

Gorontalo

Journal Of Forestry Research

Volume 8 Nomor 1 April 2025

P-ISSN 2614-2058 E-ISSN 2614-204X

SIFAT FISIKA DAN MEKANIKA PELEPAH PALEM RAJA (*Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook) sebagai BAHAN PENGUAT KOMPOSIT

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ROYAL PALM LEAF SHEATH (*Roystonea regia* (Kunth) O.F.Cook) as a COMPOSITE REINFORCING MATERIAL

Ulfa Adzkia^{1*}, Hasanuddin², Naresworo Nugroho³, Lina Karlinasari³

¹Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat,

²Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin,

³Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor

*E-mail: ulfa.adzkia@unsulbar.acid

Received, 04th February 2025; Revisied, 14th March 2025;

Accepted, 06th April 2025

ABSTRAK

Palem Raja (*Roystonea regia*) merupakan salah satu jenis tumbuhan monokotil yang banyak ditanam khususnya sebagai tanaman hias di lanskap perkotaan. Namun dalam pertumbuhannya terdapat siklus alami dimana daun palem raja akan gugur dan berakhir menjadi limbah. Dalam hal ini, pelepah palem raja diduga memiliki potensi sebagai bahan penguat komposit. Namun dalam pemanfaatan sebagai bahan penguat komposit, informasi dasar seperti karakteristik fisika dan mekanika dari bahan perlu diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat fisika dan mekanika serta potensi pemanfaatan pelepah palem raja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar air pelepah hijau sebesar 111.25% dan pelepah cokelat 14.90%. Pelepah palem raja memiliki kerapatan yang rendah dengan rentang kerapatan 0.4 g/cm³ – 0.6 g/cm³. Selain itu, stabilitas dimensi pelepah hijau lebih tinggi dibanding dengan pelepah coklat. Rata-rata kekuatan tarik pelepah palem hijau sebesar 218.09 kg/cm² dan pelepah cokelat sebesar 317.06 kg/cm². Kekuatan Tarik pelepah hijau lebih rendah dibandingkan dengan pelepah coklat, dan kekuatan tersebut semakin menurun kearah bagian inti pelepah. Sementara itu, kekuatan Tarik serat dari kedua kondisi pelepah tidak berbeda nyata dengan rata-rata nilainya sebesar 2633.33 kg/cm². Pengujian ini menunjukkan bahwa serat pelepah palem raja tergolong kedalam kelas serat II. Hal ini juga menunjukkan bahwa pelepah palem raja memiliki potensi sebagai bahan penguat komposit.

Kata kunci: Pelepah; Palem_Raja; Sifat_Fisik; Sifat_Mekanik.

ABSTRACT

The Royal Palm (*Roystonea regia*) is a type of monocotyledonous plant widely planted, especially as an ornamental plant of the urban landscape. However, during its growth, there is a natural cycle in which the royal palm leaves fall and end up as waste. In this case, the royal palm leaf sheath is thought to have potential as a composite reinforcement material. However, in its utilization as a composite reinforcement material, basic information such as the physical and mechanical characteristics of the material needs to be known. This study aims to evaluate the physical and mechanical properties and also the potential for utilizing the material. The results showed that the average water content of the green leaf sheath was 111.25% and the brown leaf sheath was 14.90%. The royal palm leaf sheath has a low density with a range of 0.4 g/cm³ – 0.6 g/cm³. In addition, the dimensional stability of the green

leaf sheath is higher than that of the brown leaf sheath. The average tensile strength of the green palm was 218.09 kg/cm², and the brown was 317.06 kg/cm². The tensile strength of green leaf sheath is lower than that of brown leaf sheath, and the strength decreases toward the core of the royal palm leaf sheath. Meanwhile, the tensile strength of fibers from both conditions is not significantly different with an average value of 2633.33 kg/cm². This test shows that the royal palm leaf sheath fiber was classified into fiber class II. This also indicates that the royal palm leaf sheath has potential as a composite reinforcing material.

Keywords: *Leaf_Sheath; Royal_Palm; Physical_Properties; Mechanical_Properties.*

PENDAHULUAN

Palem raja (*Roystonea regia*) merupakan salah satu jenis tumbuhan monokotil yang banyak ditanam khususnya sebagai tanaman hias di lanskap perkotaan. Namun dalam pertumbuhannya terdapat siklus alami dimana daun palem raja akan gugur dan berakhir menjadi limbah. Menurut (Lilly 2010) Palempaleman (*Arecaceae*) merupakan salah satu jenis tumbuhan monokotil yang memiliki banyak kesamaan dengan jenis rumput-rumputan dibandingkan dengan jenis hardwood maupun softwood. Indonesia merupakan negara yang kaya dengan tumbuhan palem, diperkirakan terdapat 46 genus dengan 29 genus merupakan palem endemik (Witono et al. 2000). Tumbuhan palem juga merupakan tumbuhan yang dapat dimanfaatkan dan hampir seluruh bagian dari pohonnya dapat dimanfaatkan. Nuryanti et al. (2015) menyatakan bahwa bagian terbesar yang dimanfaatkan adalah daun sebesar 51% sedangkan yang terkecil adalah biji sebesar 10%. Beberapa jenis tumbuhan palem-paleman yang sering dimanfaatkan adalah palem putri (*Veitchia merillii*), kelapa (*Cocos nucifera*), kelapa sawit (*Elaeis guineensis*), nipa (*Nypa fruticans*) dan palem raja (*Roystoena regia*) (Law et al. 2007, Munawar et al. 2007 dan Rao dan Rao 2007).

Palem raja merupakan salah satu jenis palem yang berasal dari Hindia Barat dan telah banyak dibudidayakan di Indonesia (Rao dan Rao 2007). Palem raja banyak dimanfaatkan sebagai tanaman hias dalam lanskap perkotaan. Gabriella (2014) menyebutkan bahwa palem raja adalah jenis palem kedua yang diminati setelah palem putri. Hal ini disebabkan oleh struktur batang maupun daun yang menarik dan batang yang tidak bercabang (Pangemanan et al. 2008). Namun, dalam pertumbuhannya daun palem raja secara alami sering jatuh dan berakhir menjadi limbah. Bourmoud et al. (2017) menyebutkan bahwa daun palem khususnya bagian pelepah merupakan salah satu jenis limbah silvikultur yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat dalam komposit. Pemanfaatan pelepah palem sebagai bahan penguat dalam komposit memerlukan informasi mengenai sifat dasar dari pelepah seperti sifat anatomi, kimia, fisis dan mekanis. Penelitian-penelitian mengenai beberapa jenis palem telah dilakukan oleh Adzkie et al. (2020a) untuk karakteristik anatomi pelepah palem raja, dan Adzkie et al (2020b) mengenai ultrastruktur pelepah palem raja, Zhai et al. (2013b) dan Zhai et al. (2012) untuk jenis windmill palm (*Trachycarpus fortune*), Zhai et al. (2013a) untuk 18 jenis palem.

