

**PENGARUH JENIS MATRIKS POLIMER TERMOSET
DAN FRAKSI BERAT SERAT TERHADAP
KUAT TARIK KOMPOSIT**

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapat Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



**ANDHIKA YOGA PRADANA
3334160089**

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON - BANTEN
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

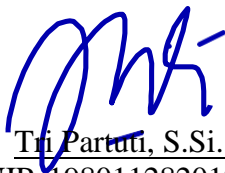
**PENGARUH JENIS MATRIKS POLIMER TERMOSET
DAN FRAKSI BERAT SERAT TERHADAP
KUAT TARIK KOMPOSIT**

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapat Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

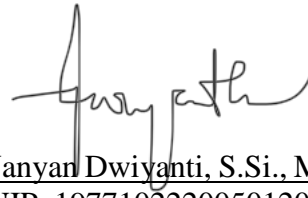
Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing 1



Titi Partuti, S.Si., M.Si
NIP. 198011282012122003

Pembimbing 2



Yanyan Dwiyantri, S.Si., M.T.
NIP. 197710222005012002

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH JENIS MATRIKS POLIMER TERMOSET DAN FRAKSI BERAT SERAT TERHADAP KUAT TARIK KOMPOSIT

Disusun dan diajukan oleh:

Andhika Yoga Pradana

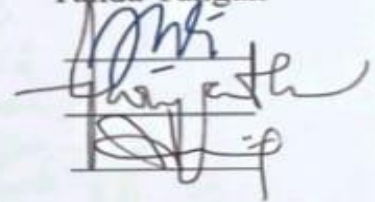
3334160089

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal **3 Juli 2023**

Susunan Dewan Penguji

Penguji I (Ketua Sidang) : Tri Partuti, S.Si.,M.Si
Penguji II : Yanyan Dwiyantri, S.Si., M.T.
Penguji III : Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.

NIP. 197804102003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pengaruh Jenis Matriks Polimer Termoset Dan Fraksi Berat Serat Terhadap Kuat Tarik Komposit
Nama : Andhika Yoga Pradana
NIM : 3334160089
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya saya sendiri dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar pernyataan ini.

Cilegon, M



Andhika Yoga Pradana

NIM. 3334160089

ABSTRAK

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 25 Tahun 2011 tentang Pedoman Penyelenggaraan Rumah Murah, pemerintah menyelenggarakan pembuatan rumah murah agar masyarakat berpenghasilan rendah dapat memiliki hunian layak. Berdasarkan kondisi tersebut maka diperlukan penekanan anggaran pada pembuatan rumah seperti dengan mengganti beberapa material seperti kayu dengan jenis lain. Namun alternatif material tersebut harus memiliki kualitas yang sama dengan kayu sesuai SK SNI 03-xxxx-2000 yaitu sebesar 17-60 MPa (bergantung dari kode mutu kayu). Salah satu caranya adalah dengan menggantikan penggunaan material yang menggunakan kayu menjadi komposit. Komposit serat alam memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan tradisional, seperti biayanya yang murah, densitasnya yang rendah, nilai kekuatan dan modulus yang dapat diterima untuk digunakan pada produk berbobot rendah. Disamping keunggulannya, komposit serat alam juga menghadirkan kepuasan dari sudut pandang lingkungan karena dapat berkontribusi untuk menghasilkan barang yang dapat didaur ulang serta *biodegradable* setelah digunakan. Serat ijuk memiliki nilai kuat tarik tertinggi sebagai *reinforce*. Selain itu serat ijuk juga memiliki ketahanan dari degradasi dan kelembapan. Metode *hand lay-up* memiliki kelebihan seperti fleksibilitas pada berbagai aplikasi dan geometri dengan biaya yang murah serta tidak memerlukan pelatihan khusus sehingga sangat cocok untuk dalam skala laboratorium. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan material komposit dengan variasi jenis polimer termoset (polyester tak jenuh, *vinyl ester*, dan epoksi) dan diperkuat fraksi berat serat ijuk sebesar 0, 5, 10, 15%. Komposit *vinyl ester* merupakan resin yang menghasilkan nilai sifat mekanik tertinggi diikuti oleh komposit epoksi dan komposit *unsaturated polyester*. Komposit *vinyl ester* mencapai nilai kuat tarik 41,22 Mpa, disusul oleh komposit epoksi 35,24 MPa dan komposit *unsaturated polyester* 28,58 MPa. Hasil uji tarik pada komposit resin *unsaturated polyester* dengan masing-masing fraksi berat 0, 5 10, 15% adalah 19,48 MPa, 20,87 MPa, 24,04 MPa, dan 28,58 MPa. Hasil uji tarik pada komposit resin epoksi dengan masing-masing fraksi berat 0, 5 10, 15% adalah 21,72 MPa, 22,55 MPa, 28,14 MPa, dan 35,24 MPa. Hasil uji tarik pada komposit resin *vinyl ester* dengan masing-masing fraksi berat 0, 5 10, 15% adalah 24,32 MPa, 29,63 MPa, 34,53 MPa, dan 41,2 MPa. Nilai kuat tarik komposit tertinggi pada masing-masing resin terdapat pada fraksi berat serat ijuk 15%. Dari hasil SPSS analisa *homogeneity* dengan signifikansi sebesar $0,096 > 0,05$ yang berarti variasi fraksi berat adalah homogen. Pada uji *analysis of variance* signifikansinya adalah $0,758 > 0,05$ yang berarti fraksi berat tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap densitas. Berdasarkan hasil uji tarik yang didapat, sesuai dengan SNI 03-xxxx-2000 yaitu sebesar 17-60 MPa.

