



Karakteristik Komposit Berbasis Serat Kelapa dan Komposit Berbasis Serat Aren

The characteristics of Coconut Fiber-Based Composites and Sugar Fiber-Based Composites

Asfarizal

*Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Padang
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang, Indonesia*

*Received 11 March 2016; Revised 19 March 2016; Accepted 21 March 2016, Published 21 April 2016
<http://dx.doi.org/10.21063/JTM.2016.V6.24-31>*

Academic Editor: Asmara Yanto (asmarayanto@yahoo.com)

*Correspondence should be addressed to asfarizalsaad@gmail.com
Copyright © 2016 Asfarizal. This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).*

Abstract

Composites made from natural plant fibers that are environmentally friendly is now more attractive, lighter weight, the number of abundant, renewable, competitive prices has encouraged the use of a broad field of engineering, building interiors and clothing. The characteristics of each fiber is highly variable and influenced by the maturity of fiber materials, processing into fiber, perlakuan after so fibers and fiber treatment. Known properties of fiber can help choose the method that is right and good to be applied in the manufacturing process of composite. Pretreatment, composition and matrix settings, select the type of adhesive is a method that is widely used to obtain physical and mechanical properties superior but physical properties and mechanical produced highly variable and not consistent.

Keywords: *composite, coconut fiber, sugar fiber, characteristic*

1. Pendahuluan

Komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih yang disusun sedemikian rupa dalam skala makroskopik sehingga diperoleh kombinasi sifat fisik dan mekanik yang lebih baik. Perkembangan teknologi komposit saat ini sudah mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat serat sintesis atau glass menjadi komposit berpenguat serat alam. Komposit serat sintesis tidak ramah lingkungan oleh karenanya memerlukan penanganan limbah khusus agar tidak mencemari lingkungan, pada sisi lain komposit serat alam limbahnya tidak memerlukan penanganan khusus. Kebutuhan material komposit yang ramah lingkungan meningkat setiap tahunnya menggantikan material komposit sintesis, glass, serta material logam, sifat-sifatnya yang menguntungkan yaitu beratnya yang ringan, mudah dibentuk, tahan korosi, sifat mekanik

yang baik, bahan baku yang tersedia di alam, harga yang murah telah mendorong aplikasinya yang luas dibidang keteknikan.

Untuk aplikasi keteknikan, sifat mekanik komposit yang tinggi penting diperhatikan dan menjadi satu tujuan penelitian yang berkembang terus menerus. Berbagai metoda yang sangat berperan dalam menentukan sifat mekanik adalah matrik komposit, komposisi matrik dan serat penguat, kepadatan, porosititas, geometri fase, homogenitas dan perekat.

Komposit berbahan serat tumbuhan alam telah banyak diteliti di berbagai Negara diantaranya Indonesia, Malaysia, India, Thailand, Nigeria, Jepang Korea Selatan, Mesir, England. Tanaman serat yang telah diteliti berjumlah 36 jenis, Indonesia dan Malaysia merupakan Negara dengan perkebunan sawit terbesar di dunia, limbah yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah segar jadi CPO juga

besar setiap tahunnya. Oleh karena itu penanganan limbahnya menjadi komposit mendapat perhatian yang tinggi dari para ahli.

2. Potensi serat tumbuhan alam

Serat dari berbagai jenis kayu telah diteliti dan dimanfaatkan untuk berbagai peralatan kantor dan rumah (papan partikel), meskipun Indonesia kekurangan kayu dari hutan, namun limbah kayu tersedia dalam jumlah yang banyak. Dari jurnal yang telah dibaca, aplikasi

serat alam untuk komposit sangat menguntungkan karena mudah diperoleh, mudah diproses, energi proses yang rendah, beratnya yang ringan, ramah lingkungan, dapat diperbaharui, tidak abrasif, sifat akustik yang baik, kekuatan spesifik dan modulus elastis yang mencukupi. Di Indonesia telah diteliti dan dimanfaatkan berbagai serat tumbuhan berbagai variasi dan komposisi, sebagaimana Tabel 1.