Penelitian mengenai bagian daun khususnya pelepah pada palem raja telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti Rao dan Rao (2007), Goud dan Nao (2012a), Goud dan Nao (2012b) mengenai kekuatan mekanis dari serat pelepah yang telah dimodifikasi dan dimanfaatkan dalam epoxy-composite. Namun, informasi mengenai karakteristik dasar fisis, dan mekanis dari pelepah utuh (matriks) maupun dalam bentuk serat dari pelepah palem raja belum dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik dasar fisika, dan mekanika dari pelepah palem raja. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi sifat fisika dan mekanika pelepah palem raja serta mengevaluasi sifat tersebut dengan potensi pemanfaatannya sebagai bahan baku produk.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa dan Desain Bangunan Kayu, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, caliper digital, timbangan, *Universal Testing Machine* (UTM) Chunyen tipe CY-6040A4, UTM Instron tipe 3360 serta alat-alat penunjang seperti golok, tangga, gergaji tangan dan ATK. Bahan penelitian yang digunakan adalah pelepah palem raja yang diperoleh dari Lingkungan Kampus Institut Pertanian Bogor. Pelepah palem raja yang digunakan dalam bentuk pelepah utuh dan dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian tepi, transisi dan inti serta serat pelepah pada masing-masing bagian pelepah.

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini melibatkan kegiatan di Laboratorium yang terdiri atas pengujian sifat fisika dan sifat mekanika pelepah serta serat pelepah palem raja. Adapun kegiatan penelitian untuk masing-masing sifat diuraikan sebagai berikut,

Sifat Fisika

Kadar Air dan Kerapatan

Kadar air dihitung berdasarkan pada standar ASTM D4442-92 (ASTM 2003) dan D4933-99 (ASTM 2004) dengan modifikasi pada tebal sampel. Pengujian kadar air dan kerapatan air menggunakan sampel palem raja yang dipotong dengan ukuran panjang dan lebar (2 cm x 2 cm), sedangkan untuk tebal menyesuaikan dengan bagian pelepah palem raja. Sampel ditimbang untuk memperoleh berat awal (B_a) dan dilakukan pengukuran dimensi untuk memperoleh volume awal (V_a), kemudian sampel di oven pada suhu 103 ± 2 °C selama 24 jam. Sampel yang telah dioven, kemudian dimasukkan kedalam desikator selama 15 menit hingga mencapai berat konstan, lalu ditimbang dan diperoleh berat kering tanur (B_{kt}). Nilai kadar air di hitung dengan Persamaan 1.

$$\text{Kadar air (\%)} = (B_a - B_{kt}) / B_{kt} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

B_a = Berat awal (g)

B_{kt} = Berat kering tanur (g)

Sementara itu, untuk kerapatan diperoleh dari perbandingan antara berat awal dan volume awal dari sampel. Kerapatan bahan dapat diperoleh dengan Persamaan 2.

$$\text{Kerapatan (g/(cm}^3\text{))} = B_a / V_a \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

Ba = Berat awal (g)

Va = Volume awal (cm³)

Daya Serap Air dan Pengembangan Volume

Daya serap air dan pengembangan volume merupakan uji stabilitas dimensi yang diukur dengan mengacu kepada Puslitbang Hasil Hutan 1974 dalam Intara dan Dyah (2012) serta dilakukan modifikasi pada ketebalan pelepah palem raja. Sampel dibentuk dengan ukuran panjang dan lebar (2 cm x 2 cm) dengan tebal sesuai dengan bagian pelepah palem raja. Sampel ditimbang dan diukur sehingga diperoleh berat awal (B1) dan volume awal (V1). Setelah itu, sampel direndam dalam air selama 2 jam dan 24 jam. Setelah dilakukan perendaman, sampel kemudian ditimbang (B2) dan diukur dimensinya untuk memperoleh volume (V2) setelah perendaman. Selanjutnya sampel tersebut dioven pada suhu 103 ± 2 °C selama 24 jam, lalu ditimbang hingga diperoleh berat kering tanur (B3). Stabilitas dimensi diukur dengan parameter penyerapan air (*absorpsi*) dan pengembangan tebal (*swelling*) yang dihitung berdasarkan Persamaan 3 dan 4.

$$\text{Absorpsi (\%)} = (B2-B1)/B1 \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Swelling (\%)} = (V2-V1)/V1 \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

B1 = Berat awal (g)

B2 = Berat setelah perendaman (g)

B3 = Berat kering tanur (g)

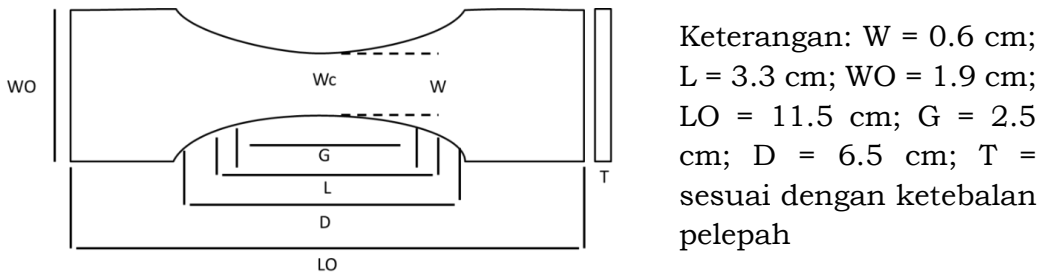
V1 = Volume awal (cm³)

V2 = Volume setelah perendaman (cm³)

Sifat Mekanika Pelepah Palem Raja

Tegangan Tarik Matriks Pelepah Palem raja

Pengujian tegangan tarik dilakukan pada dua bentuk sampel yaitu pelepah utuh dan serat dari pelepah palem raja. Uji tarik pelepah utuh dilakukan dengan mengacu kepada ASTM D 638-10 (ASTM 2010). Sampel uji tarik dibentuk sesuai dengan Gambar 1. Sampel dibentuk dengan tipe IV berdasarkan ketebalan material yang diujikan. Apabila ketebalan bahan kurang 4 mm, pengujian dilakukan dengan bentuk sampel pada Tipe IV. Rincian ukuran sampel yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Sketsa sampel uji tarik

