

## STUDI PERLAKUAN ALKALI DAN TEBAL CORE TERHADAP SIFAT BENDING KOMPOSIT SANDWICH BERPENGUAT SERAT SAWIT DENGAN CORE KAYU SAWIT

Jamasri<sup>1</sup>, Kuncoro Diharjo<sup>2</sup> dan Gunesti Wahyu Handiko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin FT - UGM

Jl. Grafika No 2, Yogyakarta 55281

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin FT, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36 A, Ketingan, Surakarta 57126

<sup>3</sup>Manager Manufaktur dan Komersial Produk PT. INKA

Jl Yos Sudarso No. 71 Madiun 63122

### ABSTRAK

**STUDI PERLAKUAN ALKALI DAN TEBAL CORE TERHADAP SIFAT BENDING KOMPOSIT SANDWICH BERPENGUAT SERAT SAWIT DENGAN CORE KAYU SAWIT.** Kebijakan pemerintah tentang perluasan lahan sawit mendorong para peneliti untuk saling mengembangkan penggunaan berbagai produk sawit. Saat ini, pemerintah akan melakukan peremajaan tanaman sawit seluas 500.000 Ha. Kajian riset yang memanfaatkan aneka produk sawit dipandang penting untuk segera dilaksanakan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh perlakuan alkali dan tebal *core* terhadap sifat *bending* komposit *sandwich* berpenguat serat sawit dengan *core* kayu sawit. Bahan penelitian adalah limbah serat sawit, kayu sawit, dan *unsaturated polyester resin* (UPRs). Serat sawit yang digunakan sebagai penguat, dicuci dengan air dan dilanjutkan dengan pengeringan. Sebagian dikenai perlakuan alkali (5% NaOH) selama 2 jam. Kayu sawit yang digunakan dipotong pada arah melintang dengan variasi ketebalan 10 mm, 15 mm, 20 mm, dan 25 mm. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode cetak tekan. Pengujian *bending* komposit *skin* (serat sawit-poliester) dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D-790 pada fraksi massa serat antara 10% sampai dengan 50%, sedangkan pengujian *bending* komposit *sandwich*nya dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM C-393. Komposit *skin* dan *sandwich* yang diperkuat serat perlakuan alkali (5% NaOH) memiliki kekuatan yang lebih tinggi. Kekuatan *bending* komposit *skin* yang diperkuat serat tanpa perlakuan pada  $W_f = 18,2\%$  dan  $W_f = 29,5\%$  adalah 21,67 Mpa dan 24,02 Mpa. Selanjutnya, kekuatan *bending* komposit *skin* yang diperkuat serat perlakuan alkali pada  $W_f = 17,6\%$  dan  $W_f = 34,9\%$  adalah 26,93 Mpa dan 36,04 Mpa. Kemampuan menahan momen komposit *sandwich* meningkat seiring dengan peningkatan ketebalan *core*. Namun, penebalan *core* akan menurunkan kekuatan *bending* komposit *sandwich*. Kekuatan *bending* komposit *sandwich* yang diperkuat serat tanpa perlakuan dengan *core* 10 mm dan 25 mm adalah 20,05 Mpa dan 14,23 Mpa, sedangkan kekuatan *bending* komposit *sandwich* yang diperkuat serat perlakuan alkali pada ketebalan *core* 10 mm dan 25 mm adalah 22,33 Mpa dan 16,31 Mpa. Mekanisme kegagalan diindikasikan oleh lemahnya komposit *skin* yang tidak mampu menahan beban *bending*.

**Kata kunci :** Kekuatan *bending*, serat sawit, kayu sawit, *unsaturated polyester*

### ABSTRACT

**THE STUDY OF ALKALI TREATMENT AND CORE THICKNESS TO BENDING PROPERTIES OF THE SANDWICH COMPOSITE REINFORCED PALM FIBER WITH PALM WOOD CORE.** The government regulation of palm land expansion supports some researchers to improve the useful of palm product. In this time, government will plan to replant the palm for 500.000 Ha. The research study using some palm products is important to be done in little time. This research aims to investigate the effect of alkali treatment and core thickness to bending properties of sandwich composite reinforced palm fiber with palm wood core. The research materials are palm fiber waste, palm wood, and unsaturated polyester resin (UPRs). The palm fiber used as reinforcement is washed using fresh water, and then dried. Some of the fibers are treated in alkali solution (5% NaOH) for 2 hours. The palm wood used is cut on cross-section direction with variation of thickness 10, 15, 20, and 25 mm. The composites were made using press mold method. The bending testing of the skin composite (palm fiber-polyester) were carried out according to ASTM D-790 for fiber mass fraction among 10-50%, and the testing of sandwich composite is done according to ASTM C-393. The sandwich and skin composites reinforced alkali (5% NaOH) treated fiber have higher strength. At  $W_f = 18.2\%$  and  $29.5\%$ , the bending strengths of skin composite reinforced untreated fiber are 21.67 MPa and 24.02 MPa. Then, the bending strengths of skin composite reinforced treated fiber at  $W_f = 17.6\%$  and  $34.9\%$  are 26.93 MPa and

36.04 MPa. The moment support ability of sandwich composite increases with the increasing of the core thickness. Nevertheless, the increasing of core thickness decreases the bending strength of sandwich composite. At 10 and 25 mm of core thickness, the bending strengths of sandwich composite reinforced untreated fiber using are 20.05 Mpa and 14.23 Mpa, and the bending strengths of sandwich composite reinforced treated fiber are 22.33 Mpa and 16.31 Mpa. The failure mechanism is indicated by the weakness of skin composite that cannot able to support the bending load.