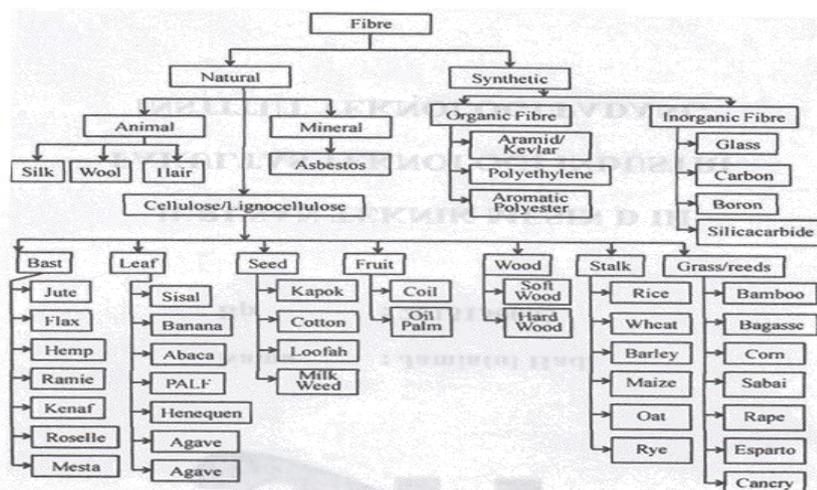
Tabel 1. Jenis serat tumbuhan alam dan perekat

No	Jenis serat	Perekat	
		Tumbuhan	Sintetis
1	Batang kelapa sawit		
2	Tandan kosong kelapa sawit	Lem kopal	Urea Formaldehide,
3	Serat tapis kelapa	Tapioka	Plastik daur ulang
4	Sabut kelapa	Kulit pisang	UF/melamin Formaldehide
5	Slug dan sabut kelapa	selulosa, lignin	Fenol Formaldehide
6	Serat pinang	Gambir	Resin epox
7	Tepung aren (kulit kayu, serat)	Getah	Polystyrene,
8	Kulit buah jarak		Poliuretan
9	Kayu cepat tumbuh dilapis bambu		Urea dan fenol formaldehide
10	Kayu/kayu mahang		
11	Limbah kayu		
12	Serat Kayu Jati dan bambu		
13	Ampas tebu dan bambu		
14	Zypir bambu		
15	Serat Pinang		
16	Ampas tebu dan pengeras		
17	Serat sisal dan abaka		
18	Serat pisang,		
19	Serat ukam		
20	Rotan (bionanokomposit)		
21	Serat rami		
22	Serat nenas		
23	Serat kenaf		
24	Jerami padi		

Masih tersedia puluhan serat tumbuhan alam di Indonesia yang belum diteliti untuk dikembangkan menjadi komposit berbahan serat tumbuhan alam yang ramah lingkungan, diantaranya serat rumput, aneka jenis bunga. Menurut Syakir [1] serat kelapa sawit dan kelapa mampu meningkatkan minat ketertarikan yang tinggi dari peneliti. Hal ini dimungkinkan karena fungsi dan manfaat yang tinggi dari tumbuhan itu, di sisi lain limbah kedua jenis itu tersedia banyak di Indonesia. Hal ini didukung oleh luas perkebunan sawit di Indonesia yaitu 10.01 juta Ha pada tahun 2013 dan jumlah per

Ha: 130 pohon setelah berusia 20-30 tahun dan beberapa tahun kemudian tidak produktif lagi, limbah kelapa sawit keseluruhan mencakup 10-20%. Sebagian kecil limbah kelapa sawit digunakan untuk bahan bakar ketel uap (3-5%) dan banyak yang belum terolah secara maksimal. Pendayagunaan limbah kelapa sawit (tk, tkks) untuk komposit menarik perhatian penulis untuk berbagai aplikasi keteknikan.

Faris [2] mengidentifikasi komposit serat tumbuhan alam yang telah dimanfaatkan mengikuti skema berikut.



Gambar 1. Skema serat tumbuhan alam yang telah dimanfaatkan

A. Serat Kelapa Sawit

Sapuan [3] memperoleh sifat-sifat mekanik komposit polystyrene ketangguhan tinggi (HIPS) yang diperkuat serat *gula kelapa sawit* dengan memvariasikan komposisi serat 10, 20, 30, 40 dan 50 %wt, ukuran serat 30-50 mesh yaitu Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada 0%wt serat (29,93 MPa) dan terendah diperoleh pada 30%wt (19,3 MPa), ketangguhan tertinggi diperoleh pada komposisi 30%wt (1706 MPa) hal ini menunjukan bahwa komposit tersebut dapat digunakan komponen yang menerima beban kejut.