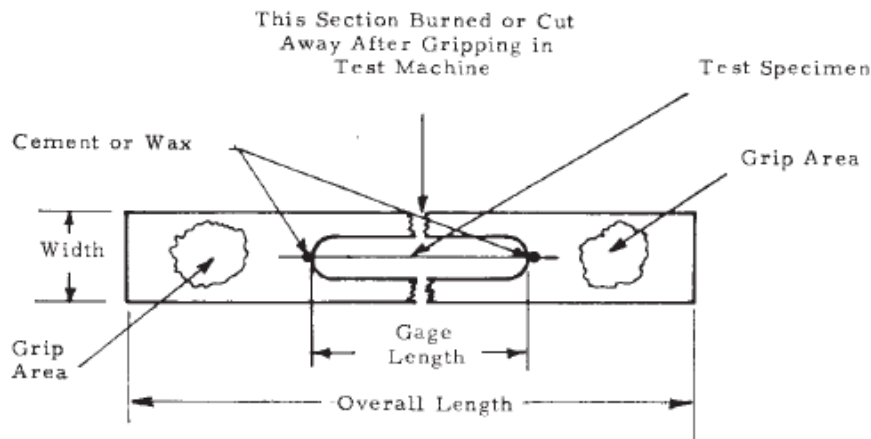
Pengujian dilakukan menggunakan UTM merek Chunyen dengan kecepatan pengujian sebesar 5 mm/min. Nilai tegangan tarik dihitung dengan Persamaan 5.

$$\text{Tegangan tarik (kg/cm}^2\text{)} = (P \text{ maks}) / (\text{Luas bidang tarik (W x T)}) \dots\dots\dots (5)$$

Tegangan Tarik Serat Pelepah Palem Raja

Pelepah dalam serat tunggal diuji berdasarkan pada ASTM D 882-02 (ASTM 2002). Sementara itu, persiapan bahan dilakukan dengan mengacu kepada ASTM D 3379-75 (ASTM 1989). Serat yang diuji tersebut dalam kondisi kadar air 8-10%. Sampel dibuat dari serat dipotong dengan panjang berkisar antara 20-25 mm, kemudian di rekatkan dengan kertas menggunakan perekat epoxy dengan panjang kertas yang digunakan sebesar 6 cm dan panjang serat yang diuji (gauge length) sebesar 30 mm (Gambar 2). Pengujian dilakukan menggunakan UTM Instron dengan kecepatan pembebanan 1 mm/min (Zhai et al. 2012, Munawar et al. 2007, dan Rao dan Rao 2007). Diameter masing-masing serat dihitung menggunakan mikrometer sekrup. Nilai tegangan tarik diperoleh dengan Persamaan 6.

$$\text{Tegangan tarik (kg/cm}^2\text{)} = (P \text{ maks}) / (\text{Luas areal}) \dots\dots\dots (6)$$



Gambar 2 Sketsa contoh uji tarik serat
Sumber : ASTM D3379 (ASTM 1989)

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (RAL Faktorial) 2 (dua) faktor utama yaitu faktor A dan faktor B. Faktor A

adalah kondisi pelepah yang terdiri atas dua taraf yaitu pelepah hijau dan pelepah coklat. Faktor B adalah pembagian pelepah berdasarkan pada lebar pelepah yang terdiri atas tiga taraf yaitu tepi (Tp), transisi (Tr), dan inti (In). Model liner dari rancangan acak kelompok seperti Persamaan 7.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \rho_k + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \dots\dots\dots (7)$$

Y_{ijk} merupakan pengamatan pada ulangan ke-k yang mendapat perlakuan faktor A taraf ke-i dan faktor B taraf ke-j. μ merupakan rata-rata umum, sementara itu α_i dan β_j merupakan pengaruh faktor A taraf ke-i dan pengaruh faktor B ke-j. ρ_k merupakan ulangan ke-k, $(\alpha\beta)_{ij}$ merupakan pengaruh interaksi faktor A dan faktor B taraf ke-ij dan ϵ_{ijk} merupakan komponen galat. Masing-masing pengujian dilakukan sepuluh kali ulangan. Pengolahan data dilakukan dengan aplikasi Microsoft Excel 2010 dan SPSS 22.0. Apabila Hasil analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% menunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilakukan uji lanjut Duncan.

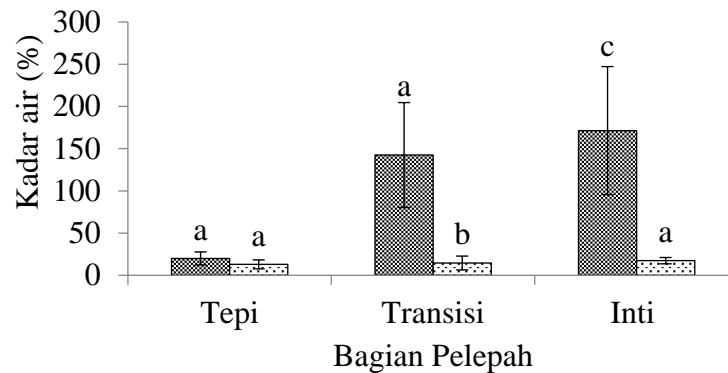
HASIL DAN PEMBAHASAN

Palem raja merupakan salah satu jenis palem yang dikenal dengan nama *Roystonea regia* atau *R. elata* yang memiliki batang tegak dengan bagian pangkal dan tengah batang yang membesar. Daun palem raja terdiri atas pelepah, tangkai, tangkai daun, dan helaian daun. Pelepah palem raja merupakan sepertiga bagian dari daun palem raja dan merupakan bagian yang diduga dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit. Rata-rata panjang pelepah yang diperoleh adalah sebesar 171.3 cm dan lebar 63.87 cm. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap dua jenis pelepah yaitu pelepah hijau (kondisi segar) dan pelepah coklat (kondisi kering). Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium, maka diperoleh karakteristik fisika dan mekanika pelepah sebagai berikut,

Sifat Fisika

Kadar air

Kadar air pelepah hijau lebih besar dibanding dengan kadar air pelepah coklat (Gambar 3). Rata-rata kadar air (KA) pelepah hijau sebesar 111.25%, kadar air pelepah coklat sebesar 14.90%. Shirley (2002) menyebutkan pada jenis kelapa sawit KA batang kelapa sawit yang muda lebih tinggi dibanding dengan pelepah sawit yang lebih tua. Kadar air pelepah palem raja bagian inti lebih besar dibanding dengan pelepah bagian transisi dan tepi. Rata-rata kadar air bagian tepi sebesar 16.4%, bagian transisi 78.49%, dan bagian inti sebesar 94.34%. Semakin kebagian inti, kadar air pelepah semakin tinggi. Kadar air pelepah hijau ataupun coklat pada bagian inti lebih besar dibanding dengan bagian transisi, dan bagian tepi. Hal ini juga disampaikan oleh Iswanto et al. (2010) semakin kebagian inti kadar air batang kelapa sawit semakin tinggi.