Kata Kunci : Komposit, serat ijuk, resin termoset, metode *hand lay-up*

KATA PENGANTAR

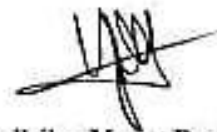
Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc. selaku Ketua sekaligus Koordinator Skripsi Jurusan Teknik Metalurgi FT. Untirta;
2. Ibu Tri Partuti, S.Si., M.Si. dan Ibu Yanyan Dwiyanti, S.Si., M. Si. selaku Dosen Pembimbing I dan II yang telah memberikan bimbingan, saran dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Harapan penulis semoga skripsi ini berguna sebagai acuan penelitian bagi penulis dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa maupun pihak-pihak lain yang memerlukannya sebagai bahan kajian dan studi maupun sumber referensi. Atas perhatiannya, penulis ucapkan terima kasih.

Cilegon, Maret 2023



Andhika Yoga Pradana

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit	6
2.2 Komposit Serat Alam	7
2.3 Serat Alam.....	9
2.4 Polimer Termoset	10
2.4.1 Poliester tak jenuh	12

2.4.2 Vinyl ester	14
DAFTAR ISI	
2.4.3 Epoksi	16
2.5 Serat Ijuk	19
2.6 Metode Hand Lay-Up.....	22
2.7 <i>Rule of Mixture</i>	27
2.8 Pengaruh Alkalisasi NaOH.....	28
2.9 Pengaruh Jenis Matrik Pada Komposit.....	30
2.10 Pengaruh Fraksi Serat Pada Komposit	31
2.11 Uji Tarik	34
2.12 Uji Densitas	36
2.13 Standar Papan Partikel.....	37

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	39
3.2 Alat dan Bahan	40
3.2.1 Alat.....	40
3.2.2 Bahan.....	41
3.3 Prosedur Penelitian	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Fraksi Berat Serat Ijuk Terhadap Kuat Tarik Komposit	44
4.2 Pengaruh Jenis Matrik Terhadap Kuat Tarik Komposit.....	46
4.3 Hasil Uji Densitas.....	47
4.4 Hasil Uji Statistik	49