**Key words** : bending strength, palm fiber, palm wood, unsaturated polyester.

## PENDAHULUAN

Para industriawan melirik penggunaan komposit sebagai produk unggulan karena mampu bersaing dengan logam. Produsen mobil *Daimler-Bens* bekerjasama dengan UNICEF mengembangkan penggunaan serat alam sebagai bahan komponen otomotif. Telah diaplikasikan komposit *Glass Fiber Reinforced Polyester (GFRP)* untuk *front end* KRLI dan *mask* KRL-Nas di PT. INKA [1]. Aplikasi komposit GFRP telah meluas pada berbagai komponen otomotif. Namun, penggunaan serat gelas memiliki efek tidak ramah lingkungan karena limbahnya tidak dapat terurai secara alami. Serat alam telah dicoba untuk menggeser serat sintetis. Walaupun tak sepenuhnya menggeser, namun penggunaan serat alam tersebut merupakan sebuah langkah bijak untuk menyelamatkan kelestarian lingkungan dari limbah non organik.

Saat ini, perkembangannya sudah mengarah pada aplikasi panel komposit yang difungsikan sebagai struktur, baik struktur skunder maupun primer. Bahan komposit yang cocok sebagai struktur adalah komposit *sandwich*. Komposit ini terdiri dari dua lamina komposit (*skin*) yang mengapit *core* di bagian tengahnya. Selama ini, *core* yang banyak dipakai adalah *core* sintetis, seperti *core honeycomb*, *polyurethane foam*, dan *core divinycell* PVC. Harga *core* sintetis sangat mahal, sehingga perlu dicari *core* alternatif yang murah.

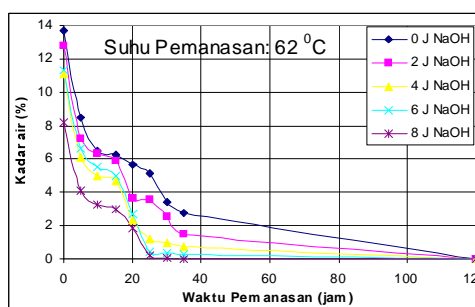
Pohon kelapa sawit merupakan tanaman yang sangat produktif, dimana dari daun hingga akarnya dapat diolah menjadi produk teknologi. Buah sawit yang sudah diambil minyak intinya, masih dipres lagi agar menghasilkan minyak femis/rengas. Limbah hasil pengepresan ini adalah serat buah sawit, yang hingga kini belum diolah menjadi produk teknologi. Bahkan, limbah ini biasanya hanya dibuang begitu saja atau sebagai media pertumbuhan ketapang. Limbah serat buah sawit sangat potensial digunakan sebagai penguat bahan baru komposit, baik untuk komponen otomotif ataupun produk teknologi lainnya. Di sisi lain, limbah kayu pohon sawit pun mendukung rekayasa bahan komposit *sandwich*, khususnya sebagai bahan *core*. Ketersediaan limbah serat dan kayu sawit potensial untuk digunakan sebagai penguat bahan komposit *sandwich*.

Untuk mendukung aplikasi komposit *sandwich* sebagai panel struktur, maka perlu dilakukan penelitian sifat-sifat mekanisnya, seperti kekuatan *bending*. Peningkatan kekuatan *bending* komposit *sandwich* akan

dipengaruhi oleh efek perlakuan alkali serat sawit dan peningkatan ketebalan *core*. Pengamatan penampang patahan juga diperlukan untuk menyelidiki mekanisme kegagalannya, sehingga dapat ditentukan teknik penguatannya. Berdasarkan kajian teori yang ada, perlakuan alkali akan meningkatkan ikatan *interface* antara serat dan matriks sehingga kekuatan komposit menjadi lebih tinggi. Penebalan *core* juga meningkatkan kemampuan menahan momen karena momen inersianya meningkat.

## TEORI

Pengeringan alami serat sawit ditiriskan di tempat teduh (tanpa sinar matahari) mampu menghilangkan kandungan air hingga sekitar 8 % sampai dengan 14 %. Serat yang dikenai perlakuan NaOH akan memiliki kadar yang lebih rendah. Semakin lama perlakuan alkali semakin rendah kadar airnya. Jika serat tersebut dikeringkan lebih lanjut dengan suhu 62 °C di dalam oven, hasilnya ditunjukkan pada Gambar 1. Pada pemanasan selama sekitar 15 menit, air bebas serat menguap dengan cepat. Air terikat di dalam serat akan menguap pada pemanasan berikutnya yang lebih lama hingga semua air serat hilang [4].



