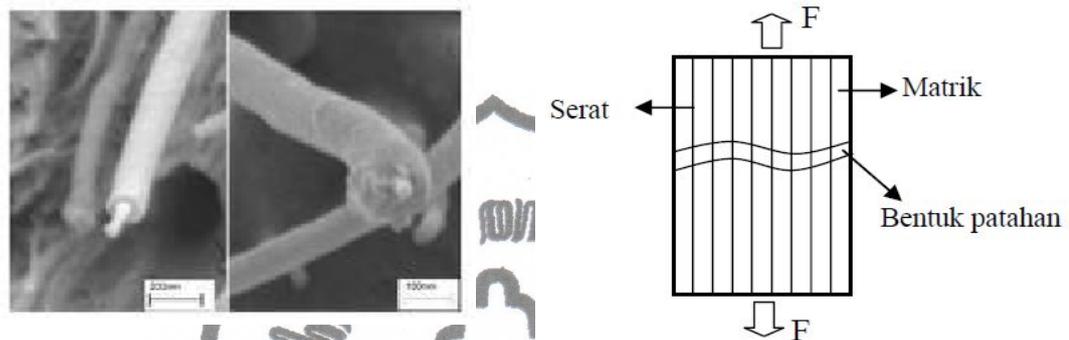
Jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan *interface* masih baik, matrik mampu mendukung beban yang diterima dengan cara mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Apabila matrik mampu menahan gaya geser dan meneruskan beban ke serat yang lain, maka jumlah serat yang putus semakin banyak. Patahan terjadi pada lebih dari satu bidang (Schwartz, 1984).



Gambar 2.6. Patah banyak (Schwartz, 1984)

2.7. Patah Tunggal

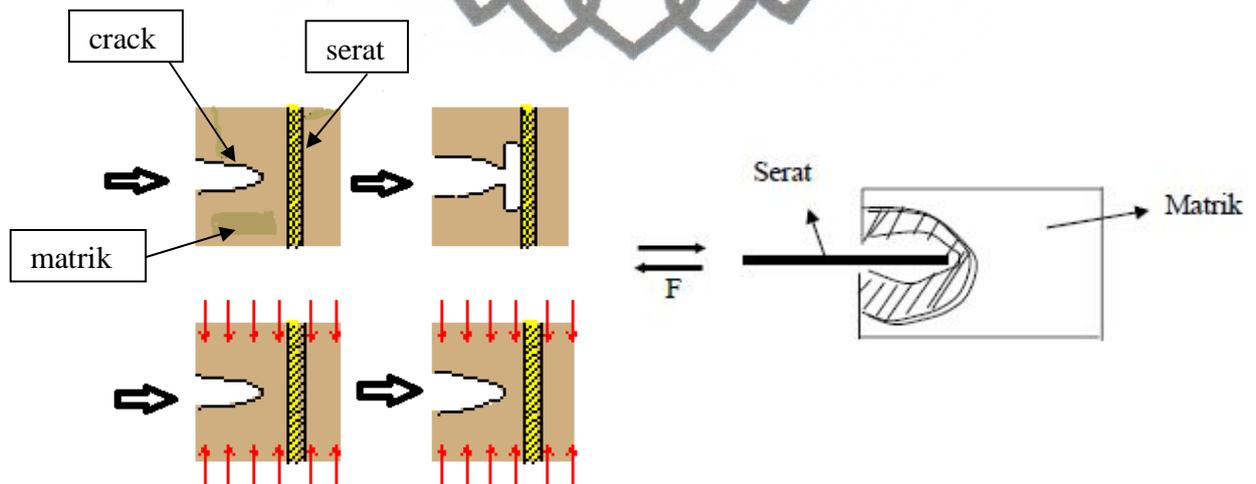
Patah yang disebabkan ketika serat putus akibat beban tarik, matrik tidak mampu lagi menahan beban tambahan. Patahan terjadi pada satu bidang (Schwartz, 1984).



Gambar 2.7. Patah tunggal (Schwartz, 1984)

2.8. Debonding

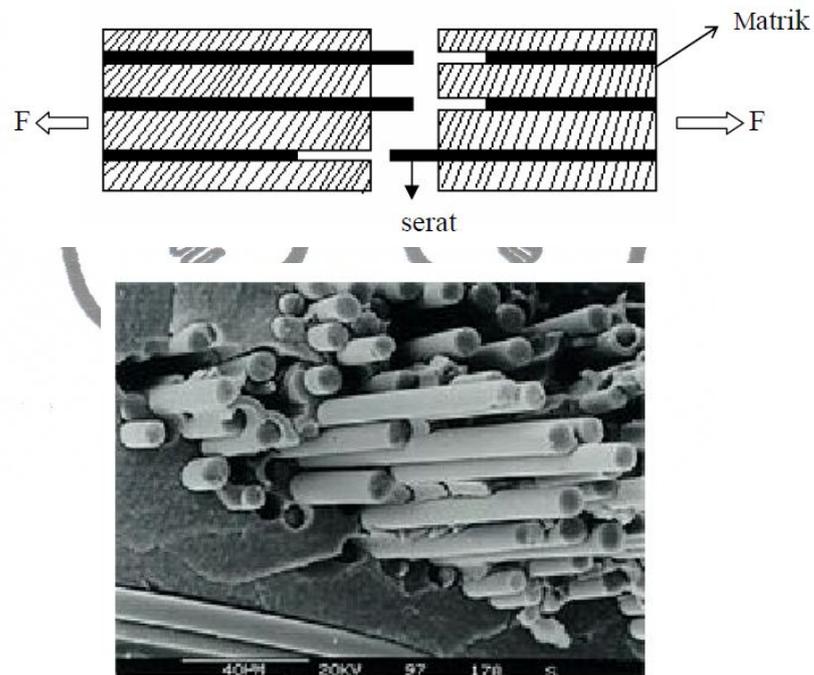
Debonding adalah lepasnya ikatan pada bidang kontak matrik serat, disebabkan gaya geser yang tidak mampu ditahan oleh matrik (Schwartz, 1984).



Gambar 2.8. Debonding (Schwartz, 1984)

2.9. Fiber Pull Out

Fiber Pull Out adalah tercabutnya serat dari matrik yang disebabkan ketika matrik retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang. Namun, komposit masih mampu menahan beban walaupun beban yang mampu ditahan lebih kecil dibandingkan dengan beban maksimum. Saat matrik retak, beban akan ditransfer dari matrik ke serat di tempat persinggungan retak. Selanjutnya, kemampuan untuk mendukung beban berasal dari serat. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matrik (akibat debonding dan patahnya serat) (Schwartz, 1984).