Sucipto [4] mengolah limbah *batang sawit*, serbuk sebagai bahan baku potensial untuk papan partikel. Papan partikel dengan variasi komposisi diuji sifat fisik dan sifat mekaniknya. Perekat Urea Formaldehida (UF) untuk tipe interior, Phenol Formaldahide (PF) dan Isosianat (MDI) untuk tipe eksterior., metoda dan teknik: Komposisi campuran masing-masing perekat adalah 7 % dan 10 % (berdasarkan SC perekat) serta kadar farafin 1% berdasarkan berat kering partikel). MDI Solid Content : 98%, UF SC: 50% dan UF SC: 48%, kerapatan 7 g/cm³. Papan partikel dengan perekat isosianat (MDI) sebagian besar memenuhi standar. Papan partikel dengan perekat UF dan PF dengan komposisi 7% dan 10% sebagian besar belum memenuhi standar yang diisyaratkan. Peningkatan kadar perekat dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanis papan yang lebih baik.

Jufriah [5] memfokuskan penelitian pada penggunaan *batang kelapa sawit* yg tidak produktif jadi papan partikel dan menentukan pengaruh temperatur tekan panas terhadap sifat fisik dan mekanik. Batang kelapa sawit (Oil Palm Wood) berusia 25 th, variasi temperatur tekan 100°C, 120°C and 140°C, Hasilnya menunjukan bahwa sifat fisik dan mekanik

papan partikel meningkat dengan meningkatnya temperatur tekan. Densitas rerata 0,76 g/cm³, unsur kelembaban 8,76%, penyerapan air 47,48%, pengembangan 9,59%, MoE 2557,92 N/mm², MoR 19,58 N/mm², kekuatan geser 9,47 N/mm² and IBS 0,93 N/mm².

Menurut Kasim [6], komposit berbahan *baku serat batang kelapa sawit*, menentukan pengaruh temperatur dan lama penekanan terhadap sifat papan partikel dengan memvariasikan temperatur (140°C, 145°C, 150°C, 155°C) dan waktu tekan : 10 menit, 12,5 menit, 15 menit, 17,5 menit. Hasilnya menunjukan bahwa lama waktu tekan dan interaksinya berpengaruh signifikan terhadap unsur kelembaban, densitas, MoR papan partikel. Pada sisi lain, temperatur dan waktu tekan berpengaruh tidak signifikan terhadap daya serap air, kuat tekan paralel permukaan dan ikatan dalam. Kondisi optimal diperoleh kombinasi temperatur tekan dan waktu tekan yaitu 150°C dan 15 menit.

Sucipto [4] menggunakan tiga jenis perekat (UF, PF dan MF) untuk menentukan kekuatan tarik papan partikel berbahan *tandan kosong kelapa sawit*. Papan partikel dengan perekat isosianat (MDI) sebagian besar memenuhi standar JIS A 5908-2003 dan SNI 03-2105-1998. Papan partikel dengan perekat UF dan PF dengan variasi komposisi 7% dan 10% sebagian besar belum memenuhi standar yang diisyaratkan. Peningkatan kadar perekat dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanis papan yang lebih baik.

Ying [7] melakukan pembuatan bioethanol berbahan minyak *tandan kosong sawit* (EFB) dan serat inti kenaf, hasilnya menunjukan bahwa EFB tanpa perlakuan 2,6%- 0,4 % berkurang gulanya. Dalam pertimbangan yang ramah lingkungan perlakuan awal air dilakukan

sebelum hidrolisis bertujuan untuk meningkatkan produksi gula.