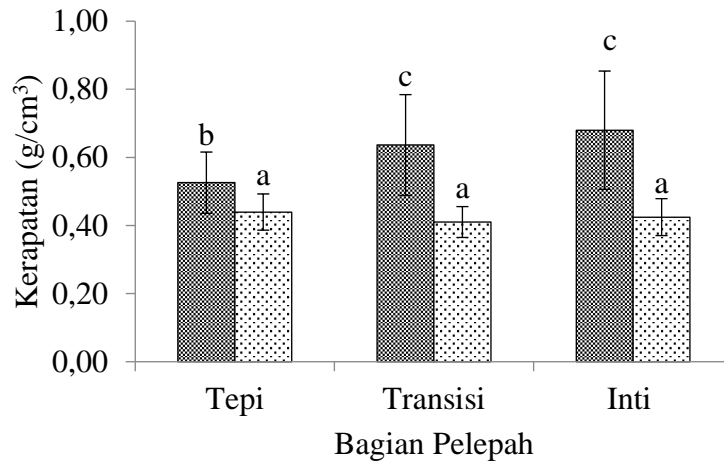


Gambar 3. Rata-rata kadar air pelepah hijau (■) dan coklat (▨) pada tiga bagian pelepah (tepi, transisi, dan inti) dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 95\%$

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa kadar air pelepah dipengaruhi oleh interaksi faktor pelepah dan faktor kondisi pelepah. Semakin muda kondisi pelepah dan semakin kearah inti kadar air pelepah semakin besar. Hal ini disebabkan oleh perbedaan proporsi ikatan pembuluh dan jaringan parenkim. Adzkiya et al. (2020a) menyebutkan bahwa pelepah palem raja bagian inti lebih tebal dibanding dengan bagian transisi dan tepi dengan proporsi ikatan pembuluh dan parenkim yang cenderung meningkat. Semakin banyak jaringan parenkim maka kadar air semakin tinggi. Jaringan parenkim merupakan jaringan yang lebih higroskopis dibanding dengan ikatan pembuluh (Yamada et al. 2010 dan Ramle et al. 2012).

Kerapatan

Kerapatan pelepah hijau lebih tinggi dibanding dengan pelepah coklat (Gambar 4). Kerapatan pelepah hijau 38% lebih besar daripada pelepah coklat. Rata-rata kerapatan pelepah hijau bagian tepi, transisi, dan inti secara berurutan adalah 0.53 kg/cm^3 , 0.64 kg/cm^3 , dan 0.68 kg/cm^3 . Sementara itu, untuk pelepah coklat dari bagian tepi, transisi, dan inti adalah 0.44 kg/cm^3 , 0.41 kg/cm^3 , dan 0.42 kg/cm^3 . Dibandingkan tumbuhan monokotil lainnya yaitu bambu dan kelapa, kerapatan pelepah palem raja tidak berbeda nyata dengan jenis bambu *G. Scortechinii* yang memiliki nilai $0.45\text{-}0.60 \text{ g/cm}^3$ (Wahab et al. 2006), namun lebih rendah dibandingkan dengan bambu *Bambusa blumeana* (kerapatan = $0.6\text{-}0.8 \text{ g/cm}^3$) (Srivaro et al. 2018) dan kelapa (*Cocos nucifera*) (kerapatan = $0.5\text{-}0.7 \text{ g/cm}^3$) (Harsono et al. 2011). Kerapatan pelepah yang rendah merupakan salah satu faktor penentu dalam pemanfaatan bahan baku sebagai bahan penguat produk komposit. Suherti et al. (2014) menyebutkan bahwa kerapatan papan partikel yang dihasilkan dipengaruhi oleh kerapatan bahan baku yang digunakan. Bahan baku dengan kerapatan yang rendah menjadi indikator dalam pembuatan produk.



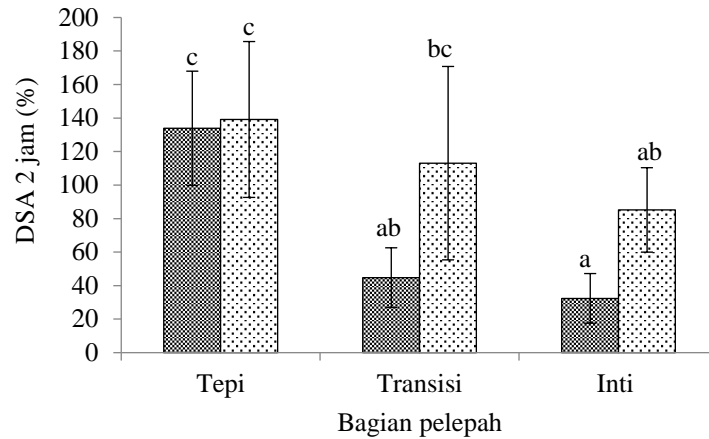
Gambar 4. Rata-rata kerapatan pelepah hijau (■) dan coklat (▨) pada tiga bagian pelepah (tepi, transisi, dan inti) dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 95\%$

Hasil analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa kerapatan pelepah palem raja dipengaruhi oleh dua faktor yaitu kondisi pelepah dan bagian pelepah. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kerapatan pelepah palem raja hijau berbeda nyata dengan pelepah coklat, dan kerapatan bagian tepi, transisi dan inti pelepah hijau dan coklat juga berbeda nyata. Semakin muda kondisi pelepah dengan proporsi ikatan pembuluh yang semakin meningkat maka kerapatan semakin meningkat. Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian Adzkiya et al. 2020a dan 2020b) bahwa ikatan pembuluh cenderung meningkat ke arah inti pelepah palem raja dengan proporsi jaringan parenkim dan ikatan pembuluh pelepah hijau lebih tinggi dibanding dengan pelepah coklat. Selain itu, ketebalan pelepah juga memengaruhi kerapatan pelepah, semakin tebal pelepah maka semakin tinggi kerapatan pelepah.

