



TEKNIK MESIN  
**UDAYANA**



Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362  
Telp./Fax. : +62 361 703321  
<https://mesin.unud.ac.id>

ISSN 2338 - 414X



Prosiding KKonferensi Nasionall Engineering PePerhoelan IX - 2018

ISSN 2338 – 414X

Nomor 1/Volume 5/Juli 2018

PROSEDING ABSTRAK

KONFERENSI NASIONAL  
ENGINEERING PERHOTELAN IX

“Teknologi Hijau Pendukung Industri Pariwisata  
Berkelanjutan”



Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas  
Udayana

**Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan IX – 2018**

**07 Juli 2018**

**Ketua Editor** : Dr. Ir. I Wayan Bandem Adnyana,  
M.Erg

**Editor Pelaksana** : I Ketut Adi Atmika, S.T., M.T.

Dr. Wayan Nata Septiadi,  
ST, MT Ir. Made Suarda, M.  
Eng

**Penyunting Ahli** : Prof. Ir. NPG Suardana, MT, PhD

(Universitas Udayana) Prof. Dr. Ir. I Wayan  
Surata M.Erg. (Universitas Udayana)

Prof. Dr. Tjok Gde Tirta Nindhia, ST, MT (Universitas Udayana)  
Prof. I Nyoman Suprapta Winaya, ST, MAsc. Ph.D  
(Universitas Udayana) Prof. Dr. Ir. I Nyoman Gde  
Antara, M.Eng (Universitas Udayana)

Prof. Dr. Ir. I Gusti Bagus Wijaya Kusuma (Universitas Udayana)

Prof. Dr. Ir. Akhmad Herman Yuwono, M.Phil.Eng  
(Universitas Indonesia) Prof. Dr. –Ing. Nandy Setiadi Djaya  
Putra (Universitas Indonesia)

Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D (Institut Teknologi  
Sepuluh Novermber) Prof. Ir. I. Nyoman Sutantpra, MSc., PhD (Institut  
Teknologi Sepuluh Nopember) Prof. Dr.-Ing. Ir. Mulyadi Bur  
(Universitas Andalas)

Prof. M. Noer Ilman, S.T., M.Sc, Ph.D (Universitas  
Gajah Mada) Dr. Jamari, S.T, M.T. (Universitas  
Diponegoro)

Dr. Ir. I Wayan Suweca DEA (Institut Teknologi  
Bandung) Dr. Mulya Juarsa, S.Si., M.Esc  
(PTRKN-BATAN)



**Hak Cipta @ 2018 oleh KNEP IX – 2018 Program Studi  
Teknik Mesin – Universitas Udayana. Dilarang  
mereproduksi dan mendistribusi bagian dari publikasi ini  
dalam bentuk maupun media apapun tanpa seijin  
Program Studi Teknik Mesin – Universitas Udayana.**

**Dipublikasikan dan didistribusikan oleh Program Studi Teknik Mesin –  
Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362, Indonesia.**

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmatNya acara Konferensi Nasional Engineering Perhotelan IX (KNEP-IX) bisa terselenggara pada tanggal 07-08 Juli 2018, di Gedung Pasca Sarjana, Kampus Sudirman Denpasar.

KNEP-IX diselenggarakan sebagai suatu forum untuk membicarakan, mendiskusikan serta mempresentasikan inovasi-inovasi, hasil riset yang dilakukan oleh berbagai kalangan baik peneliti, mahasiswa maupun praktisi guna menunjang perkembangan industri pariwisata. Adapun seminar atau konferensi ini juga terkait dengan perayaan kegiatan BKFT ke 53 dan Dies Natalis Universitas Udayana ke-56. KNEP-IX mengambil suatu tema: “Teknologi Hijau Pendukung Industri Pariwisata Berkelanjutan” yang dikelompokkan dalam Tiga topik yakni:

1. Teknik Industri dan Lain-Lain
2. Material dan Manufaktur
3. Konversi Energi

Adapun makalah yang dipresentasikan dalam konferensi ini merupakan makalah yang lolos pada seleksi abstrak dan diterima sebagai makalah yang dipresentasikan secara oral. Adapun jumlah makalah berjumlah 77 makalah dengan 14 makalah dari bidang Teknik Industri dan Lain-Lain (TI), 35 makalah dari bidang Material dan Manufaktur (M) dan 28 makalah dari bidang Konversi Energi (KE)

Kami mengucapkan terima kasih kepada para narasumber (Keynote speaker), para pemakalah, peneliti, scientific committee serta praktisi yang telah berpartisipasi pada Konferensi Nasional Engineering Perhotelan IX ini sehingga kegiatan ini dapat terselenggara dengan baik. Tidak lupa juga kami ucapkan terima kasih kepada staf pimpinan di lingkungan Universitas Udayana baik Rektor, Dekan serta Ketua Jurusan yang juga telah membantu terselenggaranya kegiatan ini dengan sukses.

Bukit Jimbaran, Bali 07 Juli 2018

Ketua Panitia KNEP IX

**Dr. Ir. I Wayan Bandem Adnyana, M.Erg**

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
NARASUMBER	iii
<b>SCIENCE</b>	
[S-00981]	
Implementasi Sistem Kontrol Fuzzy pada Robot Lengan Eksoskeleton	1
- <i>Wayan Reza Yuda Ade Prasetya, I Wayan Wihiada</i>	
<b>SIPIL DAN ARSITEKTUR</b>	
[SA-00981]	
Trias Arsitektur Hijau, Arsitektur Pariwisata dan Arsitektur Tanggap Bencana	2
- <i>Ayu Putu Utari Parthami Lestari</i>	
<b>TEKNIK INDUSTRI</b>	
[TI-00981]	
Rancang Bangun Mesin Pengupas Kulit Ari Kelapa	3
- <i>D N K Putra Negara, ALIA Sri Komaladewi, I P Hari Wangsa, A Sentana, R Akbar</i>	