Menurut Subiyanto [8], papan partikel dari limbah pengolahan *kelapa sawit* ditujukan untuk menurunkan jumlah limbah yang melimpah. Masalah urgensya adalah limbah kelapa sawit mengandung unsur ekstraktif yang tinggi. Unsur yang dapat menurunkan sifat adhesivitasnya. Digunakan perekat penol formaldehida (PF), Penelitian ini mengamati pengaruh beberapa perlakuan, densitas dan unsur perekat terhadap sifat-sifat fisik dan mekanik papan partikel. Variasi unsur perekat : 8 %, 10 % dan 12 % dari berat kering partikel oven, variasi densitas 0,6 g/cm³, 0,7 g/cm³, 0,8 g/cm³ Hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan perendaman air dingin selama 24 jam dan air panas mendidih selama 2 jam, merupakan perlakuan optimum (terbaik). Unsur optimum perekat 10% dengan densitas minimum 0,7 g/cm³. tebal pengembangan untuk semua tipe papan partikel EFB belum memenuhi JIS A-5908, ikatan dalam, kuat tarik skrup dan MoR memenuhi tipe 8 JIS A-5908 (1994).

Binhussain [9] melaporkan komposit *kayu dari limbah daun sawit* dan plastic sebagai perekat dengan perbandingan 1:1 yang di design dan dikembangkan dengan penamaan polycarbonate (PC-mix), polystyrene (PS-mix) dan polyvinyl chloride (PVC-mix). Komposit PS-mix kurang tahan dibandingkan komposit PC-mix dan PVC-mix, kekerasan rata-rata PC-mix, PVC-mix dan PS-mix kurang dari kekerasan kayu dan MDF, kekuatan tertinggi diperoleh pada PVC-mix dan PS-mix namun mudah retak karena regangan rendah.

Sahwolita [10] membuat papan Com-ply dengan inti partikel *kayu sawit* dan lapisan luar vinir. Kayu sawit dengan 3 perlakuan, dalam air dingin, air panas dan tapa perendaman Campuran papan partikel kayu sawit dan koran bekas dalam 3 komposisi yaitu komposisi kayu sawit dan koran bekas: 75:25. 50:50, 25:75. Hasilnya menunjukkan papan com-ply yang memenuhi standar JIS adalah tanpa perendaman dengan komposisi 75:25 dan 50:50.

Mawardi [11] menentukan komposisi terbaik *wood palm oil* dengan polysterene sebagai perekat pembentukan papan partikel Perekat Polystyrene, Benzoyl peroxida, maleated coupling agent and xilena, Komposisi perekat, MoE dan MoR. Hasil pengujian sifat fisis dan mekanis cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar perekat. Dari variasi komposisi, mulai komposisi KKS:PS 60 :40 telah dapat digunakan dalam pembuatan papan partikel KKS. Papan partikel KKS-PS memiliki

nilai kekuatan tarik optimum sebesar 55,15 kg/cm² dan kekuatan lentur optimum sebesar 92,27 kg/cm².

Srinivasababu [12] menggunakan serat '*palmyra palm petiole*' yang panjang untuk menentukan karakteristik komposit polyester yang diperkuat. Serat diekstraksi kemudian dicuci/direndam selama 12 jam dalam air mengandung NaOH. Variasi komposisi fraksi volume serat terhadap matrik 12,19 %, 15,28 %, 20,18%, 22,72%, 26,82%, 33,22%. Hasil pengujian komposit menunjukkan bahwa densitas palmyra palm petiole 727 kg/m³ dan palmyra palm petiole-CT 1110 kg/m³. Kekuatan tarik dan modulus tarik tertinggi pada komposisi 45,5 MPa pada fraksi volume 20,18-33,22% dan 1037,42 MPa pada fraksi 26,82% untuk komposit PPP, dan untuk komposit PPP-CT 58,4 MPa dan 1052,82 MPa pada fraksi volume 22,72%. Hal ini menunjukkan kekuatan lentur sangat baik pada fraksi volume 22,72%. Menurut Anggeraini [13], kualitas Papan komposit dari *sabut kelapa* dan limbah plastic. Perlakukan dengan perendaman NaOH dan komposit berlapis bilah bambu Dilakukan perendaman awal dan variasi kerapatan Waktu perendaman dgn NaOH berpengaruh nyata terhadap MoE, MoR dan keteguhan rekat, kerapatan ρ :0,7 g/cm³ memenuhi standar JIS A 5908-2003.