Gambar 2.9. *Fiber pull out* (Schwartz, 1984)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan spesimen uji antara lain :

3.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan komposit, yaitu:

a. 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.

b. Cetakan

Cetakan komposit terbuat dari besi cor.

c. Gelas ukur dan suntikan

Gelas ukur berfungsi untuk menakar matrik sesuai dengan hasil perhitungan. Suntikan berfungsi untuk menakar katalis yang akan dicampurkan sesuai dengan hasil perhitungan.

d. Malam (lilin)

Malam atau lilin berfungsi sebagai bahan perapat sambungan plat pada cetakan agar campuran matrik dan katalis tidak merembes atau bocor keluar cetakan yang menyebabkan *void* pada tiap pojok cetakan.

e. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur panjang, lebar dan tebal spesimen.

f. Gerinda

Gerinda tangan digunakan untuk membetuk spesimen uji impak

g. *Press Mold*

Balok penekan ini digunakan untuk menekan komposit.

h. Gelas corong dan pengaduk

Gelas corong berfungsi untuk memasukkan campuran matrik dan serat ke dalam cetakan komposit agar tidak tumpah. Pengaduk berfungsi sebagai alat pengaduk antara matrik dan katalis agar proses pencampuran dapat merata.



(a) peralatan cetak

(b) timbangan digital

(c) oven

Gambar 3.1. Peralatan yang dibutuhkan dalam pembuatan komposit *sandwich*

3.1.2 Bahan Penelitian

Tabel 3.1. Bahan yang digunakan dalam penelitian.

No.	Bahan	Jenis	Sumber	Keterangan
1.	limbah ampas pati aren (serat aren)	<i>Arenga Pinnata</i>	kawasan industri pati aren (kelompok UKM industri mie suun) di dusun Bendo, Tulung, Delanggu, Klaten, Jawa Tengah	sebagai penguat <i>skin</i> komposit
2.	limbah serbuk gergaji kayu sengon laut	kayu sengon laut	Berbagai UKM pengolahan kayu sengon laut di Surakarta dan sekitarnya	sebagai <i>core</i> komposit
3.	matrik <i>core</i>	<i>urea formaldehyde</i>	PT. Pamalite Adhesive Industry Probolonggo, Jawa Timur	untuk mengikat <i>core</i>

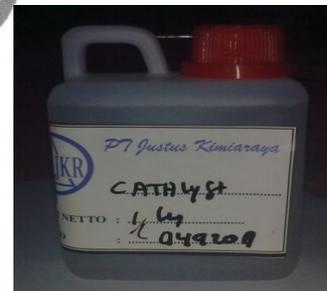
4.	katalis	<i>methyle ethyl keton peroxide (MEKPO)</i>	PT. Justus Kimia Raya Semarang	mempercepat pengerasan
5.	resin	<i>unsaturated polyester resin (UPR)</i> yukalac® 157 BTQN-EX	PT. Justus Kimia Raya Semarang	sebagai pengikat/matrik komposit
6.	alkali	NaOH	toko kimia CV Agung jaya di wilayah Surakarta	untuk perlakuan alkali
7.	<i>release</i>	Mirror Glaze	toko besi	memudahkan pelepasan <i>sandwich</i>



(a) serat aren



(b) resin



(c) katalis



(d) serbuk gergaji KSL



(e) NaOH



(f) hardener

Gambar 3.2. Bahan-bahan penyusun komposit *sandwich*

3.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi berbagai tahap, hal ini dapat di lihat seperti bawah ini:

3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat-alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan komposit disiapkan seperti serat aren,serbuk gergaji kayu sengon laut, resin, katalis, larutan NaOH, urea fomaldehide dan peralatan yang menunjang lainnya dalam pembuatan spesimen.

3.2.2 Pengolahan Bahan Dasar

a. Pencucian Serat Aren

Mekanisme pembersihan serat aren yang ada di dalam limbah ampas pati dilakukan dengan menggunakan air bersih. Hasilnya berupa serat bersih yang selanjutnya serat dikeringkan (pengeringan alami) selama 3 hari. Serat yang sudah kering dimasukkan ke dalam plastik agar tidak mudah menyerap uap air.

b. Perlakuan Alkali

Proses perlakuan alkali pada serat yaitu dengan cara perendaman serat ke dalam larutan alkali (NaOH 5 %). Perbandingan volume serat dengan larutan alkali adalah 1 : 15 (Ray dkk, 2001).

c. Netralisasi Serat

Selanjutnya serat dinetralkan dari larutan NaOH dengan direndam di dalam aquades selama 3 hari dimana setiap 12 jam serat dibilas 3 x dan airnya selalu diganti secara periodik. Serat ditiriskan kembali hingga kering. Setelah kering serat tersebut sudah siap untuk diolah lebih lanjut.

d. Pengeringan Serbuk Gergaji

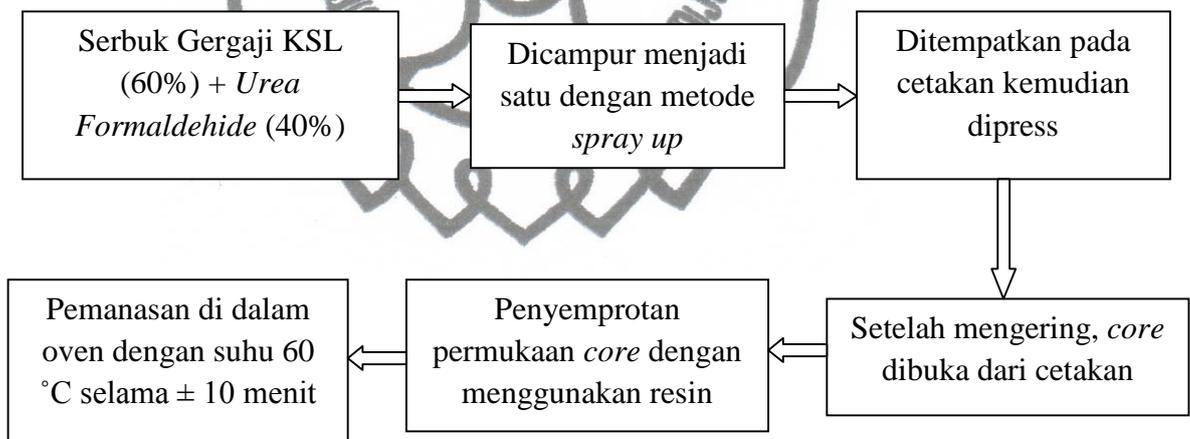
Bahan serbuk gergaji kayu sengon laut dari industri pengolahan kayu sengon laut di Boyolali kemudian dikeringkan dengan ditiriskan tanpa sinar matahari. Serbuk gergaji yang sudah kering kemudian disimpan di dalam plastik agar tidak mudah menyerap uap air.

3.3 Teknik Pembuatan Komposit

3.3.1 Teknik Manufaktur Core

Proses manufaktur *core* dilakukan dengan mencampur SGKSL dengan urea formaldehyde pada variasi fraksi berat serbuk 60%. Proses pencampuran dilakukan dengan metode *spray up* menggunakan *spray gun* sehingga pencampuran bahan lebih konvergen. Campuran SG-UF kemudian diletakkan secara merata pada permukaan cetakan dan dilakukan pengepresan hingga ketebalan 5 mm, 10 mm, 15 mm, dan 20 mm. Dengan mengetahui massa jenis kayu sengon laut ($0,3 \text{ gr/cm}^3$) dan UF maka dapat diperhitungkan kebutuhan bahan penyusun *core*. Ketika pengepresan berlangsung, pemanasan dapat dilakukan di bawah sinar matahari untuk mempercepat pengeringan. *Core* SGKSL pada penelitian ini dibuat dengan ukuran luas 24 mm x 20 mm sesuai dengan luas cetakan.