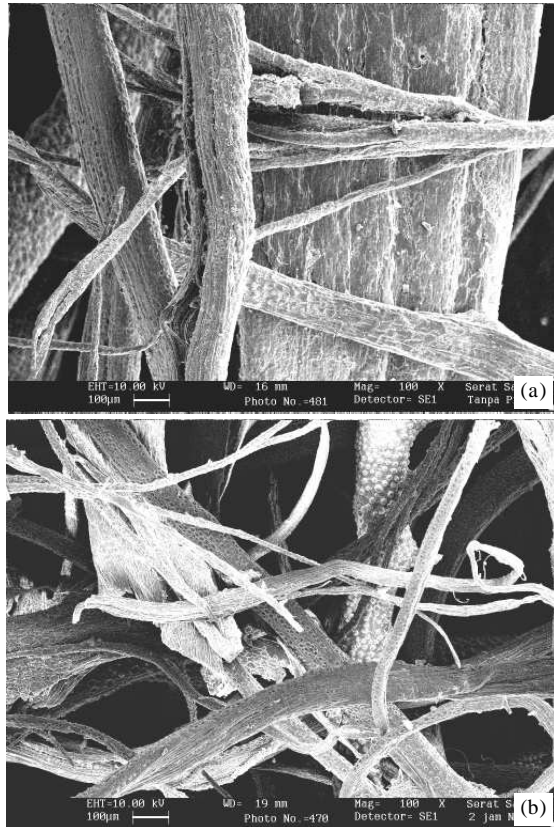
Gambar 1. Kurva penurunan kadar air serat sawit [4].

Massa jenis serat sawit tanpa perlakuan NaOH lebih rendah dibanding dengan serat yang dikenai perlakuan NaOH [4]. Perlakuan ini identik dengan pemurnian serat selulosa, karena dapat menghilangkan lignin dan kotoran lain. Serat tersebut akan mengalami peningkatan kristanilitas, seperti pada Gambar 2b. Sifat fisis dan mekanis serat sawit yang dikenai perlakuan 5% NaOH ditunjukkan pada Tabel 1. Perlakuan alkali

menurunkan kekuatan dan modulus tarik serat, karena serat dapat mengalami kerusakan.

Tabel 1. Sifat fisis-mekanis serat buah sawit [4].

Perlakuan	Tanpa Perlakuan	Perlakuan 2 jam	Perlakuan 4 jam	Perlakuan 6 jam	Perlakuan 8 jam
Massa Jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1,157	1,253	1,249	1,249	1,258
Kekuatan Tarik, MPa	57,61	65,21	55,95	33,98	52,46
Modulus Tarik, GPa	3,26	2,82	2,82	1,50	3,68
Regangan, %	1,81	2,67	2,19	2,33	1,52

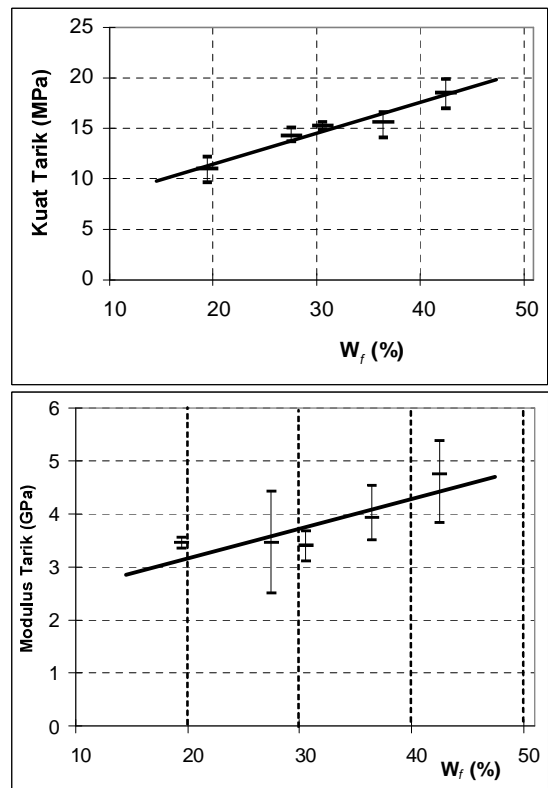


Gambar 2. SEM permukaan serat sawit (a) tanpa perlakuan dan (b) perlakuan 5% NaOH selama 2 jam [4]

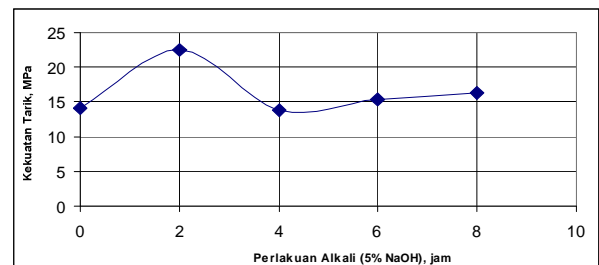
Kekuatan tarik komposit sawit-poliester pada fraksi berat serat 19%, 27%, 30%, 36% dan 42% secara berurutan adalah 11 MPa, 14,21 MPa, 15,15 MPa dan 18,51 MPa. Peningkatan fraksi berat serat ( $W_f$ ) sampai dengan 30% tidak memberikan peningkatan harga modulus dan regangan patah yang signifikan, seperti pada Gambar 3. Namun pada  $W_f$  di atas 36%, peningkatan harga modulus dan regangan patah mulai terlihat. Patahan komposit serat sawit pada uji tarik didominasi oleh mekanisme *pullout* [4].