Bahrudin [14] memanfaatkan abu terbang (*fly ash*) pengolahan *kelapa sawit* yang mengandung unsur silica sebagai komposit karet alam yang diperkuat abu terbang. Metoda pengatur komposisi Limbah abu terbang dicampur dengan NR, PP,TPV dilakukan untuk memperoleh sifat mekanik dan morfologi, hasilnya menunjukkan kekuatan tarik yang dihasilkan bagus untuk komposisi NR/PP: 70/30, secara relatif morfologinya homogen, laju penyerapan air rendah. Perpanjangan 209%. Material ini bagus dikembangkan oleh industri karet.

Nordin [15] mencari kekuatan mekanik terbaik dari komposit berpenguat serat kulit waru kontinyu laminat dengan perlakuan alkali bermatriks polyester. Dilakukan tiga variasi lapisan yaitu 0°/45°/-45°/0°; 45°/0°/0°/-45°; 45°/0°/-45°/0°. Perlakuan alkalisasi serat menggunakan NaOH 5% selama 2 jam memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit, pengujian tarik menunjukkan bahwa pada orientasi sudut serat 45°/0°/-45°/0° diperoleh nilai tertinggi yaitu 66,78 Mpa dan pada pengujian bending nilai tertinggi 179,78 Mpa diperoleh pada orientasi serat 0°/45°/-45°/0°.

Dari paparan tersebut menunjukkan bahwa pengendalian komposisi serat dominan dilakukan peneliti untuk memperoleh sifat mekanik dan fisik yang baik, satu peneliti dengan metoda orientasi serat dan satu peneliti dengan kendali temperatur tekan panas, pengendalian sifat mekanik dan fisik dari geometri serat belum banyak terdata.



Gambar 2. Limbah CPO, tandan kosong kelapa sawit, Serat halus (serabut) kelapa sawit

B. Serat Kelapa

El-Shekeil [16] menentukan komposisi yang sesuai/terbaik berat, volume fiber sabut kelapa dengan termoplastik Perbandingan komposisi *sabut kelapa* dengan termoplastik sebagai variabel Hasilnya menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposisi 40:60 yaitu 14,25 kg/cm² dan terendah pada komposisi 60 : 40 yaitu 4,73 kg/cm². Kekuatan lentur tertinggi pada komposisi 50 : 50 yaitu 8,99 kg/cm² dan terendah pada 60 : 40 yaitu 6,34 kg/cm².

Lumintang [17] Komposit Hibrid berpenguat *serbuk batang kelapa dan serat sabut kelapa* dengan variasi fraksi volume menyatakan Kekuatan tarik dan ketangguhan maksimum dari komposit hibrid diperoleh pada fraksi volum 30:10.

Amin [18] melakukan inovasi komposit *sabut kelapa* untuk helm dengan memvariasikan serat sabut kelapa yang bermatrik PE. Tegangan tarik optimum diperoleh pada komposisi 60% SSK dan Modulus elastis maksimum pada komposisi 42% SSK.

Agunsoye [19] melakukan studi perilaku *serat kelapa* untuk komposit aplikasi keteknikan Komposisi 5%-25% fraksi volume partikel sell kelapa dan pengaruh partikel terhadap sifat mekanis komposit yang dihasilkan diperiksa Hasilnya menunjukkan bahwa kekerasan komposit meningkat dengan bertambahnya jumlah unsur kelapa namun, kekuatan tarik, modulus elastis, energi impak dan keuletan komposit menurun dengan meningkatnya unsur partikel kelapa.

Fajriyanto [20] menyatakan pemanfaatan beberapa jenis limbah kertas dan *sabut kelapa* untuk komposit dinding bangunan.

Memvariasikan tekanan dan komposisi. , proses diawali dengan blending dan pembuatan komposit, hasilnya menunjukkan bahwa variasi beban pengempaan sewaktu pencetakan dan komposisi sabut kelapa (% b/b) berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik mekaniknya. Kuat lentur optimal diperoleh: 77,81 kg/cm² dengan beban pengempaan 2000 bars dan komposisi sabut kelapa 2 %b/b.

