

Rekayasa Komposit Serat Sabut Kelapa Sebagai penguat dan Styrofoam Sebagai Matriks

Hanif¹, Sulaiman Thalib², Samsul Rizal²

¹. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe 24301, Indonesia

². Jurusan Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

E-mail : hanif-poltek nl @ yahoo.co.id

Abstract

Coconut fibre which is extracted from outer shell of a coconut is a type of natural fibre used as composite board reinforcement in this research. The fibre binder used in this research was Styrofoam which is a material from polysterene. This research was aimed at finding out the appropriate composition by weight between coconut fibre and polysterene and to find out the physical, mechanical and morphological characteristics of composite board resulted from the engineering process. The construction of composite board was started by cutting the fibres with the length of ≤ 5 mm, then dyeing them into NaOH for 4 hours. After those process, the fibres were dried and weighted. The Styrofoam was dissolved into silane before it was weighted based on its composition. After the coconut fibre and polysterene mixtures were mixed, they were poured into the composite board mold. The benefit of this composite board is that it is more water resistant. The test results for tensile, density, moisture content, and thickness swelling meet the Indonesian National Standard (SNI) 03-2105-2006. The flexural strength of composite board which meets the standard is the compositions of 30:70, 40:60, and 50:50, while the compositions of 60:60 and 70:30 do not meet the standard.

Keywords: composite board, Styrofoam, coconut fibre, polysterene, silane.

1. Pendahuluan

Komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan lebih dari satu bahan dan masing-masing bahan tersebut masih memiliki sifatnya sendiri [1], atau material yang disusun sedemikian rupa dalam skala makroskopik, sehingga diperoleh kombinasi sifat akhir yang lebih baik. Pendapat yang sama juga dikemukakan oleh [2], dimana salah satu komponen tersebut memperkuat fasa dan yang tertanam didalamnya disebut matriks.

Perkembangan teknologi komposit saat ini sudah mulai mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat serat sintetis menjadi bahan komposit berpenguat serat alam [3].

Komposit serat alam sekarang mulai dilirik oleh berbagai industri, seperti industri kereta api, kapal, otomotif, alat olah raga, dan konstruksi bangunan sipil, bahkan sampai industri rumah tangga. Serat alami yang dimaksud dalam komposit adalah serat yang berasal dari alam, tanpa melalui proses kimia dan industri [4]. Pada umumnya serat alami yang dipakai berupa serat bambu, serat rotan, serat batang pisang, serbuk kayu, sabut kelapa, serat nenas, dan serat alam yang lain yang masih bisa dimanfaatkan.

Pertimbangan pemilihan serat untuk komposit sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya adalah kekuatan dan modulus elastisitas komposit yang diinginkan, perpanjangan ketika patah, stabilitas termal, ikatan antara serat dan

matriks, perilaku dinamik, massa jenis, harga, biaya proses, ketersediaan dan kemudahan daur ulang [5].

Pemakaian komposit dengan matriks termoplastik dan termoplastik yang menggunakan serat pertanian sebagai sumber yang dapat diperbaharui untuk penguatan komposit dan dapat memberi nilai positif, yaitu untuk mengembangkan potensi pemanfaatan serat alam yang tersedia berlimpah di Indonesia. Disamping itu juga dapat memenuhi kebutuhan industri yang berkembang dimasyarakat.

Didasari dari berlimpahnya ketersediaan sabut kelapa di Indonesia dan belum maksimalnya penggunaan sabut tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk memanfaatkan serat sabut kelapa sebagai bahan penguat pada material komposit.

Melihat ketersediaan **serat sabut kelapa (SSK)** di Indonesia yang cukup banyak dan harga sabut jauh lebih murah, maka untuk memproduksi papan komposit serat sabut kelapa dengan matriks **styrofoam (PS)** dapat menghasilkan produk yang lebih ringan.