Mekanisme pembuatan *core* dapat digambarkan sebagai berikut :



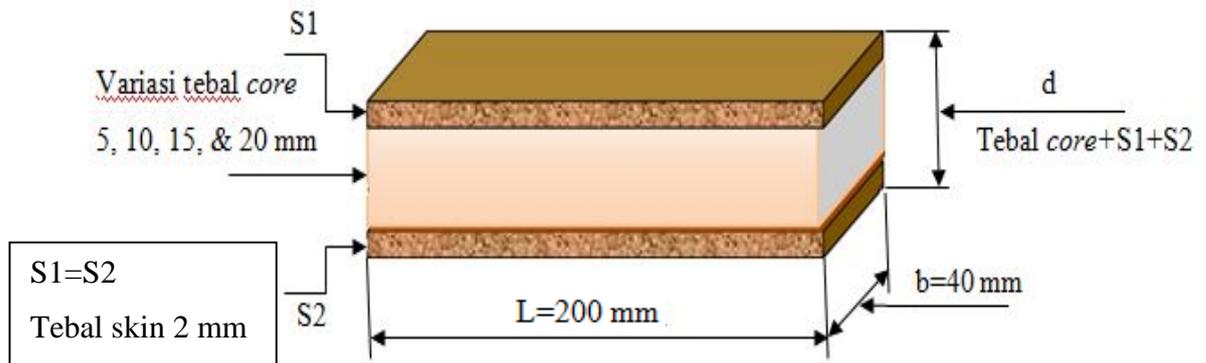
Gambar 3.3. Diagram alir pembuatan *core* limbah serbuk gergaji KSL

3.3.2 Teknik Manufaktur Komposit Sandwich

Proses pembuatan panel komposit *sandwich* dilakukan dengan menggabungkan *core* serbuk gergaji KSL dengan *skin* komposit bahan serat aren. Proses penggabungan dilakukan dengan metode *hand lay up* dan *press mold*. Proses ini dimulai dengan melakukan perhitungan jumlah serat dan matrik yang dibutuhkan agar terbentuk panel komposit *sandwich* dengan fraksi volume serat

sebesar 30%, dan fraksi volume matrik sebesar 70%, dimana massa jenis serat aren 1,4 gr/cm³.

Core SGKSL hasil pengepresan yang sudah mengering kemudian dilakukan penyemprotan pada permukaannya dan dikeringkan kembali. Penyemprotan resin ke permukaan *core* ini dilakukan agar resin cair pada proses manufaktur komposit *sandwich* tidak meresap ke dalam *core*.



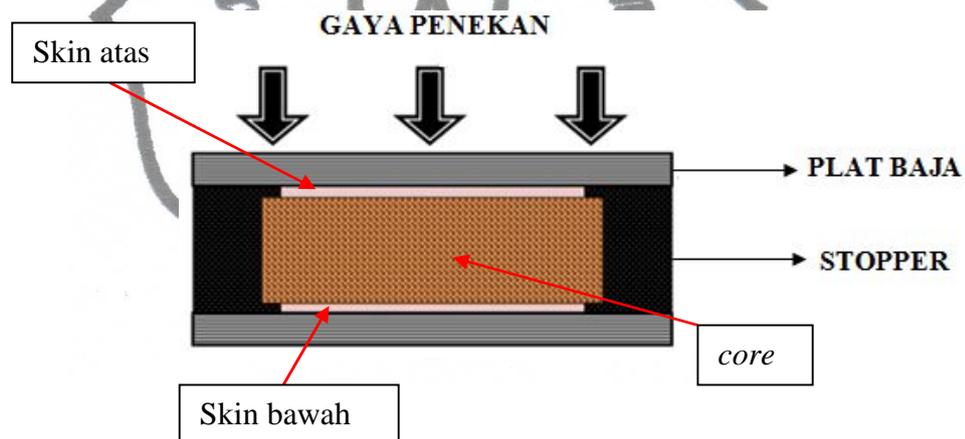
Gambar 3.4. Dimensi Komposit *sandwich*

Manufaktur komposit *sandwich* dilakukan dengan menggabungkan *core* SGKSL dengan *skin* serat aren yang diproses dengan metode *hand lay up*. Spesimen dibuat dengan ukuran 240 mm x 100 mm.

Untuk mengatur ketebalan komposit maka digunakan stopper sesuai dengan variasi tebal *core*. Setelah melakukan perhitungan komposisi serat dan matrik yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah mempersiapkan cetakan dengan cara melapisi seluruh permukaan cetakan yang akan bersentuhan dengan komposit menggunakan mika agar permukaan spesimen yang terbentuk menjadi halus dan rata. Kemudian untuk mempermudah pengambilan panel komposit setelah mengeras, permukaan atas mika yang bersentuhan dengan panel komposit diolesi dengan *releaser*. Setelah itu dilakukan pemasangan *stopper* pada kedua ujung cetakan. Fungsi *stopper* untuk pembatas panjang dan sebagai pemberi batas tebal komposit yang akan dibuat. Pembuatan panel komposit *sandwich* dilakukan dengan metoda kombinasi *hand lay up* dan *press mold*. Matrik resin dan *hardener* yang dipakai adalah *unsaturated polyester* (UP) *Yukalac*[®] 157 BQTN-

EX dan MEKPO, produksi PT. Justus Kimia Raya Semarang. Kadar *hardener* yang digunakan adalah 1% (sesuai acuan dari PT. Justus).

Setelah cetakan, *core*, matrik, dan serat siap, proses pencetakan panel komposit *sandwich* dimulai dengan menuangkan matrik secara merata di dalam cetakan kemudian dilanjutkan dengan peletakan serat aren sesuai dengan hasil perhitungan. Penambahan matrik dilakukan ketika lapisan serat diletakkan hingga serat terbasahi seluruhnya. Kemudian *core* diletakkan di atas serat aren dan dilumuri dengan matrik yaitu resin. Setelah merata kemudian serat aren diletakkan kembali diatas *core* dan dibasahi kembali dengan resin secara merata, Setelah semua bahan dimasukkan ke dalam cetakan maka segera dilakukan proses penekanan cetakan dengan menggunakan dongkrak hidrolik manual. Setelah proses pengeringan di ruang terbuka (*curing*) sekitar 7-8 jam, panel komposit *sandwich* dapat dikeluarkan dari cetakan.



Gambar 3.5. Pengepresan komposit *sandwich*



Gambar 3.6. Proses manufaktur komposit sandwich

3.3.3 Proses *Postcure* Spesimen.

Sebelum dilakukan pengujian impak *charpy*, terlebih dahulu dilakukan proses *postcure* di dalam oven pada suhu 60°C selama 4 jam. *Postcure* dilakukan untuk menyempurnakan ikatan rantai polimer *polyester*. Setelah selesai kemudian dilakukan pemotongan spesimen uji *bending* dinamis sesuai ukuran yang ditentukan.