Sudarsono [21] menyatakan memanfaatkan *sabut kelapa* menjadi komposit papan partikel dengan memvariasikan komposisi lem kopal dan sabut kelapa. Hasilnya menunjukkan bahwa perbandingan 1 : 6 memiliki berat jenis terkecil, MoE = 89,2009 kg/mm² dan MoR = 1,7513 kg/mm². Perbandingan 1 : 5 , MoE = 64,2673 kg/mm² dan MoR = 2,4555 kg/mm². I Putu Lokantara et al (2009), menyatakan efek fraksi volume serat dan penyerapan air tawar terhadap kekuatan bending komposit *tapis kelapa/ Polyester* dengan memvariasikan komposisi dan waktu. Hasilnya menunjukkan bahwa fraksi volume serat dan lama perendaman dapat meningkatkan kekuatan lentur komposit.

Maryanti [22] menyatakan adanya pengaruh alkalisasi terhadap Kekuatan tarik dan regangan komposit *serat kelapa* dengan matrik polyester, variasi konsentrasi NaOH : 0%, 2%, 5% dan 8%. Alkalisasi adalah suatu modifikasi komposit alam untuk memperbaiki kesesuaian matrix-fiber. Hasil penelitian ini menunjukkan kekuatan tarik 90,144 MPa, 93,75 MPa, 97,356 MPa dan 94,151 MPa. Konsentrasi maksimum 5% NaOH menghasilkan kekuatan tarik tertinggi. Komposit serat kelapa tanpa alkalisasi kekuatan tariknya terendah 90,144 MPa.

Sudarsono [23] memanfaatkan *sabut kelapa* menjadi komposit papan partikel untuk meningkatkan nilai tambah. Papan partikel diuji sifat fisis dan mekanisnya. Hasilnya menunjukkan bahwa perbandingan 1 : 6 memiliki berat jenis terkecil, MoE = 89,2009 kg/mm² dan MoR = 1,7513 kg/mm². Perbandingan 1 : 5 , MoE = 64,2673 kg/mm² dan MoR = 2,4555 kg/mm².

Identik dengan pohon kelapa sawit, komposit serat kelapa dominan dilakukan pengaturan komposisi untuk memperoleh sifat fisik dan mekanik yang terbaik kemudian perlakuan awal serat. Pengaturan sifat mekanik yang terbaik dari sisi geometri belum banyak terdata.



Gambar 3. Serat sabut kelapa yang digunakan untuk komposit

C. Serat Aren

Widodo [24] menyatakan bahwa komposit berbahan serat aren pada fraksi volume 40% rata-rata kekuatannya 5,538 kgf/mm² dan kekuatan impak tertinggi 33,395 kgf/mm².

Liu [25] menyatakan komposit ramah lingkungan (bahan jerami padi dan pati kanji). Perlakuan awal jerami padi dgn NaOH dan air panas, pengaruhnya trhd performance. Komposit dari jerami padi yg diberi perlakuan air panas dan kanji tepung jagung memiliki sifat lentur tinggi dan ikatan antarmuka yang baik.

Naguib [26] menyatakan bahwa pembebanan berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik komposit berbahan ampas tebu hijau.



Gambar 4. Serat ijuk (aren), serat pisang, Serat abaca dan serat nenas digunakan untuk komposit

S.M. Sapuan (2012) melaporkan penelitian komposit yang diperkuat oleh serat ijuk (SPF) terhadap kekuatan ketangguhan (HIPS) dengan memvariasikan komposisi ijuk terhadap matrik, dipilih enam variasi komposisi serat ijuk yaitu 0, 10, 20, 30, 40 dan 50 % wt. Serat ijuk dipotong pendek kemudian disaring, ukuran saringan 30-50 mesh. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa pada komposisi 10-30% SPF kekuatan tarik cenderung menurun dan kekuatan tarik terendah 19,3 MPa terjadi pada komposisi 30% SPF. Modulus Elastis tertinggi diperoleh pada

komposisi 30% SPF kemudian pada komposisi 40%, 50% SPF.

Dari uraian tersebut dapat dinyatakan bahwa peranan geometri serat menentukan karakter komposit yaitu sifat-sifat fisik dan mekanik.