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....54

5.2 Saran.....54

DAFTAR PUSTAKA56

LAMPIRAN A. CONTOH PERHITUNGAN.....64

LAMPIRAN B. DATA HASIL PENELITIAN.....67

LAMPIRAN C. ALAT DAN BAHAN.....95

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Poliester Tak Jenuh.....	12
Tabel 2.2 Sifat <i>Vinyl ester</i>	16
Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik beberapa Serat Alam.....	21
Tabel 2.4 Data <i>Rule of Mixture</i>	28
Tabel 2.5 Sifat Mekanik Resin Thermoset	31
Tabel 2.6 Syarat Sifat Mekanis Papan Partikel Struktural.....	37
Tabel 2.7 Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel SNI 03-2105-2006	38
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik	29
Tabel 4.2 Hasil Uji Densitas.....	33
Tabel 4.3 Hasil Uji Normalitas Variabel Fraksi Berat dengan Metode Shapiro-Wilk.....	34
Tabel 4.4 <i>Homogeneity of Variances</i>	35
Tabel 4.5 <i>Analysis of Variances</i>	36
Tabel 4.6 Hasil Uji Korelasi Pearson	37
Tabel B.1 Hasil Pengujian Tarik.....	68
Tabel B.2 Hasil Uji Densitas.....	72
Tabel B.3 Hasil Uji Normalitas Variabel Fraksi Berat dengan Metode Shapiro-Wilk.....	72
Tabel B.4 <i>Homogeneity of Variances</i>	73
Tabel B.5 <i>Analysis of Variances</i>	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Skematik Proses <i>Curing</i> . (A) Monomer/Oligomer Sebelum Proses <i>Curing</i> (B) Rantai Polimer Tergabung Sehingga Viskositas Polimer Meningkat (C) Proses Berlanjut Hingga Membentuk Formasi Gel, Namun Jaringan Ikatan Silang Belum Sempurna (D) Proses <i>Curing</i> Pada Thermoset Selesai	11
Gambar 2.2 Pembuatan Poliester Tak Jenuh	13
Gambar 2.3 Reaksi Ikatan Silang (cross-linked) Poliester Tak Jenuh pada Proses <i>Curing</i>	13
Gambar 2.4 Sintesis Resin <i>Vinyl Ester</i>	15
Gambar 2.5 Reaksi Sintesis DGEBA	17
Gambar 2.6 Proses Reaksi <i>Crosslink</i> pada Resin Epoksi menggunakan <i>Curing Agent Diamine</i>	18
Gambar 2.7 Serat Ijuk	20
Gambar 2.8 Metode <i>Hand Lay-Up</i>	26
Gambar 2.9 Mikrografi SEM (a) Serat tanpa alkalisasi (b) Serat alkalisasi 6% NaOH selama 4 jam	29
Gambar 2.10 Grafik Kuat Tarik Serat terhadap Persen Berat Serat	33
Gambar 2.11 Grafik Kuat Tarik serat terhadap Fraksi Berat Serat	34
Gambar 2.12 Kurva Tegangan dan Regangan dari <i>Fiber, Polymer Matrix</i> , dan FRP <i>Composite</i> (Rahman dan Putra, 2018)	35

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Ijuk terhadap Kuat Tarik Komposit	45
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Jenis Matrik terhadap Kuat Tarik Komposit	47
Gambar 4.3 Grafik Batang Hasil Uji Densitas	49
Gambar B.1 Hasil Uji Tarik Polyester	68
Gambar B.2 Hasil Uji Tarik Epoksi	69
Gambar B.3 Hasil Uji Tarik <i>Vinyl ester</i>	70
Gambar C.1 Neraca Digital	96
Gambar C.2 Gelas Beker	96
Gambar C.3 Sarung tangan	96
Gambar C.4 Akuades	96
Gambar C.5 <i>Polyester</i>	96
Gambar C.6 Epoksi	96
Gambar C.7 NaOH	96
Gambar C.8 <i>Vinyl ester</i>	96
Gambar C.9 Cetakan Komposit	97
Gambar C.10 <i>Wax</i>	97
Gambar C.11 Serat Ijuk	97
Gambar C.12 Alkohol 70%	97
Gambar C.13 Penampang	97
Gambar C.14 Kain majun	97