Sabut kelapa yang berasal dari kulit buah kelapa merupakan salah satu serat alam yang belum optimal digunakan. Beberapa penelitian tentang penggunaan sabut kelapa telah dilakukan Indra [3], akan tetapi penggunaan sabut kelapa sebagai penguat dan **PS** sebagai matriks untuk dijadikan komposit bahan baku untuk bangunan masih sedikit sekali.

Menurut Bambang [6] serbuk sabut buah kelapa dapat dibuat panel papan partikel untuk penyerap air

dan oli. Selain itu tim peneliti di Balai Besar Kulit, Karet dan plastik telah memanfaatkan serat sabut kelapa sebagai bahan pengisi organik untuk pembuatan karpet karet mobil yang mempunyai sifat tahan terhadap getaran dan dapat meredam suara [7].

Styrofoam yang berbahan baku *polisterene (PS)* merupakan plastik yang bersifat getas, maka agar dapat diperoleh yang tidak rapuh perlu penambahan yang bersifat plastis. *Styrofoam* yang semula bersifat rapuh telah berhasil membuat menjadi lebih plastis dengan penambahan bahan yang bersifat plastis dioctyl phthalate (DOP) [8].

Atas dasar itu penelitian ini dilakukan untuk mengkaji sejauh mana serat sabut kelapa dan *PS* dapat dijadikan sebagai material baru papan komposit. Papan komposit dari serat yang diperkuat sabut kelapa dan *PS* sebagai matriks, diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan teknik, ditinjau dari sifat fisis dan sifat mekanis.

Tujuan Penelitian ini untuk membuat bahan papan komposit SSK dengan pengikat dari *styrofoam*, dan tujuan secara khusus yaitu : Untuk mendapatkan komposisi volume berat yang sesuai antara serat sabut kelapa dengan *styrofoam* untuk dijadikan papan komposit yang memenuhi standar SNI 03-2105-2006 dan untuk mengetahui karakteristik sifat fisis, sifat mekanis dan morfologis papan komposit yang dihasilkan.

2. Metode

Bahan yang digunakan dalam pembuatan papan komposit antara lain:

Serat sabut kelapa sebagai penguat diperoleh melalui proses perendaman dalam lumpur air payau selama lebih kurang 6 (enam) bulan. Sabut dibilas dan dijemur secara alami sampai kering.

Matriks yang digunakan berasal dari gabus (*styrofoam*) yang merupakan termoplastik jenis *polistirene(PS)*. Sebelum digunakan sebagai perekat *styrofoam* terlebih dahululu dilarutkan dengan cairan *silane*, kemudian ditimbang sesuai dengan variasi perbandingan masing-masing.

NaOH (Alkali) digunakan sebanyak 5% untuk memisahkan serat dari kotoran dan zat lilin, dengan merendam serat selama lebih kurang 4 jam, supaya meningkatkan kekasaran permukaan serat tersebut. Perlakuan alkali dapat meningkatkan ikatan mekanis yang lebih baik [9].

2.1. Prosedur pembuatan papan komposit

Serat sabut kelapa dibersihkan dari kotoran dan dipilih/disortir dengan ukuran diameter serat (max 0,2 mm). Serat dipotong dengan panjang ≤ 5 mm. Selanjutnya serat sabut kelapa direndam di dalam *NaOH* 5% selama 4 jam, untuk menghilangkan zat lilin dan meningkatkan kekasaran permukaan serat tersebut, kemudian serat sabut kelapa dicuci dengan air bersih dan dikeringkan dengan cara menjemur

dipanas matahari. Variasi serat sabut kelapa dan matriks diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi perbandingan antara unsur-unsur pembentuk papan komposit

Variasi	Serat Sabut Kelapa (SSK) (gr)	<i>Styrofoam (PS)</i> (gr)	<i>Spesimen (buah)</i>
I	0	100	5
II	30	70	5
III	40	60	5
IV	50	50	5
V	60	40	5
VI	70	30	5

Catatan: 100:0 bukan komposit

Campuran SSK-*PS*, kemudian diaduk sampai merata dengan menggunakan mixer, kemudian adonannya dituang ke dalam cetakan papan komposit yang telah terlebih dahulu dilapisi dengan kertas aluminium foil. Papan komposit yang sudah dicetak dibiarkan didalam cetakan selama 2 hari untuk menunggu bahan papan komposit mengeras dan siap dibuka dari cetakan. Papan komposit yang sudah mengeras dikeluarkan dari cetakan untuk dikeringkan selama ± 1 (satu) minggu di ruang terbuka.