3.4 Pengujian Komposit *Sandwich*

Pengujian spesimen *bending* dinamis dilakukan pada komposit *sandwich* dengan variasi tebal *core* 5mm, 10mm, 15mm dan 20mm. Titik-titik tumpuan pengujian *four point bending* dinamis ini dilakukan dengan metode yang sama seperti pada pengujian *bending* statis. Namun, pembebanan pada pengujian ini dilakukan secara dinamis. Besarnya momen *bending* dinamis maksimum ditentukan sebesar 30% dari momen *bending* statis, sedangkan besarnya momen *bending* dinamis minimum adalah 0%. Tujuan utama pengujian dinamis ini adalah untuk menyelidiki penurunan kekakuan komposit *sandwich*. Penurunan kekakuan komposit *sandwich* ditunjukkan dengan penurunan harga M/δ . Untuk mengeliminasi faktor ketebalan *core*, penurunan kekakuan *bending* dapat juga diamati dengan menghitung penurunan harga $(M/\delta)/c$.

Pengujian penurunan kekakuan komposit *sandwich* dilakukan dengan pembebanan *bending* dinamis hingga siklus tertentu dan selanjutnya spesimen diuji *bending* statis dengan momen maksimum sama dengan momen maksimum uji *bending* dinamis (30% dari momen statis). Setelah jumlah siklus tertentu, panel komposit *sandwich* tersebut dilakukan pengujian statis untuk mengamati peningkatan defleksi spesimen uji. Dalam penelitian ini, pengujian statis dilakukan setelah benda uji mengalami pembebanan *bending* dinamis sebanyak 20.000 siklus dan kelipatannya (20.000, 40.000, 60.000,...dan seterusnya). Hal ini dilakukan berulang-ulang hingga jumlah siklus tertentu sehingga menunjukkan adanya perubahan defleksi yang sangat signifikan.

Standar pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah standar ASTM. Dimensi spesimen uji *bending* dinamis dapat dilihat pada gambar 4.10. Pengujian *bending* dinamis komposit *sandwich* dilakukan dengan menggunakan mesin *servopulser* seperti pada gambar 3.7.