Kajian Karakteristik Traksi Dan Kinerja Transmisi Standar Pada Kendaraan Roda Tiga	4
- <i>I Made Dwinda Suhartawan, I Ketut Adi Atmika, I Made Widiyarta</i>	
[TI-00983]	
Analisis Kinerja Traksi Kendaraan Roda Tiga Dengan Modifikasi Progresi Geometri Bebas	5
- <i>Dewa Gede Eka Putra, I Ketut Adi Atmika, I Made Widiyarta</i>	
[TI-00984]	
Analisis Karakteristik Traksi Dan Kinerja Transmisi Modifikasi Terbatas Pada Kendaraan Roda Tiga	6
- <i>Dewa Putu Adi Setiawan, I Ketut Adi Atmika, I Made Widiyarta</i>	
[TI-00985]	
Pengaruh Waktu Deposisi Terhadap Jumlah Tembaga Pada Proses Electroless Plating Multi-Walled Karbon Nanotube	7
- <i>IDM Pancarana, Rudy Soencko, Djarot B. Darmadi, Yudy Surya Irawan</i>	
[TI-00986]	
Karakteristik Sifat Akustik Pada Green Komposit Getah Pinus Dengan Variasi Fraksi Volume Penguat Serat Batang Pisang	8

*- Kadek Dedi Astrawan*

Green Technology: Perancangan Mesin Bor Biopori 9

- *I Gusti Ngurah Nitya Santhiar'sa*

[TI-00988]

Analisis Waktu Baku Elemen Kerja pada Kelompok Kerja Pembuatan Batako Secara Manual di PT. X 10

- *I Wyan Sukania*

[TI-00989]

Kendala Umum Penerapan Plan Maintenance System (PMS) Pada Usaha Kapal Angkutan Penyeberangan 11

- *Anak Agung Adhi Suryawan*

[TI-009810]

Rancang Bangun Mesin Sangrai Multi Fungsi 12

- *I Gusti Agung Kade Suriadi, I Ketut Adi Atmika*

[TI-009811]

Penentuan Key Performance Indicator (KPI) melalui pendekatan Malcolm Baldrige Criteria For Performance Excellent (Education Criteria) dalam Perancangan Sistem Pengukuran Kinerja Fakultas Teknik Universitas Udayana 13

- *I Made Dwi Budiana Penindra, I Made Gatot Karohika*

[TI-009812]

Optimasi proses produksi dalam pengisian air mineral PT. XX

14

- *IGN.Priambadi, I Putu okantara, AAAA.Sri Komladewi, Achmad Zaenuri*

## **MATERIAL DAN MANUFAKTUR**

[M-00981]

Analisa Kekuatan Mekanik Pada Material Komposit Papan Partikel (Particle Board) dari Campuran Limbah Pelepah Kelapa Sawit dengan Matriks Plastik Daur Ulang (Polypropylene)

15

- *Dody Yulianto, Dedikarni, Ekolanda Prasetiawan*

[M-00983]

Pengaruh Variasi Pluida Pendingin dan Gerak Makan Pada Proses Milling Terhadap Kekasaran Permukaan

16

- *I Gusti Komang Dwijana, I Made Astika, Made Suarda*

[M-00984]

Densitas Dan Kekerasan Perunggu Dari Hasil Pengecoran Open Casting Dan Sand Casting

17

- *I Kadek Agus Hermanda*

[M-00985]

Porositas Dan Kekuatan Impact Perunggu Hasil Pengecoran Open Casting dan Sand Casting

18

- *I Gusti Ngurah Satria Wibawa, Dr. Ir. I Ketut Gede Sugita.,MT, Dr. Ir. I Gusti Ngurah Priambadi.,MT*

Kekerasan dan Struktur Mikro Sambungan Las Pada Hasil Pengelasan Gamelan Bali	19
- <i>Wardi Pramurti, I Ketut Gede Sugita, I Gusti Ngurah Priambadi</i>	
[M-00987]	
Karakteristik Kelangguhan Impak Sambungan Las Pada Hasil Las Retakan Gamelan Bali	20
- <i>Dewa Gde Pratama Purnayoga, I Ketut Gede Sugita, I Gusti Ngurah Priambadi</i>	
[M-00988]	
Fraktografi Patahan Sambungan Las Pada Hasil Las Retakan Gamelan Bali	21
- <i>I Ketut Gede Sugita, I Gusti Ngurah Priambadi, Dewa Gde Pratama Purnayoga</i>	
[M-00989]	
Pelakuan Temperatur Pack Carburizing Dan Waktu Penahanan Pada Baja Poros St 42 Terhadap Umur Lelah	22
- <i>K Suarsana, I M. Astika, D.N.K Putra Negara</i>	
[M-009810]	
Pertandingan Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Proses Forging Pada Pembuatan Gamelan Bali	23
- <i>Made Hendra Putra Sudi, I Gusti Ngurah Priambadi, I Ketut Gede Sugita</i>	

Pertandingan Densitas Dan Cacat Bilah Pada Proses Forging Pembuatan Gamelan Bali	24
- <i>I Kadek Agus Wira Andika, I Gusti Ngurah Priambadi, I Ketut Gede Sugita</i>	
[M-009812]	
Karakteristik Ketahanan Api Komposit Polyester Berpenguat Serat Sabut Kelapa	25
- <i>I Made Astika, I Gusti Ketut Sukadana, I Gusti Komang Dwijana</i>	
[M-009813]	
Pengaruh Variasi Post Heating Terhadap Karakteristik Ketangguhan Impact Dan Fraktografi Patahan Sambungan Las Pada Hasil Las Retakan Gamelan Bali	26
- <i>Gede Elga Gangga Prayoga, I Ketut Gede Sugita, I Gusti Ngurah Priambadi</i>	
[M-009814]	
Pengaruh Waktu Deposisi Terhadap Jumlah Tembaga Pada Proses Electroless Plating Multi-Walled Karbon Nanotube	27
- <i>IDM Pancarana, Rudy Soenoko, Djarot B. Darmadi, Yudy Surya Irawan</i>	
[M-009815]	
Pengaruh Variasi Ketebalan Panel Green Komposit Getah Pinus Dengan Penguat Serat Batang Pisang Terhadap Serapan Bunyi	28
- <i>I Putu Saris Pebrianata</i>	