Papan komposit dibentuk menjadi spesimen uji yang sesuai dengan standar ASTM D 638 – 02 tipe IV untuk uji tarik dan ASTM D 790 – 02 untuk uji lentur [10].

2.2. Pengujian Sifat Fisis

Pengujian sifat fisis yang dilakukan antara lain yaitu pengujian kerapatan komposit, dilakukan pada kondisi kering. Perhitungan kerapatan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kerapatan } (K) = \frac{B}{V} \quad (1)$$

Dimana K adalah kerapatan (g/cm^3), B adalah massa benda uji (g) dan V adalah volume benda uji (cm).

2.3. Kadar air

Pada pengujian ini spesimen uji yang digunakan adalah sama dengan spesimen pada uji kerapatan. Berdasarkan SNI 03 -2105- 2006 [11], perhitungan kadar air dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar air } (KA)(\%) = \frac{(B1 - B2)}{B2} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana KA adalah kadar air(%), B1 berat awal (g), dan B2 berat kering tanur(g)

2.4. Pengembangan tebal

Nilai pengembangan tebal papan komposit dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Pengembangan tebal (\%)} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana T_1 adalah tebal awal (cm) dan T_2 adalah tebal akhir (cm)

2.5. Pengujian Mekanis

Pengujian mekanis yang dilakukan pada papan komposit yaitu, uji kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4)$$

Regangan dapat dihitung persamaan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (5)$$

Dimana σ adalah kekuatan tarik (kg/cm^2), p adalah beban yang diberikan (kg), A adalah luas penampang (cm^2), ε adalah regangan (cm), ΔL adalah pertambahan panjang (cm), L_0 adalah panjang awal spesimen (cm).

2.6. Modulus patah

Pengujian modulus patah (MOR) dilakukan bersama-sama dengan pengujian modulus elastisitas (MOE) dengan menggunakan spesimen uji yang sama. Untuk menghitung nilai MOR dapat menggunakan persamaan:

$$\text{MOR} = \frac{3PL}{2lt^2} \quad (6)$$

Dimana MOR adalah Modulus patah (kg/cm^2), P adalah beban maksimum (kg), L adalah jarak sanggah (cm), l adalah lebar benda uji (cm) dan t adalah tebal benda uji.

2.7. Pengujian Modulus Elastisitas (MOE)

Papan komposit dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$\text{MOE} = \frac{PL^3}{4ylt^3} \quad (7)$$

Dimana MOE adalah Modulus Elastisitas (kg/cm^2), P adalah beban sebelum batas proporsi (kg), L adalah jarak sanggah (cm), y adalah lenturan pada beban (cm), l adalah lebar benda uji (cm) dan t adalah tebal benda uji (cm).

2.8. Pengujian foto SEM

Untuk melihat kondisi permukaan morfologi komposit dilakukan Pengamatan melalui *Scanning Electron Microscopy (SEM)* yaitu dengan metode *secondary electron image*. Hasil Gambar SEM dari papan komposit yang di uji dapat direkam melalui foto.

