



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**REKAYASA KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN
MENGUNAKAN SERAT LIMBAH EMPULUR SAGU
SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL *BUMPER* MOBIL**

TESIS

MARSELINO MATAHELUMUAL
NIM: 2309521003

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN
REKAYASA TEKNOLOGI MANUFaktur
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
JULI, 2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**REKAYASA KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN,
MENGUNAKAN SERAT LIMBAH EMPULUR SAGU
SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL *BUMPER* MOBIL**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mencapai derajat Magister
Terapan dalam Bidang Rekayasa Teknologi dan Sistem Manufaktur

MARSELINO MATAHELUMUAL
NIM: 2309521003

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN
REKAYASA TEKNOLOGI MANUFAKTUR
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
JULI, 2025**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Depok, 18, Juli 2025

Marselino Matahelumual
NIM: 2309521003



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa
tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Marselino Matahelumual

NIM : 2309521003

Tanda Tangan : 

Tanggal : 18 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh

Nama : Marselino Matahelumual
NIM : 2309521003
Program Studi : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur
Judul : Rekayasa Komposit Ramah Lingkungan, Menggunakan Serat Limbah Empulur Sagu Sebagai Alternatif Material *Bumper Mobil.*

telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Jumat tanggal 18 Juli tahun 2025 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh derajat gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : Iwan Susanto, S.T., M.T., Ph.D. ()

Pembimbing II : Dr. Dewin Purnama, S.T., M.T. ()

Penguji I : Dr.Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si., M.Eng. ()

Penguji II : Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T. ()

Penguji III : Dr. Tatun Hayatun Nufus, S.T., M.Si. ()

Depok,
Disahkan oleh

Ketua Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta



Dr. Isdawimah, S.T., M.T.
NIP. 196305051988112001

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Tuhan engkau sangat baik, tak ada kata yang mampu penulis ucapkan selain memanjatkan puji dan syukur melebihi dari apa pun, karena BerkatMu, penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul, **“Rekayasa Komposit Ramah Lingkungan, Menggunakan Serat Limbah Empulur Sagu Sebagai Alternatif Material Bumper Mobil”**.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan mencapai derajat Magister Terapan Program Studi Magister Terapan Rekayasa Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis sangat berterima kasih kepada berbagai pihak yang dengan tulus hati membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini. Ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Iwan Susanto, S.T., M.T., Ph.D. Selaku dosen pembimbing I, dan bapak, Dr. Dewin Purnama, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing II, yang selalu meluangkan waktu tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan, motivasi dan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Ibu Dr. Isdawimah, S.T., M.T. Selaku Ketua Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta, yang telah menyetujui dalam mengarahkan pelaksanaan ujian tesis ini.
3. Ibu Dr. Tatun Hayatun Nufus, S.T., M.Si. Selaku Kepala Program Studi Program Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, dan juga sebagai pembimbing akademik, serta dosen penguji III, yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Bapak Dr.Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si, M.Eng. Selaku dosen penguji I, dan bapak Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T. Selaku dosen penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun selama sesi akhir tesis ini.
5. Seluruh bapak dan ibu dosen Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan ilmu pengetahuannya semasa penulis mengikuti perkuliahan.
6. Rekan-rekan mahasiswa/siswi Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, atas dukungannya dalam penyelesaian penulisan tesis.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Marselino Matahelumual
NIM : 2309521003
Program Studi : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur
Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta
Jenis Karya : Tesis

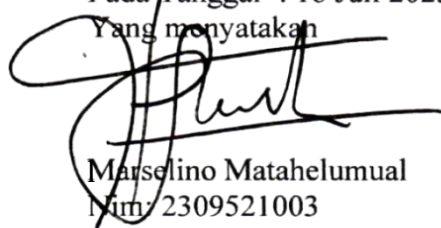
Demi pengembangan ilmu pengetahuan saya menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul

Rekayasa Komposit Ramah Lingkungan, Menggunakan Serat Limbah Empulur Sagu Sebagai Alternatif Material *Bumper* Mobil

Berserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/ mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 18 Juli 2025
Yang menyatakan


Marselino Matahelumual
Nim: 2309521003



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Nama : Marselino Matahelumual
Program Studi : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur
Judul Tesis : Rekayasa Komposit Ramah Lingkungan, Menggunakan Serat Limbah Empulur Sagu Sebagai Alternatif Material *Bumper* Mobil

Meningkatnya penggunaan komposit ramah lingkungan telah merambah dari peralatan rumah tangga hingga sektor industri. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan material komposit ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah serat empulur sagu dan resin poliester sebagai material bumper alternatif untuk mobil. Serat empulur sagu yang merupakan limbah organik yang melimpah, diolah secara kimia untuk meningkatkan kinerja mekanik dan ikatan antarmuka dengan matriks. Serat diperlakukan dengan alkali dengan larutan NaOH 10% selama 60 menit, dilanjutkan dengan perlakuan silana dengan larutan 4% selama 20, 40, dan 60 menit. Komposit disiapkan dengan metode hand lay-up dengan variasi fraksi volume serat sebesar 16%, 24%, dan 32%. Pengujian mekanik meliputi pengujian tarik, pengujian lentur, pengujian impak, dan pengujian kekerasan Brinell yang dilakukan sesuai standar ASTM. Analisis mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanik optimal dicapai dengan fraksi volume serat sebesar 32% dan 68% resin poliester, yang diolah dengan silana selama 40 menit. Komposisi ini mencatat kekuatan tarik sebesar 29,88 MPa, kekuatan lentur sebesar 3,92 MPa, penyerapan energi impak sebesar 2 Joule, dan kekerasan permukaan sebesar 15 HBW. Pengamatan SEM mengungkapkan bahwa serat yang diolah selama 40 menit menunjukkan struktur permukaan yang bersih, padat, dan homogen, dengan rongga minimal dan peningkatan adhesi serat-matriks. Konfigurasi komposit yang dioptimalkan kemudian diaplikasikan pada model bumper mobil dan dianalisis menggunakan simulasi ANSYS Composite PrePost (ACP). Simulasi menunjukkan bahwa konfigurasi bumper 9 lapis dapat menahan benturan pada kecepatan hingga 20 m/s, dengan deformasi maksimum sebesar 32,35 mm dan tegangan maksimum sebesar 24,21 MPa. Simulasi Fluid-Structure Interaction (FSI) juga menunjukkan kinerja aerodinamis yang baik, dengan tegangan maksimum 7,3636 MPa. Simpulannya, material komposit yang terbuat dari limbah sagu dan resin poliester menunjukkan potensi yang kuat sebagai alternatif yang ringan, kuat, dan ramah lingkungan untuk aplikasi bumper otomotif.

Kata Kunci: Komposit, serat empulur sagu, sifat mekanis, bumper mobil, Ansys



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

Name : Marselino Matahelumual
Study Program : Master in Applied Engineering of Manufacturing Technology
Thesis title : *Environmentally Friendly Composite Engineering Using Sago Pith Fiber Waste as an Alternative Material for Car Bumpers.*

Increasing use of environmentally friendly composites has spread from household appliances to the industrial sector. so this study aims to develop environmentally friendly composite materials by utilizing sago pith fiber waste and polyester resin as alternative bumper materials for cars. Sago pith fiber, which is an abundant organic waste, is chemically treated to improve mechanical performance and interfacial bonding with the matrix. The fibers were treated with alkali with 10% NaOH solution for 60 minutes, followed by silane treatment with 4% solution for 20, 40, and 60 minutes. The composites were prepared using the hand lay-up method with variations in fiber volume fractions of 16%, 24%, and 32%. Mechanical testing included tensile testing, flexural testing, impact testing, and Brinell hardness testing carried out according to ASTM standards. Microstructural analysis was carried out using Scanning Electron Microscopy (SEM). The results showed that optimal mechanical properties were achieved with a fiber volume fraction of 32% and 68% polyester resin, which was treated with silane for 40 minutes. This composition recorded a tensile strength of 29.88 MPa, flexural strength of 3.92 MPa, impact energy absorption of 2 Joules, and surface hardness of 15 HBW. SEM observations revealed that the fibers treated for 40 minutes exhibited a clean, dense, and homogeneous surface structure, with minimal voids and increased fiber-matrix adhesion. The optimized composite configuration was then applied to a car bumper model and analyzed using ANSYS Composite PrePost (ACP) simulation. The simulation showed that the 9-layer bumper configuration could withstand impacts at speeds up to 20 m/s, with a maximum deformation of 32.35 mm and a maximum stress of 24.21 MPa. Fluid-Structure Interaction (FSI) simulations also showed good aerodynamic performance, with a maximum stress of 7,3636 MPa. In conclusion, the composite material made from sago fiber waste and polyester resin shows strong potential as a lightweight, strong, and environmentally friendly alternative for automotive bumper applications.