Gambar C.15 Penggaris _____ 97

Gambar C.16 Gelas Plastik _____ 97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki jumlah penduduk terbanyak di dunia. Berdasarkan hasil dari sensus penduduk tahun 2020 menyatakan bahwa penduduk di negara Indonesia berjumlah 270,2 juta jiwa dengan populasi usia produktif sejumlah 72% dari total populasi penduduk Indonesia (BPS, 2020). Banyaknya penduduk menyebabkan meningkatnya permintaan harga rumah khususnya pada pulau Jawa. Namun dikarenakan keterbatasan lahan maka jumlah rumah menjadi terbatas sehingga harga rumah akan semakin meningkat. Ini mengakibatkan daya beli rumah masyarakat menurun khususnya pada masyarakat berpenghasilan rendah (MBR). Hal itu mengakibatkan munculnya kesenjangan sosial. Untuk mengatasi kesenjangan tersebut maka dalam Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 25 Tahun 2011 tentang Pedoman Penyelenggaraan Rumah Murah, pemerintah menyelenggarakan pembuatan rumah murah agar masyarakat berpenghasilan rendah dapat memiliki hunian layak. Berdasarkan RPJMN (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional) 2015-2019, target hunian yang akan dibangun oleh pemerintah adalah sebesar 2,2 juta hunian dalam jangka waktu 5 tahun untuk masyarakat berpenghasilan rendah.

Berdasarkan kondisi tersebut maka diperlukan penekanan anggaran pada pembuatan rumah seperti dengan mengganti beberapa material seperti kayu dengan jenis lain. Namun alternatif material tersebut harus memiliki kualitas yang sama dengan kayu sesuai SK SNI 03-xxxx-2000 yaitu sebesar 17-60 MPa (bergantung dari kode mutu kayu). Salah satu caranya adalah dengan menggantikan penggunaan material yang menggunakan kayu menjadi komposit. Kayu sendiri memiliki beberapa kelemahan seperti harga yang cenderung lebih mahal, lebih berat, ketahanan terhadap kelembapan yang rendah serta rawan terhadap ancaman biologis seperti rayap dan jamur. Komposit serat alam memiliki banyak keunggulan dibandingkan bahan tradisional, seperti biayanya yang murah, densitasnya yang rendah, nilai kekuatan dan modulus yang dapat diterima untuk digunakan pada produk berbobot rendah. Disamping keunggulannya, komposit serat alam juga menghadirkan kepuasan dari sudut pandang lingkungan karena dapat berkontribusi untuk menghasilkan barang yang dapat didaur ulang serta *biodegradable* setelah digunakan

Terdapat penelitian yang dilakukan oleh Sapuan (2012) menggunakan *high impact polystyrene* (HIPS) penguat serat ijuk, Alam (2010) menggunakan *Polypropylene* (PP) penguat serat Jute, dan Munawar (2019) menggunakan komposit epoksi. Didapatkan nilai kuat tarik masing-masing komposit adalah 28.47, 41.3, dan 112 MPa. Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada komposit termoset epoksi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa komposit bisa menggantikan material kayu (Munawar et al., 2019). Terdapat beberapa penelitian serat alam seperti yang dilakukan oleh Srenivan (2013)

menggunakan serat kenaf, Odusote (2016) menggunakan serat daun nanas dan Munawar (2019) menggunakan serat ijuk. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan perbandingan nilai kuat tarik antara tiga jenis serat tersebut adalah 20-90, 69.12 ± 5.20 , dan 112 MPa. Dari ketiga penelitian tersebut dipilih serat ijuk dikarenakan memiliki nilai kuat tarik tertinggi sehingga dipilih sebagai *reinforce* dalam penelitian ini. Selain itu serat ijuk juga memiliki ketahanan dari degradasi dan kelembapan (Mardin et al., 2016).