Pengaruh Konsentrasi Hcl Terhadap Karbon Aktif Sekam Padi Untuk Mengurangi Methylene Blue	34
- <i>Khadafi Ahmad F</i>	
[M-009822]	
Pengujian Laju Keausan Dan Temperatur Kerja Pada Kampas Rem Komposit Hibrida	35
- <i>I Komang Triadi Sukarta, I Ketut Adi Atmika, I Dewe Gede Ary Subagia</i>	
[M-009823]	
Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Kekerasan dan Porositas Aluminium Paduan	36
- <i>Ma'rif, Rudy Soenoko, Wahyono Suprpto, Achmad As'ad Sonief</i>	
[M-009824]	
Disain dan Perancangan Material Komposit Hibrida untuk Kampas Rem Kendaraan Bermotor	37
- <i>I.D.G Ary Subagia, NPG Suardana, Steven FS</i>	
[M-009825]	
Pengaruh Gerak Makan Dan Kedalaman Potong Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Wheel Disc Toyota Avanza	38
- <i>I Gede Yogi Adi Karitka, I Gusti Komang Dwijana, I Made Astika</i>	

Pengaruh Kedalaman Potong Dan Gerak Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Flywheel Toyota Avanza	39
- <i>I Gede Sunadiarta, I Gusti Komang Dwijana, I Made Astika</i>	
[M-009827]	
Proses Forming Gasket Three-Layer dengan Metode Elemen Hingga	40
- <i>I Made Gatot Karohika, I Nyoman Gde Antara, Didik Nurhadyanto, Moch. Agus Choiron</i>	
[M-009830]	
Pengaruh Fraksi Volume Green Composite Ampas Tebu Terhadap Koefisien Serap Bunyi, Densitas, Dan Porositas	41
- <i>I Putu Septa Ariawan, Cok Istri Putri Kusuma K, I Ketut Gede Sugita</i>	
[M-009831]	
Green Composite Serbuk Ampas Tebu Dengan Matrik Getah Pinus Sebagai Peredam Bunyi	42
- <i>Luh Altari Padhmayoni Surya, Cok Istri Putri Kusuma K, I Ketut Gede Sugita</i>	
[M-009832]	
Perbandingan Kinerja Traksi Multi Purpose Vehicle dengan Sistem Penggerak Roda Belakang dan Sistem Penggerak Roda Depan	43
- <i>I Ketut Adi Atmika</i>	

Determine Activated Temperature Of Activated Carbon Made From Local Highland Jatiluwih Rice Husk	44
- <i>Ni Made Dwidiani, Wayan Nata Septiadi, A.A. Adhi Suryawan</i>	
[M-009834]	
Laju Keausan Lapisan Nikel Tungsten Dengan Variasi Preheating Substrat	45
- <i>I Made Parwata</i>	
[M-009836]	
Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Serat Sabut Kelapa	45
- <i>I Wayan Surata, Tyokorda Gede Tirta Nindhia dan I Gede Ryan Trisna Wirawan</i>	
[M-009837]	
Pengaruh Penggunaan Ekstrak Kacang Hijau Dan Tauge Sebagai Sumber Nitrogen Terhadap Ketebalan Nata De Lontar	46
- <i>Melsiani R F Saduk, Duran Hore, Dessy Parra</i>	
[M-009838]	
Pengaruh Konsentrasi NaOH Pada Perlakuan Awal Serat Rumput Belulang Terhadap Pengurangan Berat Dan Kekuatan Tarik Serat Tunggal	47
- <i>I Putu Lokantara, NPG Suardana, I W Surata</i>	

Temperatur Tuang Dan Ukuran Pasir Terhadap Fluiditas Dan Kekerasan Metode  
Evaporative Casting 48

- *Rahmat Dwi Bernadi, I Ketut Gede Sugita, I Gede Putu Agus Suryawan*

## **KONVERSI ENERGI**

[KE-00981]

Harvesting Energi Pada Permukaan Daun Colocasia Esculenta L. Dengan Water  
Droplet 49

- *Komang Mety Trisna Negara, ING Wardana, Denny W, Nurkholis Hamidi*

[KE-00982]

Pengaruh Diameter Lubang Snifter-Valve Terhadap Peningkatan Tekanan Dalam  
Tabung Udara Pompa Hidram 50

- *Made Sucipta, Made Suarda*

[KE-00983]

Visualisasi Pola Aliran Air Di Sekitar Katup Limbah Pompa Hidram Dengan Variasi  
Diameter Lubang Katup Limbah 51

- *I Made Dwi Putra Juliana, Made Suarda, Ainul Ghurri*

[KE-00984]

Visualisasi Pola Aliran Air Di Sekitar Katup Limbah Pompa Hidram Dengan Variasi  
Diameter Piringan Katup Limbah 52

- *I Putu Pasek Sandi Darzana, Made Suarda, Ainul Ghurri*

Pengaruh Variasi Diameter Pipa Penyerap Terhadap Unjuk Kerja Kolektor Surya Tubular Tersusun Seri Dengan Menggunakan Pasir Sebagai Media Penyimpan Panas	53
- <i>Ketut Astawa dan Nengah Suarnadwipa</i>	
[KE-00986]	
Analisis Airfoil Double-Slot Flap LS (01)-0417 Mod Dengan Airfoil Tanpa Flap Nasa SC (2) 0610	54
- <i>Gaguk Jatikusanto, Mirna Sari</i>	
[KE-00987]	
Visualisasi Fluktuasi Tekanan Dalam Tabung Udara Pompa Hydran Pada Variasi Diameter Lubang Dudukan Katup Limbah	55
- <i>Made Suarda, Made Sucipta, I Gusti Komang Dwijana</i>	
[KE-00988]	
Pengujian Geometri Backward-facing Step dengan variasi Bilangan Reynolds	56
- <i>Steven Darmawan</i>	
[KE-00989]	
Pengaruh Variasi Diameter Pipa Penyerap Terhadap Unjuk Kerja Kolektor Surya Tubular Tersusun Seri Dengan Menggunakan Pasir Sebagai Media Penyimpan Panas	57
- <i>Ketut Astawa dan Nengah Suarnadwipa</i>	

Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Biodiesel Terhadap Emisi Gas Buang Dan Specific Fuel Consumption	58
- <i>G.G.S. Pratama, I.K.G. Wirwan, A. Ghurri</i>	
[KE-009812]	
Uji Sifat Fisik Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif	59
- <i>A.A.G.O. Ardhistira, I.K.G. Wirawan, K. Astawa</i>	
[KE-009813]	
Pengaruh Pencampuran Biodiesel Dengan Solar Terhadap Emisi Gas Buang	60
- <i>I.W. Warisman, I.K.G. Wirwan, K. Astawa</i>	
[KE-009815]	
Efek Konsentrasi Partikel TiO <sub>2</sub> Terhadap Koefisien Konveksi pada Penukar Kalor dengan Pipa Spiral	61
- <i>Sri Poernomo Sari, Pektik Sih Baskoro, Sahrul Romadon, Astuti</i>	
[KE-009816]	
Perancangan Kendaraan Prototype Hybrid Shell Eco Marathon kategori Urban Concept	62
- <i>Muhammad Lugman, ST., MT, Agung Dwi Sapto, ST, MT</i>	