Keywords: *Composite, sago pith fiber, mechanical properties, car bumper, Ansys*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Landasan Teori	9
2.2 Kajian Literatur	15
2.2.1. Tanaman Sagu	15
2.2.2. Sifat Fisik, Kimia dari Limbah Empulur Sagu	16
2.2.3. Manfaat Tanaman Sagu	17
2.2.4. Pengertian Komposit	18
2.2.5. Elemen Pembuatan Komposit	18



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2.6. Kategorisasi Komposit.....	20
2.2.7. Teknik Pabrikasi Komposit	22
2.2.8. Matrix (resin)	23
2.2.9. Mengenal Matriks <i>Polyester</i>	25
2.2.10. Silane Treatment	25
2.2.11. Alkali (NaOH)	26
2.3 Kerangka Pemikiran.....	27
2.3.1. Pengujian Sifat Mekanis	27
2.3.2. Struktur diseminasi Serat.....	33
2.4 Tujuan Luaran Serta Kontribusi Penelitian.....	34
2.5 State of the Art Usulan Penelitian.....	35
2.6 Hipotesis	36
2.7 Operasional Variabel dan Pengukurannya	36
BAB III METODE PENELITIAN	37
3.1 Jenis Penelitian	37
3.2 Objek Penelitian	37
3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian	38
3.4 Metode Pengumpulan Data Penelitian	42
3.5 Metode Analisis Data	44
3.6 Prosedur Analisa Data Penelitian	45
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	46
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Perhitungan kebutuhan serat dan matriks.....	48
4.1.1 Data hasil perhitungan volume serat.....	48
4.2 Proses kimia pada serat.	49
4.2.1. Perlakuan serat dengan Natrium hidrosida (NaOH).	49
4.2.2. Perlakuan serat dengan larutan Silane (SiH ₄)	50
4.3 Pencetakan Spesimen uji.	50
4.4 Hasil pengujian sifat mekanis tahap satu.....	51
4.4.1. <i>Tensile test</i>	51
4.4.2. <i>Bending test</i>	53



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5 Pembuatan spesimen <i>impact test</i>	54
4.5.1. Perhitungan kebutuhan material	54
4.5.2. Metode cetak spesimen <i>impact test</i>	56
4.6 Hasil pengujian sifat mekanis tahap dua	56
4.6.1. <i>Impact test</i>	56
4.6.2. <i>Hardness test</i>	57
4.7 Pengujian <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	62
4.7.1. Pengujian SEM pada spesimen bekas <i>tensile test</i>	62
4.7.2. Pengujian SEM pada spesimen bekas <i>Impact test</i>	67
4.8 Analisis simulasi <i>software Ansys ACP (ansys composite preppost)</i>	72
4.8.1. Desain <i>front bumper</i>	72
4.8.2. Hasil analisis simulasi pada <i>front bumper</i> mobil.	73
4.9 Analisis biaya manufaktur pembuatan <i>front bumper</i> mobil.	95
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	98
5.1 Kesimpulan	98
5.2 Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	100
LAMPIRAN I	107
LAMPIRAN II	108
LAMPIRAN III	110

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Struktur kimia empulur dan ampas sagu.....	17
Tabel 2.2. Estimasi Luas Areal Pohon Sagu per Provinsi di Indonesia.....	18
Tabel 2.3. Komposisi unsur kimia beberapa serat alam.....	19
Tabel 2.4. Sifat mekanis beberapa serat alam.....	20
Tabel 2.5. Struktur kimia limbah empulur sagu.....	20
Tabel 2.6. Komposisi unsur kimia serat kontinyu limbah empulur sagu.....	20
Tabel 2.7. Sifat material matriks.....	24
Tabel 2.8. Sifat-sifat <i>plastic thermosetting filler</i>	24
Tabel 2.9. Karakteristik dan aplikasi material <i>plastic</i>	25
Tabel 2.10. Ukuran Standard ASTM D638-03 (tipe-1).....	30
Tabel 2.11. Besaran energi sudut ayun.....	32
Tabel 3.3.1. Spesifikasi <i>polyester</i>	39
Tabel 3.5.1. Rancangan Penelitian Data Spesimen Kekuatan Mekanis.....	44
Tabel 4.1.1.1. Perhitungan volume resin dan serat.....	49
Tabel 4.4.1.1. Data hasil <i>tensile test</i>	52
Tabel 4.4.2.1. Data hasil <i>bending test</i>	53
Tabel 4.5.1.1. Jumlah <i>spesimen impact test</i>	54
Tabel 4.5.1.2. Hitung volume resin dan serat.....	55
Tabel 4.6.1.1. Data hasil <i>impact test</i>	57
Tabel 4.6.2.1. Jumlah spesimen <i>hardness test</i>	58
Tabel 4.6.2.2. Data hasil <i>hardness test</i> tiga titik.....	58
Tabel 4.6.3 1. Hasil nilai uji mekanis.....	59
Tabel 4.6.3 2. Nilai Perbandingan dengan Standar Material Konvensional.....	59
Tabel 4.6.4.1. Dampak positif lingkungan.....	60
Tabel 4.6.4.2. Tabel <i>Green index Life Cycle Assessment</i>	60
Tabel 4.6.4.3. Estimasi Total Degradasi Komposit.....	61
Tabel 4.7.1.1. Jumlah spesimen <i>Scanning Electron Microscopy test</i>	62
Tabel 4.7.2.1. Jumlah spesimen <i>Scanning Electron Microscopy test</i>	68



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.8.2.1. Nilai Properti dari <i>specimen</i>	73
Tabel 4.8.2.2. Nilai persatuan waktu total <i>maximum deformation</i> (mm)	75
Tabel 4.8.2.3. Nilai persatuan waktu total <i>maximum stress</i> (MPa).....	75
Tabel 4.8.2.4. Nilai <i>maximum</i> deformasi (mm)	76
Tabel 4.8.2.5. Nilai <i>maximum stress</i> (MPa).....	76
Tabel 4.8.2.6. Data 5 Ply_ 10 m/s. <i>Deformation dan Stress</i>	79
Tabel 4.8.2.7. Data 5 Ply_ 15 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	80
Tabel 4.8.2.8. Data 5 Ply_ 20 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	81
Tabel 4.8.2.9. Data 6 Ply_ 10 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	82
Tabel 4.8.2.10. Data 6 Ply_ 15 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	83
Tabel 4.8.2.11. Data 6 Ply_ 20 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	84
Tabel 4.8.2.12. Data 7 Ply_ 10 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	85
Tabel 4.8.2.13. Data 7 Ply_ 15 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	86
Tabel 4.8.2.14. Data 7 Ply_ 20 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	87
Tabel 4.8.2.15. Data 8 Ply_ 10 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	88
Tabel 4.8.2.16. Data 8 Ply_ 15 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	89
Tabel 4.8.2.17. Data 8 Ply_ 20 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	90
Tabel 4.8.2.18. Data 9 Ply_ 10 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	91
Tabel 4.8.2.19. Data 9 Ply_ 15 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	92
Tabel 4.8.2.20. Data 9 Ply_ 20 m/s <i>Deformation dan Stress</i>	93
Tabel 4.8.2.21. a) nilai max. total deformasi, b) nilai max. total <i>stress</i>	94
Tabel 4.9.1. Biaya manufaktur 1 item <i>front bumper</i>	95
Tabel 4.9.2. Biaya manufaktur 10 item <i>front bumper</i>	96
Tabel 4.9.3. Ringkasan rentang harga	97

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Penampang batang sagu	2
Gambar 1 .2. Empulur sagu.....	2
Gambar 1.3. <i>Bumper</i> bagian depan mobil X tahun 1988.....	3
Gambar 2.1a. Pati empulur sagu. 1b. Serat limbah empulur sagu.....	16
Gambar 2. 2. Tipe komposit serat	22
Gambar 2. 3. Proses pencetakan <i>contact moulding/ hand lay- up</i>	23
Gambar 2. 4. Mekanisme silane.....	26
Gambar 2. 5. Diagram tegangan regangan.....	29
Gambar 2. 6. Spesimen uji tarik standar ASTM D638-03 (Type-I)	29
Gambar 2. 7. Dimensi Spesimen Uji Bending ASTM D 790-03.....	30
Gambar 2. 8. Penampang <i>bending</i> (balok).....	30
Gambar 2. 9. Standar Pengujian Lentur ASTM D790-03 (Three Point)	31
Gambar 2.10. Standar spesimen pengujian impak.....	32
Gambar 2.11. Prinsip uji brinell.....	33
Gambar 2.12. Susunan serat arbitrer silang kontinyu.....	34
Gambar 3.3.1. Serat limbah empulur sagu.....	38
Gambar 3.3.2. Resin <i>polyester</i> Yukalac 157® BQTN-EX	38
Gambar 3.3.3. <i>Methyl Ethyl Keton Peroxide</i> (MEKPO)	39
Gambar 3.3.4. NaOH dan Vinyltrimethoxysilane.....	39
Gambar 3.3.5. Aquabidest.....	40
Gambar 3.3.6. ASTM 638-03 (Type-I).....	40
Gambar 3.3.7. ASTM 790-03 (Three Point)	40
Gambar 3.3.8. ASTM A370.....	40
Gambar 3.3.9. Olympus BX41 Clinical Microscope.	40
Gambar 3.3.10. <i>Universal testing machining</i> (UTM). Tensilon RTF 2350.....	41
Gambar 3.3.11. Mesin uji impak carpy. Karl Frank GMBH type 53580.	41
Gambar 3.3.12. Brinell <i>hardness tester</i> . LECO, LCB-3100.....	41
Gambar 3.3.13. Timbangan Digital. Joil. 0.1 gr/ 10 kg dan 0.01 gr/ 500 gr.....	42

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.7.1. Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 4.1.1.1. Cetakan <i>tensile test</i>	48
Gambar 4.1.1.2. Cetakan <i>Bend test</i>	48
Gambar 4.2.1.1. Serat mengalami perlakuan alkali (NaOH)	50
Gambar 4.2.2.1. Perendaman serat dengan larutan silane.....	50
Gambar 4.3.1. Tahapan cetakan <i>specimen tensile test</i> dan <i>bend test</i>	51
Gambar 4.4.1.1. Proses <i>tensile test</i>	51
Gambar 4.4.1.2. Grafik nilai rata-rata <i>Maximum point stress tensile test</i> ,	52
Gambar 4.4.2.1. Proses <i>bend test</i>	53
Gambar 4.4.2. 2. (a). Nilai 9 sampel. (b). Grafik nilai rata-rata 9 sampel	54
Gambar 4.5.1.1. Cetakan <i>impact test</i>	55
Gambar 4.5.2.1. Spesimen <i>impact test</i>	56
Gambar 4.6.1.1. Proses <i>impact test</i>	57
Gambar 4.6.2.1. Proses <i>hardness test</i>	58
Gambar 4.7.1.1 . Serat, fraksi volume 32%/ 68%, perendaman silane 20 menit...63	
Gambar 4.7.1.1 . Serat, fraksi volume 32%/ 68%, perendaman silane 40 menit...65	
Gambar 4.7.1.1 . Serat, fraksi volume 32%/ 68%, perendaman silane 60 menit...66	
Gambar 4.7.2.1. Serat, fraksi volume 32%/ 68%, perendaman silane 20 menit... 69	
Gambar 4.7.2.2. Serat, fraksi volume 32%/ 68%, perendaman silane 40 menit... 70	
Gambar 4.7.2.3. Serat, fraksi volume 32%/ 68%, perendaman silane 60 menit... 71	
Gambar 4.8.2.1. Parameter <i>front bumper</i>	74
Gambar 4.8.2.2. Parameter <i>Fluent</i>	77
Gambar 4.8.2.3. Parameter <i>strctural</i>	78