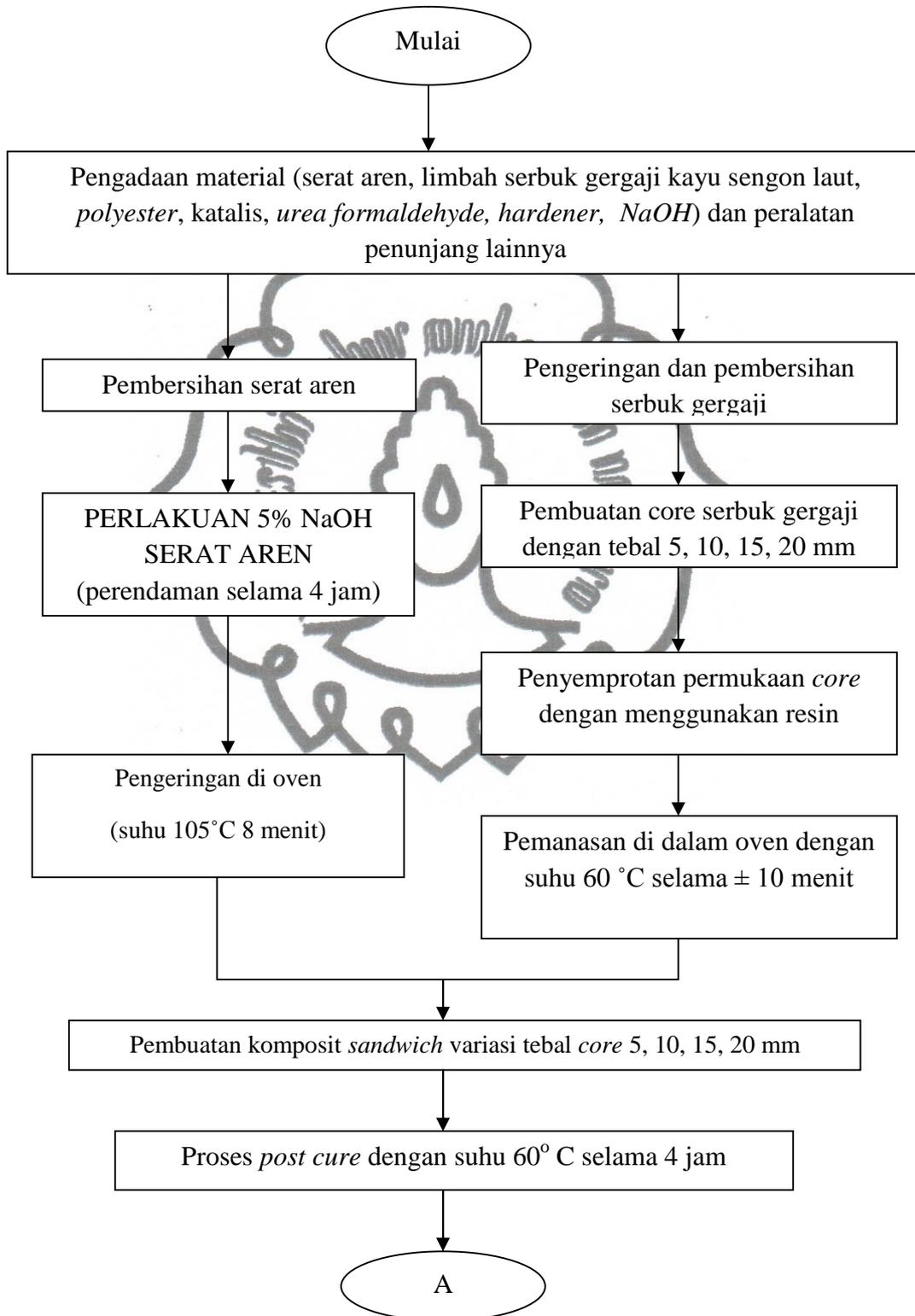
Gambar 3.7. Mesin uji *servopulser*

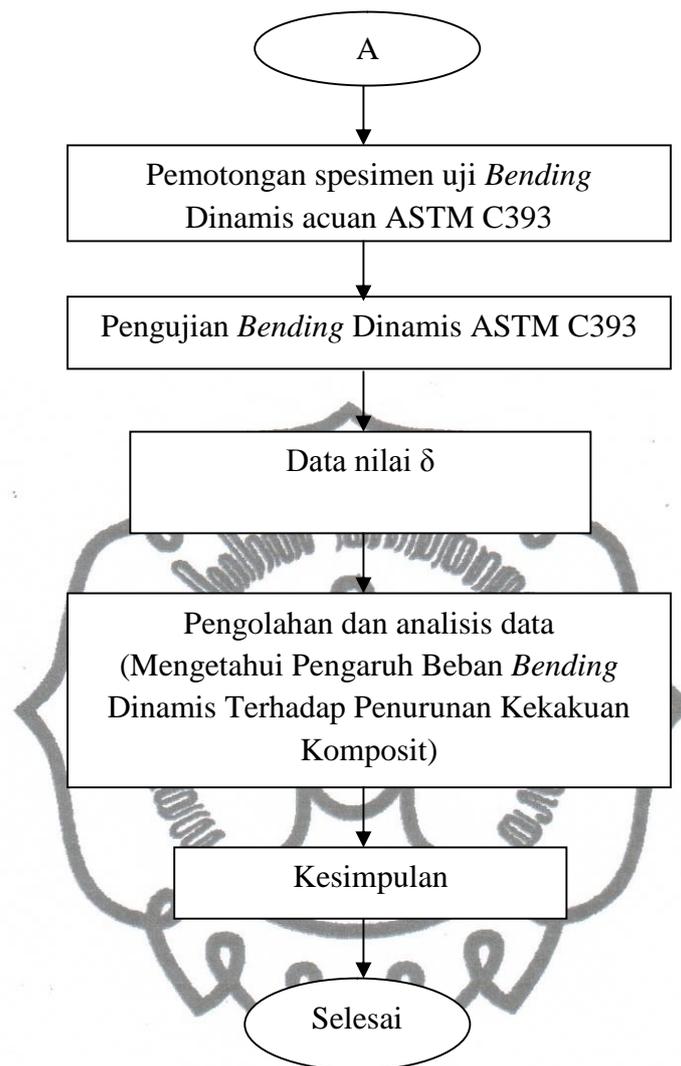
Tahapan-tahapan pengujian bending dinamis dilakukan sesuai dengan langkah berikut :

- a. Pengukuran dimensi spesimen uji yang meliputi : panjang, lebar dan tebal.
- b. Mengatur lebar span tumpuan sesuai dengan dimensi beban spesimen.
- c. Memasang spesimen uji bending pada tumpuan dengan tepat.
- d. Mengeset skala dan dial indikator pada posisi nol.
- e. Memberikan beban bending dinamis dengan frekuensi kecepatan sedikit demi sedikit meningkat sampai tidak menimbulkan lampu indikator alarmnya.
- f. Mencatat siklus dan besarnya beban bending dinamis yang ditarik pada posisi statis tiap penambahan siklus.

3.5 Diagram Alur Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dari awal sampai akhir dapat dilihat pada gambar 3.8.





Gambar 3.8. Diagram Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

Penelitian ini, membahas pengaruh ketebalan *core* terhadap sifat *bending* dinamis komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak dengan *core* serbuk gergaji kayu sengon laut. Metode manufaktur komposit yang digunakan adalah metode cetak tekan (*press mold*). Dalam penelitian ini, pembahasan utama dititik beratkan untuk menyelidiki penurunan kekakuan komposit *sandwich* akibat beban *bending* dinamis pada variasi tebal *core*.

Berikut ini adalah hasil pengujian *bending* dinamis komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak dan *core* serbuk gergaji kayu sengon laut dengan $V_f : V_m = 30\% : 70\%$, yang tersusun berdasarkan tebal lamina 2 mm serta tebal *core* 5 mm, 10 mm, 15 mm dan 20 mm.

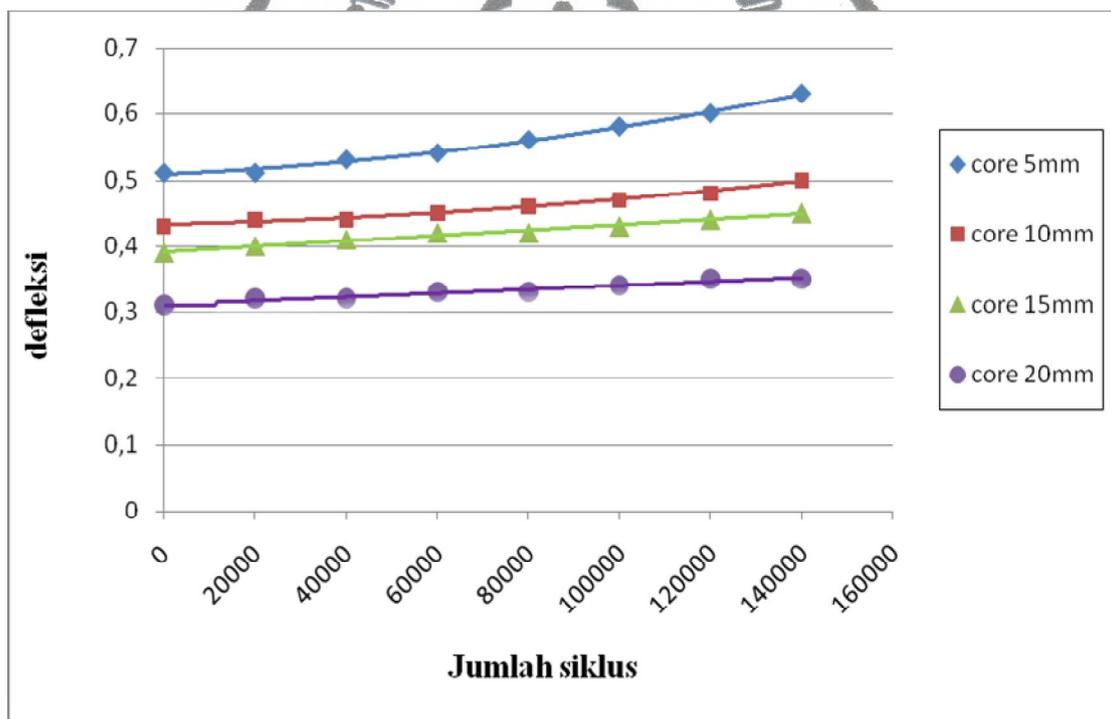
Dari pengujian *bending* dinamis dengan menggunakan mesin uji *servopulser*, diperoleh data seperti pada tabel 4.1. Dari tabel 4.1, dapat diketahui defleksi *core* dengan siklus pengujian, sehingga data hasil pengujian dapat diamati dan dianalisa.

4.1. Analisis hubungan defleksi dengan jumlah siklus

Komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak mengalami peningkatan harga defleksi seiring dengan bertambahnya siklus beban *bending* dinamis pada berbagai variasi tebal *core*, seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 Dengan demikian semakin banyak jumlah siklus beban *bending* dinamis, semakin berkurang kekakuan panel komposit *sandwich*. Hingga beban *bending* dinamis 140.000 siklus, komposit *sandwich* berpenguat serat aren dengan tebal *core* 5 mm, 10 mm, 15 mm dan 20 mm masing-masing mengalami peningkatan defleksi sebesar 23.53 %, 16.27%, 15.38 % dan 12.90 % terhadap defleksi awal sebelum dikenai pembebanan dinamis. Pada jenis komposit *sandwich* tersebut defleksi panel juga menurun seiring dengan peningkatan tebal *core*.

Tabel 4.1. Data pengujian bending dinamis komposit *sandwich* hubungan defleksi dengan jumlah siklus.