Daya Serap Air (DSA)

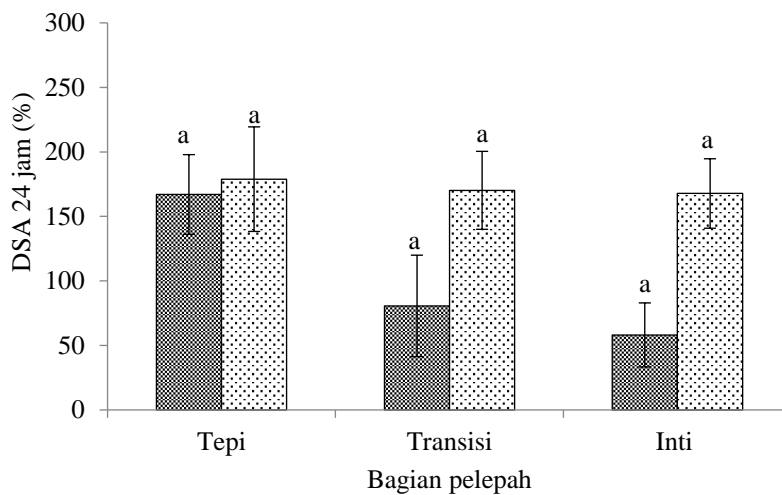
Perbedaan DSA 2 jam pada dua kondisi pelepah dan tiga bagian pelepah palem raja ditunjukkan oleh Gambar 5. DSA 2 jam pelepah coklat tidak berbeda nyata dengan pelepah hijau, namun perbedaan yang nyata terlihat pada bagian inti, transisi dan tepi. DSA terendah terdapat pada pelepah hijau pada bagian inti (32.40%) dan tertinggi terdapat pada pelepah coklat bagian tepi (139.15%). Rata-rata daya serap air pelepah palem raja lebih kecil dibanding dengan tangkai kurma (*date palm*). DSA tangkai kurma sebesar 146.32% (Almi et al. 2015).

Hasil analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa DSA 2 jam dipengaruhi oleh interaksi kedua faktor yaitu kondisi dan bagian pelepah. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa semakin muda kondisi pelepah maka semakin rendah DSA 2 jam. DSA 2 jam bagian inti lebih kecil dibanding dengan bagian transisi maupun tepi. Hal ini diduga dipengaruhi oleh keberadaan daerah amorf dan kristalin. Pelepah palem raja bagian inti memiliki tingkat kristalinitas yang lebih tinggi dibanding dengan bagian transisi dan tepi.



Gambar 5. Rata-rata daya serap air 2 jam pelepah hijau (■) dan coklat (▨) pada tiga bagian pelepah (tepi, transisi, dan inti) dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 95\%$

Perbedaan DSA 24 jam pada dua kondisi pelepah dan tiga bagian pelepah palem raja ditunjukkan oleh Gambar 6. DSA 24 jam pelepah coklat tidak berbeda nyata dengan pelepah hijau dan tiga bagian pelepah palem raja. Hal ini juga ditunjukkan oleh hasil analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% dimana DSA 24 jam tidak dipengaruhi oleh interaksi kedua faktor. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa DSA 24 jam pelepah hijau bagian inti tidak berbeda nyata dengan pelepah hijau bagian transisi maupun bagian tepi. Namun, DSA 24 jam cenderung menurun kearah inti dengan DSA 24 jam pelepah hijau lebih rendah daripada pelepah coklat.

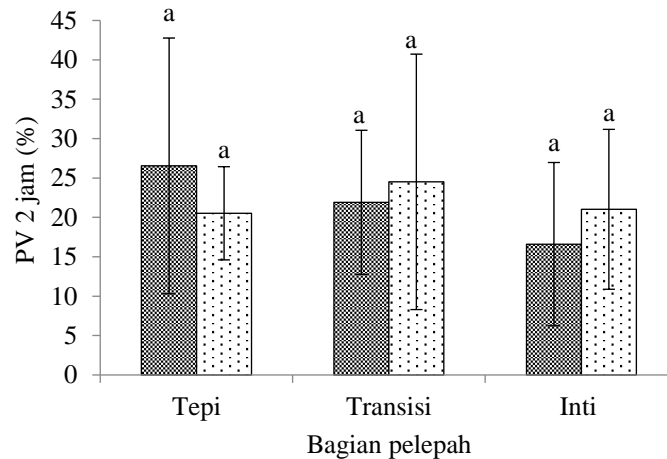


Gambar 6. Rata-rata daya serap air 24 jam pelepah hijau (■) dan coklat (▨) pada tiga bagian pelepah (tepi, transisi, dan inti) dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 95\%$

Pengambangan Volume (PV)

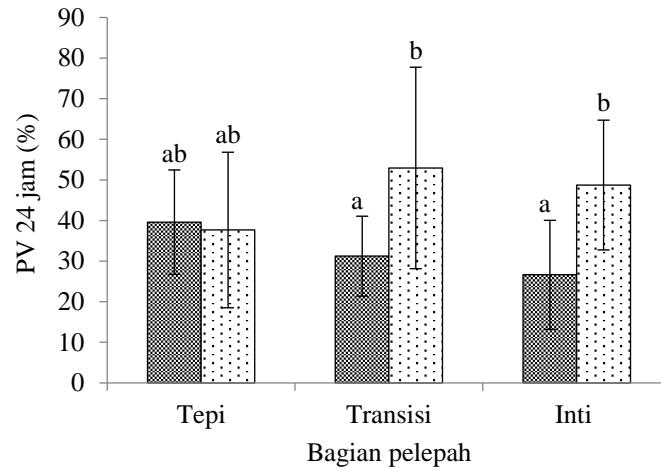
Pengambangan volume pada tiga bagian dan dua kondisi pelepah ditunjukkan oleh Gambar 7. Rata-rata PV 2 jam pelepah hijau bagian tepi, transisi,

dan inti masing-masing sebesar 26.54%, 21.91%, dan 16.61%. Sementara itu, nilai PV 2 jam pelepah coklat bagian tepi, transisi, dan inti secara berurutan sebesar 20.52%, 24.51%, dan 21.03%. Hasil analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa PV 2 jam tidak dipengaruhi oleh interaksi kedua faktor. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa PV 2 jam bagian inti tidak berbeda nyata dengan bagian transisi dan tepi. Hal ini juga terlihat pada PV 2 jam pelepah hijau tidak berbeda nyata dengan pelepah coklat (Gambar 7).