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1. Gambar spesimen bekas <i>tensile test</i>	107
Lampiran 1.2. Gambar specimen bekas <i>bending test</i>	107
Lampiran 1.3. Gambar bekas <i>impact test</i>	107
Lampiran 1.4. Gambar specimen bekas <i>hardness test</i>	107
Lampiran 2.1. Foto Simulasi <i>impact deformation</i>	108
Lampiran 2.2. Foto Simulasi <i>impacat stress</i>	109
Lampiran 3.1. Nilai maksimum <i>deformation impact</i>	110
Lampiran 3.2. Nilai maksimum <i>stress impact</i>	111

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Agregat polimer dengan serat alam dalam industri otomotif bisa digunakan untuk *bumper* mobil, badan kendaraan, badan pesawat terbang dan badan kapal, menjadikan komposit yang diperkuat serat mempunyai kombinasi motif karakter ganda ialah, kekuatan sekaligus ringan. Kecenderungan kemajuan komposit masa kini beranjak sejak komposit memakai komponen sintetis menuju komposit dengan komponen berbahan alami, baik bahan matriks maupun serat (penguat) [1].

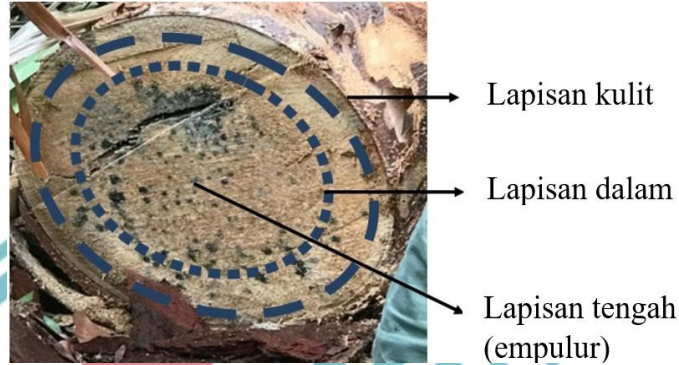
Serat alam memiliki banyak keunggulan seperti lebih ringan, mampu diproses secara alami, ramah lingkungan dan merupakan bahan mentah terbarukan dibandingkan sintetis yang memiliki kelemahan dalam biodegradabilitas, dan memerlukan biaya pengelolaan yang relatif tinggi, serat alam merupakan serabut berasal dari tumbuhan alami (tidak rekayasa atau manufaktur), serabut alam lazimnya yaitu serabut dari pohon seperti bambu, pisang, nanas, dan lain-lain [2]. Kebanyakan serat alam diolah dengan cairan kimia seperti NaOH sebelum digunakan sebagai bahan serat alam komposit. Reaksi alkali serat mempunyai dampak yang berkaitan terhadap kekuatan dan modulus tarik serat-poliester kenaf acak [3],[4].

Sagu (*metroxylon sp*) merupakan tumbuhan yang menyimpan pati pada batangnya (metro: empulur, xylon; xylem, sagu: pati), ini adalah tanaman asli Indonesia [5]. Sagu merupakan tanaman yang mempunyai nilai ekonomi cukup tinggi, karena seluruh bagian sagu seperti daun, batang, kulit kayu, pati, dan empulur sagu dan mempunyai banyak manfaat, batang sagu terdiri dari lapisan luar padat dan lapisan dalam yang mengandung serat dan pati, kulit luarnya keras dan tebalnya 3 cm sampai 5 cm. struktur batang sagu dimulai dari permukaan luar yang mempunyai lapisan urat, lapisan tipis kulit

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

luar berwarna kemerahan dan lapisan kulit dalam berwarna coklat yang keras dan padat. Dapat di lihat pada Gambar 1.1 [6].



Gambar 1.1. Penampang batang sagu

Empulur terletak pada jaringan kayu dan membentuk bagian tengah batang, sel-sel aktif jaringan empulur tampak berupa titik-titik pada penampang batang yang menembus lapisan kayu, jaringan atau serat empulur muda biasanya berwarna putih atau coklat dan menjadi lebih gelap seiring bertambahnya usia jaringan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2 pada tahap akhir inti empulur terdiri dari jaringan atau serat pati [7] .



Gambar 1.2. Empulur sagu

Limbah empulur sagu berupa serat yang digunakan dalam penelitian ini, limbah ini masih mengandung karbohidrat, selulosa, hemiselulosa dan lignin. Lignin mempunyai struktur yang sulit dihidrolisis, sehingga limbah empulur sagu biasanya dimanfaatkan secara eksklusif dengan cara hidrolisis selulosa menjadi gula [8] .

Zona pabrik otomotif saat ini membutuhkan material yang kuat dan ringan, seperti material komposit yang saat ini banyak digunakan pada komponen atau suku cadang otomotif, seperti untuk pembuatan *bumper* mobil. faktor pendorong utama penggunaan material komposit adalah

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kepadatannya yang rendah, sifat mekanik spesifik yang tinggi, kinerja yang sebanding dengan logam, ketahanan terhadap korosi dan kemudahan fabrikasi [9] .

Bumper mobil umumnya terbuat dari bahan logam ringan seperti aluminium alloy atau pelat baja ringan tipis. Seiring berkembangnya teknologi, banyak *bumper* mobil yang terbuat dari bahan komposit yang diperkuat dengan serat alami [10] . Karakteristik standar *bumper* diperoleh melalui beberapa pengujian mekanis yaitu uji tarik, uji tekuk dan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM), serta peningkatan fraksi volume serat dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit, salah satu adalah pengujian tarik yang menyatakan bahwa standar kuat tarik *bumper* adalah 8,09 MPa, yang mengacu pada standar *society of automotive engineering* (SAE) J 1717 [11].

Aplikasi otomotif dalam penelitian ini adalah untuk *bumper* bagian depan mobil X keluaran tahun 1988, dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1 3. *Bumper* bagian depan mobil X tahun 1988

Mobil X Tahun 1988 merupakan mobil generasi kelima asal Jepang yang masuk ke pasar Indonesia tahun 1985 sampai tahun 1989, saat tahun itu *spare parts* sangat mudah didapatkan bahkan sampai sekarang juga masih ada beberapa toko yang menjual *spare parts* mobil X ini, namun terdapat pengurangan kuat kualitas material yang digunakan, contoh pada *bumper* mobil X tahun 1988 yang di jual sekarang, sangat berbeda dengan yang *bumper* bawaan pabrik (*original*) dalam sisi ketebalan, keuletan dan ketahanan [12],[13]. Dalam beberapa penelitian sebelumnya, terdapat penelitian tentang material alternatif *bumper* mobil dengan serat alam lainnya, namun tidak ditemukan material *bumper* mobil menggunakan serat alam limbah empulur sagu dengan susunan serat acak silang kontinu, serta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

perlakuan alkali dan larutan silane. Pemilihan komponen bumper mobil dalam penelitian ini didasarkan pada pertimbangan teknis dan lingkungan. Bumper merupakan bagian kendaraan yang tidak menanggung beban struktural utama, namun berperan penting dalam menyerap energi benturan ringan dan melindungi bodi kendaraan. Karena fungsinya yang lebih bersifat protektif dan estetis, bumper sangat sesuai untuk diaplikasikan dengan material komposit yang ringan dan kuat sedang, seperti serat alami dari limbah empulur sagu yang dikombinasikan dengan resin poliester. Selain itu, bumper diproduksi dan diganti dalam jumlah besar, sehingga inovasi material ramah lingkungan pada komponen ini memiliki dampak signifikan terhadap pengurangan limbah plastik sintetis dan jejak karbon di industri otomotif. Bumper juga memungkinkan penggunaan material yang lebih ekonomis dan dapat terurai secara hayati, menjadikannya komponen ideal untuk pengembangan material komposit berkelanjutan.