Jumlah Siklus	Tebal Core 5mm		Tebal Core 10mm		Tebal Core 15mm		Tebal Core 20mm	
	Beban 30% P _{max}	δ						
	N	mm	N	mm	N	mm	N	Mm
0	316	0,51	542	0,43	576	0,39	597	0,31
20000		0,51		0,44		0,4		0,32
40000		0,53		0,44		0,41		0,32
60000		0,54		0,45		0,42		0,33
80000		0,56		0,46		0,42		0,33
100000		0,58		0,47		0,43		0,34
120000		0,6		0,48		0,44		0,35
140000		0,63		0,5		0,45		0,35



Gambar 4.1 Kurva hubungan defleksi dan jumlah siklus komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak pada variasi tebal *core* 5 mm, 10 mm, 15 mm dan 20 mm.

4.2. Hubungan antara δ/c dengan jumlah siklus bending dinamis

Data hasil pengujian bending dinamis komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak pada variasi tebal *core*, ditunjukkan pada tabel 4.2. Kemudian ditampilkan dalam bentuk kurva hubungan δ/c dengan siklus beban bending dinamis, seperti ditunjukkan pada gambar 4.2.

Tabel 4.2. Hasil pengujian bending dinamis komposit *sandwich* hubungan antara siklus dengan δ/c .

Jumlah	Tebal Core		Tebal Core		Tebal Core		Tebal Core	
	5 mm		10 mm		15 mm		20 mm	
Siklus	Momen (N.mm)	δ/c	Momen (N.mm)	δ/c	Momen (N.mm)	δ/c	Momen (N.mm)	δ/c
0	5530	0,102	9485	0,043	10080	0,026	10447,5	0,0155
20000		0,102		0,044		0,0267		0,016
40000		0,106		0,044		0,0273		0,016
60000		0,108		0,045		0,028		0,0165
80000		0,112		0,046		0,028		0,0165
100000		0,116		0,047		0,0287		0,017
120000		0,12		0,048		0,0293		0,0175
140000		0,126		0,05		0,03		0,0175

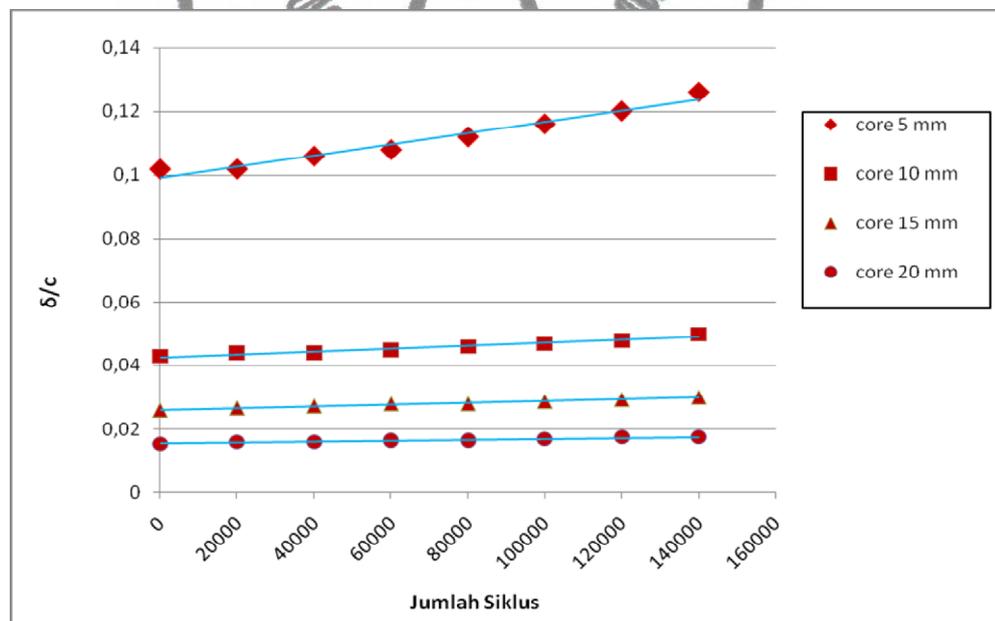
Panel komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak pada masing-masing variasi tebal *core* 5 mm, 10 mm, 15 mm dan 20 mm akan mengalami peningkatan nilai δ/c seiring dengan bertambahnya siklus beban bending dinamis, seperti ditunjukkan pada tabel 4.2 dan gambar 4.2.

Hal ini menunjukkan bahwa panel komposit *sandwich* akan mengalami peningkatan defleksi seiring dengan peningkatan jumlah siklus beban bending dinamis. Semakin tipis tebal *core* semakin besar harga defleksinya.

Tabel 4.3. Persentase peningkatan nilai δ/c pada komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak pada variasi tebal *core*.

Tebal Core (mm)	δ (awal) (mm)	δ (akhir) (mm)	δ/c (awal)	δ/c (akhir)	Peningkatan δ/c (%)
5	0.51	0.63	0.102	0.126	23.53
10	0.43	0.5	0.043	0.05	16.27
15	0.39	0.45	0.026	0.03	15.38
20	0.31	0.35	0.0155	0.0175	12.90

Pada komposit *sandwich* tersebut, pada tebal *core* 5 mm, 10 mm, 15 mm dan 20 mm mengalami persentase peningkatan nilai δ/c yang lambat antar masing-masing tebal *core*. Pada komposit *sandwich* tersebut, persentase peningkatan nilai δ/c yang terendah terjadi pada tebal *core* 20 mm. Dengan demikian, semakin tebal *core* maka semakin rendah juga defleksinya, sehingga kekakuan panel komposit *sandwich* akan bertambah.



Gambar 4.2. Kurva hubungan antara siklus dengan δ/c komposit berpenguat serat aren acak dengan variasi tebal *core*.

Dengan melihat perbedaan harga δ/c pada komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak dapat disimpulkan bahwa komposit *sandwich* dengan harga δ/c yang lebih besar terjadi pada panel komposit dengan tebal *core* 5 mm, sedangkan untuk harga δ/c yang lebih kecil terjadi pada panel komposit dengan tebal *core* 20 mm. Panel komposit *sandwich* yang memiliki nilai defleksi lebih kecil menunjukkan bahwa panel komposit tersebut memiliki sifat elastisitas yang rendah sehingga panel akan lebih kaku dan getas. Dengan demikian, panel komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak untuk tebal *core* 20 mm memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tebal *core* 5 mm, 10 mm, 15 mm, sehingga semakin kecil ketebalan *core* panel komposit akan lebih getas dan kurang elastisitasnya. Pada komposit *sandwich* tersebut, defleksi panel akan semakin menurun seiring dengan peningkatan tebal *core*. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan kekakuan seiring dengan bertambahnya tebal *core*. Kekakuan panel komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak meningkat seiring dengan pengaruh tebal panel, sehingga besarnya momen inersia juga mengalami peningkatan yang signifikan.

4.3. Hubungan antara penurunan kekakuan panel (K) dengan tebal *core* (c)

Harga penurunan kekakuan (K) panel komposit *sandwich* dan tebal *core* (c), diungkapkan dengan persamaan $K = \frac{M/\delta}{c}$. Data hasil pengujian bending dinamis pada tabel 4.5. Kemudian ditampilkan dalam bentuk kurva hubungan antara K dengan siklus, seperti ditunjukkan pada gambar 4.3.