Pada  $W_f$  sekitar 25%, kekuatan tarik komposit yang diperkuat serat sawit perlakuan alkali (5% NaOH) serat selama 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam masing-masing adalah 14,21 MPa, 22,48 MPa, 13,87 MPa, 15,44 MPa, dan 16,27 MPa. Perlakuan alkali serat selama 2 jam menghasilkan kekuatan tarik komposit yang paling

optimum (22,48 MPa), seperti pada Gambar 4. Perlakuan ini menghilangkan lignin dan kotoran lain di permukaan serat sehingga meningkatkan ikatan *interface* antara serat sawit dengan poliester [4].

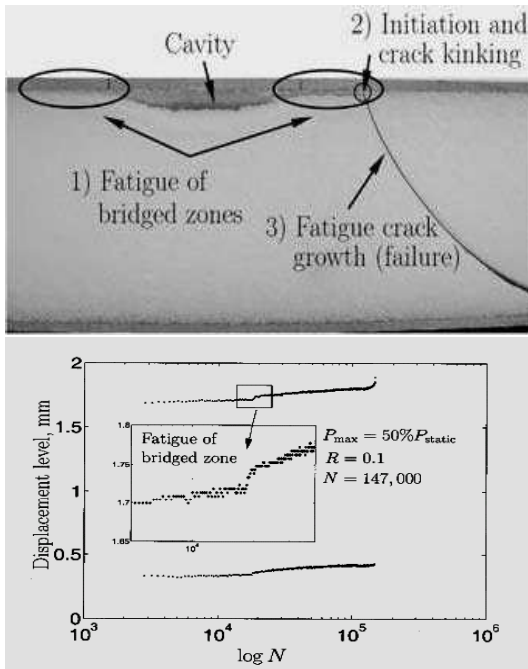


Gambar 3. Kurva hubungan kekuatan tarik dan modulus tarik terhadap  $W_f$  (4)



Gambar 4. Kurva efek perlakuan alkali (5% NaOH) terhadap kekuatan tarik komposit serat sawit-poliester [4].

Kegagalan fatik *bending* pada batang 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 penjalaran retak  $70^\circ$ , seperti pada Gambar 3. Kegagalan fatik pada daerah sekitar *bridged zone* terjadi pada siklus awal umur leleh sekitar 3-15% dari total jumlah siklus beban ( $P_{mak}$ ). Pada 20.000 siklus beban, peningkatan *level displacement* mengindikasikan peningkatan kekakuan batang secara tiba-tiba, yang ada kaitannya dengan kegagalan fatik pada *bridged zone*, seperti ditunjukkan pada Gambar 5 [9].



Gambar 5. (a) kegagalan lelah batang komposit sandwich dengan kerusakan awal uji impact, (b) Kurva displacement terhadap Siklus pada kegagalan fatik daerah sekitar bridged [9].

Kekuatan komposit dipengaruhi beberapa faktor seperti jenis, geometri, arah, distribusi dan kandungan serat. Fraksi volume serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [7] :

$$V_f = \frac{V_c - \left( \frac{M_c - M_f}{Q_M} \right)}{V_c} \dots\dots\dots(1)$$

Jika massa serat dan matrik serta massa jenisnya, maka fraksi volume dan fraksi massa serat dapat dihitung dengan persamaan [8]:

$$V_f = \frac{\frac{M_f}{\rho_f}}{\frac{M_f}{\rho_f} + \frac{M_M}{\rho_M}} \dots\dots\dots(2)$$

$$W_f = \frac{\rho_f V_f}{\rho_f V_f + \rho_M V_M} = \frac{M_f}{M_f + M_M} \dots\dots\dots(3)$$

dengan catatan :

- V<sub>f</sub>, W<sub>f</sub> = fraksi volume dan berat serat
- M<sub>f</sub>, M<sub>M</sub> = Massa serat dan matrik
- ρ<sub>f</sub>, ρ<sub>M</sub> = densitas serat dan matrik

Pada material komposit homogen yang dikenai pengujian *three point bending pusat*, kekuatan *bending* komposit dapat dirumuskan dengan persamaan [ASTMD 790]:

$$\sigma_b = \frac{PL}{bh^3} \times \frac{h}{2} \Rightarrow \sigma_b = \frac{12 PLh}{8 bh^3} \Rightarrow \sigma_b = \frac{3 PL}{2 bh^2} \dots\dots\dots(4)$$