Gambar 7. Rata-rata pengembangan volume 2 jam pelepah hijau (■) dan coklat (▨) pada tiga bagian pelepah (tepi, transisi, dan inti) dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 95\%$

Pengembangan volume pada tiga bagian dan dua kondisi pelepah digambar Gambar 8. Rata-rata PV 24 jam pelepah coklat tidak berbeda nyata dengan pelepah hijau. Nilai PV 24 jam pada pelepah hijau cenderung menurun ke arah inti, sedangkan pelepah coklat bagian tepi cenderung meningkat ke arah transisi, namun menurun kembali ke arah inti. Rata-rata PV 24 jam pelepah hijau bagian tepi, transisi, dan inti sebesar 37.25%, 31.23%, dan 25.36%. Sementara itu, nilai PV 24 jam pelepah coklat bagian tepi, transisi, dan inti masing-masing sebesar 37.66%, 52.01%, dan 48.73%. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% diketahui bahwa PV 24 jam tidak dipengaruhi oleh interaksi kedua faktor seperti kondisi dan bagian pelepah. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan nilai PV 24 jam pelepah hijau bagian tepi tidak berbeda nyata dengan pelepah coklat bagian tepi (Gambar 8). PV 24 jam bagian transisi tidak berbeda nyata dengan bagian inti maupun bagian tepi. Namun, apabila ditinjau dari faktor tunggal kondisi pelepah palem raja berpengaruh nyata terhadap PV 24 jam. Semakin kering kondisi pelepah maka semakin tinggi PV 24 jam.

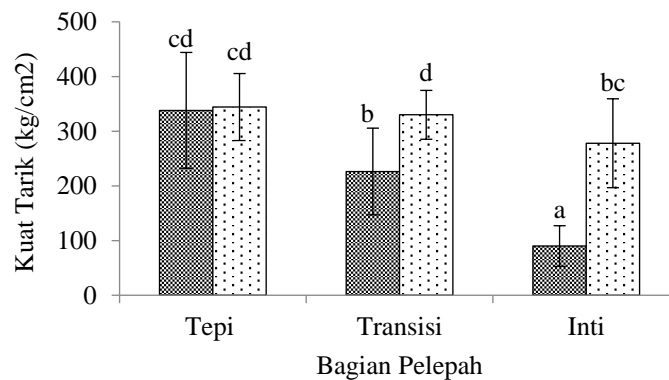


Gambar 8. Rata-rata pengembangan volume 24 jam pelepah hijau (■) dan coklat (▨) pada tiga bagian pelepah (tepi, transisi, dan inti) dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 95\%$

Sifat Mekanika

Uji Tarik Matriks

Gambar 9 menunjukkan kuat tarik matrik pelepah palem raja pada dua kondisi pelepah dan tiga bagian pelepah. Kuat tarik pelepah hijau lebih kecil dibanding dengan kuat tarik pelepah coklat. Rata-rata kuat tarik pelepah palem hijau sebesar 218.09 kg/cm², sedangkan pelepah coklat sebesar 317.06 kg/cm². Nilai kuat tarik pelepah palem raja sepuluh kali lebih rendah dibandingkan dengan beberapa jenis batang bambu seperti *Dendrocalamus asper* (2007.5 – 2328.0 kg/cm²), *Bambusa vulgaris* (2320 kg/cm²), *Gigantochloa scortechinii* (1449.2 – 1877.6 kg/cm²), dan *Schizotacyum grande* (1130.1-1492 kg/cm²) (Awalluddin et al. 2017).



Gambar 9. Nilai uji tarik matriks pelepah hijau (■) dan coklat (▨) pada tiga bagian pelepah (tepi, transisi, dan inti) dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 95\%$

Hasil analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa kuat tarik pelepah dipengaruhi oleh interaksi kedua faktor yaitu kondisi dan bagian pelepah palem raja. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kuat tarik pelepah hijau nyata lebih kecil dibanding dengan pelepah coklat (Gambar 9). Kuat tarik

pelepah bagian inti lebih kecil dibanding dengan pelepah bagian transisi dan tepi. Semakin ke bagian inti, maka kuat tarik pelepah semakin turun. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kadar air dan proporsi ikatan pembuluh. Haygreen dan Bowyer (2003) menyampaikan bahwa sifat mekanis berhubungan erat dengan kerapatan dan kadar air. Semakin tinggi kadar air maka semakin rendah kekuatan suatu bahan.

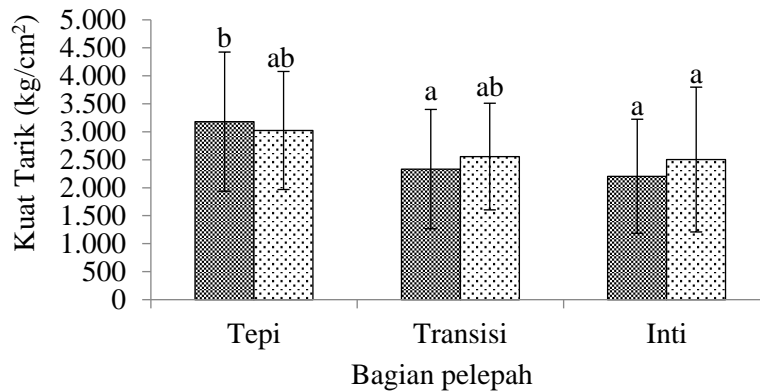
Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air bagian inti lebih tinggi dibanding dengan bagian transisi dan tepi. Selain itu, KA pelepah hijau nyata lebih besar dibandingkan dengan pelepah coklat. Razali *et al.* (2015) dan Jumaidin *et al.* (2016) menyebutkan bahwa kadar air merupakan faktor yang mempengaruhi stabilitas dimensi, porositas, hingga kekuatan bahan pada serat rosella dan aren. Perbedaan kuat tarik pelepah juga dipengaruhi oleh proporsi ikatan pembuluh. Oleh sebab itu, pada pelepah palem raja bagian tepi lebih didominasi oleh ikatan pembuluh yang berfungsi sebagai penguat.