Tabel 4.4. Persentase penurunan kekakuan (K) pada komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak pada variasi tebal *core*

Tebal Core (mm)	δ (awal) (mm)	δ (akhir) (mm)	Momen (N.mm)	(M/ δ)/c (awal) (N/mm)	(M/ δ)/c (akhir) (N/mm)	Penurunan Kekakuan (%)
5	0,51	0,63	5530	2168,63	1755,56	19,04
10	0,43	0,5	9485	2205,81	1897	14
15	0,39	0,45	10080	1723,08	1493,33	13,33
20	0,31	0,35	10447,5	1685,08	1492,5	11,42

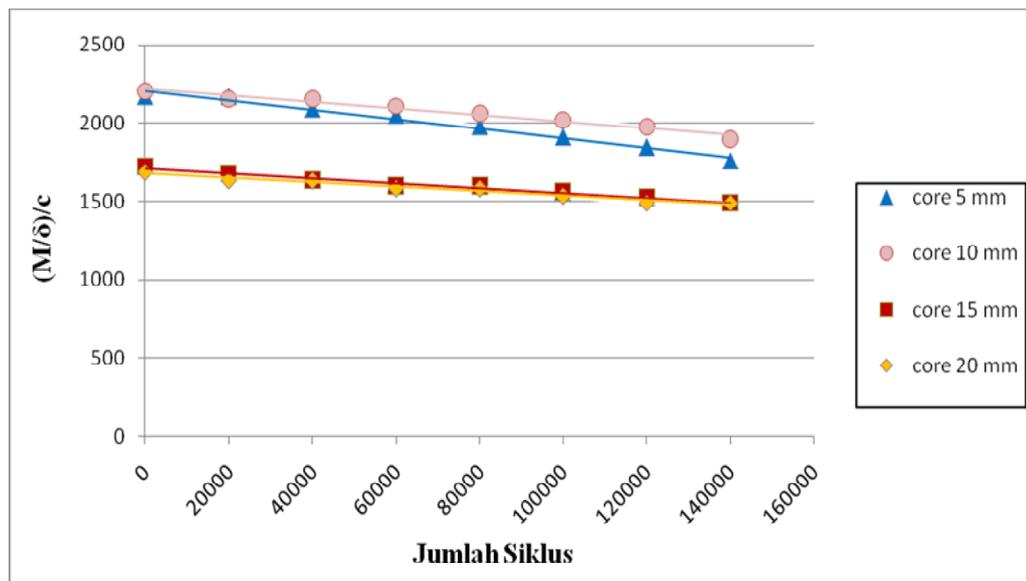
Tabel 4.5. Data hasil pengujian bending dinamis komposit *sandwich* hubungan K dengan siklus beban bending dinamis.

Jumlah Siklus	Tebal Core 5 mm	Tebal Core 10 mm	Tebal Core 15 mm	Tebal Core 20 mm
	(Momen/ δ)/c N/mm	(Momen/ δ)/c N/mm	(Momen/ δ)/c N/mm	(Momen/ δ)/c N/mm
0	2168,63	2205,81	1723,08	1685,08
20000	2168,63	2155,68	1680	1632,42
40000	2086,79	2155,68	1639,02	1632,42
60000	2048,15	2107,78	1600	1582,95
80000	1975	2061,98	1600	1582,95
100000	1906,9	2018,09	1562,79	1536,4
120000	1843,33	1976,04	1527,27	1492,5
140000	1755,56	1897	1493,33	1492,5

Persentase penurunan harga kekakuan (K) terjadi pada semua variasi tebal *core*. Harga K menurun seiring dengan bertambahnya jumlah siklus beban bending dinamis. Penurunan harga K yang paling rendah pada panel komposit *sandwich* tersebut yaitu pada tebal *core* 20 mm yaitu sebesar 11,42%. Penurunan nilai K (kekakuan) seiring dengan peningkatan jumlah siklus beban bending dinamis, seperti ditunjukkan oleh gambar 4.3.

Pada tebal *core* yang lebih tipis, komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak serat mengalami degradasi penurunan kekakuan yang sangat signifikan. Panel yang lebih tipis akan memiliki defleksi yang lebih besar, sehingga peregangan ikatan antara permukaan *skin* dengan *core* juga semakin besar. Akibatnya, panel mengalami penurunan kekakuan yang lebih signifikan. Hal ini terjadi pada komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak pada variasi tebal *core* 5 mm, yaitu dengan persentase penurunan kekakuan 19,05 %. Pada *core* yang lebih tebal, degradasi penurunan kekakuannya semakin lambat karena defleksi yang terjadi saat pembebanan bending dinamis semakin kecil. Akibatnya peregangan ikatan serat oleh polyester dan pelepasan ikatan antara permukaan *skin* dengan *core* semakin kecil. Hal ini terjadi pada komposit *sandwich* tersebut.

Penurunan kekakuan tersebut dapat disebabkan oleh kelelahan panel komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak pada variasi tebal *core*. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya peregangan ikatan serat dengan poliester dan pelepasan ikatan antara permukaan *skin* dengan *core* selama pembebanan dinamis.



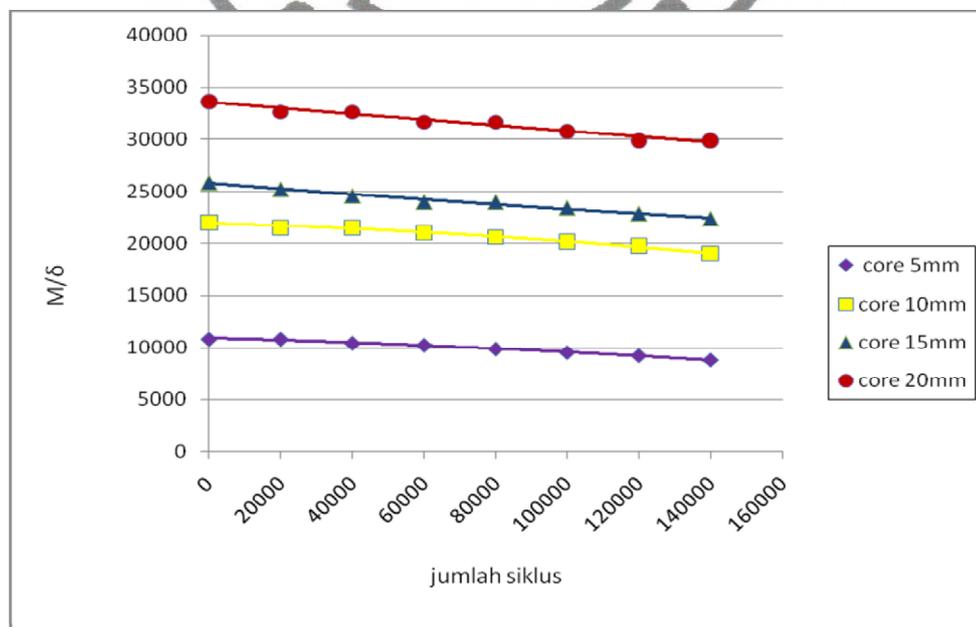
Gambar 4.3. Kurva hubungan penurunan kekakuan dengan siklus pada komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak dengan variasi tebal *core*.