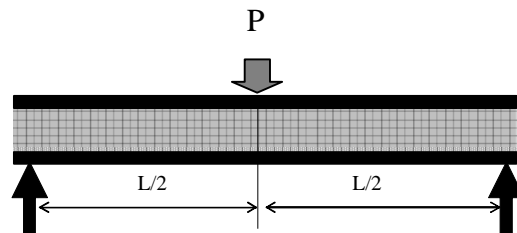
dengan catatan ; P = beban (N), L = panjang span (mm), b = lebar (mm) dan h = tebal (mm). Jika defleksi maksimum di atas 10 % dari jarak tumpuan (L), kekuatan bendingnya dapat dihitung dengan persamaan [ASTM D-790]:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \left[ 1 + 6 \left( \frac{\delta}{L} \right)^2 - 4 \frac{d}{L} \frac{\delta}{L} \right] \dots\dots\dots(5)$$

dengan catatan δ = defleksi pada bagian tengah spesimen (mm). Nilai Modulus *bending* (E<sub>b</sub>) dapat dirumuskan dengan persamaan [ASTM D-790]:

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bh^3} \dots\dots\dots(6)$$

dengan catatan m = *slope tangent* garis lurus kurva beban terhadap defleksi uji bending, N/mm.



Gambar 6. Pengujian *three point bending* struktur sandwich [ ]

Jika panel *sandwich* dikenai uji *three point bending* seperti pada Gambar 6, besarnya *facing bending stress* dapat dihitung dengan persamaan [ASTM C-393]:

$$\sigma_b = \frac{PL}{2t(d+c)b} \dots\dots\dots(7)$$

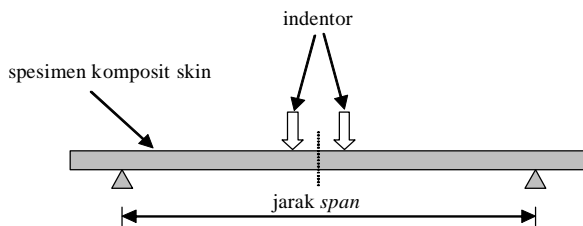
dengan catatan; P = beban maksimum (N), d = tebal *sandwich* (mm), c = tebal *core* (mm), dan b = lebar *sandwich* (mm), dan L = panjang *span* (mm). Jika pengujian dilakukan dengan *four point bending*, tegangan *bending* dapat dihitung dengan persamaan [ASTM C-393]:

$$\sigma_b = \frac{PL}{4t(d+c)b} \dots\dots\dots(8)$$

## METODE PERCOBAAN

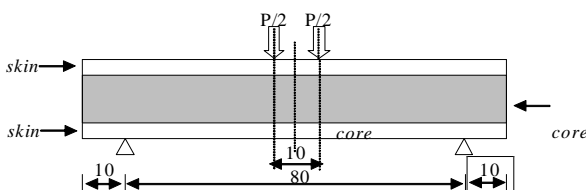
Material utama penelitian adalah serat buah sawit, kayu sawit, resin *unsaturated polyester 157 BQTN* (UPRs), dan *hardener metil etil keton peroxide* (MEKPO). Serat sawit diperoleh dari industri pengolahan minyak sawit di Sumatra, sedangkan poliester dan

hardener diperoleh dari PT. Justus Kimia Raya. Serat sawit dicuci dengan air untuk menghilangkan debu, tanah, dan tempurung sawit. Selanjutnya, serat ditiriskan dengan tanpa sinar matahari. Sebagian serat tersebut dikenai perlakuan alkali (5% NaOH) selama 2 jam dan dinetralkan dengan perendaman di dalam air bersih hingga PH 7. Serat yang sudah netral dan bersih, dikeringkan secara alami dengan tanpa sinar matahari.



Gambar 7. Skema pengujian komposit skin.

Komposit *skin* dibuat dengan metoda cetak tekan hidrolis dengan variasi fraksi massa serat antara 10 % sampai dengan 40 %. Kandungan *hardener* MEKPO ditentukan 1% (v/v) dari volume poliester. Sampel uji *bending* komposit *skin* terdiri dari komposit berpenguat serat tanpa perlakuan dan dengan perlakuan alkali 2 jam. Spesimen uji *bending* dibuat dengan memotong komposit yang telah dicetak, dengan menggunakan gerinda tangan. Ketebalan sampel komposit *skin* adalah 3 mm. Dimensi sampel dan metode pengujiannya dilakukan sesuai standar ASTM D-790. Sampel uji bending memiliki dimensi lebar = 12.7 mm, dan panjang = (16 x tebal) + 20 mm. Semua spesimen dilakukan *post cure* pada suhu 62 °C selama 4 jam.



Gambar 8. Skema pengujian bending komposit sandwich

Komposit *sandwich* juga dibuat dengan metode cetak tekan hidrolis, dengan fraksi massa serat ( $m_f$ ) komposit skin 30%. Variabel sampel uji komposit *sandwich* adalah tebal *core* (10 mm, 15 mm, 20 mm, dan 25 mm). Jenis serat yang digunakan terdiri dari serat tanpa perlakuan dan serat dengan perlakuan alkali 2 jam. Semua spesimen dilakukan *post cure* pada suhu 62 °C selama 4 jam. Dimensi sampel uji dan metode pengujiannya dirancang sesuai dengan standar ASTM C-393. Panjang *span* pengujian *bending* ditentukan 80 mm.