Sehingga keterbaruan dari penelitian ini adalah menghasilkan material alternatif *bumper* mobil X keluaran tahun 1988, campuran serat limbah empulur sagu sebagai penguat dan resin *polyester* sebagai pengikat dengan perlakuan alkali dan larutan silane terlebih dulu, terhadap serat limbah empulur sagu sehingga mendapatkan alternatif material suku cadang *bumper* mobil X yang berkualitas dan ramah lingkungan dengan merujuk pada pendekatan yang berfokus pada pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan hidup. Dalam konteks material komposit, ramah lingkungan mencakup penggunaan bahan yang dapat diperbaharui, bersumber dari limbah organik, serta menghasilkan emisi rendah selama produksi. Material komposit berbasis serat alam seperti empulur sagu memenuhi sebagian besar kriteria tersebut karena bersumber dari limbah pertanian yang berlimpah dan mudah terurai secara hayati. Penggunaan serat ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada bahan sintetis, tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dengan memanfaatkan kembali sisa hasil pertanian. Meskipun resin *polyester* belum sepenuhnya ramah lingkungan, kombinasi dengan serat alam

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

membantu menurunkan jejak karbon keseluruhan dari material komposit yang dihasilkan.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini berjudul “Rekayasa Komposit Ramah Lingkungan, Menggunakan Serat Limbah Empulur Sagu Sebagai Alternatif Material *Bumper* Mobil” ialah melakukan percobaan atau eksperimen terhadap karakterisasi sifat mekanik dan fisik komposit serat limbah empulur sagu dengan matriks *polyester* untuk mendapatkan material baru, yang mempunyai ketahanan komposit, keseimbangan antara kekuatan serat dan keuletan matriks, digunakan sebagai bahan pembuatan *bumper* mobil. Untuk itu perlu dilakukan pengujian *sampel bumper* mobil dengan uji tarik, uji tekuk dan uji impak, uji kekerasan dan uji *scanning electron microscopy* (SEM), serta dilakukan simulasi analisis beban kerja dan analisis impak pada *bumper* mobil menggunakan *Software* Ansys. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan material yang hemat biaya, ringan, kuat dan ramah lingkungan untuk digunakan dalam zona pabrik otomotif.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar kekuatan sifat mekanis terhadap spesimen, *tensile test*, *Bend test*, *Impact test*, *hardness test*, antara campuran serat limbah empulur sagu sebagai penguat dengan *matrix polyester* sebagai pengikat.
2. Bagaimanakah mengetahui struktur morfologi pada komposit serat limbah empulur sagu dengan *matrix polyester* dalam pengujian SEM (*scanning electron microscopy*).
3. Berapakah nilai tegangan beban kerja dan nilai impak pada *bumper* mobil dalam simulasi, dengan menggunakan *software* Ansys.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Untuk menentukan kekuatan sifat mekanis komposit dari campuran serat limbah empulur sagu dengan *matrix polyester* dari hasil specimen, *tensile test*, *Bend test*, *Impact test*, *hardness test*.
2. Untuk mendapatkan informasi struktur morfologi komposit dari hasil pengujian SEM (*scanning electron microscopy*).
3. Untuk menentukan besaran struktural, beban kerja dan nilai impak pada *bumper* mobil berbasis pengujian simulasi dengan menggunakan *software* Ansys.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan sifat mekanis dari spesimen *tensile test*, *Bend test*, *Impact test*, *hardness test*, serta pengujian SEM, sebagai material baru terhadap sifat mekanis komposit.
2. Mendapatkan nilai struktural *bumper* mobil dari hasil simulasi *software* Ansys
3. Menyediakan alternatif bahan penguat komposit yang ramah lingkungan dan mengurangi pencemaran lingkungan terhadap penggunaan serat sintetis sebagai bahan penguat komposit.
4. Nilai tambah dari pohon sagu dengan mengurangi limbah dari serat empulur sagu.

1.5 Batasan Masalah Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Resin *polyester* digunakan sebagai matriks pengikat dan serat limbah empulur sagu sebagai penguat.
2. Fraksi volume serat, 16%, 24%, 32%, dengan susunan serat arbitrer silang kontinu.
3. Variasi Perlakuan perendaman serat menggunakan 10% natrium hidroksida selama 60 menit.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Variasi perlakuan perendaman serat menggunakan larutan silane sebanyak 4% dengan waktu 20, 40 dan 60 menit, setelah perlakuan NaOH
5. Uji mekanis yang dilakukan meliputi *tensile test*, *bend test*, *impact test*, *hardness test*. dan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*).
6. Simulasi struktural *bumper* mobil menggunakan *software* Ansys.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disajikan dalam lima (5) bagian bab yang saling berkaitan, adapun susunannya sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini terbagi dalam lima (6) sub-bab yang menjelaskan tentang pendahuluan dari penelitian ini, antara lain:

- 1.1 Latar belakang penelitian.
- 1.2 Rumusan masalah penelitian.
- 1.3 Tujuan penelitian.
- 1.4 Manfaat penelitian.
- 1.5 Batasan masalah penelitian.
- 1.6 Sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini terbagi dalam tujuh (7) sub-bab yang menjelaskan tentang tinjauan pustaka dari penelitian ini, antara lain:

- 2.1 Landasan teori
- 2.2 Kajian literatur
- 2.3 Kerangka pemikiran
- 2.4 Tujuan Luaran Serta Kontribusi Penelitian.
- 2.5 *State of the Art* Usulan Penelitian.
- 2.6 Hipotesis.
- 2.7 Operasional Variabel dan Pengukurannya



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini terbagi dalam lima (5) sub-bab yang menjelaskan tentang metodologi dari penelitian ini, antara lain:

- 3.1 Jenis penelitian.
- 3.2 Objek penelitian.
- 3.3 Jenis dan sumber data penelitian
- 3.4 Metode pengumpulan data penelitian
- 3.5 Diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini terbagi dalam lima (5) sub-bab yang menjelaskan tentang metodologi dari penelitian ini, antara lain:

- 4.1 Perhitungan kebutuhan serat dan matriks
- 4.2 Proses kimia pada serat
- 4.3 Pencetakan spesimen uji.
- 4.4 Hasil pengujian sifat mekanis tahap satu.
- 4.5 Pembuatan spesimen *impact test*.
- 4.6 Hasil pengujian sifat mekanis tahap dua.
- 4.7 Pengujian *scanning electron microscopy* (SEM).
- 4.8 Analisa simulasi *software* Ansys ACP (*ansys composite preppost*)

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini terbagi dalam dua (2) sub-bab yang menjelaskan tentang simpulan dan saran dari penelitian ini, antara lain:

- 6.1 Kesimpulan
- 6.2 Saran

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terhadap komposit berbasis serat limbah empulur sagu dan resin *polyester* dengan berbagai perlakuan kimia dan variasi fraksi volume, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Komposisi komposit yang optimal: Komposit dengan fraksi volume 32% serat dan 68% resin *polyester*, yang telah mengalami perlakuan alkali (NaOH 10%) selama 60 menit dan perendaman silane selama 40 menit, memberikan hasil sifat mekanik paling optimal di antara variasi lainnya. Hal ini ditunjukkan dengan nilai: Kuat Tarik (*tensile strength*): 29,88 MPa, kuat lentur (*bending strength*): 3,92 MPa, daya serap energi (*impact*): 2 Joule, kekerasan (*hardness*): 15 HBW.
2. Efektivitas perlakuan kimia pada serat: Perlakuan alkali efektif membersihkan lignin dan membuka struktur serat, sementara silanisasi selama 40 menit memberikan homogenitas permukaan, mengurangi void, dan meningkatkan daya ikat antar muka serat-matriks. Ini dikonfirmasi melalui hasil uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang menunjukkan konfigurasi serat homogen, rapat, dan bebas dari pati pada fraksi volume serat 32% dan *polyester* 68%.
3. Hasil Simulasi *Bumper Mobil*.
 - a). Berdasarkan simulasi pada *software* ANSYS ACP, material komposit terbaik (32%/68% silane 40 menit) diaplikasikan pada desain *bumper* mobil. Simulasi *impact* menunjukkan bahwa *bumper* dengan 9 lapisan (ply) dapat menahan benturan pada kecepatan hingga 20 m/s (72 km/jam) dengan, total deformasi maksimum: 32,35 mm dan total *stress* maksimum: 24,21 MPa.
 - b). Sedangkan pada simulasi interaksi fluida-struktur (FSI), diketahui nilai *stress* tertinggi sebesar 7,3636 MPa terjadi pada 5 *ply* dengan kecepatan angin 20 m/s, dengan nilai deformasinya 2898,9 mm.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Kelayakan material: Serat limbah empulur sagu sebagai bahan penguat komposit dapat memberikan performa mekanik yang kompetitif serta keunggulan dari segi keberlanjutan lingkungan.