Preparasi Hybrid Nano fluida dengan Penambahan Surfaktan Kationik	63
- <i>Wayan Nata Septiadi, Ida Ayu Nyoman Tiin Trisnadewi, I Gusti Ketut Sukehana, Nandy Putra</i>	
[KE-009819]	
Penurunan Temperatur Operasional CPU dengan Penggunaan Cascade Heat Pipe	64
- <i>Wayan Nata Septiadi, Immanuel Adam Tunung, I Ketut Gede Wirawan</i>	
[KE-009820]	
Hambatan Termal Heat Pipe Solar Kolektor pada Aplikasi Pemanas Air Rumah Tangga dan Sistem Perhotelan	65
- <i>Wayan Nata Septiadi, Agus Saskara Yoga, I Ketut Gede Wirawan</i>	
[KE-009821]	
Beban Pendinginan Heat Pipe Air Conditioning (Hpac) dengan dan Tanpa Bagian Adiabatik	66
- <i>Wayan Nata Septiadi, Hendra Wijaksana, Made Ricki Murti</i>	
[KE-009822]	
Analisa Sistem Heat Pipe Air Conditioning (HPAC) pada Sistem Air Conditioning dengan Sirkulasi Udara Segar	67
- <i>Wayan Nata Septiadi, Hendra Wijaksana, I Made Ricki Murti, I Ketut Astawa</i>	

Arak Bali Sebagai Bahan Bakar Mesin Empat dan Dua Langkah Terhadap Unjuk Kerja	67
- <i>I Gusti Ketut Sukadana, I Ketut Gede Wirawan, I Made Astika</i>	
[KE-009826]	
Analisis Resiko Pipa Gas Bawah Tanah: Tinjauan simulasi daerah Perkotaan Kabupaten Jember	68
- <i>Agus Triono</i>	
[KE-009827]	
Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Liquefied Gas for Vehicle (LGV) Terhadap konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik dan Emisi Gas Buang Pada Mobil	69
- <i>Gede Bayu Wiria Esaputra, I.G.B Wijaya Kusuma, Andk Agung Adhi Suryawan</i>	
[KE-009828]	
Variasi Kecepatan Fluidisasi Terhadap Performansi Gasifikasi Biomasa Dual Reaktor Fluidized Bed	70
- <i>I Nyoman Supraptia Wiaya, I Wayan Jobix Ewyana, I Putu Lokantara, Rukmi Sari Hartati</i>	
[KE-009829]	
Analisis Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Gas P.T. Indonesia Power Pamaron	71
- <i>Hendra K. S, I.K.G. Wirawan, I.G.K. Sukadana</i>	

Analisa Kinerja Thermal Heat Pipe Air Conditioning (HPAC) Posisi Vertical Dan Horizontal	71
- <i>I Kadek Dwin Surya Aditama, Wayan Nata Septiadi, Hendra Wijaksana</i>	
[KE-009831]	
Analisa Kinerja Thermal Heat Pipe Air Conditioning (HPAC) dengan dan Tanpa Bagian Adiabatik Yang Dipasang Pada Posisi Horizontal	72
- <i>I Made Dwi Janu Wanantha, Wayan Nata Septiadi, Hendra Wijaksana</i>	
[KE-009832]	
Rancangan Penelitian Airblast Atomizer Untuk Kompor Pembakaran Mayat	73
- <i>Ainul Ghurri, I Dewa Putra Swastika, Raymond Nicholas Silalahi, M. Dwi Ergianto</i>	
[KE-009833]	
Pengaruh Proses Refining Minyak Bekas Sebagai Bahan Baku Biodiesel	74
- <i>N.M. Suantiti dan I W. B. Adny</i>	

# **Analisa Kekuatan Mekanik Pada Material Komposit Papan Partikel (*Particle Board*) dari Campuran Limbah Pelepeh Kelapa Sawit dengan Matriks Plastik Daur Ulang (*Polypropylene*)**

**Dody Yulianto<sup>1)</sup>, Dedikarni<sup>2)</sup>, Ekolanda Prasetiawan<sup>3)</sup>**

<sup>1,2,3)</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

Jl. Kaharudin Nasution KM. 11 No 113 Perhentian Marpyan, Pekanbaru.

E-Mail: [dody\\_yulianto@eng.uir.ac.id](mailto:dody_yulianto@eng.uir.ac.id)

## **Abstrak**

Selama ini bahan baku papan partikel terbuat dari serbuk kayu sedangkan ketersediaan kayu sebagai bahan baku terus menurun baik jumlah maupun kualitasnya. Suatu upaya yang dapat dikembangkan adalah mencari bahan alternatif yang sangat melimpah ketersediaannya salah satunya adalah penggunaan limbah pelepeh sawit, dimana Indonesia merupakan negara terbesar yang memiliki lahan sawit. Selain itu jumlah produksi plastik terus meningkat setiap tahunnya yang menyebabkan limbah dari plastik juga ikut meningkat. Dalam penelitian ini menggunakan plastik daur ulang polypropylene. Mendapatkan kekuatan mekanik antara campuran plastik daur ulang (polypropylene) sebagai matriks dan pelepeh kelapa sawit sebagai filler serta mendapatkan komposisi yang tepat dalam pembuatan papan partikel. Tahapan penelitian dimulai dari penyaringan ukuran partikel, pencampuran, dan pembentukan papan partikel, sampai pada pengujian. Untuk mengetahui kekuatan mekanik antara campuran matriks dengan filler, maka dilakukan pengujian tekan. Untuk mendapatkan komposisi yang tepat, pembuatan spesimen yang akan di uji adalah dengan variasi : 40% filler 60% matriks, 50% filler 50% matriks, 60% filler 40% matriks. Pengujian yang dilakukan didapat nilai tegangan tekan maksimum yaitu 13,43 MPa pada plastik daur ulang dengan komposisi 40% filler 60% matriks. Dari ketiga variasi komposisi filler dan matriks hasil tegangan tekan yang didapatkan memenuhi SNI 03-2105-2006 melebihi 0,59 MPa.