Pengujian dilakukan dengan metode *four point bending*, menggunakan *TORSEE-universal*

*testing machine*. Penampang patahan dilakukan foto makro untuk menyelidiki mekanisme patahannya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Bending Komposit Serat Sawit-Poliester

Kekuatan *bending* komposit sawit-poliester meningkat seiring dengan penambahan kandungan serat, seperti pada Tabel 2. Perlakuan alkali (5% NaOH) serat juga mampu meningkatkan kekuatan *bending* komposit tersebut. Pada  $W_f \approx 29\%$ , kekuatan komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan dan dengan perlakuan alkali masing-masing adalah 28,38 MPa dan 31,57 MPa.

Tabel 2. Hasil perhitungan uji *bending* komposit *skin* serat sawit-poliester.

Fraksi berat serat (%)	Momen Maks (Nmm)	Teg Bending (MPa)
	Tanpa Perlakuan (0 jam NaOH)	
18.918	456.00	21.67
21.413	560.50	22.29
26.646	598.50	24.50
28.749	779.00	25.15
29.518	658.67	28.38
36.206	508.25	21.80
40.997	790.88	24.02

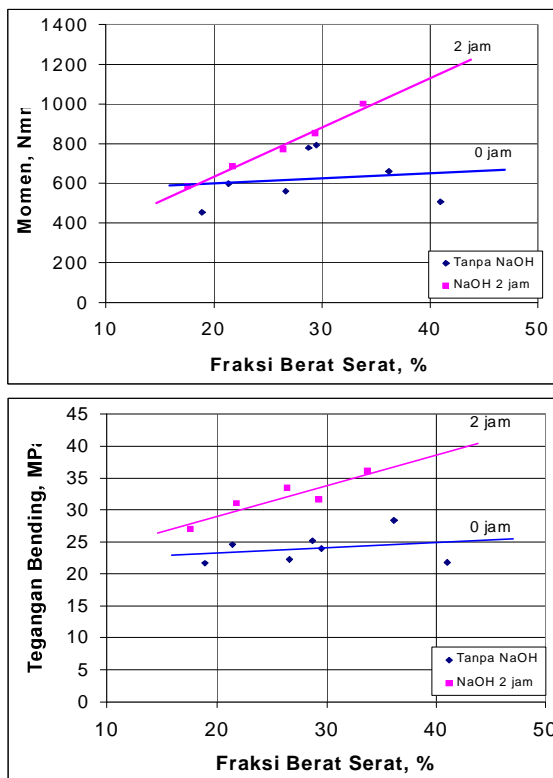
Fraksi berat serat (%)	Momen Maks (Nmm)	Teg Bending (MPa)
	Perlakuan alkali (0 jam NaOH)	
17.643	584.25	26.93
21.789	684.00	30.96
26.409	769.50	33.44
29.391	850.25	31.57
33.807	997.50	36.04

Berdasarkan penelitian sebelumnya [4], perlakuan alkali serat selama 2 jam mampu menghasilkan kekuatan tarik komposit serat sawit-poliester yang paling optimum seperti pada Gambar 4. Namun, kekuatan komposit berpenguat serat sawit tanpa perlakuan perlu dilakukan karena tanpa menggunakan bahan kimia yang dapat merugikan lingkungan dan lebih ekonomis. Peningkatan kekuatan *bending* komposit akibat penambahan  $W_f$  dan perlakuan alkali secara lebih jelas ditunjukkan pada Gambar 9.

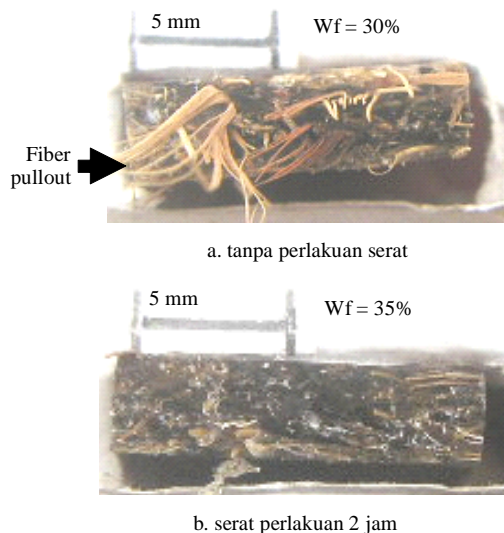
Keuntungan penguatan limbah serat sawit ini ada 2, yaitu meningkatkan kekuatan komposit dan sekaligus menurunkan biaya panel komposit. Perlakuan NaOH (alkali) mampu meningkatkan kekuatan ikatan *interface* (*mechanical bonding*) antara serat dan matrik. Sehingga kemampuan menahan momen dan kekuatan *bending* komposit juga semakin tinggi besarnya momen



dan kekuatan *bending* komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan alkali pada  $W_f = 33,807\%$  adalah 997,50 N.mm dan 36,04 MPa.