Metode yang digunakan adalah *hand lay-up* dikarenakan memiliki kelebihan seperti fleksibilitas pada berbagai aplikasi dan geometri dengan biaya yang murah serta tidak memerlukan pelatihan khusus sehingga sangat cocok untuk dalam skala laboratorium (Kuppusamy et al., 2020). Pada penelitian ini dilakukan pembuatan material komposit dengan variasi jenis polimer termoset (polyester tak jenuh, *vinyl ester*, dan epoksi) dan fraksi berat serat ijuk sebesar 0, 5, 10, 15%. Adapun penentuan kelayakan dari penelitian ini dapat diketahui dari beberapa pengujian yang dilakukan, yakni uji tarik ASTM D3039, uji densitas ASTM D792, dan uji statistik untuk mengetahui korelasi antara variabel dengan hasil pengujian.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka identifikasi masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh jenis resin *unsaturated polyester* (UP), *vinyl ester* (VE), dan epoksi terhadap nilai kuat tarik dan densitas komposit?

2. Bagaimana pengaruh fraksi berat serat ijuk terhadap kuat tarik dan densitas pada komposit matrik UP, VE, dan epoksi?
3. Bagaimana pengaruh fraksi berat serat ijuk terhadap densitas material komposit?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini secara umum adalah memanfaatkan limbah ijuk menjadi material komposit sebagai pengganti peran material kayu pada bahan bangunan. Secara khusus, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh jenis resin komposit terhadap nilai kuat tarik.
2. Mengetahui pengaruh fraksi berat serat ijuk terhadap nilai kuat tarik komposit.
3. Mengetahui pengaruh fraksi berat serat ijuk terhadap densitas komposit.

1.4 Batasan Masalah

Batasan Masalah untuk penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Serat ijuk sebagai penguat.
2. UP, VE, dan epoksi sebagai matriks pada komposit.
3. Serat ijuk dicuci menggunakan air dan dikeringkan Laboratorium Metalurgi FT UNTIRTA, Cilegon.
4. Serat ijuk direndam dalam larutan NaOH 5% dengan lama perendaman 1 jam Laboratorium Metalurgi–FT UNTIRTA, Cilegon.

5. Proses pembuatan material komposit menggunakan resin UP, VE, dan epoksi dengan *reinforce* serat ijuk yang diberi penguat Metil Etil Keton dengan metode *hand lay-up* dengan variasi arah serat *unidirectional* di Laboratorium Metalurgi – FT UNTIRTA, Cilegon.
6. Material komposit yang telah dicetak didiamkan selama 2 jam untuk proses *curing* di Laboratorium Metalurgi – FT UNTIRTA, Cilegon.
7. Pengujian tarik sampel material komposit menggunakan standar ASTM D3039
8. Pengujian densitas material komposit menggunakan standar ASTM D792 Laboratorium Metalurgi – FT UNTIRTA.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal penelitian ini terdiri atas lima bab. Bab I menjelaskan tentang latar belakang adanya penelitian, rumusan masalah merupakan dasar penelitian ini, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan. Bab II menjelaskan tentang teori mengenai komposit, biokomposit, hal-hal yang mempengaruhi komposit serat, dan pengujian yang perlu dilakukan pada sampel komposit. Bab III berisi metodologi penelitian yang akan menjelaskan mengenai diagram alir penelitian, alat serta bahan yang digunakan saat penelitian, serta prosedur saat melakukan penelitian. Bab IV menjelaskan mengenai hasil penelitian dan pembahasan yang didukung oleh literatur. Bab V menjelaskan mengenai kesimpulan penelitian yang dikaitkan dengan tujuan penelitian dan saran untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Alam, A., Beg, H., & Ahmad Khan, M. (2010). *Study of natural fibers reinforced thermoplastic composites and their comparative study Preparation of Poly(ethylene terephthalate)-Based Proton-Exchange Membranes Through the Ultraviolet-Induced Graft Copolymerization of Allyl Methacrylate for Applications in Fuel Cells View project.*
<https://doi.org/10.13140/2.1.1809.9208>

Ammar, I. M., Huzaiifah, M. R. M., Sapuan, S. M., Ishak, M. R., & Leman, Z. B. (2018). Development of Sugar Palm Fiber Reinforced Vinyl Ester Composites. In *Natural Fibre Reinforced Vinyl Ester and Vinyl Polymer Composites* (pp. 211–224). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102160-6.00011-1>

Astuti. M. (2014). *Pedoman Budidaya Aren (Arenga pinnata MERR) yang baik.* Kementrian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan.

