

## **Analisis sifat fisik dan kekuatan tarik limbah serat Areca Catechu L. sebagai biofibre pada komposit**

Cok Istri Putri Kusuma K<sup>1</sup>, Ngakan Putu Gede Suardana<sup>1</sup> dan I Ketut Gede Sugita<sup>1</sup>

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran, Bali, Indonesia

cok\_putrikusuma@yahoo.com

### **Abstrak**

Kulit buah pinang (*Areca Catechu L*) selama ini tidak termanfaatkan secara maksimal sehingga menjadi beban pencemaran bagi lingkungan, untuk itulah dilakukan penelitian terkait limbah kulit buah Areca. Makalah ini menganalisis kekuatan tarik dan sifat fisik limbah serat kulit buah pinang (*Areca Husk Fiber/AHF*) berdasarkan tingkat kematangan buah yang berbeda yaitu mentah, matang dan tua/kering.

Analisis sifat fisik melalui pengamatan optik terkait morfologi patahan serat, panjang dan diameter serat serta aspek rasionya, selain itu juga pengukuran *density* dan *water absorption* AHF. Sedangkan sifat mekanik AHF dilakukan pengujian pada tingkat kematangan yang berbeda ditentukan dengan uji tarik serat tunggal sesuai dengan ASTM D 3379.

Dari penelitian mempertegas bahwa panjang serat, diameter dan *density* AHF bervariasi pada setiap tahap tingkat kematangan, dimana AHF yang mentah diamati memiliki panjang serat tertinggi, diikuti oleh matang dan AHF yang tua. Diameter AHF ditemukan menurun dari mentah ke tahap tua. *Density*nya meningkat dengan meningkatnya kematangan buah dan kekuatan tarik serat tertinggi pada AHF Matang dan terendah pada AHF tua.

Kata kunci: Biofiber, serat kulit buah pinang; sifat fisik; sifat mekanis.

## 1. Pendahuluan

Pemanfaatan serat alam sebagai sumber utama bahan penguat material komposit, saat ini sudah banyak dikembangkan, mengingat serat alam mengandung *lignocellulosic* yang berasal dari struktur jaringan tumbuhan sehingga lebih ramah lingkungan dan mudah terurai oleh alam. Saat ini Industri cenderung menggunakan serat alam (*natural fiber*) selain karena sifat-sifatnya tersebut juga karena ketersediaan serat alam yang sangat melimpah dan pemanfaatannya sampai saat ini masih belum optimal. Meskipun serat alam telah banyak diteliti, akan tetapi penelitian yang intensif dan berkelanjutan harus tetap dilakukan untuk lebih mendalami berbagai perlakuan yang diberikan pada serat alam, tingkat umur saat memanen serat alam, dan mengoptimalkan potensi serat alam serta mendapatkan jenis serat-serat yang baru. Berbagai jenis serat alam telah diteliti untuk dijadikan bahan penguat komposit komersial antara lain : kenaf, sisal, hemp, rami dan lain-lain. Serat alam sebagai penguat dalam material komposit memiliki keuntungan sebagai berikut, (1) Memiliki perbandingan panjang dengan diameter (*aspect ratio*) yang besar. Hal ini menggambarkan bahwa bila digunakan sebagai penguat dalam komposit, serat akan memiliki luas daerah kontak yang luas dengan matriks dibanding bila menggunakan penguat lain. Dengan demikian diharapkan akan terbentuk ikatan yang baik antara serat dengan matriks, (2) "Size effect". Serat memiliki ukuran yang kecil sehingga jumlah cacat per satuan volume serat akan lebih kecil dibandingkan material lain. Dengan demikian serat akan memiliki sifat mekanik yang baik dan konsisten (Suardana et al., 2010, Abdal-hay et al., 2012), (3) Serat memiliki densitas yang rendah sehingga memiliki sifat mekanik spesifik (sifat mekanik per satuan densitas) yang tinggi dan (4) Fleksibilitas serat dan diameternya yang kecil membuat proses manufaktur serat menjadi mudah.

Pohon pinang akan berbuah tergantung pada kondisi tanahnya, rata-rata di Indonesia pohon pinang setelah berumur 5-8 tahun, dengan betuk buahnya adalah bulat telur dengan panjang antara 3,5 cm – 7 cm. dimana dinding buahnya berserabut berserat keras meliputi endosperm dan berat kulitnya sekitar 60-80% dari total berat buahnya. Panjang seratnya rata-rata 3.5-6 cm dan diameter 0.3 mm-0.5 mm. Secara umum komposisi kimia dari serat pinang terdiri dari selulosa (hemiselulosa), lignin, pektin dan protopectin. Dari studi Jayamani, 2015 serat pinang mengandung Alpha selulosa (53,20%), Hemiselulosa (32,98%), Lignin (7,20%), Pectin (9,2-15,4%), Ash (1,05%) dan unsur-unsur lainnya (3,12%).