Gambar 9. Kurva momen dan tegangan *bending* terhadap  $W_f$  komposit *skin*.



Gambar 10. Patahan uji *bending* komposit *skin*.

Penampang patahan uji *bending* komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan menunjukkan mekanisme gagal *fiber pull out*, seperti pada Gambar 10. Hal ini menunjukkan lemahnya ikatan antara serat dan matrik karena serat mengandung lapisan seperti lilin (lignin dan kotoran lainnya) yang menghalangi ikatan *interface*

antara serat dengan poliester. Sebaliknya, penampang patahan komposit berpenguat serat perlakuan 2 jam tidak menunjukkan *fiber pullout*. Serat dan matrik gagal bersamaan, karena ikatan *interface* serat dan matrik sangat kuat. Komposit tersebut juga akan memiliki kekuatan yang lebih tinggi.

### Sifat *Bending* Komposit *Sandwich* Serat Sawit-Poliester-Kayu Sawit

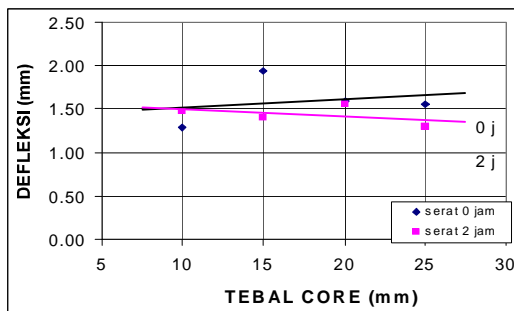
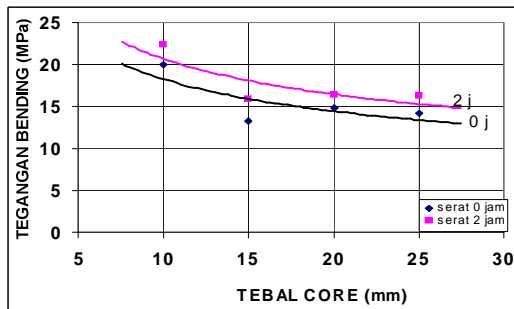
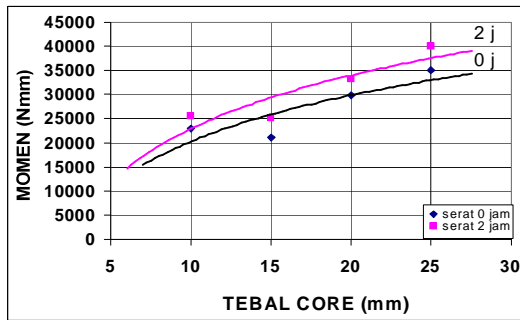
Berdasarkan Tabel 3, penebalan *core* meningkatkan kemampuan menahan momen panel komposit *sandwich*, karena momen inersia panel juga lebih besar. Namun, penebalan *core* menurunkan kekuatan *bending* dan mendekati konstan pada ketebalan *core* 20 mm dan 25 mm. Komposit *sandwich* memiliki nilai optimum ketika kekuatan *bending* konstan.

Tabel 3. Hasil perhitungan uji *bending* komposit *sandwich* dengan  $W_f$  *skin* 30%.

Tebal Core (mm)	Momen Maks (Nmm)	Defleksi (mm)	Teg Bending (MPa)	Momen Maks (Nmm)	Defleksi (mm)	Teg Bending (MPa)
	Tanpa perlakuan (0 jam NaOH)			Perlakuan alkali (2 jam 5% NaOH)		
10	22913	1.28	20.05	25515	1.48	22.33
15	21117	1.93	13.35	25089	1.40	15.86
20	29931	1.60	<b>14.80</b>	33133	1.55	<b>16.39</b>
25	35070	1.55	<b>14.25</b>	40133	1.30	<b>16.31</b>

Kemampuan menahan momen dan kekuatan *bending* komposit *sandwich* berpenguat serat perlakuan alkali 2 jam lebih tinggi dibandingkan dengan komposit *sandwich* berpenguat serat tanpa perlakuan, seperti pada Gambar 11. Pada ketebalan *core* 25 mm, kemampuan menahan momen dan kekuatan *bending* komposit *sandwich* menuju pada harga yang mendekati konstan. Penebalan *core* selanjutnya mengindikasikan bahwa besarnya peningkatan momen dan tegangan komposit *sandwich* menjadi tidak signifikan. Besarnya momen pada komposit *sandwich* yang diperkuat serat tanpa perlakuan pada ketebalan *core* 20 mm dan 25 mm adalah 29931 Nmm dan 35070 Nmm, sedangkan tegangannya adalah 14,80 Mpa dan 14,25 MPa. Momen tersebut meningkat pada komposit *sandwich* yang diperkuat serat perlakuan dengan ketebalan *core* 20 mm dan 25 mm yaitu sebesar 33133 Nmm dan 40133, serta tegangannya menjadi 16.39 Mpa dan 16.31 Mpa.