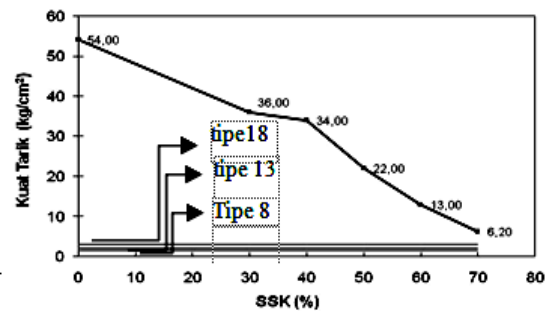
3. Hasil Dan Pembahasan

Pada penelitian papan komposit SSK- PS ada beberapa analisis sifat mekanis yang dilakukan yaitu:

3.1. Analisis uji tarik

Pada penelitian ini, kriteria keandalan papan komposit SSK-PS terhadap beban tarik mengacu pada SNI 03-2105-2006, yang mempersyaratkan kekuatan tarik minimum $1,5 \text{ kg/cm}^2$ untuk type 8, $2,0 \text{ kg/cm}^2$ untuk type 13 dan $3,0 \text{ kg/cm}^2$ untuk type 18.

Kekuatan tarik papan komposit SSK-PS dengan berbagai variasi, dapat diperlihatkan pada Gambar 1.



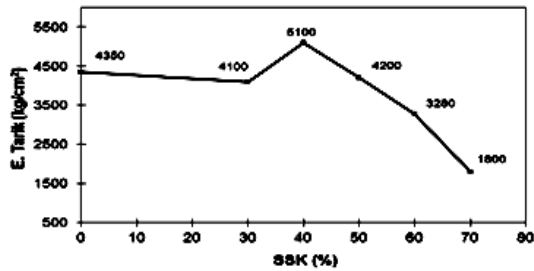
Gambar 1. Grafik hubungan kekuatan tarik papan komposit terhadap Persentase SSK

Nilai kekuatan tarik papan komposit SSK-PS yang didapat berdasarkan hasil uji berkisar ($6,20$ - $36,00$) kg/cm^2 , dengan kekuatan tarik tertinggi terjadi pada persentase SSK 30%, yaitu sebesar 36 kg/cm^2 . Nilai kekuatan tarik terendah $6,2 \text{ kg/cm}^2$ dihasilkan pada persentase SSK 70%, kekuatan tarik 100% PS sebesar 57 kg/cm^2 .

Mengikuti Standar yang ditentukan SNI 03-2105-2006, dipersyaratkan kekuatan tarik yaitu ($1,5$ - $3,1$) kg/cm^2 . Pada penelitian ini papan komposit SSK-PS sudah memenuhi syarat untuk semua tipe.

Dari grafik yang terbentuk, kekuatan tarik komposit SSK-PS menurun dengan bertambahnya persentase SSK. Penambahan persentase SSK menyebabkan kemampuan PS dalam mengikat SSK menjadi berkurang, hal ini berefek pada ikatan antar muka antara SSK sebagai penguat dengan PS sebagai matriks terjadi tidak sempurna. Fenomena menunjukkan bahwa perbandingan SSK dan PS sangat mempengaruhi kekuatan tarik dari komposit SSK-PS.

Grafik modulus elastisitas tarik mengikuti perubahan yang mendekati sama, seperti yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan modulus elastisitas tarik papan komposit terhadap persentase SSK

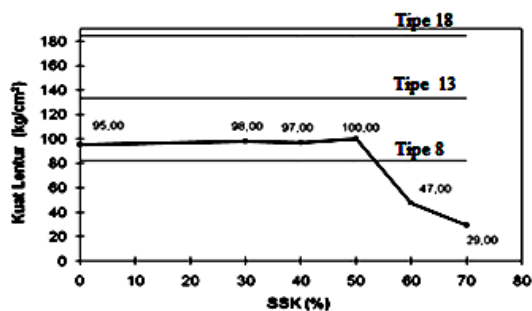
Modulus elastisitas tarik papan komposisi SSK-PS tertinggi sebesar 5100 kg/cm² terjadi pada persentase SSK 40% dan terendah sebesar 1800 kg/cm² terjadi pada persentase SSK 70%. Modulus elastisitas tarik terjadi kenaikan setelah persentase SSK 30%, dan terjadi maksimum pada persentase SSK 40% dan kemudian terus turun dengan bertambahnya persentase SSK.

Kenaikan nilai maksimum modulus elastisitas tarik pada persentase SSK 40% dipengaruhi peran PS yang semakin baik dalam membentuk ikatan antar muka dengan SSK.