Shah [27] menyatakan pengaruh fraksi volume terhadap sifat fisik dan mekanik komposit serat rami yang dipuntir yang menghasilkan ketidakjelasan korelasi antara fraksi volume serat dan porositas. Bagaimanapun unsur serat yang rendah dari komposit serat tanaman (PPCs) rentan terhadap void dalam benang, unsur serat yang tinggi dari komposit serat tanaman rentan terhadap void antar benang, hal ini disebabkan perubahan dinamika aliran resin dengan peningkatan fraksi volume resin. Prilaku kekuatan tarik meningkat dengan sesuai dengan peningkatan unsur serat.

3. Simpulan

Dari pembahasan tersebut dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Kemampuan teknologi sangat berperan dalam menghasilkan komposit yang memiliki sifat mekanik dan fisik yang baik. Terutama menghasilkan komposit yang seragam dan konsisten.
2. Meningkatkan nilai sifat mekanik dan sifat fisik yang baik dapat dilakukan dengan berbagai metoda yang mempengaruhinya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada seluruh Staf Teknik Mesin Institut Teknologi Padang yang telah memberikan kontribusi sehingga artikel ini dapat diselesaikan.

Referensi

- [1] M. Syakir, "Inovasi Teknologi Mendukung Pengembangan Serat Alam Nasional," *Prosiding Seminar Serat Alam*, 8 Juli 2011, hal 1-11
- [2] M. A. Faris, S.M. Sapuan, T. Anwer, M. Jawaid and M.E. Hoque, "Natural Fiber Reinforced Conductive Polymer Composites as Functional Materials: A review," *Synthetic Metals* 206 (2015), 43-54.
- [3] S.M. Sapuan, D.Bachtiar., *Mechanical Properties of Sugar Palm Fiber Reinforced High Impact Polystyrene Composites*, *SciVerse ScienceDirect-Procedia Chemistry* 4 (2012), 101-106.
- [4] T. Sucipto, S. Ruhendi dan A. Santoso, *Karakterisasi Partikel dan Likuida*