5.2 Saran

Sebagai tindak lanjut dari hasil penelitian ini, berikut saran-saran yang dapat menjadi pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Perluasan variabel penelitian: Disarankan untuk meneliti variasi fraksi volume lainnya, serta waktu dan konsentrasi perlakuan kimia yang lebih luas (misal: silane 30 menit, 50 menit, atau konsentrasi di bawah 4%) untuk menemukan kemungkinan titik optimal baru.
2. Pengujian sifat mekanik tambahan: Diperlukan pengujian tambahan seperti uji fatigue, ketahanan cuaca (UV, temperatur ekstrem), tahan api, dan ketahanan abrasi, untuk mengetahui sejauh mana performa komposit ini dalam kondisi nyata pemakaian.
3. Pengujian jangka panjang dan skala produksi: Uji durabilitas jangka panjang serta uji validasi pada prototipe kendaraan sangat disarankan agar hasil penelitian bisa lebih mendekati implementasi nyata di industri.
4. Integrasi dengan sistim desain kendaraan: Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk integrasi desain antara komposit *bumper* dengan sistem kendaraan lainnya, seperti struktur rangka depan atau sistem penyerapan energi (*crumple zone*).
5. Kajian ekonomi dan lingkungan: Analisis biaya produksi, keberlanjutan, serta perbandingan emisi karbon dari proses pembuatan material komposit ini dibanding *bumper* konvensional akan memperkuat nilai ekonomis dan ekologi dari material ini.
6. Kolaborasi dengan industri otomotif dan UMKM: Diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut melalui kolaborasi dengan pabrikan kendaraan, serta pemberdayaan industri kecil-menengah (IKM) di wilayah penghasil sagu sebagai pemasok serat limbah empulur.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Ummah, "Mekanika Komposit dan Biokomposit", vol. 11, no. 1. 2019.
- [2] D. E. N. Siagian, M. Hakiem, and S. Putra, "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan Natural Fiber As an Environmentally Friendly Composite Material," *CIVeng*, vol. 5, no. 1, pp. 55–60, 2024.
- [3] R. Damian, N. Bifel, E. U. K. Maliwemu, D. G. H. Adoe, and J. T. Mesin, "Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester," *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 2, no. 1, pp. 61–68, 2015.
- [4] Y. Kondo and M. Arsyad, "Analisis Kandungan Lignin, Sellulosa, dan Hemisellulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali," *INTEK J. Penelit.*, vol. 5, no. 2, pp. 94–97, 2018, doi: 10.31963.
- [5] M. H. B. Djoefrie, P. Pembayun, and L. R. Baka, "Sago production potential in several regions in Indonesia," *Proc. 14 th Int. Sago Symp. SAGO 2023 TOKYO*, no. July, pp. 23–26, 2023.
- [6] A. Y. Wattimena, M. H. Makaruku, and E. Kembauw, "1 1,2,3," vol. 18, no. 1, pp. 21–28, 2024.
- [7] H. Siruru, W. Syafii, I. N. J. Wistara, and G. Pari, "Characteristics of Metroxylon rumphii (Pith and bark waste) from Seram Island, Maluku, Indonesia," *Biodiversitas*, vol. 20, no. 12, pp. 3517–3526, 2019, doi: 10.13057.
- [8] N. Amin, N. Sabli, S. Izhar, and H. Yoshida, "SCIENCE & TECHNOLOGY," vol. 27, no. 4, pp. 1841–1862, 2019.
- [9] M. Mardiyati, "Komposit Polimer Sebagai Material Tahan Balistik," *J. Inov. Pertahanan dan Keamanan*, vol. 1, no. 1, pp. 20–28, 2018, doi: 10.5614.
- [10] R. Saputra, K. Kardiman, D. T. Santoso, and A. I. Imran, "Analisis Sifat Mekanis dan Sifat Fisis pada Komposit Serat Sabut Kelapa Serat Bambu Matriks Epoxy Sebagai Material Bumper Mobil," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 1, p. 37, 2022, doi: 10.32497.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [11] J. T. Mesin *et al.*, “Sifat Mekanik Komposit Serat Pelepah Kelapa Sawit sebagai Penguat Komposit Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak serat pandan wangi serta pengisi serbuk gergaji kayu , penelitian ini menggunakan metode hand polypropylene untuk pembuatan bumper mobil menggunak,” vol. 3, no. 4, 2024.
- [12] B. A. B. Iii and A. T. Umum, “Gambar 3.1 Showroom Mazda Jawa Timur 17,” pp. 17–46, 2006.
- [13] A. Widyanto and H. Patrie, “Implementasi Penjualan Bebas E-Commerce Pada Toko Synergie Motor,” *IDEALIS Indones. J. Inf. Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 92–100, 2020, doi: 10.36080.
- [14] B. Sulaeman and R. Natsir, “Serat Pelepah Sagu Sebagai Alternatif Pengganti Serat Sintesis Fiberglass,” *PENA Tek. J. Ilm. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 6, no. 1, p. 14, 2021, doi: 10.51557.
- [15] R. Raliannoor and A. Sabitah, “Pengaruh Kekuatan Impak Poliester Berpenguat Serat Bambu Haur Dan Fiberglasspada Aplikasi Bumpermobil,” *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 28–37, 2020.
- [16] Y. Gunawan, P. Aksar, and L. O. Irfan, “Analisa Pengaruh Ukuran Diameter Serat Tangkai Sagu Terhadap Sifat Mekanik Pada Material Komposit,” *J. Ilm. Mhs. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 62–67, 2016.
- [17] A. Yanny Leiwakabessy, A. Purnowidodo, and R. Soenoko, “Perubahan Sifat Mekanis Komposit Hibrid Polyester yang Diperkuat Serat Sabut Kelapa dan Serat Ampas Empulur Sagu,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 4, no. 3, pp. 235–240, 2013.
- [18] N. Sarifuddin, H. Ismail, and Z. Ahmad, “The effect of kenaf core fibre loading on properties of low density polyethylene/thermoplastic sago starch/kenaf core fiber composites,” *J. Phys. Sci.*, vol. 24, no. 2, pp. 97–115, 2013.
- [19] F. S. M. Radzi *et al.*, “Effect of reinforcement of Alkaline-treated sugar palm/bamboo/kenaf and fibreglass/ Kevlar with polyester hybrid biocomposites: mechanical, morphological, and water absorption properties,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 24, pp. 4190–4202, 2023, doi:

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 10.1016.
- [20] A. M. N. Maisara, R. A. Ilyas, S. M. Sapuan, M. R. M. Huzaifah, N. Mohd Nurazzi, and S. O. A. Saifulazry, "Effect of fibre length and sea water treatment on mechanical properties of sugar palm fibre reinforced unsaturated polyester composites," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 2 Special Issue 4, pp. 510–514, 2019, doi: 10.35940.
- [21] N. H. Sari *et al.*, "The effect of water immersion and fibre content on properties of corn husk fibres reinforced thermoset polyester composite," *Polym. Test.*, vol. 91, no. August, p. 106751, 2020, doi: 10.1016.
- [22] J. Matheus, Y. Surya Irawan, and R. Soenoko, "Pengaruh Perlakuan Silane Dan NaOH Pada Permukaan Serat Kontinyu Limbah Epulur Sagu (Metroxylon Sp) Terhadap Daya Serap Air Dan Kekuatan Bending," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 212–219, 2013.
- [23] J. Julian, "Pengembangan Material Komposit Berpenguat Serat Alami Untuk Aplikasi Bumper Mobil," *J. Al Ulum LPPM Univ. Al Washliyah Medan*, vol. 10, no. 2, pp. 92–98, 2022, doi: 10.47662.
- [24] M. N. Rochim and T. H. Ningsih, "Penggunaan Serat Jerami Padi Dalam Pembuatan Material Komposit Sebagai Alternatif Bahan Bumper Mobil," *J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 1–6, 2021.
- [25] K. G. Prakash, A. Professor, M. K. B, B. G. Chandru, and A. Professor Assistant Professor, "Investigation on Flax Natural Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites," vol. 7, no. 09, pp. 97–101, 2018.
- [26] K. Saada, C. Farsi, S. Amroune, M. Fnides, M. Zaoui, and H. Heraiz, "Examining the bending test properties of bio-composites strengthened with fibers through a combination of experimental and modeling approaches," *J. Compos. Mater.*, vol. 58, no. 12, pp. 1483–1499, 2024, doi: 10.1177.
- [27] L. Diana, A. Ghani Safitra, and M. Nabel Ariansyah, "Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 4, no. 2, pp. 59–67, 2020.
- [28] E. Ganesh Ayyar, A. B. Patil, A. A. Kulkarni, and N. Sopanmahajan, "Wind-induced Stress Analysis of Front Bumper," *Int. J. Eng. Sci*, pp. 2319–1805,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 2016.
- [29] J. J. Mervin, M. Mariyappan, B. Ramesh, and M. Sathish Kumar, "Design and impact analysis of a jeep bumper made of composite material," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 923, no. 1, 2020, doi: 10.1088.
- [30] N. Murugu Nachippan, M. Alphonse, V. K. Bupesh Raja, K. Palanikumar, R. Sai Uday Kiran, and V. Gopala Krishna, "Numerical analysis of natural fiber reinforced composite bumper," *Mater. Today Proc.*, vol. 46, pp. 3817–3823, 2020, doi: 10.1016.
- [31] V. Jain, M. Mittal, and R. Chaudhary, "Design Optimization and Analysis of Car Bumper with the Implementation of Hybrid Biocomposite Material," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 804, no. 1, 2020, doi: 10.1088.
- [32] B. Abbas, *Potensi dan Pemanfaatan Sumberdaya Sagu Menuju Kemandirian dan Ketahanan Pangan*. 2019.
- [33] M. Natsir *et al.*, "Efektivitas Fotodegradasi Lignin dari Limbah Ampas Sagu (Metroxylon sagu Rottb.) Menggunakan Katalis TiO_2 ," vol. 8, no. 3, pp. 258–265, 2022, doi: 10.22487.
- [34] Ditjenbun.pertanian, "kebijakan-pengembangan-sagu-nasional-potensi-tantangan-dan-peluang-sagu-untuk-ketahanan-pangan, "2024"
- [35] S. Syartiwidya, "Potensi Sagu (Metroxylon Sp.) Dalam Mendukung Ketahanan Pangan Di Provinsi Riau," *Selodang Mayang J. Ilm. Badan Perenc. Pembang. Drh. Kabupaten Indragiri Hilir*, vol. 9, no. 1, pp. 77–84, 2023, doi: 10.47521.
- [36] N. M. Putri, R. Kurniawan, O. R. Karsih, E. Apriliani, and M. Riswan, "Potensi Tanaman Sagu (Metroxylon sagu) di Kabupaten Kepulauan Meranti: A Review," *Agric. Biol. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 34–39, 2025.
- [37] A. Bovita, "Strategi Kebijakan Pemerintah Dalam Mengintegrasikan Pola Konsumsi Sagu Sebagai Pangan Lokal Untuk Meningkatkan Indeks Ketahanan Pangan Kabupaten Indragiri Hilir," *Selodang Mayang J. Ilm. Badan Perenc. Pembang. Drh. Kabupaten Indragiri Hilir*, vol. 11, no. 1, pp. 81–90, 2025, doi: 10.47521.
- [38] K. Bilba and M. A. Arsene, "Silane treatment of bagasse fiber for