ASTM (1998) —*Standard Test Method for Water Absorption of Plastics.* ASTM D570-98. West Conshohocken, PA.

ASTM (2007) —*Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials.* ASTM D7264/7264M-07. West Conshohocken, PA.

ASTM (2008) — *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. ASTM D3039/D3039M-08. West Conshohocken, PA.

Athawale, A. A., & Pandit, J. A. (2019). Unsaturated polyester resins, blends, interpenetrating polymer networks, composites, and nanocomposites: State of the art and new challenges. In *Unsaturated Polyester Resins: Fundamentals, Design, Fabrication, and Applications* (pp. 1–42). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816129-6.00001-6>

Badan Standardisasi Nasional (2006) *Papan Partikel, Standar Nasional Indonesia (Papan Serat)*.

BPS. (2014). *Statistik Industri Manufaktur*. 1, 6–8. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>

Bunsell, A. (2005). *Fundamentals of Fibre Reinforced Composite Materials*.

Capper, R. R., & Foreman, J. P. (2018). Internal antiplasticisation in highly crosslinked amine cured multifunctional epoxy resins. *Polymer*, 146, 321–330. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2018.05.048>

Chand, N. (2021). *Tribology of Natural Fiber Polymer Composites*.

Choo, V. K. (1990). *Fundamentals of Composite Materials*.

Devaraju, S., & Alagar, M. (2019). Unsaturated polyester-macrocomposites. In *Unsaturated Polyester Resins: Fundamentals, Design, Fabrication, and Applications* (pp. 43–66). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816129-6.00002-8>

Dodiuk, H. (2014). *Thermoplastics and thermoplastic composites*. Elsevier/WA.

Fatkhurrohman. (2016). *STUDI FRAKSI VOLUME SERAT TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT POLYESTER BERPENGUAT SERAT POHON AREN (IJUK)*.

Hao, L. C., Sapuan, S. M., Hassan, M. R., & Sheltami, R. M. (2018). Natural fiber reinforced vinyl polymer composites. In *Natural Fibre Reinforced Vinyl Ester and Vinyl Polymer Composites* (pp. 27–70). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102160-6.00002-0>

Huzaifah, M. R. M., Sapuan, S. M., Leman, Z., & Ishak, M. R. (2019). Effect of Fibre Loading on the Physical, Mechanical and Thermal Properties of Sugar Palm Fibre Reinforced Vinyl Ester Composites. *Fibers and Polymers*, 20(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1007/s12221-019-1040-0>

Ishak, M. R., Sapuan, S. M., Leman, Z., Rahman, M. Z. A., & Anwar, U. M. K. (2012). Characterization of sugar palm (*Arenga pinnata*) fibres Tensile and thermal properties. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *109*(2), 981–989. <https://doi.org/10.1007/s10973-011-1785-1>

Kuppusamy, R. R. P., Rout, S., & Kumar, K. (2020). Advanced manufacturing techniques for composite structures used in aerospace industries. In *Modern Manufacturing Processes* (pp. 3–12). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819496-6.00001-4>

Madhav, H., Singh, N., & Jaiswar, G. (2019). Thermoset, bioactive, metal-polymer composites for medical applications. In *Materials for Biomedical Engineering: Thermoset and Thermoplastic Polymers* (pp. 105–143). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816874-5.00004-9>

Mallick, P. K. (2017). *Processing of Polymer Matrix Composites*. <http://taylorandfrancis.com>