Kata kunci : papan partikel, pelepeh kelapa sawit, plastik daur ulang (polypropylene).

## **Abstract**

So far, particle board raw materials made from wood powder while the availability of wood as raw materials continue to decline in both quantity and quality. An effort that can be developed is to find alternative materials that are very abundant availability one of them is the use of palm stem waste, which Indonesia is the largest country that has palm land. In addition, the amount of plastic production continues to increase each year which causes waste from plastic also increases. In this study using polypropylene recycled plastic. Obtain the mechanical strength between the recycled plastic mix (polypropylene) as the palm oil matrix and bark as filler and obtain the right composition in the particle board manufacture. The research stages started from particle size screening, mixing, and particle board formation, to the test. To know the mechanical strength between the mixture of matrix with filler, then do press test. To obtain the right composition, the specimen to be tested is varied: 40% filler 60% matrix, 50% filler 50% matrix, 60% filler 40% matrix. Tests conducted obtained value of the maximum compressive stress of 13.43 MPa on recycled plastic with a composition of 40% filler 60% matrix. From the three variations of the filler composition and the matrix of the compressive stress obtained to meet SNI 03-2105-2006 exceeding 0.59 MPa.

Key Word : particle board, oil palm frond, recycled plastic (polypropylene)

## **1. Pendahuluan**

Indonesia merupakan negara terbesar yang memiliki areal perkebunan kelapa sawit mencapai lebih dari 10,2 juta ha, tersebar hampir diseluruh wilayah Indonesia dengan tingkat pertumbuhan rata-rata 2,78% pertahun. Dari perkebunan kelapa sawit menghasilkan limbah padat seperti tandan kosong, cangkang, batang, dan pelepeh.

Limbah pelepeh sawit dapat dimanfaatkan dan diolah untuk pembuatan sebagai serat (fiber) alami yang digunakan untuk Teknologi Tepat Guna pembuatan material komposit serat. Dimana serat dari pelepeh sawit tersebut bermanfaat untuk penguat (reinforcement) pada material komposit <sup>[1]</sup>. Penelitian sebelumnya juga menelaah penggunaan

serat pelepeh sawit yang digabungkan dengan serat pelepeh kelapa dimana dihasilkan antara serat pelepeh sawit dan serat pelepeh kelapa dengan susunan acak memiliki kekuatan disegala arah, karena antara serat yang satu dengan yang lainnya saling mengikat <sup>[2]</sup>. Penggunaan batang kelapa sawit untuk papan partikel telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dimana hasil kekuatan Bending papan partikel dari limbah batang kelapa sawit baik yang terbuat dari serat maupun partikel telah memenuhi persyaratan standar SNI 03-2105-1996 <sup>[3]</sup>.

Polypropylene (PP) adalah salah satu jenis plastik yang banyak diproduksi dan penggunaannya dalam berbagai bentuk, salah satu contohnya pada gelas kemasan air mineral. Selain ringan, mudah

dibentuk, cukup keras dan tahan terhadap zat kimia, sifatnya juga transparan dan tembus cahaya. Polypropylene merupakan jenis plastik yang dapat didaur ulang sehingga memiliki potensi sebagai matriks dalam pembuatan komposit papan partikel. Melihat sifat plastik yang tidak mudah terurai secara biologis dapat menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan, kemungkinan terbaliknya adalah dengan mendaur ulang pemanfaatannya menjadi produk lain.

Penelitian yang dilakukan sebelumnya tentang pemanfaatan limbah pelepah sawit dan plastik daur ulang (RPP) sebagai papan komposit plastik menyatakan hasil bahwa penggunaan MAH dan BPO meningkatkan sifat fisis dan mekanik papan plastik dengan perbandingan komposisi matriks dan serat adalah 7:3, tetapi sifat mekanis belum dapat memenuhi standar JIS A 5908-2003 [4].

### Papan Partikel

Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panil kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya, yang diklat menggunakan perekat sintesis atau bahan pengikat lain dan dikempa panas [5]. Papan partikel mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan kayu asalnya yaitu papan partikel bebas dari mata kayu, pecah dan retak, ukuran dan kerapatan papan partikel dapat disesuaikan dengan kebutuhan, tebal dan kerapatannya seragam dan mudah dikerjakan, mempunyai sifat isotropis, sifat dan kualitasnya dapat diatur. Kelemahan papan partikel adalah stabilitas dimensinya yang rendah.

### Pelepah Kelapa Sawit

Sebagai bagian dari tanaman, pelepah sawit saat ini lebih banyak dimanfaatkan untuk bahan kompos dan pakan ternak karena mengandung bahan berserat dan karbohidrat yang cukup tinggi. Pemanfaatan pelepah sawit sebagai sumber bahan baku industri perkayu yang ekonomis belum ada karena bentuk dan sifatnya yang tidak mungkin dimanfaatkan secara langsung sebagai kayu struktural untuk menahan beban, sehingga menjadi peluang untuk diolah menjadi papan komposit.



Gambar 1. Pelepah Kelapa Sawit

### Polypropylene

Polypropylene merupakan salah satu jenis termoplastik. Plastik jenis ini dapat digunakan sebagai perekat termoplastik dalam pembuatan papan partikel. Polypropylene termasuk jenis plastik Olefin dan merupakan polymer dari Propylene. Diantara material plastik lainnya, Polypropylene

memiliki kerapatan yang paling rendah, yaitu berkisar antara 0.9 – 0.915 dengan Tg berkisar -200C, serta titik leleh yang tinggi (165 – 170 0C).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini jumlah serat pelepah kelapa sawit dan resin polypropylene (PP) yang digunakan akan divariasikan berdasarkan persen berat (% berat) yaitu:

- 60% pelepah + 40% plastik (PP)
- 50% pelepah + 50% plastik (PP)
- 40% pelepah + 60% plastik (PP)

### Fraksi Volume Papan Partikel

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matriks dan penguat/serat, karena kandungan serat akan mempengaruhi kekuatan material komposit itu sendiri. Dalam menghitung fraksi volume serat parameter yang perlu diketahui adalah berat jenis matriks, berat jenis serat, berat komposit, dan berat serat.