- Tandan Kosong Sawit, Departemen Kehutanan, 2014.
- [5] Jufriah, Supriyanto Wagiman, Masrinah., *Sifat fisik dan Mekanika Papan Partikel dari Batang Sawit dengan variasi Temperatur Kempa Panas*, RIMBA KALIMANTAN, Desember 2007. , Vol. 12 No. 2 hal. 106-114.
- [6] A. Kasim, Yumarni dan A. Fuadi, "Pengaruh Suhu dan Lama Pengempaan pada Pembuatan Papan Partikel dari Batang Kelapa Sawit dengan Perekat Gambir Terhadap Sifat Papan Partikel," *Jurnal Tropical Wood Science and Technology*, 2007, Vol. 5 No.1
- [7] T. Y. Ying, L. K. Teong, W. N. W. Abdullah and L. C. Peng, "The Effect of Various Pretreatment Methods on Oil Palm Empty Fruit Bunch and Kenaf Core Fibers For Sugar Production," *Procedia Environmental Sciences* 20 (2014), 328-335.
- [8] B. Subiyanto, Subyakto, Sudijono, M. Gofar, dan S. S. Munawar, "Pemanfaatan limbah Tandan Kosong dari Industri Pengolahan Kelapa Sawit untuk Papan Partikel dengan perekat Phenol Formaldehida," UPT Balai Litbang Biomaterial-LIPI. 2003.
- [9] M. A. Binhussain and M. M. El-Tonsy, "Palm Leave and Plastic Waste Wood Composite For out-door Structures," *Construction and Building Materials*, 47 (2013), 1431-1435.
- [10] Sahwolita, Usia dan I. R. Sari, "Karateristik Papan Com-Ply dari Campuran Kayu Sawit dan Koran Bekas," Fakultas Pertanian Univ. Sumatera Utara, 2015 hal. 1-18.
- [11] I. Mawardi, "Mutu Papan Partikel dari Kayu Kelapa Sawit (KKS) Berbasis Perekat Polystyrene," *Jurnal Teknik Mesin*, DOAJ, 2009. 11 (2), 91-96.
- [12] N. Srinivasababu, J. S. Kumar and K. V. K. Reddy, "Manufacturing and Characterization of Long Palmyra Palm/Borassus Flabellifer Petiole Fibre Reinforced Polyester Composites," *ScienceDirect-Procedia Technology* 14 (2014), 252-259.
- [13] O. Anggeraini, D. Setyowati dan Nurhaida, "Kekuatan Papan Partikel dari Sabut Kelapa dan Limbah Plastik Berlapis Bambu dengan variasi Kerapatan dan Lama Perendaman NaOH," Fak Kehutanan Univ Tanjung Pura, 2014, 408-416.
- [14] Bahruddin, A. Ahmad, A. Prayitno dan R. Satoto, "Morphology and Mechanical Properties of Palm Based Fly Ash Reinforced Dynamically Vulcanized Natural Rubber/Polypropylene Blends," *SciVerse ScienceDirect-Procedia Chemistry* 4 (2012), 146-153.
- [15] N. A. Nordin, F. M. Yussof, S. Kasolang, Z. Salleh dan M. A. Ahmad, "Wear Rate of Natural Fibre: Long Kenaf Composite," *ScienceDirect-Procedia Engineering* 68 (2013), 145-151, 2013 Elsevier.
- [16] Y. A. El-Shekeil, S. M. Sapuan, M. Jawaid and O. M. Al-Shula'a, "Influence of Fiber Content on Mechanical, Morphological and Thermal Properties of Kenaf Fiber Reinforced Poly(vinyl chloride)/thermoplastic polyurethane polyblend Composite," *Material and Design*, vol. 58 (2014) 130-135.
- [17] R. C. A. Lumintang, R. Soenoko dan S. Wahyudi, "Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol.2 No.3- 2011, 146-153.
- [18] Amin dan Samsudi, "Pemanfaatan Limbah Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Pembuat Helm Pengendara Kendaraan Roda Dua," *Prosiding seminar Nasional UNIMUS 2010*, ISBN.978.979.704.833.9, pp. 314-318.
- [19] J. O. Agunsoye, S. I. Talabi, S. O. Samuel, "Study of Mechanical Behaviour of coconut shell Reinforced Polymer Matrix Composite," *Menirals and Materials Characterization & Engineering (JMMC & E)*, 2012, 11, 774-779.
- [20] Fajriyanto dan F. Firdaus, "Panel Dinding Bangunan Ramah Lingkungan dari Komposit Limbah Pabrik Kertas, Sabut kelapa dan Sampah Plastik: Pengaruh Komposisi Bahan dan Beban Pengempaan terhadap kuat Lentur." *Jur. Teknik Mesin UII*, ISBN 978-979-3980-15-7, Yogyakarta, 22 Nofember 2008.
- [21] Sudarsono, T. Rusdianto dan Y. Suriyadi, "Pembuatan papan partikel berbahan baku sabut kelapa dengan bahan pengikat alami (Lem Kopal)," *Jurnal Teknologi*, 2010, vol. 3 no. 1 22-32.
- [22] B. Maryanti, A. A. Sonief dan S. Wahyudi, "Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Polyester terhadap Kekuatan Tarik," *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol.2 No.2 tahun 2011, 123-129 ISSN 0216-468X.

- [23] Sudarsono, T. Rusianto dan Yogi Suriadi, “Pembuatan Papan Partikel Berbahan Baku Sabut Kelapa dengan Bahan Pengikat Alami (Lem Kopal),” *Jurnal Teknologi*, Juni 2010, Vol.3 No.1, 22-32
- [24] B. Widodo, “Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi dengan Penguat Serat Pohon Aren (ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random),” *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 2008, vol 3 no.1 hal 1-5.
- [25] J. Liu, C. Jia and C. He, “Flexural Properties of Rice Straw and Starch Composites,” *SciVerseScienceDirect-AASRI Procedia*, 2 (2012) 89-94
- [26] H. M. Naguib, U. F. Kandil and A. I. Hashem, “Effect of Fiber Loading on the Mechanical and Physical Properties of “Green” Bagasse-Polyester Composite,” *Journal of Radition Research and Applied Sciences* 8, (2015) 544-548.
- [27] D. U. Shah, P. J. Schubel, P. Licence and M. J. Clifford, “Determining the Minimum, Critical and Maximum Fibre Content for Twisted Yarn Reinforced plant fibre Composites,” *Composites Science and Technology* 72 (2012) 1909-1917.