Mardin, H., Wardana, I. N. G., Pratikto, Suprpto, W., & Kamil, K. (2016). Effect of Sugar Palm Fiber Surface on Interfacial Bonding with Natural Sago Matrix. *Advances in Materials Science and Engineering*, *2016*. <https://doi.org/10.1155/2016/9240416>

- Munawar, N. S. Z., Ishak, M. R., Shahroze, R. M., Jawaid, M., & Zuhri, M. Y. M. (2019). *An Investigation of the Morphological and Tensile Properties of Vacuum Resin Impregnated Sugar Palm Fibers with Various Thermosetting Resins.*
- Nascimento, L. F. C., da Luz, F. S., Costa, U. O., Braga, F. de O., Lima Júnior, É. P., & Monteiro, S. N. (2019). Curing Kinetic Parameters of Epoxy Composite Reinforced with Mallow Fibers. *Materials*, 12(23), 3939. <https://doi.org/10.3390/ma12233939>
- Oodusote, J., & Kumar, V. (2016). Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fibre Reinforced Polymer Composites for Application as Prosthetic Socket. *Journal of Engineering Technology*, 6(1), 24–32. <https://doi.org/10.21859/jet-06011>
- Orozco, R. (1999). *Effects of toughened matrix resins on composite materials for wind turbine blades.*
- Panda, S., & Behera, D. (2019). Unsaturated polyester nanocomposites. In *Unsaturated Polyester Resins: Fundamentals, Design, Fabrication, and Applications* (pp. 101–124). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816129-6.00004-1>

Parameswaranpillai, J., Hameed, N., Pionteck, J., & Woo, E. M. (2017). *Handbook of Epoxy Blends*.

Rahman, R. dan Putra, S. Z. F. S. (2018) *Tensile properties of natural and synthetic fiber-reinforced polymer composites, Mechanical and Physical Testing of Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites*. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/B978-0-08-102292-4.00005-9.

Raji, M., Abdellaoui, H., Essabir, H., Kakou, C. A., Bouhfid, R., & el Kacem Qaiss, A. (2019). Prediction of the cyclic durability of woven-hybrid composites. In *Durability and Life Prediction in Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites* (pp. 27–62). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102290-0.00003-9>

Rangappa, M. S. (2020). *Lightweight Polymer Composite Structures; Design and Manufacturing Techniques*.

Rashid, M. M., Samad, S. A., Gafur, M. A., Rakibul Qadir, M., & Chowdhury, A. M. S. (2016). Effect of Reinforcement of Hydrophobic Grade Banana (*Musa ornata*) Bark Fiber on the Physicomechanical Properties of Isotactic Polypropylene. *International Journal of Polymer Science*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/9017956>

Ratna, Debdatta. (2010). *Handbook of thermoset resins*. ISmithers.

Sapuan, S. M. (2019). *Sugar Palm Biofibers, Biopolymers, and Biocomposites*.

Sapuan, S. M., & Bachtiar, D. (2012). Mechanical Properties of Sugar Palm Fibre Reinforced High Impact Polystyrene Composites. *Procedia Chemistry*, 4, 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2012.06.015>

Sapuan S.M. (2017). *Composite Materials*. Elsevier .

Sreenivasan, S., Sulaiman, S., Baharudin, B. T. H. T., Ariffin, M. K. A., & Abdan, K. (2013). Recent developments of kenaf fibre reinforced thermoset composites: Review. *Materials Research Innovations*, 17(SUPPL 2). <https://doi.org/10.1179/1432891713Z.000000000312>

Surono, B. U. (2016). Prosiding Seminar Nasional XI "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi. In *Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta* (Vol. 298).

Vascova, H. (2011). *Quasi real-time monitoring of epoxy resin*.

Vimalathithan, P. K., & Vijayakumar, C. T. (2018). Characterization of cenosphere-reinforced vinyl ester composites. *Journal of Elastomers and Plastics*, 50(2), 95–106. <https://doi.org/10.1177/0095244317708591>