### Volume Matriks tanpa serat :

$$V_{\text{matriks}} = V_{\text{cetakan}} \times P_{\text{matriks}} \quad (1)$$

$$\text{Dimana : } V_{\text{cetakan}} = \text{Volume cetakan (cm}^3\text{)}$$

$$= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \quad (2)$$

$$P_{\text{matriks}} = \text{massa jenis matriks (g/mm}^3\text{)}$$

### Volume Serat tanpa matriks :

$$V_{\text{serat}} = V_{\text{cetakan}} \times P_{\text{serat}}$$

$$\text{Dimana} : V_{\text{cetakan}} = \text{Volume cetakan (cm}^3\text{)}$$

$$= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tebal} \quad (3)$$

$$P_{\text{serat}} = \text{massa jenis serat (g/mm}^3\text{)}$$

### Volume komposit :

$$V_{\text{komposit}} = (\%_{\text{serat}} \times V_{\text{serat}}) + (\%_{\text{matriks}} \times V_{\text{matriks}}) \quad (4)$$

$$\text{Dimana} : \%_{\text{serat}} = \text{Persentase serat}$$

$$V_{\text{serat}} = \text{Volume serat (gr)}$$

$$\%_{\text{matriks}} = \text{Persentase matriks}$$

$$V_{\text{matriks}} = \text{Volume matriks (gr)}$$

### Alat yang di gunakan:

- Universal test machine untuk uji tekan dan uji lengkung.
- Cetakan
- Timbangan
- Mesin Kempa Panas
- Gergaji mesin
- Saringan Mesh 16
- Alat Bantu Lainnya : sarung tangan, obeng, pahat, aluminium foil, gunting, pisau

### Bahan yang di gunakan:

- Limbah dari pelepah kelapa sawit
- Plastik daur ulang (polypropylene)

### Persiapan Pelepah Sawit

Pelepah kelapa sawit di gergaji sehingga didapat ukuran  $\pm 5$  mm, potongan ini masih mengandung zat ekstraktif yang berpengaruh terhadap konsumsi perekat, laju pengerasan, dan daya tahan papan partikel yang dihasilkan. Kemudian kelapa sawit dilakukan pencucian dengan air dingin dan perebusan untuk mengurangi kandungan zat ekstraktif larut air, gula, pati dan lemak yang diduga dapat mempengaruhi proses perekatan. Atas dasar itulah maka perlakuan pencucian dan perebusan bahan baku untuk mengurangi/menghilangkan kadar zat ekstraktif dilakukan dalam pembuatan papan

partikel. Setelah dilakukan perebusan kemudian pelepeh kelapa sawit di keringkan di bawah sinar matahari selama 4-5 hari untuk menurunkan kadar air, kemudian dilakukan pengayakan menggunakan mesh 16. Pelepeh kelapa sawit yang sudah disaring dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Pelepeh kelapa sawit setelah penyaringan

#### Penyiapan Plastik Daur Ulang (Polypropylene)

Untuk mempermudah dalam menentukan jenis plastik maka digunakan limbah plastik gelas mineral yang terdapat kode PP pada alas gelas mineral tersebut. Limbah plastik ditrendam dan dicuci sampai bersih lalu dikeringkan kemudian dipotong-potong halus.



Gambar 3. Plastik Polypropylene (PP)

#### Perhitungan Komposisi Material

Berdasarkan ukuran cetakan yang digunakan dapat dihitung  $V_c$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_c &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \text{ (cm}^3\text{)} \\ &= 190 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ &= 228000 \text{ mm} \text{ (} 228 \text{ cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Untuk menghitung persentase berat serat dan damar yang perlu diketahui adalah volume cetakan. Alat cetak yang digunakan dalam pembuatan spesimen uji menggunakan alat cetak yang berada pada mesin hot press yang ukurannya telah ditentukan yaitu sebesar ( $V$  cetakan) =  $228 \text{ cm}^3$ , masa jenis serat pelepeh kelapa sawit ( $p$  serat) =  $0.702 \text{ gr/cm}^3$  dan massa jenis plastik PP ( $p$  matriks) =  $0.887 \text{ gr/cm}^3$ . Dari hasil di atas maka dapat kita hitung berat dari masing-masing matriks dan filler :

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= V \text{ cetakan} \times p \text{ serat} \\ &= 228 \text{ cm}^3 \times 0,702 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 160,056 \text{ gr} \end{aligned}$$

Berat plastik tanpa serat :

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= V \text{ cetakan} \times p \text{ plastik} \\ &= 228 \text{ cm}^3 \times 0,887 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 202,236 \text{ gr} \end{aligned}$$

Dalam penelitian kali ini, variasi yang digunakan adalah :

- 40% pelepeh + 60% plastik
- 50% pelepeh + 50% plastik
- 60% pelepeh + 40% plastik

Maka untuk mendapat variasi yang diinginkan perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Spesimen 1.

Untuk mendapatkan spesimen dengan komposisi 40% pelepeh dan 60% plastik maka :

$$\text{Pelepeh} = 40\% \times 160,056 \text{ gr}$$

$$= 64,02 \text{ gr}$$

$$\text{Plastik} = 60\% \times 202,236 \text{ gr}$$

$$= 121,34 \text{ gr}$$

Spesimen 2.

Untuk mendapatkan spesimen dengan komposisi 50% pelepeh dan 50% plastik maka :

$$\text{Pelepeh} = 50\% \times 160,056 \text{ gr}$$

$$= 80,03 \text{ gr}$$

$$\text{Plastik} = 50\% \times 202,236 \text{ gr}$$

$$= 101,12 \text{ gr}$$

Spesimen 3.

Untuk mendapatkan spesimen dengan komposisi 60% pelepeh dan 40% plastik maka:

$$\text{Pelepeh} = 60\% \times 160,056 \text{ gr}$$

$$= 96,03 \text{ gr}$$

$$\text{Plastik} = 40\% \times 202,236 \text{ gr}$$

$$= 80,89 \text{ gr}$$

Prosedur pembuatan

Setelah selesai mempersiapkan bahan, dan memperhitungkan antara serat dan damar, selanjutnya dilanjutkan dengan pembuatan papan partikel dengan perhitungan serat dan matrix yang telah ditentukan sebelumnya.