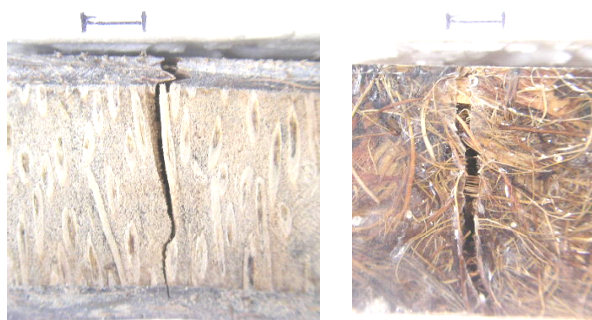
Defleksi pada komposit *sandwich* berpenguat serat tanpa perlakuan lebih besar daripada defleksi pada komposit *sandwich* berpenguat serat perlakuan 2 jam. Secara lebih detail, komposit *sandwich* yang diperkuat serat tanpa perlakuan mengalami peningkatan defleksi seiring dengan penebalan tebal *core* dan sebaliknya. Namun, peningkatan dan penurunan defleksi tersebut dapat dikatakan sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa



Gambar 11. Kurva momen dan tegangan terhadap tebal core.

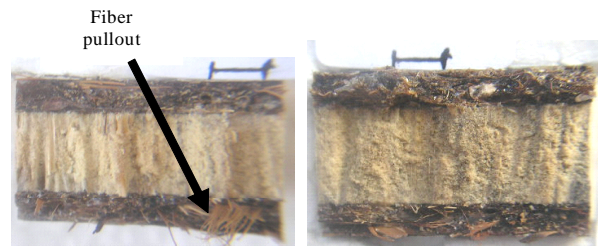
komposit sandwich yang diperkuat serat tanpa perlakuan memiliki sifat yang lebih elastis.

Kegagalan komposit sandwich diawali oleh kegagalan komposit skin yang menderita tegangan tarik dan diikuti oleh kegagalan core, seperti pada Gambar 12. Penampang patahan komposit sandwich berpenguat serat tanpa perlakuan menunjukkan mekanisme kegagalan fiber pull out. Core juga menunjukkan kegagalan tarik di bagian yang menderita tegangan tarik. Kekuatan bending dapat ditingkatkan dengan memperkuat komposit skin-nya, dengan meningkatkan ikatan interface antara serat dengan matrik, seperti



a. samping

b. bagian tarikan



c. tanpa perlakuan

d. perlakuan 2 jam

Gambar 12. Penampang patahan komposit sandwich.

perlakuan alkali serat. Kegagalannya menunjukkan tidak adanya fiber pull out.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan tersebut di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan kandungan serat dan perlakuan alkali serat mampu meningkatkan kekuatan bending komposit skin serat sawit-poliester.
2. Perlakuan alkali serat dan penebalan core juga secara signifikan mampu meningkatkan kekuatan bending komposit sandwich serat sawit-poliester dengan core kayu sawit.
3. Perlakuan alkali (NaOH) mampu meningkatkan ikatan interface antara serat dengan poliester yang sekaligus meningkatkan kekuatan kompositnya.
4. Penampang patahan komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan menunjukkan adanya mekanisme kegagalan fiber pull out, sedangkan pada komposit yang diperkuat serat perlakuan alkali tidak menunjukkan adanya fiber pull out.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Deputi Riset dan Teknologi KMNRT yang telah mendanai riset ini melalui skema Riset Unggulan Terpadu (RUT) XII.

## DAFTARACUAN

- [1]. ABDULLAH G. dan HANDIKO G.W., *Aplikasi Komposit GFRP untuk Front end KRL-Nas dan KRLI*, INKA, Madiun, (2000)
- [2]. ANONIM, *Standard Test Methods*, ASTM, USA, (2003)
- [3]. JAMASRI, DIHARJO K. dan GUNESTI W.H., *Rekayasa dan Manufaktur Komposit Sandwich Berpenguat Limbah Serat Buah Sawit Dengan Core Limbah Kayu Sawit Untuk Komponen Gerbong Kereta Api*, RUT XII, KMNRT, Jakarta, (2005-2006)

- [4]. JAMASRI, DIHARJO K. dan GUNESTI W.H., *Majalah Ilmiah Media Teknik FT UGM-Terakreditasi*, November (2005)
- [5]. JAMASRI, DIHARJO K. dan GUNESTI W.H., Studi Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Komposit Limbah Serat Sawit-Poliester, *Prosiding SNTTM-IV*, Hotel Patra, UNUD, Bali, (2005)
- [6]. KAW A.K., 1997. *Mechanics of Composite Materials*, CRC Press, New York
- [7]. ROE P.J. DAN ANSEL M.P., *Journal of Materials Science*, UK, **20** (1985) 4015-4020
- [8]. SHACKELFORD, *Introduction to Materials Science for Engineer*, Third Edition, MacMillan Publishing CoMPany, New York, USA, (1992)
- [9]. SHIPSHA A. DAN ZENKERT D., *Journal of Sandwich Structure Materials*, **5** (2003) 147-160