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- reinforcement of cementitious composites,” *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 39, no. 9, pp. 1488–1495, 2008, doi: 10.1016.
- [39] C. Bintoro, V. Wuwung, T. Wibowo, and ..., “Justifikasi Karakteristik Mekanik Material BioComposite Serat Rami Epoxy dan Deteksi Kerusakannya,” pp. 13–14, 2022.
- [40] M. Arsyad, M. A. Suyuti, M. F. Hidayat, and A. S. Pajarrai, “Pengaruh Variasi Arah Susunan Serat Sabut Kelapa terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa,” *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 12, no. 2, pp. 101–113, 2019, doi: 10.31963.
- [41] L. Jiang, “A new manufacturing process for biocomposite sandwich parts using a myceliated core, natural reinforcement and infused bioresin,” no. July, p. 206, 2015.
- [42] A. Hariyanto, “Peningkatan Ketahanan Bending Komposit Hibrid Sandwich Serat Kenaf Dan Serat Gelas Bermatrik Polyester Dengan Core Kayu Sengon Lau,” *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2017, doi: 10.23917.
- [43] A. M. Al, “THE EFFECTED PARAMETERS FOR DESIGNING THE SINGLE LAYER,” October 2016.
- [44] T. Materne, F. de Buyl, and G. L. Witucki, “Organosilane Technology in Coating Applications : Review and Perspectives,” *Dow Corning*, vol., no., pp. 1–16, 2012.
- [45] N. Lahboubi, F. Karouach, M. Bakraoui, Y. El Gnaoui, A. Essamri, and H. El Bari, “Effect of Alkali-NaOH Pretreatment on Methane Production from Anaerobic Digestion of Date Palm Waste,” *Ecol. Eng. Environ. Technol.*, vol. 23, no. 2, pp. 78–89, 2022, doi: 10.12912/27197050.
- [46] P. Materials, E. I. Materials, P. Matrix, and C. Materials, “iTeh Standards iTeh Standards Document Preview,” pp. 1–6, 2004.
- [47] A. P. Irawan, “Diktat Kuliah Mekanika Teknik (Statika Struktur) Disusun oleh : Agustinus Purna Irawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara January, 2018.
- [48] P. Specimens, “Standard Test Methods for iTeh Standards iTeh Standards

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Document Preview,” vol. i, pp. 1–6, 2003.
- [49] ASTM A370-15, “Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products,” *ASTM Int.*, vol. 01.03, no. Rapproved, pp. 1–48, 2015, doi: 10.1520.
- [50] ASTM E10-15, “Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials,” *ASTM Int.*, no. June, pp. 1–36, 2012.
- [51] I. Teknik, “Kekuatan Tarik Dan Bending Bahan Komposit Serat Bambu Tali (Gigantochloa Apus) Bermatriks Polyester,” vol. 15, no. 2, pp. 139–148, 2014.
- [52] W. A. Wirawan, *Analisis Penambahan Coupling Agent Terhadap Kekuatan Tarik Pada Natural Fiber Composite*. 2018.
- [53] D. F. Rahmadan, “Confirmation Experiment Of Friction Stir Welding Process On Aluminum Alloy Aa 6061-T651 On Impact Strength And Vickers Hardness,” pp. 1–16, 2023.
- [54] Callister Jr, “MAAE 2700 Engineering Materials,” 2024.
- [55] N. M. Nurazzi *et al.*, “A review on mechanical performance of hybrid natural fiber polymer composites for structural applications,” *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 13, pp. 1–47, 2021, doi: 10.3390.
- [56] 2005. DRZAL, Lawrence T. Natural fibers, biopolymers, and biocomposites. CRC press, “No Title.”
- [57] J. Sahari and S. M. Sapuan, “Natural fibre reinforced biodegradable polymer composites,” *Rev. Adv. Mater. Sci.*, vol. 30, no. 2, pp. 166–174, 2012.
- [58] Saba, N., Jawaid, M., & Sultan, M.T.H. (2017). *Mechanical properties of natural fibre reinforced polymer composites: A review*. Construction and Building Materials, 132, 126–144.
- [59] R. Rowell, R. Pettersen, and M. Tshabalala, *Cell Wall Chemistry*. 2012. doi: 10.1201/b12487-5.
- [60] A. Kausar, I. Ahmad, M. Maaza, and M. H. Eisa, “State-of-the-Art Nanoclay Reinforcement in Green Polymeric Nanocomposite: From Design to New Opportunities,” *Minerals*, vol. 12, no. 12, pp. 1–23, 2022, doi: 10.3390.
- [61] T. Wang and Y. Li, “Design and analysis of automotive carbon fiber



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

composite bumper beam based on finite element analysis,” *Adv. Mech. Eng.*, vol. 7, no. 6, pp. 1–12, 2015, doi: 10.1177.

- [62] Mazdapartsfactor/v-1988-mazda-323" Front Bumper for 1988 Mazda 323" 20 –7, 2025.
- [63] Ebay"Bumpers-Reinforcements-for-1988-Mazda-323" 20 –7,2025.
- [64] Olx "mobil-c86/q-bumper-MAZDA-323"20 –7,2025



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN I

Lampiran 1 1. Gambar spesimen bekas *tensile test*.



Lampiran 1 2. Gambar specimen bekas *bending test*.



Lampiran 1 3. Gambar bekas *impact test*.

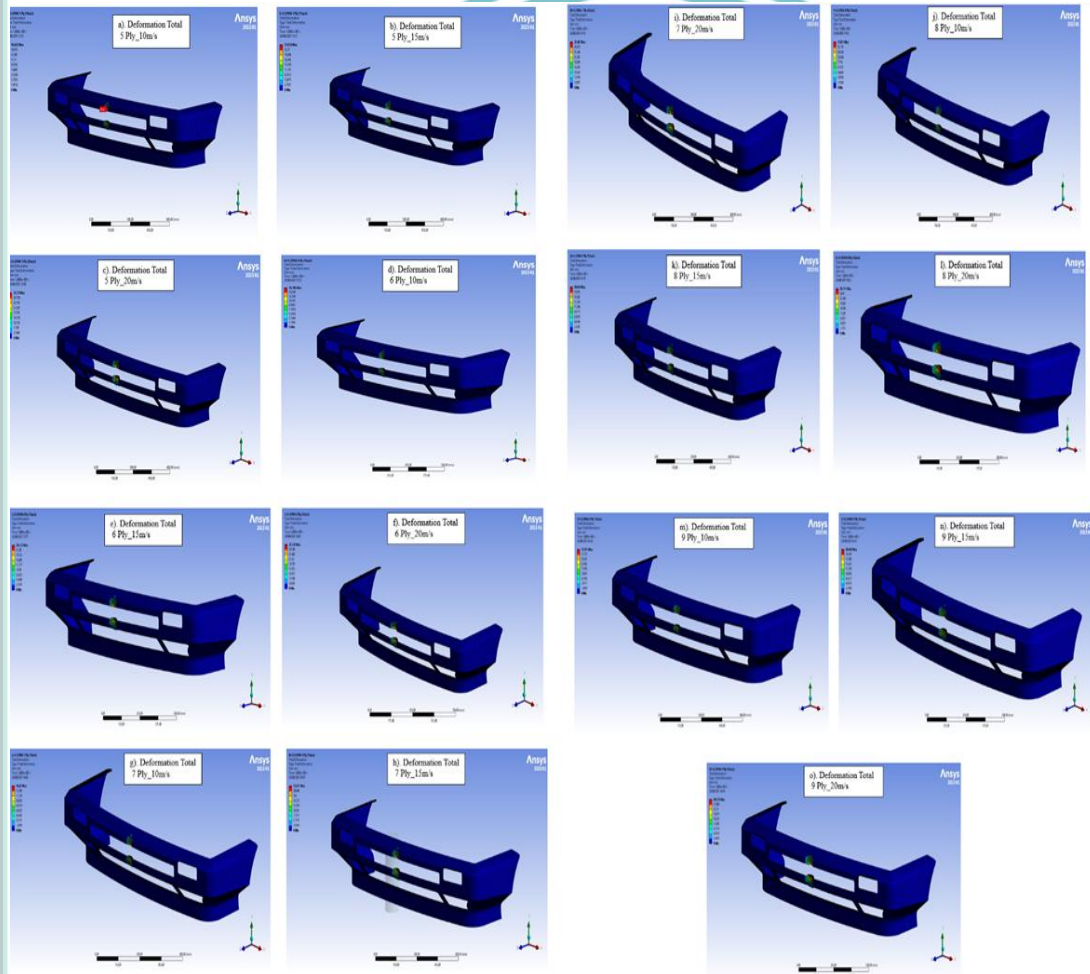


Lampiran 1 4. Gambar specimen bekas *hardness test*.