3.2. Analisis uji lentur

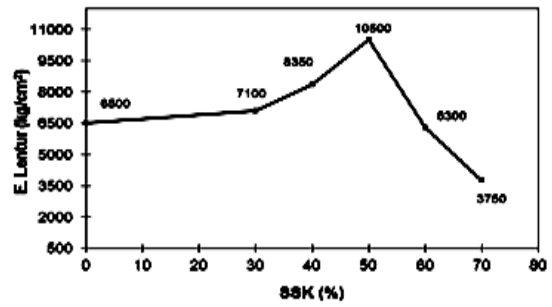
Pengujian lentur menggunakan *three poin bending* dengan kecepatan penekanan sebesar 2 mm/min, dengan jarak tumpuan 120 cm. Kekuatan lentur dilakukan untuk menunjukkan kemampuan komposit dalam menerima beban secara melintang.

Gambar 3 memperlihatkan grafik hubungan SSK-PS terhadap kekuatan lentur.



Gambar 3. Grafik hubungan kekuatan lentur papan komposit terhadap persentase SSK

Nilai uji kekuatan lentur diperoleh berkisar 2,9-10 Mpa atau (29-100) kg/cm². Papan komposit pada perbandingan SSK:PS (30:70, 40:60 dan 50:50), sudah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 untuk tipe 8, yaitu dengan kekuatan lentur yang ditetapkan minimal 82 kg/cm². Sedangkan untuk perbandingan SSK:PS (60:40 dan 70:30) belum memenuhi syarat.



Gambar 4. Grafik hubungan modulus elastisitas lentur papan komposit terhadap persentase SSK

Gambar 4 memperlihatkan grafik nilai modulus elastisitas lentur papan komposit berkisar antara 3750-10500 kg/cm², namun disini belum memenuhi standar elastisitas lentur yang dipersyaratkan SNI 03-2105-2006. Nilai kekuatan modulus elastisitas lentur tidak terlepas dari nilai kekuatan lentur. Faktor yang mempengaruhi kekuatan lentur juga mempengaruhi nilai modulus elastisitas lentur. Nilai modulus elastisitas lentur optimum juga terjadi pada komposisi SSK 50%.

Penambahan persentase SSK sebagai bahan penguat melewati batas maksimum dapat menurunkan modulus elastisitas lentur dari komposit SSK-PS, demikian juga sebaliknya. Hal ini disebabkan volume SSK yang lebih besar dari PS sehingga interaksi antara matriks dan SSK tidak lagi maksimal dengan kata lain PS tidak dapat mengikat SSK dengan baik.

Akibat dari tidak maksimalnya PS mengikat SSK, maka ikatan antara serat dengan matriks akan mudah lepas, yang mengakibatkan timbulnya tegangan geser di permukaan serat. Kegagalan tersebut didominasi oleh lepasnya ikatan serat dan matriks. Jenis kegagalan ini sering disebut dengan istilah "fiber pull out". Pada kondisi kegagalan ini, matriks dan serat sebenarnya masih mampu menahan beban dan meregang yang lebih besar.

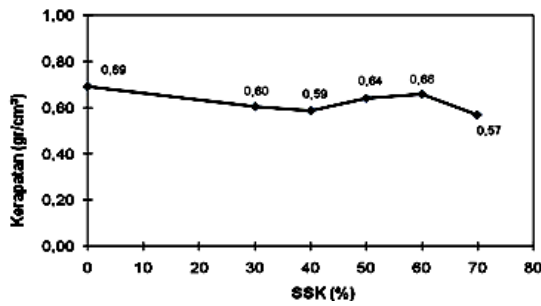
Analisis Sifat Fisis papan komposit SSK- PS yang dilakukan yaitu:

3.3. Analisis kerapatan

Nilai kerapatan papan komposit SSK-PS berkisar antara 0,57 – 0,66 gr/cm³. Kerapatan terendah terjadi pada konsentrasi SSK 70% dan tertinggi pada konsentrasi SSK 60% (Gambar 5).