Penelitian ini meneliti serat kulit buah pinang (*Areca Husk Fiber/ AHF*) berdasarkan tingkat kematangan buah yaitu buah mentah, matang dan tua. Pada gambar 1. ditunjukkan ke 3 jenis buah pinang. Buah pinang mentah berwarna hijau dengan kulit lembut dan bijinya bercangkang keras (*nut*), buah pinang matang berwarna kuning keemasan dan kulitnya cukup kenyal dan mengandung banyak cairan bila dibandingkan buah yang mentah dan tua. Buah pinang yang tua diperoleh ketika buah pinang matang mencapai kematangan penuh dan terpisah dari tandan buah. Buah pinang tua menunjukkan warna kecoklatan dengan serat kasar. AHF diekstrak dari bagian yang berserat dekat cangkang buah. Bagian berserat dari buah pinang ada dua jenis serat yaitu serat tipis/halus dan serat kasar.



Gambar 1. Tingkat kematangan buah pinang

Kekasaran permukaan serat kasar dari AHF dapat dijadikan pertimbangan dalam memilih serat sebagai penguat yang baik dalam komposit, Choudhury et al. (2009). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari sifat-sifat fisik dan mekanik dari AHF pada kondisi mentah, matang dan tua yang berasal dari limbah pertanian, sehingga akan menentukan kesesuaian AHF sebagai penguat dalam polimer komposit.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Bahan

AHF diperoleh dari perkebunan pinang lokal di Desa Bongaya, Karangasem, Bali. Buah pinang direndam dalam air pada suhu kamar selama 5 hari untuk melonggarkan serat dari sekam. Selanjutnya AHF dipisahkan secara manual dari bagian cangkang dengan tangan. Setelah pengupasan dicuci bersih dengan air suling sebelum dikeringkan dalam oven pada 70°C selama 24 jam. AHF yang telah dikerjakan disimpan dalam ruang tertutup untuk melindungi serat dari kelembaban atmosfer.



Gambar 2. Serat Kulit Buah Pinang (*Areca Husk Fiber/AHF*)

## 2.2. Metode

### 2.2.1. Penentuan Density Serat

Density AHF diperoleh dengan menggunakan persamaan matematis yaitu membagi massa dengan volume. Serbuk AHF diisi dalam wadah dengan dimensi tertentu. Berat wadah ditimbang ( $M_0$ ) dan wadah yang berisi AHF ditimbang ( $M_f$ ) Volume wadah diukur dengan mengalikan tinggi, lebar dan ketebalan wadah. Density AHF serat diperoleh dengan menggunakan Persamaan. (1):

$$\text{Massa jenis (g/cm}^3\text{)} = \frac{M_f - M_c}{V_c} \dots\dots\dots (1)$$

di mana  $M_0$  adalah berat wadah;  $M_f$  adalah berat wadah dengan serat dan  $V_c$  adalah volume wadah.

### 2.2.2. Penyerapan Air

Penyerapan air ditentukan setelah perendaman sampel dalam air pada suhu kamar selama 24 jam. Lima spesimen yang masing-masing sampel ditimbang sebelum dan sesudah perendaman serat BNH. Penyerapan air ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (2)

$$\text{Air absorption (\%)} = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100 \dots\dots (2)$$

dimana,  $M_1$  adalah massa sampel setelah direndam (g); dan  $M_0$  adalah massa sampel sebelum perendaman (g).

### 2.2.3. Diameter dan Panjang Pengukuran Fibre

Diameter AHF ditentukan menggunakan mikroskop optik dan panjang AHF serat diukur menggunakan alat ukur panjang. Lima belas sampel AHF diukur dan rata-rata diameter dan panjang serat tercatat.

### 2.2.4. Penentuan Sifat Tarik AHF

Spesimen AHF untuk uji tarik dipilih secara acak dari serat kulit. Serat diamati dengan menggunakan mikroskop optik untuk mengukur diameter serat. Serat ditempel dan dilem pada permukaan sepotong *cardboard*, dengan panjang ukur 25 mm dan diuji sesuai dengan metode uji standar untuk tarik uji serat tunggal (ASTM D 3379). *Cardboard* tab dipotong di (Binoj et al., 2016) bagian pertengahan ukur sebelum uji tarik. Spesimen diuji dengan kecepatan crosshead 1 mm/menit dengan replikasi (15 spesimen), dengan kapasitas beban dari 5 kN.