LAMPIRAN II

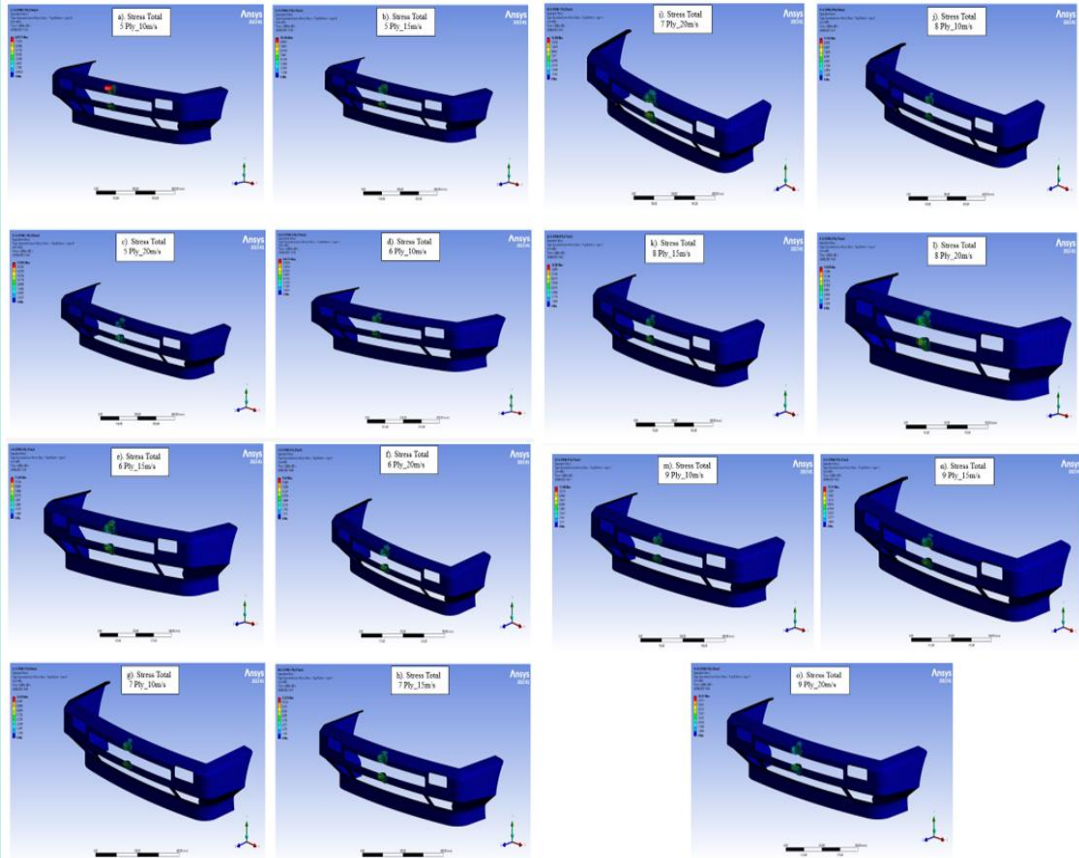
Lampiran 2. 1. Foto Simulasi *impact*. Analisis simulasi total *deformation* 5 mm sampai dengan 9 mm



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2. 2. Foto Simulasi *impact*. Analisis simulasi total *stress* 5 mm sampai dengan 9 mm



NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN III

Lampiran 3. 1. Nilai maksimum *deformation* dari hasil simulasi *impact* Ansys
front bumper mobil busai dari 1 ply sampai 9 ply_10 m/s, 15m/s dan 20 m/s.

Maximum deformation 10 m/s

		Maximum deformation 10 m/s																											
Time	Total	5ply					6ply					7ply					8ply					9ply							
		Ply1	Ply2	Ply3	Ply4	Ply5	Total	Ply1	Ply2	Ply3	Ply4	Ply5	Total	Ply1	Ply2	Ply3	Ply4	Ply5	Total	Ply1	Ply2	Ply3	Ply4	Ply5	Total	Ply1	Ply2	Ply3	Ply4
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.99E-05	0.52	0.00	0.00	0.01	0.08	0.52	0.52	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.52	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.52
9.99E-05	1.02	0.01	0.02	0.10	0.48	1.00	1.00	0.00	0.01	0.02	0.10	0.48	1.00	1.00	0.00	0.01	0.02	0.10	0.48	1.00	1.00	0.00	0.01	0.02	0.10	0.48	0.01	0.02	0.10
1.50E-04	1.51	0.05	0.12	0.47	1.08	1.51	1.50	0.02	0.04	0.12	0.48	1.08	1.50	1.50	0.01	0.02	0.04	0.12	0.48	1.08	1.51	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.12	0.48
2.00E-04	2.00	0.18	0.49	1.11	1.61	2.00	2.00	0.08	0.16	0.49	1.11	1.61	2.00	2.00	0.04	0.07	0.16	0.49	1.11	1.61	2.00	0.01	0.01	0.04	0.07	0.15	0.49	0.11	1.61
2.50E-04	2.51	0.54	1.15	1.69	2.10	2.51	2.50	0.25	0.52	1.14	1.69	2.10	2.50	2.50	0.14	0.22	0.52	1.14	1.69	2.10	2.51	0.03	0.03	0.11	0.21	0.52	1.14	1.69	0.10
3.00E-04	3.02	1.08	1.79	2.21	2.60	3.02	3.01	0.61	1.22	1.73	2.18	2.60	3.01	3.01	0.34	0.56	1.21	1.72	2.18	2.60	3.01	0.12	0.12	0.27	0.55	1.21	1.72	2.18	0.34
3.50E-04	3.53	2.44	2.51	2.74	3.18	3.53	3.52	1.48	1.91	2.29	2.66	3.15	3.52	3.52	0.70	1.31	1.76	2.26	2.64	3.15	3.52	0.44	0.44	0.92	1.30	1.74	2.25	2.64	0.44
4.00E-04	4.03	3.71	3.54	3.30	3.76	4.03	4.02	2.62	2.60	2.83	3.26	3.67	4.02	4.02	1.60	1.86	2.36	2.73	3.24	3.66	4.02	0.80	0.80	1.56	1.40	1.81	2.29	2.69	0.80
4.50E-04	4.85	4.85	4.75	4.48	4.46	4.51	4.51	3.87	3.66	3.83	3.90	4.23	4.51	4.51	2.82	2.87	2.91	3.35	3.77	4.18	4.51	1.74	1.95	2.41	2.80	3.30	3.72	4.16	4.51
5.00E-04	5.88	5.88	5.87	5.88	5.44	5.29	5.00	4.51	4.49	4.66	4.66	4.83	5.00	5.00	4.05	3.86	3.76	4.05	4.37	4.72	5.00	4.99	3.40	2.80	2.98	3.44	3.87	4.29	4.67
5.50E-04	7.01	7.01	7.01	6.94	6.56	6.16	6.01	6.01	6.01	6.01	6.01	6.01	6.01	6.01	5.59	5.59	5.59	5.59	5.59	5.59	5.59	4.42	4.48	4.48	4.48	4.48	5.21	5.49	5.49
6.00E-04	8.08	8.08	8.09	8.08	7.65	7.07	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.06	5.78	6.01	6.01
6.50E-04	9.19	9.19	9.11	8.98	8.68	8.19	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	8.34	7.15	7.15	7.15	7.15	7.15	7.15	6.37	5.37	5.37	5.37	5.37	5.37	5.37	5.37	6.37	6.37
7.00E-04	10.09	10.09	10.07	9.90	9.74	9.32	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52	8.52	7.76	7.37	7.37	7.37	7.37	7.37	7.37	7.37	7.76	7.76
7.50E-04	11.09	10.89	10.86	10.86	10.86	11.09	10.48	10.48	10.48	10.48	10.48	10.48	10.48	9.24	9.24	9.24	9.24	9.24	9.24	8.61	8.21	8.21	8.21	8.21	8.21	8.21	8.21	8.61	8.61
8.00E-04	12.02	11.66	11.84	11.97	12.25	12.41	11.29	11.29	11.29	11.29	11.29	11.29	11.29	10.67	10.72	10.72	10.65	10.55	10.32	9.77	9.13	8.98	9.78	9.71	9.62	9.59	9.25	8.80	8.80
8.50E-04	13.59	12.54	12.78	13.11	13.59	13.59	12.27	12.19	12.17	12.27	12.27	12.27	12.27	12.01	12.00	12.19	11.69	11.73	11.73	11.64	11.35	10.02	10.28	10.10	10.50	10.80	10.77	10.67	10.31
9.00E-04	14.78	13.51	13.81	14.28	14.64	14.78	13.50	13.02	13.13	13.14	13.14	13.13	13.10	12.71	12.60	12.71	12.71	12.61	12.51	11.95	11.57	11.57	11.57	11.58	11.57	11.57	11.53	11.03	10.93
9.50E-04	15.84	14.58	14.90	15.26	15.58	15.84	14.86	13.61	13.61	13.61	13.61	13.61	13.61	13.55	13.49	13.55	13.49	13.26	13.04	13.02	13.00	12.85	13.00	12.99	12.79	12.43	11.89	11.77	11.89
1.00E-03	16.86	15.72	15.90	16.18	16.48	16.86	16.18	14.68	14.61	15.07	15.48	15.36	16.18	14.44	14.25	14.37	14.37	14.21	14.22	14.38	14.44	13.52	13.80	13.90	13.92	13.81	13.74	13.44	13.26
1.00E-03	16.87	15.73	15.91	16.20	16.48	16.87	16.19	14.69	14.64	15.19	15.49	15.36	16.19	14.45	14.26	14.37	14.37	14.21	14.23	14.38	14.45	13.52	13.81	13.91	13.92	13.82	13.74	13.44	13.26