Kerapatan papan komposit memenuhi standar yang dipersyaratkan oleh SNI 03-2105-1996, yaitu 0,4-0,9 gr/cm³.

Kerapatan pada komposit SSK-PS mempengaruhi kekuatan tarik maupun kekuatan lentur. Semakin turun nilai kerapatan akan semakin rendah nilai sifat mekanisnya.

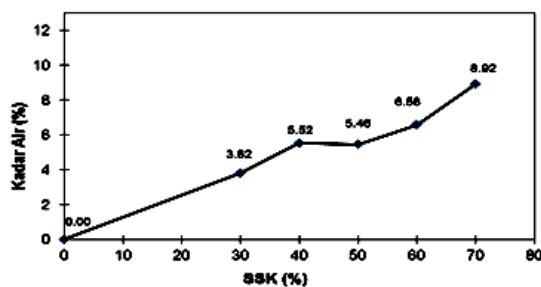


Gambar 5. Hubungan nilai kerapatan terhadap persentase SSK

Nilai kerapatan komposit SSK-PS meskipun tidak signifikan mengalami penurunan dengan bertambahnya SSK. Fenomena ini menunjukkan bahwa jumlah PS yang berkurang akan berefek pada memburuknya interaksi pengisian ruang-ruang kosong pada komposit oleh PS. Disamping faktor lain, kerapatan akan menurun jika rongga-rongga saat pencetakan yang didominasi oleh PS terjadi penyusutan setelah komposit mengering atau mengeras.

3.4. Analisis kadar air

Pada Gambar 6, kadar air meningkat dengan bertambahnya persentase serat pada komposit SSK-PS. Nilai kadar air yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar antara (3,82-8,92)%. Nilai Kadar air tertinggi terjadi pada persentase SSK 70% dan terendah pada SSK 30%. Pada 100% PS nilai kadar airnya adalah 0 (nol). Standar SNI 03-2105-2006 mempersyaratkan nilai kadar air tidak boleh >= 14%.



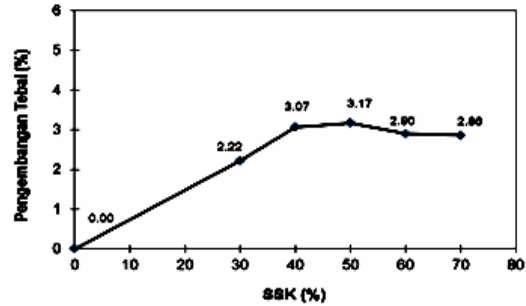
Gambar 6. Hubungan kadar air terhadap persentase SSK

Meningkatnya daya serap air disebabkan sifat SSK yang *higroskopis*. Struktur SSK yang mengandung *hemiselulosa* dan *lignin* serta senyawa-senyawa lain sangat mudah menyerap air.

Persentase PS yang lebih banyak akan lebih mudah menutupi SSK dengan sempurna sehingga air sulit terserap oleh SSK. Kadar air yang terlalu tinggi akan berpengaruh pada pengembangan tebal nantinya.

3.5. Analisis pengembangan tebal

Kurva pengembangan tebal papan komposit berfluktuasi tetapi meningkat dengan bertambahnya SSK. Nilai pengembangan tebal komposit SSK-PS berkisar antara (2,22-3,17)%. Hubungan pengembangan tebal terhadap persentase SSK diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan pengembangan tebal terhadap persentase SSK

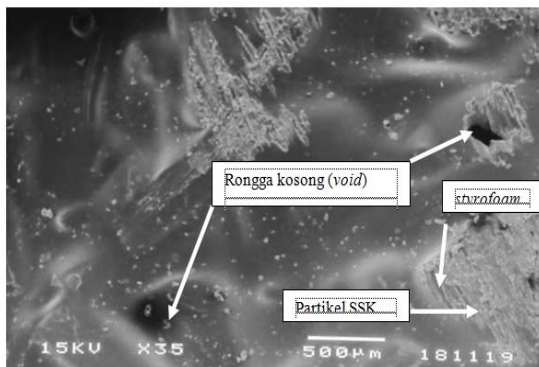
Pengembangan tebal papan komposit berpengaruh terhadap komposisi SSK-PS yang bervariasi dan berfluktuasi. Fenomena ini dapat terjadi karena tingkat keseragaman letak matriks dan SSK yang tidak merata atau tidak seragam.