Jaringan parenkim merupakan jaringan yang memiliki fungsi sebagai tempat penyaluran makanan. Sementara itu, ikatan pembuluh yang terdiri atas metaxilem, protoxilem dan ikatan serat lebih berfungsi sebagai penguat pada tumbuhan palem. Tingginya proporsi jaringan parenkim pada bagian inti menunjukkan bahwa bagian inti lebih berperan dalam tempat menyimpan makanan dari tumbuhan palem. Rendahnya proporsi jaringan parenkim dari bagian tepi, memiliki arti bahwa bagian tepi lebih didominasi oleh jaringan ikatan pembuluh yang berperan sebagai penguat. Oleh sebab itu, kekuatan palem bagian tepi lebih tinggi dibandingkan dengan bagian transisi dan bagian inti.

Kekuatan Tarik Serat

Gambar 10 menunjukkan kuat tarik serat pelepah pada tiga bagian dan dua kondisi pelepah. Rata-rata kuat tarik serat pelepah coklat bagian tepi, transisi, dan inti secara berurutan seperti 3182 kg/cm², 2333 kg/cm², dan 2205 kg/cm². Sementara itu, rata-rata kuat tarik serat pelepah hijau bagian tepi, transisi, dan inti masing-masing sebesar 3023 kg/cm², 2557 kg/cm², dan 2503 kg/cm². Kuat tarik serat pelepah hijau dan coklat mengalami penurunan dari bagian tepi ke bagian inti. Rata-rata nilai kuat tarik serat pelepah palem raja lebih tinggi dibandingkan dengan serat dari jenis palem cushman (*Trachycarpus fortune*) (1137.2 kg/cm²) (Zhai et al. 2012), *Elaeis guineensis* (2280 kg/cm²), *Cocos nucifera* (630 kg/cm²), *Arenga* sp. (760 kg/cm²) (Zhai et al. 2013a).

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% diketahui bahwa kuat tarik serat pelepah palem raja tidak dipengaruhi oleh interaksi kedua faktor. Namun kuat tarik serat dipengaruhi oleh bagian pelepah palem raja. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kuat tarik serat pelepah bagian tepi nyata lebih tinggi dibanding dengan bagian transisi dan inti.



Gambar 10. Nilai kekuatan tarik serat pelepah hijau (■) dan coklat (▨) pada tiga bagian pelepah (tepi, transisi, dan inti) dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada $\alpha = 95\%$

Perbedaan nilai kuat tarik serat pada setiap bagian dipengaruhi oleh perbedaan diameter serat. Rata-rata diameter serat pelepah hijau bagian tepi (0.037 cm), transisi (0.043 cm), dan bagian inti (0.043 cm). Sementara itu, diameter serat pelepah coklat bagian tepi (0.038 cm), transisi (0.040 cm), dan bagian inti (0.042 cm). Diameter serat mengalami peningkatan dari bagian tepi ke bagian inti. Oleh sebab itu, kuat tarik serat pelepah cenderung menurun dari bagian tepi ke bagian inti. Fenomena ini juga disampaikan oleh Zhai *et al.* (2012) pada jenis palem chusan (*Trachycarpus fortunei*) dan Jayaprabha *et al.* (2014) pada jenis serat pisang bahwa semakin besar diameter serat maka semakin kecil nilai kuat tarik serat.

KESIMPULAN

Pelepah palem raja merupakan salah satu limbah pertanian yang memiliki potensi pemanfaatan yang tinggi. Informasi dasar mengenai karakteristik fisika dan mekanika telah dilakukan dalam penelitian ini. Palem raja memiliki kerapatan yang rendah serta stabilitas dimensi yang berbeda untuk kondisi yang segar (hijau) dan kering (cokelat). Berdasarkan kualitas seratnya, serat pelepah palem raja termasuk kelas kuat serat II. Oleh sebab itu, pelepah palem raja merupakan salah satu bahan alami yang memiliki potensi pemanfaatan yang tinggi dan dapat didekati dari karakteristik serat palem tersebut. Namun penelitian karakteristik dasar ini menjadi lebih lengkap apabila dilakukan juga terhadap sifat permukaan pelepah palem raja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (RISTEKDIKTI) (Nomor Kontrak 3/EI.KP.PTNBH/2019) atas pendanaan dan dukungan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] American Standard Testing and Material. 1989. *Standard Test method For tensile Strenght and Young's Modulus for High-Modulus Single-Filament Materials*. ASTM D 3379-75. Philadelphia (USA), ASTM International.
- [ASTM] American Standard Testing and Material. 2002. *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastics Sheeting*. ASTM D 882-02. Philadelphia (USA), ASTM International.
- [ASTM] American Standard Testing and Material. 2003. *Standard Test Method for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials*. ASTM D 4442-92. Philadelphia (USA), ASTM International.
- [ASTM] American Standard Testing and Material. 2004. *Standard Guide for Moisture Conditioning of Wood and Wood-Based Materials*. ASTM D 4933-99. Philadelphia (USA), ASTM International.
- [ASTM] American Standard Testing and Material. 2010. *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. ASTM D 638-10. Philadelphia (USA), ASTM International.
- Adzkie, U., Nugroho, N., & Karlinasari, L. 2020a. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Di dalam : Widiatmaka, Karlinasari L, dan Arifin HS, editor. *Anatomical featrue of royal palm leaf sheath*. 15 Agustus 2019; Bogor, Indonesia. Bogor (ID): IPB Press. Hlmn 1-9.
- Adzkie, U., Nugroho, N., & Karlinasari, L. 2020b. Ultrastructure of royal palm (*Roystonea regia*) leaf sheath. *Biodiversitas*, 21(3), 967-974.
- Almi, K., Lakel, S., Benchabane, A., & Kriker A. 2015. Characterization of date palm wood used as composites reinforcement. *Acta Physica Polonica A*, 127(4), 1072-1074. doi.org/10.12693/APhysPolA.127.1072
- Awalluddin, D., Ariffin, M. Z., Osman, M. H., Hussin, M. W., Ismail, M. A., Lee, H. S., & Lim, A. S. 2017. MATEC Web of Conferences. Mechanical properties of different bamboo species. 22-25 Agustus 2017. Seoul, Korea. Seoul (KR): EDP Science. Hlmn 1-10.
- Bourmoud, A., Dhakal, H., Habrant, A., Padovani, J., Siniscalco, D., Ramage, M. H., Beaugrand, J., & Shah, D. U. 2017. Exploring the potential of waste leaf sheath date palm fibres for composite reinforcement through a structural and mechanical analysis. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 103, 292-303. doi.org/10.1016/j.compositesa.2017.10.017
- Gabriella N.N. 2014. Deskripsi tanaman tropis jenis pohon, palem, dan semak besar yang sering dijumpai di kawasan perkotaan [skripsi]. Bogor (ID): IPB
- Goud, G., & Rao, N. R. 2012b. Effect of surface modification and hybridization on dynamic mechanical properties of *Roystonea regia*/glass-epoxy composites. *Bulletin Mater Sci*, 35(7), 1143-1149.
- Harsono D. 2011. Sifat fisis dan mekanis batang kelapa (*Cocos nucifera* L.) dari kalimantan selatan. *JRIHH*, 3(1), 29-39.
- Intara, Y. I., & Dyah, B. P. 2012. Studi sifat fisis dan mekanik parenkim pelepah daun kelapa sawit untuk pemanfaatan sebagai bahan anyaman. *Agrointek*, 6(1), 36-44.
- Iswanto, A. H., Sucipto, T., Azhar, I., Coto, Z., & Febrianto, F. 2010. Physical and