Langkah-Langkah pembuatan :

1. Persiapan bahan baku  
 Persiapan bahan baku dilakukan dengan mengambil partikel limbah pelepeh kelapa sawit..

2. Pengeringan

Pengeringan partikel limbah pelepeh kelapa sawit dilakukan dengan memanfaatkan sinar matahari, yang bertujuan untuk menghindari serangan jamur dan menurunkan kadar air (K<sub>A</sub>).

3. Penyaringan

Penyaringan partikel pelepeh kelapa sawit bertujuan untuk menghomogenkan partikel yang kasar dengan menggunakan saringan 16 mesh.

4. Pencampuran (*blending*)

Partikel pelepeh kelapa sawit dicampurkan dengan perekat damar ataupun plastik PP dengan kadar perekat yang telah ditentukan secara manual.

5. Pembentukan lembaran

Partikel yang telah dicampur dengan perekat dimasukkan ke dalam pencetakan lembaran.

Pembentukan lembaran dilakukan dengan menggunakan alat pencetak lembaran ukuran 19 cm x 12 cm x 1 cm.

6. Pengempaan panas (*hot pressing*)

Pengempaan dilakukan dengan menggunakan alat kempa panas (*hot press*). Tekanan kempanya adalah

1500 Psi. Suhu yang digunakan adalah 185 °C, dalam waktu 45 menit untuk plastic dan untuk damar digunakan suhu 150 °C.

7. Pengkondisian (*conditioning*)

Pengkondisian dilakukan untuk menyeragamkan kadar air dan menghilangkan tegangan sisa yang terbentuk selama proses pengempaan panas selama 1 minggu pada suhu kamar.



Gambar 4. Papan Partikel Pelepeah Kelapa Sawit

Uji Tekan

Kekuatan tekan (*compressive strength*) merupakan kapasitas dari suatu bahan atau struktur dalam menahan beban yang akan mengurangi ukurannya. Uji tekan (*Compressive strength*) adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesuai secara lambat. Uji tekan ini diperlukan untuk mengetahui kekuatan suatu material. *Compressive strength* menunjukkan bahwa sampai dimana suatu bahan material dapat menerima tekanan maksimal sebelum material itu mengalami penurunan ukuran. Setiap bahan material memiliki nilai kekuatan terhadap gaya yang berbeda-beda tergantung dari jenis bahan material tersebut. Adapun tahapan pengujian tekan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Material

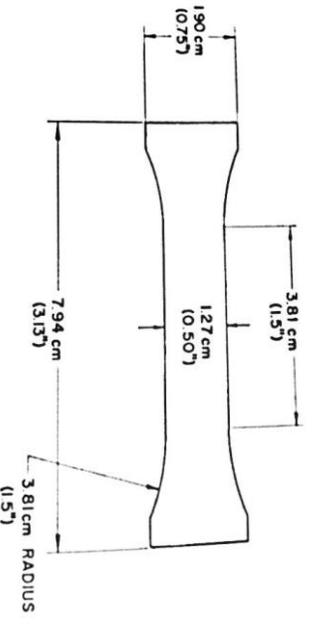
Mesin uji tekan ini digunakan untuk menguji tekan spesimen dan mengetahui perbedaan nilai tekanan dari ketiga Komposit tersebut. Indentor yang digunakan adalah plat baja dan beban Indentasi 150 kgf dengan waktu penekanan sampai titik maksimal, hasil dari uji tekan ditampilkan langsung pada layar mesin uji. Mesin yang digunakan untuk pengujian ini adalah HUNG TA HT-8503.



Gambar 5. Mesin Uji Tekan

2. Specimen

Dalam pembuatan spesimen uji tekan ini menggunakan standar ASTM D 695-02a dimana dalam standar tersebut menyatakan bahwa diameter spesimen adalah 190 mm dan tinggi 25,5 mm.



Gambar 6. Spesimen Uji Tekan (ASTM D 695-02a)



Gambar 7. Spesimen Uji Tekan

3. Prosedur

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan pada saat dilakukan uji tekan dari bahan komposit dengan variasi antara serat dan matrik. Dimana prosedur pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Spesimen diletakkan diatas dudukan spesimen pada mesin uji.
- b. Pengujian tekan dengan metode penekanan pada salah satu sisi spesimen.
- c. Waktu penekanan hingga mencapai titik patah, hingga nilai uji tekan muncul dari layar monitor.
- d. Lakukan pengujian pada spesimen berikutnya

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian tekan dilakukan untuk melihat nilai kekuatan tekan pada masing-masing spesimen benda uji (sampel). Kekuatan tekan adalah kapasitas dari suatu bahan atau struktur dalam menahan beban yang akan mengurangi ukurannya. Kekuatan tekan material adalah gaya per satuan luas yang dapat menahan kompresi dan ketika batas kuat tekan tercapai, maka bahan akan terdeformasi atau mengalami perubahan bentuk. Bahan yang diuji adalah komposit yang telah divariasikan antara partikel dan matrik dengan variasi 60:40, 50:50 dan 40:60. Dimana spesimen ditekan dengan menggunakan mesin uji. Pada pengujian ini didapat nilai kekuatan tekan bahan pada masing-masing spesimen.

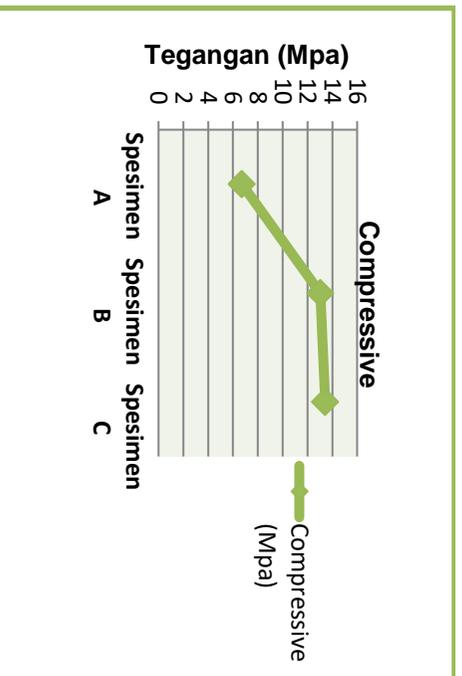
Specimen	Area (mm <sup>2</sup> )	Max. Force (N)	0.2% Y.S (N/mm <sup>2</sup> )	Yield Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Compressive (Mpa)	Elongation (%)
A	160.000	1075.3	6.72	6.72	6.72	1.45
B	146.000	1903.9	12.00	12.00	13.04	1.39
C	159.650	2144.1	10.91	10.91	13.43	1.45