### 3. Hasil Penelitian

#### 3.1. Sifat Fisik AHF

Dimensi dan density masing-masing AHF berbeda pada tingkat kematangan (Tabel 1). Panjang serat dan diameter serat adalah parameter penting untuk menentukan kekuatan serat alam. Dengan membagi panjang dengan diameter serat, maka aspek rasio serat alami dapat dihitung. Serat Alam dengan aspek rasio tinggi lebih menguntungkan karena memiliki kekuatan tarik yang tinggi (Bavan dan Kumar, 2010). Selain itu, aspek rasio dari serat memiliki efek yang signifikan pada sifat lenturnya dan perilaku putusnya serat alami (Ali, 2010). Dari pengukuran panjang, diameter dan density AHF diperoleh nilai yang bervariasi pada setiap tingkat kematangan serat. AHF tua memiliki panjang serat tertinggi, diikuti masing-masing oleh AHF yang mentah dan matang. Sedangkan untuk diameter serat juga bervariasi diameter terbesar terukur pada AHF mentah dan terkecil pada AHF tua, hal ini menunjukkan bahwa pada AHF mentah masih terjadi pertumbuhan dinding sel, serta adanya lumer yang berfungsi sebagai penyuplai makanan untuk pertumbuhan serat. Pada AHF tua sudah tidak ada lagi suplai makanan pada serat sehingga unit selnya menjadi tetap atau mengalami penurunan. Penyerapan air (water-absorption) serat merupakan kemampuan serat dalam menyerap uap air dalam waktu tertentu. Sifat ini sangat mempengaruhi karakteristik komposit yang menggunakan serat alam

sebagai penguat, terutama dalam penggunaan komposit di luar ruangan dan umur pakai komposit. Water absorption dapat menurunkan ikatan interface antara serat dengan polimer sehingga akan berpengaruh terhadap sifat mekaniknya. Water absorption dari AHF nilai tertinggi terjadi pada AHF matang, sedangkan terendah terjadi pada AHF mentah.

Tabel 1. Sifat Fisik AHF

Tingkat Kematangan	Mentah	Matang	Tua
Diameter (mm)	0.54	0.49	0.48
Panjang (mm)	42.3	40.7	49.7
Aspek ratio	78.89	81.50	103.33
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	0.18	0.21	0.28
Water absorption (%)	129	388	271

#### 3.2. Sifat Mekanik AHF

Tabel 2 menunjukkan kekuatan tarik, modulus Young, dan perpanjangan saat putus dari ketiga tingkat kematangan AHF. Di antara 3 tingkat kematangan buah, AHF matang menunjukkan kekuatan tarik tertinggi, diikuti oleh AHF mentah dan terakhir AHF tua. Ada banyak faktor yang mempengaruhi sifat tarik dari serat alam seperti spesies dan varietas tanaman, tingkat kematangan tanaman, tanah dan kondisi pelapukan dan juga efisiensi dari proses retting (Baley, 2002). Perubahan sifat mekanik dari AHF bisa berhubungan dengan komposisi kimia, yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Rendahnya kekuatan tarik dari AHF tua, dipengaruhi oleh kerusakan dari serat, karena terjadinya proses pengeringan dari matahari dan pelapukan serta karena adanya serangan biologis pada buah pinang yang tua karena sebagian besar dikumpulkan dari tanah setelah buah terlepas dari tandan buah, demikian juga untuk AHF mentah, rendahnya kekuatan tarik, hal ini dapat dikaitkan dengan fakta bahwa serat alam pada tahap awal mereka tumbuh terdiri dari serat kurang dewasa dan kurang berkembang di alam (Goltenboth et al., 2010).

Tabel 2. Kekuatan Tarik dan Modulus Young AHF

Tingkat Kematangan	Mentah	Matang	Tua
Kekuatan tarik (MPa)	147	152	146
Elongation Break (%)	5,6	10,9	4,9
Modulus Young (MPa)	2.624	1.387	2.969

Sangat menarik untuk dicatat bahwa AHF tua menunjukkan Nilai modulus young paling tinggi dari pada AHF mentah dan matang. Pada kondisi buah yang tua, lignin adalah unsur utama buah pinang, yang memberikan kekakuan pada AHF. Lignin juga bertanggung jawab terhadap perubahan warna dari serat warna kuning pada buah yang matang, lebih kecoklatan pada buah yang tua. (Bavan dan Kumar, 2010).