mechanical properties of palm oil trunk from aek pancur. *JITHH*, 3(1), 1–7.

- Jayaprabha, J. S., Brahmakumar, M., & Manilal, V. B. 2011. Banana pseudostem characterization and its fiber property evaluation on physical and bioextraction. *J of Nat Fibers*, 8(3), 149–160. doi.org/10.1080/15440478.2011.601614
- Jumaidin, R., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. 2016. Effect of seaweed on physical properties of thermoplastic sugar palm starch/agar composites. *J of Mech Eng and Sci*, 10(3), 2289-4659.
- Law, K. N., Daud, W. R. W., & Ghazali, A. 2007. Morphological and chemical nature of fiber strands of oil palm empty-fruit-bunch (OPEFB). *BioResources*, 2(3), 351–362.
- Lilly, S. J. 2010. *Arborist Certification Study Guide*. US: International Society of Arboriculture.
- Munawar, S. S., Umemura, K., & Kawai, S. 2007. Characterization of the morphological, physical, and mechanical properties of seven nonwood plant fiber bundles. *J of Wood Sci*, 53(2), 108–113.
- Nuryanti, S., Lina, R., & Lovandi, I. 2015. Pemanfaatan tumbuhan Arecaceae (palem-paleman) oleh masyarakat dayak randu di desa batu buil kecamatan belimbing kabupaten melawi. *Probiont*, 4(1), 128-135.
- Pangamenan, L., Komalig, C., & Kaligis, T. 2008. Beberapa jenis palem yang berpotensi sebagai tanaman pengisi ruang terbuka hijau. *Ekoton*, 8(2), 49-52.
- Ramle, S. F., Sulaiman, O., Hashim, R., Arai, T., Kosugi, A. K., Abe, H., Murata, Y., & Mori, Y. 2012. Characteristics of parenchyma and vascular bundle of oil palm trunk as function of storage time. *Lignocellul J*, 1(1), 33-44.
- Rao, M. M., Rao, M. K. 2007. Extraction and tensile properties of natural fibers: vakka, date and bamboo. *Compo Struct*, 77, 288-295.
- Razali, N., Salit, M. S., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Lazim Y. 2015. A study on chemical composition, physical, tensile, morphological, and thermal properties of rosella fibre: effect of fibre maturity. *Bioresources*, 10(1), 1803-1824.
- Shirley, M. B. 2002. Cellular Structure of Stems and Fronds of 14 and 25 Year-Old *Elaeis guineensis* Jacq [thesis]. Serdang (MY): School of Graduate Study UPM.
- Srivaro, S., Rattanarat, J., & Noothong, P. 2018. Comparison of the anatomical characteristics and physical and mechanical properties of oil palm and bamboo trunks. *J of Wood Sci*, 64(3), 186–192. doi.org/10.1007/s10086-017-1687-3
- Suherti, Diba, F., Nurhaida. 2014. Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari kulit durian (*Durio* sp) dengan konsentrasi urea formaldehid yang berbeda. *JHL*, (3), 510 – 516.
- Wahab, R., Mohammad, A., Samsi, H. W., Yunus, A., & Moktar, J. 2006. Physical characteristics, anatomy and properties of managed *Gigantochola scortechinii* natural bamboo stands. *J of Plant Sci*, 1(2), 144-153.
- Witono, J. R., Suhatman, N., Suryana, R. S., & Purwantoro. 2000. *Koleksi palem Kebun raya Cibodas*. Bogor. Bogor(ID), UPT Balai Pengembangan Kebun Raya-LIPI.
- Yamada, H., Tanaka, R., Sulaiman, O., Hashim, R., Hamid, Z. A. A., Yahya, M. K. A., Kosugi, A., Arai, T., Murata, Y., Mirasawa, S., Yamamoto, K., Ohara, S., Yusof,

- M. N. M., Ibrahim, W. A. & Mori, Y. 2010. Old oil palm trunk: A promising source of sugars for bioethanol production. *Biomass Bioenerg*, 34, 1608-1613.
- Zhai, S., Horikawa, Y., Imai, T & Sugiyama J. 2013b. Cell wall characterization of windmill palm (*trachycarpus fortune*) fibers and its functional implcations. *IWA J*, 34(1), 20-33.
- Zhai, S., Horikawa, Y., Imai, T., & Sugiyama J. 2013a. Morphological and mechanical characteristics of fiber bundles in palm species. *IWA J*, 34(3), 285–300.
- Zhai, S., Horikawa, Y., Imai, T., Sugiyama, J. 2013a. Morphological and mechanical characteristics of fiber bundles in palm species. *IWA J*, 34(3), 285–300. doi.org/10.1163/22941932-00000024
- Zhai, S., Li, D., Pan, B., Sugiyama, J., & Itoh T. 2012. Tensile strength of windmill palm (*Trachycarpus fortunei*) fiber bundles and its structural implications. *J of Mat Sci*, 47(2), 949–959.
- Zhai, S., Li, D., Pan, B., Sugiyama, J., & Itoh, T. 2012. Tensile strength of windmill palm (*Trachycarpus fortunei*) fiber bundles and its structural implications. *J of Mat Sci*, 47(2), 949–959.