Tabel 1. Hasil uji tekan papan partikel pelepah kelapa sawit dan matriks PP

keterangan :

- \* Spesimen A adalah 60% partikel + 40% Plastik
- \* Spesimen B adalah 50% partikel + 50% Plastik
- \* Spesimen C adalah 40% partikel + 60% Plastik

Berdasarkan tabel diatas terlihat perbedaan kekuatan tekan yang dihasilkan dari setiap komposisi campuran antara partikel pelepah dengan matrik plastik yang digunakan. Pada Spesimen A (60% partikel + 40% plastik) kekuatan tekannya 6.72 Mpa. Pada spesimen B (50% partikel + 50% plastik) kekuatan tekannya naik menjadi 13.04 Mpa. Dan kekuatan tekan tertinggi yaitu pada spesimen C (40% partikel + 60% plastik) dengan nilai 13.43 Mpa. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik kekuatan tekan papan partikel pelepah kelapa sawit dan matriks PP

Pada grafik diatas terlihat kenaikan dari setiap penambahan jumlah matrik jenis plastik. Pada spesimen uji C yaitu dengan komposisi 40% partikel + 60% plastik berada pada posisi tertinggi. Sedangkan pada spesimen B terlihat tidak jauh mengalami penurunan dari spesimen C, sedangkan dengan spesimen A mengalami penurunan sangat tajam karena menghasilkan kekuatan tekan yang jauh berbeda dengan spesimen C.

Tegangan tekan tertinggi pada matriks plastik dengan fraksi volume 40% filler + 60% matriks dimana nilai tegangan mencapai 13.43 Mpa. Hal ini disebabkan karena plastik jenis polipropilena memiliki kekerasan, stabilitas dimensi yang lebih baik dibandingkan material termoplastik lainnya. Untuk tegangan tekan yang rendah terdapat pada fraksi volume 60% filler + 40% matriks dimana nilai tegangan tekan tersebut adalah 6.72 Mpa. Hal ini disebabkan karena jumlah persentase komposisi matriks yang lebih sedikit dibandingkan dengan filler

partikel pelepah kelapa sawit sehingga kurangnya ikatan antara matriks dengan filler.

#### 4. Kesimpulan

Dalam mendapatkan komposisi yang tepat, pembuatan spesimen yang akan di uji adalah dengan variasi : 40% filler 60% matriks, 50% filler 50% matriks, 60% filler 40% matriks. Pengujian yang dilakukan didapat nilai tegangan tekan maksimum yaitu 13.43 MPa pada plastik daur ulang dengan komposisi 40% filler 60% matriks. Dari ketiga variasi komposisi filler dan matriks hasil tegangan tekan yang didapatkan memenuhi SNI 03-2105-2006 melebihi 0,59 MPa. 1. Papan partikel dari pelepah kelapa sawit untuk penelitian berikutnya adalah perlu dilakukan pengembangan dalam perlakuan awal partikel pelepah kelapa sawit, karena ini merupakan hal penting yang mempengaruhi sifat mekanis papan partikel dan pengembangan metode yang lain dalam pembuatan papan partikel agar didapatkan hasil yang lebih sempurna.

#### Daftar Pustaka

1. Dody Yulianto, Kurnia Hastuti, Jafrianto, 2014. Pengaruh Serat Pelepah Sawit sebagai Penguat (Susunan Acak) dan Arang Tempurung Kelapa sebagai Pengisi pada Material Komposit Matriks Polyester. Prosiding Seminar Nasional Mesin dan Teknologi Kejuruan (SNMTK) Jakarta - Indonesia
2. Dody Yulianto, Saprimandianto, 2016. Analisa Sifat-Sifat Mekanikal Bahan Komposit Campuran Serat Pelepah Sawit Dengan Serat Pelepah Kelapa. Prosiding Seminar Nasional Mesin dan Teknologi Kejuruan (SNMTK) Jakarta - Indonesia
3. Dody Yulianto, Dedikarni, Kurnia Hastuti, Juraitz Saputra, 2017. Utilization Of Palm Oil Waste With Polypropylene Matriks (Pp) Recycling On Particle Board Composite (Particle Board). Proceeding International Conference on Science Engineering and Technology (ICoSET) 08 - 10 November 2017 Pekanbaru, Indonesia
4. Lusita Wardani. Muh. Yustram Massijaya. M. Faisal Machdie. (2013), "pemanfaatan limbah pelepah sawit dan plastik daur ulang (rpp) sebagai papan komposit plastik", Departemen Hasil Hutan Fakultas.Kehutanan Institut Pertanian Bogor.Bhattacharya, K. Swapan, 1987, *Metal-Filled Polymers, Properties and Application*
5. Moloney, T.M, 1 993, "Modern Particle Board and Dry Process Fibre Board Manuafaacturing", Miller Freeman, Inc San Fransisco
6. Jones, robert, M (Robert Willard);1999, Mekanika Bahan Rencam (komposit), diterjemah oleh Daud, Abd. Rahman, (Unit

- penerbitan Akademik Universitas Teknologi Malaysia)
7. Hidayat, Pratikno. 2008. Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. Teknoin, Vol. 13, 31 - 35
  8. Ms Surdia Tata, Ir. Met. Prof, Saito Shinroku, DR. Prof,1992, Pengetahuan Bahan Teknik, Pradnya Paramita.
  9. R. E. Smallman, R. J. Bishop (2000), Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material Edisi keenam", Erlangga, Jakarta.
  10. R. J. Crowford, Kejuruteraan plastik (*Design Plasticd*), 1998, Penerjemah Jasmi Husin, Ani Idris
  11. R. J. Young,1991, Pengantar Polimer; penerjemah Kok Chong Meg, Penerbit Universitas Sains Malaysia.
  12. The automotive research association of India, India;"National accreditation board for testing and calibration laboratories"Department of Science and Technology India. The Automotive Research AIS. No 102, issue 2012.
  13. ASTM D 695-02a, "Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics", Annual Book ASTM of Standart. 2015.