### 3.3. Perbandingan Sifat Tarik dari AHF dengan Serat Serabut Kelapa

Mirip dengan tanaman pertanian lainnya, AHF memiliki kekuatan mekanik yang baik, density yang rendah dan merupakan sumberdaya terbarukan. Sehingga AHF memungkinkan untuk dijadikan salah satu alternatif yang baik penguat dalam komposit. Untuk mendukung keberlanjutan AHF sebagai penguat pada komposit, maka perbandingan dari kekuatan tarik, modulus Young, dan regangan tanpa perlakuan antara AHF dengan serat kelapa. Kedua serat kelapa dan AHF dikenal memiliki karakteristik fisik yang hampir mirip. Berdasarkan penelitian (Satyanarayana et al, 1990; Nishino et al, 2003)

Tabel 3. Perbandingan karakteristik AHF dan serat kelapa

Jenis serat	Diameter (mm)	Density (gr/cm <sup>3</sup> )	Kekuatan tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)
AHF	0,3 – 0,6	0,23	148	2.327
Coir fibre	0,1-0,5	1,15	175	6.000

Diameter, density rata-rata, kekuatan tarik, dan modulus young pada AHF yang tidak mendapat perlakuan bila dibandingkan dengan serat kelapa, yang mana sesuai dengan studi yang dilakukan oleh Swa(Swamy et al., 2004)my et al. (2004). Kekuatan tarik AHF didapatkan nilai yang mendekati kekuatan tarik serat kelapa tetapi dengan density yang jauh lebih rendah daripada serat kelapa. Temuan ini menyiratkan bahwa AHF dapat digunakan sebagai penguat dalam polimer komposit, yang bisa menjadi alternatif serat seperti serat kelapa. Selain itu, aspek rasio yang baik, low density dan karakteristik ringan dari AHF baik sesuai untuk pembuatan komposit ringan. Setelah perlakuan permukaan seperti alkali, asam akrilik, dan asetilasi, sifat mekanik dari AHF dapat ditingkatkan dan mengungguli mekanik serat kelapa dan serat kenaf (Sampathkumaret al, 2012.; Chakrabarty et al., 2012).

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik fisik, mekanik sifat termal dan morfologi dari AHF diselidiki. Hasil mempertegas bahwa panjang serat, diameter dan density AHF bervariasi pada setiap tahap tingkat kematangan, dimana AHF yang mentah diamati memiliki panjang serat tertinggi, diikuti oleh matang dan AHF yang tua. Diameter AHF ditemukan menurun dari mentah ke tahap tua.
2. Densitynya meningkat dengan meningkatnya kematangan buah
3. Kekuatan tarik serat tertinggi pada AHF Matang dan terendah pada AHF tua.

### 5. Referensi

- [1.] Abdal-hay, A., Suardana, N. P. G., Choi, K.-S. and Lim, J. K. (2012) *International Journal of Precision*

- Engineering and Manufacturing*, **13**, 1199-1206.
- [2.] Binoj, J. S., Raj, R. E., Sreenivasan, V. S. and Thusnavis, G. R. (2016) *Journal of Bionic Engineering*, 13, 156-165.
- [3.] Dhanalakshmi, S., Ramadevi, P. and Basavaraju, B. (2015) *IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, 8, 43-52.
- [4.] Satyanarayana, K.G., Sukumaran, K., Mukherjee, P.S., Pavithran, C., Pillai, S.G.K., 1990. Natural fibre-polymer composites. *Cem. Concr. Compos.* 12 (2), 117-136.
- [5.] Reddy, G. R., Kumar, A. M. and Chakradhar, K. V. P. (2011) *International journal of materials and biomaterials applications*, 1, 6-13.
- [6.] Sampathkumar, D., Punyamurthy, R., Bennehalli, B. and Venkateshappa, S. C. (2012) *Int. J. Agric. Sci*, 4, 227-229.
- [7.] Swamy, R. P., Kumar, G. C. M., Vrushabhendrapa, Y. and Joseph, V. (2004) *Journal Of Reinforced Plastics And Composites*, 23, 1373-1382.
- [8.] Suardana, N. P. G., Abdalla, A., Kim, H. K., Choi, K. S. and Lim, J. K. (2010) *Polymer*, 4, 5.
- [9.] Yusriah, L., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S. and Mariatti, M. (2014) *Journal of Cleaner Production*, 72, 174-180.