Pengembangan tebal mempunyai korelasi dengan kemampuan komposit dalam menyerap air. Semakin banyak SSK yang tidak terikat oleh PS maka semakin besar potensi SSK untuk mengembang.

Jika merujuk dari karakteristik kurva pengembangan tebal yang dihasilkan terhadap kurva tegangan tarik dan lentur, kedua sifat tersebut mempunyai korelasi. Kedua grafik menunjukkan menurun dengan bertambahnya SSK. Faktor ini akan sangat berpengaruh jika papan komposit diaplikasikan di daerah yang lembab atau basah. Standar SNI 03-2105-2006 untuk ketebalan komposit ≤ 12,7 mm mempersyaratkan pengembangan tebal papan patikel sampai 25%. Dari hasil perendaman selama 24 jam dan hasil pengukuran dari setiap spesimen, maka persyaratan pengembangan tebal untuk papan komposit yang dihasilkan telah memenuhi standar.

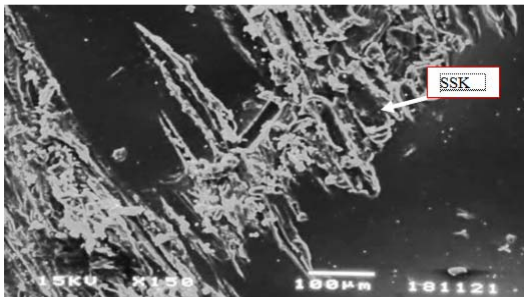
3.6. Analisis foto SEM papan komposit

Gambar 8 memperlihatkan hasil SEM untuk komposit SSK-PS dengan perbesaran 35x. SSK tertutupi oleh PS dan banyak terdapat partikel-partikel kecil di dalam papan komposit, dan terbentuk rongga kosong (*void*), hal ini bisa menyebabkan menurunnya sifat mekanis dan fisis pada komposisi SSK-PS.



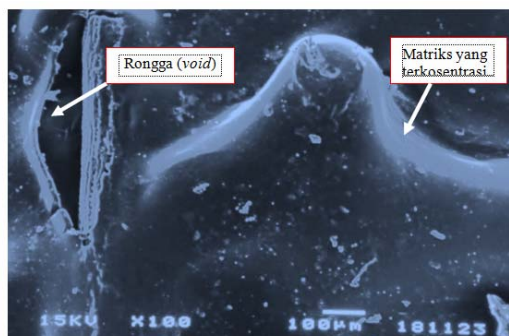
Gambar 8. Hasil SEM papan komposit SSK-PS, pembesaran 35x

Jika perbesaran ditingkatkan menjadi 150 x maka, akan terlihat jelas masih kurang meratanya SSK yang diikat oleh matriks *PS*. Tingkat keseragaman yang kurang baik saat pencampuran antara SSK dengan *PS*, menyebabkan pada bagian tertentu terlihat SSK tidak sempurna ditutupi oleh *PS*, seperti yang disajikan pada Gambar 9. Hal ini yang merupakan salah satu penyebab menurunnya nilai kekuatan tarik atau lentur pada perbandingan tertentu.



Gambar 9. Hasil SEM papan komposit SSK-PS, pembesaran 150 x

Pengujian SEM terhadap papan komposit SSK-*PS* juga terlihat bintang-bintang yang berupa rongga-rongga dan penggumpalan matriks pada daerah tertentu seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil SEM papan komposit SSK-PS pembesaran 100x

Rongga yang terbentuk mengakibatkan tingkat kepadatan papan komposit yang tidak maksimal. Sedangkan terkonsentrasinya matriks di daerah tertentu diakibatkan kurangnya homogenitas saat pengadukan

sehingga *interface* serat dan matriks menjadi berkurang.