Pada kurva di atas mengalami ketidakkonsistenan data hasil penelitian. Hal ini terjadi pada komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak pada tebal *core* 5 mm dan 10 mm, semestinya kurva ini berada di bawah kurva panel komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak pada tebal *core* 15 mm dan 20 mm. Namun sebaliknya, kurva panel komposit *sandwich* tersebut memiliki penurunan kekakuan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan adanya ketidakseimbangan antara kenaikan harga M/δ dengan peningkatan tebal *core*. Harga penurunan kekakuan tertinggi terjadi pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 10 mm yaitu sebesar 1.897 N/mm sedangkan yang terendah terjadi pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 20 mm yaitu sebesar 1.492,5 N/mm. Komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak pada tebal *core* 5 mm dan 10 mm memiliki harga M/δ lebih rendah dibandingkan dengan dengan tebal *core* 15 mm dan 20 mm. Padahal tebal *core* yang berfungsi sebagai pembagi memiliki perbedaan yang signifikan. Akibatnya harga penurunan kekakuan komposit *sandwich*

dengan tebal *core* 5 mm dan 10 mm lebih tinggi. Dengan demikian, jika harga kekakuan dinyatakan dengan M/δ , maka dengan peningkatan tebal *core* akan memiliki sifat kekakuan yang lebih besar, seperti ditunjukkan pada gambar 4.4.

Tabel 4.6. Data hasil pengujian bending dinamis komposit *sandwich* berpenguat serat aren dengan variasi tebal *core* hubungan M/δ dengan jumlah siklus.

Jumlah Siklus	Tebal Core 5 mm	Tebal Core 10 mm	Tebal Core 15 mm	Tebal Core 20 mm
	Momen/ δ N/mm	Momen/ δ N/mm	Momen/ δ N/mm	Momen/ δ N/mm
	0	10843,14	22058,14	25846,15
20000	10843,14	21556,82	25200	32648,44
40000	10433,96	21556,82	24585,37	32648,44
60000	10240,74	21077,78	24000	31659,09
80000	9875	20619,57	24000	31659,09
100000	9534,48	20180,85	23441,86	30727,94
120000	9216,67	19760,42	22909,09	29850
140000	8777,78	18970	22400	29850



Gambar 4.4. Kurva hubungan M/δ terhadap siklus pada komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak dengan variasi tebal *core*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara umum, defleksi komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak dengan variasi tebal *core* meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah siklus beban bending dinamis.
2. Kekakuan panel komposit *sandwich* berpenguat serat aren acak dengan berbagai variasi tebal *core* menurun seiring dengan bertambahnya siklus beban bending dinamis.
3. Pada tebal *core* yang lebih tipis, komposit *sandwich* mengalami kenaikan nilai defleksi yang tinggi.
4. Persentase penurunan kekakuan terbesar terjadi pada komposit *sandwich* pada tebal *core* 5 mm yaitu sebesar 19,04% sedangkan yang terendah terjadi pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 20 mm yaitu sebesar 11,42%.

5.2. Saran

Dari hasil proses pencetakan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, di antaranya :

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis, menyarankan perlunya penelitian lebih lanjut tentang serat aren dan dipadukan dengan bahan alternatif yang lain agar dapat dikembangkan menjadi bahan yang lebih handal.
2. Pada saat pencetakan, diusahakan *void* seminimal mungkin dengan cara pengadukan campuran resin dan katalis secara merata serta penyebaran serat merata disemua bidang cetakan.
3. Perlunya desain alat bantu penelitian sehingga dalam pengujian serta pengambilan data dapat berlangsung lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001, *Technical data Sheet*, PT Justus Sakti Raya Corporation, Jakarta
- Anonim, www.diabgroup.com, *DIAB manufactures and markets products and services based on advanced polymer and composite technologies*, Head Office DIAB AB Box 201S-312 22 LAHOLM Sweden.
- Anonim, *Annual Book of Sandwich*, section 15, C 393-00, "Standart Test Methods of Flexure Properties of Sandwich Construction", ASTM, 1994
- Bachtiar D, Sapuan S.M, Zainudin E.S, Khalina A, dan Dahlan K.Z.M., 2009, *The tensile properties of sugar palm (Arenga pinnata) fibre*, selangor, University Putra Malaysia.
- Billmeyer, FW, 1984, *Textbook of Polymer Science*, New York, USA.
- Boualem K., Menger Y., Abbadi A., Gilgert J., Bouaouadja N., Azari Z., 2007 "A Fatigue Characterization of Honeycomb Sandwich Panels With a Defect" *Materials and technology* 41 (2007) 4, 157–161.
- Chawla, "Composite Materials Science and Engineering", Springer Verlag, New York, 1998.
- Departemen Kehutanan dan Perkebunan, 1998, *Buku Panduan Kehutanan Indonesia*, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan. Jakarta
- Diharjo K., 2006, *Kajian Sifat Fisis-Mekanis dan Akustik Komposit Serat Kenaf-Polyester dengan Core Kayu Sengon Laut*, Hasil Riset Pendahuluan – Dissertasi, Pascasarjana, UGM, Yogyakarta.
- Firdayati M, Handajani M, 2005, "Studi Karakteristik Dasar Limbah Industri Tepung Aren", Departemen Teknik Lingkungan, ITB, Bandung.
- Fuchs H. O. dan Stephens R. I., 1980, *Metal Fatigue in Engineering*, John Williey and sons :New York.
- Gibson, R.F., 1994, *Principle of Composite Materials*, McGraw Hill Company, New York, USA.
- Ray D., Sarkar B.K., Rana A.K., dan Bose N.R., 2001. "Effect of Alkali Treated Jute Fibres on Composites Properties", *Bulletin of Materials Science*, Vol. 24, No. 2, pp. 129-135, Indian Academy of science.

Samirkumar M. Soni., Ronald F, Gibson., Emmanuel O. Ayorinde., 2008. *“The influence of subzero temperatures on fatigue behavior of composite sandwich structures”* Composites Science and Technology

Schwartz M. H.,1984, *Composite Material Handbook*, McGraw Hill, New York. MacMillan Publishing Company, New York, USA.

Shackelford, J.,1992, *Introduction to Materials Science for Engineer, Third Edition*, MacMillan Publishing Company, New York, USA.

Shipsha A. dan Zenkert D., 2003, *Fatigue behavior of Foam Core sandwich beam with Sub-Interface Impact Damage*, Journal of Sandwich Structure Materials, Vol.5, pp. 147-160.

Widodo, B. 2008. *Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random)*. Jurnal Teknologi Technoscientia. Vol. 1 No. 1 Agustus 2008.

Zhong J. B., Lv J dan Wei C, 2007, *“Mechanical properties of sisal fibre reinforced urea formaldehyde resin composites”*. Guilin University of Technology, Guilin541004, China.