Pengaruh yang terjadi yaitu peningkatan nilai modulus elastisitas dan tingkat kerapatan menurun. Secara umum matriks cukup baik menutupi SSK dan saling mengikat satu sama lain sehingga SSK dapat bersatu membentuk suatu ikatan yaitu papan komposit.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik papan komposit SSK-*PS* untuk seluruh komposisi memenuhi standar SNI 03-2105-2006, Tipe 8, Tipe13 dan Tipe18, untuk papan komposit biasa dan papan komposit dekoratif. Kekuatan lentur papan komposit SSK-*PS* yang memenuhi standar SNI 03-2105-2006 Tipe 8 adalah komposisi 30:70, 40:60, 50:50, sedangkan komposisi 60:40 dan 70:30 tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Peningkatan komposisi SSK dalam papan komposit SSK-*PS* menurunkan kekuatan tarik dan lentur papan komposit tersebut.
2. Kerapatan, kadar air dan pengembangan tebal Papan Komposit SSK-*PS* semua komposisi memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Peningkatan komposisi SSK dapat meningkatkan kadar air dan pengembangan tebal papan komposit, tetapi menurunkan kerapatannya. Kenaikan kandungan air dan pengembangan tebal, menurun nilai kekuatan tarik, elastisitas tarik, kekuatan lentur, dan elastisitas lentur.
3. Cacat papan komposit seperti rongga, celah antara perekat (matriks) dan serat mempengaruhi kekuatan papan komposit.

Daftar Pustaka

- [1] Chawla, 1987, *Composit Material Science and Engineering, Dept. of Materials and Metalurgical Engineering*, Socorro New Mexico.
- [2] Kaw, A.K.,2006, *Mechanics of composite materials ,second edition*, CRC Press,Francis Group.
- [3] Indra M., 2004, Studi Sifat Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa dengan Penambahan Batu Apung sebagai Pengisi, *Jurnal SAINTEK*, ITM. Medan, v,21(1),hal 60-63.
- [4] Misriadi, 2010, *Pemanfaatan serat alami (serat sabut kelapa) sebagai alternatif pengganti serat sintetis pada fiberglass guna mendapatkan kekuatan tarik yang optimal*, Teknik sistim perkapalan ITS-Surabaya.

- [5] Riedel,U.1999. Natural fibre reinforced biopolimers as construction materials – new discoveries, *2nd Int Wood and natural fibre composites Symposium*, Kassel, Germany
- [6] Bambang Subianto, Raskita saragih dan Efendi Husin, 2003, *J. Ilmu &Teknologi kayu Tropis Vol.1- No.1.*
- [7] Penny Setyowati, Sri Nadilah, Any Setyaningsih,dan Hernadi Surip, 2004, *Pemanfaatan limbah pertanian serbuk sabut kelapa (Cocodust) untuk pembuatan komposit karet (lanjutan)*, Departemen Perindustrian dan Perdagangan ,BBKPP, Yokyakarta.
- [8] Dwi Wahini Nurhayati, dan Ihda Novia Indrajati, 2011, Kualitas komposit serbuk sabut kelapa dengan matrik sampah styrofoam pada berbagai jenis compatiblizer, *Jurnal riset industri*, Vol.V No.2, hal. 143-151.
- [9] George J., Janardhan R.,Anand, J.S., Bhagawan S.S.,dan Thomas S, 1996. Melt Rheological behavior of Short Pineapple Fibre Reinforced low Density polyccthylen Composites, *Jurnal of Polymer*, Volme 37, No. 24, Gret Britain.
- [10] ASTM, 1987, *Annual Standard Book Composite Material* , ASTM D 3039
- [11] Standar Nasional *Indonesia* SNI , *Papan partikel Standar Nasional Indonesia* SNI 03-2105-2006.