Maximum deformation 15 m/s

Time	5ply								6ply								7ply								8ply								9ply							
	Total	Ply1	Ply2	Ply3	Ply4	Ply5	Ply6	Ply7	Total	Ply1	Ply2	Ply3	Ply4	Ply5	Ply6	Ply7	Total	Ply1	Ply2	Ply3	Ply4	Ply5	Ply6	Ply7	Total	Ply1	Ply2	Ply3	Ply4	Ply5	Ply6	Ply7	Total	Ply1	Ply2	Ply3	Ply4	Ply5	Ply6	Ply7
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4.99E-05	0.84	0.00	0.00	0.01	0.13	0.84	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.13	0.83	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9.99E-05	1.56	0.01	0.04	0.17	0.65	1.56	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.17	0.65	1.55	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.50E-04	2.30	0.09	0.25	0.98	1.72	2.30	2.29	0.03	0.08	0.25	0.98	1.72	2.29	2.29	0.01	0.03	0.08	0.25	0.98	1.72	2.29	2.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.00E-04	3.04	0.41	1.19	1.90	2.43	3.04	3.04	0.18	0.36	1.19	1.90	2.43	3.04	3.04	0.08	0.15	0.35	1.19	1.91	2.43	3.04	3.04	0.07	0.15	0.34	1.19	1.91	2.43	3.04	3.01	0.03	0.07	0.15	0.34	1.19	2.43	3.01	0.03		
2.50E-04	3.80	1.54	2.07	2.63	3.20	3.80	3.79	0.56	1.45	2.04	2.62	3.19	3.79	3.79	0.30	0.79	1.35	0.25	0.46	1.45	2.04	2.62	3.19	3.78	3.78	0.07	0.14	0.45	1.45	2.06	3.20	3.19	0.07	0.14	0.45	2.06	3.19	0.07		
3.00E-04	4.55	3.10	3.85	3.42	4.02	4.55	4.54	1.07	2.21	2.84	3.35	4.00	4.54	4.54	0.44	0.72	1.69	2.36	2.82	3.35	3.89	4.54	4.54	0.25	0.66	1.45	2.82	3.40	4.28	4.00	0.25	0.66	1.45	2.82	3.40	4.00	0.25			
3.50E-04	5.35	5.83	4.53	4.54	4.80	5.35	5.29	3.79	3.34	3.65	4.24	4.07	5.29	5.29	2.21	2.36	3.55	3.54	4.22	4.08	5.29	5.29	6.01	1.17	1.87	1.99	3.01	3.51	4.88	5.28	6.01	1.17	1.87	1.99	3.01	3.51	4.88	5.28		
4.00E-04	6.54	6.54	6.40	5.99	5.88	6.04	6.03	5.49	4.89	5.88	6.03	6.03	6.03	6.03	4.50	3.65	3.88	4.51	4.87	5.85	6.03	6.02	1.73	1.99	2.30	3.18	3.71	4.39	5.97	5.52	6.02	1.73	1.99	2.30	3.18	3.71	4.39	5.97		
4.50E-04	8.13	8.13	8.13	7.91	7.73	7.73	6.88	6.88	6.88	6.52	6.26	6.49	6.79	6.77	5.91	5.52	5.34	5.34	5.83	6.32	6.77	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75	6.75			
5.00E-04	9.84	9.84	9.73	9.36	9.05	8.47	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62	7.78	7.36	7.36	7.07	6.73	6.88	7.17	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57			
5.50E-04	11.31	11.31	11.14	11.00	10.49	9.78	10.42	10.42	10.32	9.85	9.58	9.97	8.82	9.11	9.11	9.07	8.88	8.22	8.22	8.12	8.38	8.35	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82	7.82			
6.00E-04	12.56	12.56	12.56	12.53	11.94	11.39	11.94	11.94	11.77	11.49	11.22	10.51	10.09	10.09	10.09	9.81	9.48	9.31	9.61	9.51	9.48	8.77	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71			
6.50E-04	13.89	13.89	13.89	13.72	13.38	13.17	13.13	13.16	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	12.49	12.49	12.49	12.33	12.08	11.99	11.41	10.59	10.29	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44			
7.00E-04	15.44	15.08	15.04	15.02	15.15	15.44	14.51	14.51	14.51	14.49	14.31	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67	13.67			
7.50E-04	17.33	16.09	16.25	16.69	17.33	17.33	15.71	15.66	15.68	15.71	15.71	15.66	15.71	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66	15.66		
8.00E-04	19.19	17.29	17.80	18.48	19.12	19.19	17.02	16.81	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98	16.98		
8.50E-04	21.08	18.68	19.36	20.06	20.59	21.08	19.12	17.88	18.17	18.40	18.74	19.12	19.12	17.88	17.75	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.50		
9.00E-04	22.97	20.39	20.78	21.31	21.56	22.49	21.01	18.97	19.37	19.55	19.51	20.01	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80	19.80		
9.50E-04	24.80	21.95	22.24	23.22	23.11	24.80	23.17	20.49	20.77	21.20	21.62	22.17	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68	21.68		
1.00E-03	25.05	23.01	23.12	23.77	24.36	25.05	23.08	22.29	22.76	23.35	24.07	23.26	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02	23.02		



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta**

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Maximum stress 10 m/s

Maximum Stress To H/S																																							
Time	3H					5H					7H							9H							5H														
	Total	Pt1	Pt2	Pt3	Pt5	Total	Pt1	Pt2	Pt5	Pt6	Total	Pt1	Pt2	Pt4	Pt5	Pt6	Pt7	Total	Pt1	Pt2	Pt3	Pt4	Pt5	Pt6	Pt7	Pt8	Total	Pt1	Pt2	Pt3	Pt4	Pt5	Pt6	Pt7	Pt8	Pt9			
3:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
3:05:00	1.34	0.00	0.00	0.05	1.11	1.34	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
3:10:00	2.34	0.00	0.00	0.15	1.21	1.24	1.67	0.04	0.02	0.01	0.14	1.62	1.67	0.67	0.00	0.04	0.02	0.02	1.34	1.58	1.67	1.68	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.14	1.57	1.66	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
3:15:00	4.05	0.00	1.28	0.33	3.66	2.40	1.88	0.04	0.03	0.13	2.51	3.63	1.27	1.24	0.05	0.63	0.67	0.67	1.32	1.65	1.28	1.28	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	1.21	1.65	1.27	2.00	0.01	0.05	0.20	0.04	0.08	1.35		
3:20:00	4.45	1.08	2.75	0.33	3.23	4.23	4.05	0.10	0.30	0.16	3.65	3.24	4.18	0.41	0.37	1.10	1.26	2.16	3.44	3.18	4.18	0.06	0.04	0.06	0.04	0.12	2.23	3.19	4.00	3.11	4.04	3.05	0.43	0.43	0.00	0.00			
3:25:00	4.34	1.34	2.55	0.35	3.05	4.14	2.17	0.32	0.35	0.06	4.75	4.06	4.06	1.26	1.31	3.12	4.05	4.06	4.06	4.06	4.30	1.12	1.28	1.36	1.45	3.05	3.01	4.38	4.53	0.21	0.09	1.92	1.24	1.26	3.45	3.08	4.35		
3:30:00	3.58	2.52	2.07	0.27	4.43	5.02	5.06	1.46	1.67	0.35	3.85	4.07	5.30	1.52	1.16	2.45	3.50	3.50	4.38	5.16	0.95	1.20	3.01	3.78	4.14	4.09	5.16	4.09	4.72	1.95	1.23	1.34	3.36	4.30	4.45	4.09			
3:35:00	4.57	4.02	3.51	4.21	4.06	6.57	6.61	1.20	2.39	0.33	4.34	4.71	6.61	6.68	1.15	1.68	3.01	3.01	4.06	4.06	6.04	1.21	2.52	3.47	3.49	4.34	4.70	5.08	6.74	6.46	0.04	1.24	3.21	3.55	3.88	4.42	4.51		
3:40:00	6.34	5.07	4.24	4.86	5.68	6.68	6.61	4.30	4.15	4.46	5.67	6.61	6.57	6.61	1.20	3.04	3.84	4.71	5.17	6.57	6.38	1.26	2.45	3.01	3.05	4.11	5.15	6.30	6.61	4.47	1.26	3.21	3.36	4.42	4.46	5.34			
4:05:00	7.38	7.07	6.60	5.94	5.22	7.34	7.61	5.74	5.46	5.46	5.35	5.63	5.61	7.77	4.48	4.38	4.38	5.13	5.08	7.17	7.45	1.35	1.46	3.81	4.11	5.02	5.47	6.12	7.45	7.04	2.34	3.62	3.81	4.12	4.25	5.38	7.04		
5:00:00	5.84	5.38	7.30	6.51	6.08	6.24	7.57	6.96	6.75	6.21	6.15	6.17	7.71	7.72	5.60	5.79	5.79	5.60	6.12	7.16	4.47	4.46	4.70	5.05	4.08	6.05	6.43	7.16	7.75	3.32	3.84	4.57	5.08	4.57		6.80			
5:05:00	6.88	6.82	7.34	6.36	6.20	6.34	7.93	6.95	6.71	7.08	6.64	6.21	7.15	7.15	6.75	6.75	6.39	6.39	6.62	6.61	7.19	7.19	5.35	5.68	5.62	5.68	5.67	6.38	7.09	8.02	4.57	4.62	5.34	5.17	5.87	7.75			
5:10:00	6.01	5.01	7.39	6.57	6.06	6.36	6.59	6.59	7.10	7.10	6.62	6.37	6.68	7.39	7.28	7.15	7.15	7.32	6.37	7.39	7.17	6.42	6.66	6.56	7.17	6.65	6.65	6.69	7.77	6.71	5.62	5.56	5.70	6.30	6.56	6.77			
6:30:00	0.71	0.07	6.57	6.29	6.69	6.26	6.95	7.39	7.10	6.69	5.97	6.34	6.34	6.40	7.29	7.29	7.29	6.85	6.72	7.58	7.37	7.12	7.10	6.96	6.80	7.17	7.12	7.10	6.96	6.80	6.73	6.86	6.67	6.45	6.68	7.34			
7:00:00	5.38	5.28	6.45	5.76	5.12	6.42	5.36	5.12	6.62	5.42	6.69	6.65	6.65	7.19	7.19	7.19	6.85	6.75	7.65	7.40	7.19	7.15	7.14	7.14	6.86	6.37	7.21	6.25	6.84	6.67	7.12	6.05	7.15	7.12	6.25				
7:30:00	5.38	5.38	7.30	5.50	5.94	7.10	10.10	10.10	7.30	5.87	5.40	5.24	6.98	5.70	5.18	7.04	7.04	5.92	5.60	7.45	6.85	6.65	6.65	6.65	6.65	7.35	6.60	6.53	5.65	6.09	8.02	7.14	6.98	6.98	7.95	7.14	7.96		
8:00:00	5.91	5.61	5.49	4.95	5.57	7.34	10.12	10.12	5.81	5.86	5.44	5.55	7.15	10.12	10.12	6.15	6.44	5.58	5.76	7.56	5.94	5.94	5.94	5.94	5.94	6.21	6.21	6.21	5.65	5.95	6.95	6.95	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25		
8:30:00	6.51	6.51	6.61	4.99	5.65	7.39	10.24	10.24	7.31	5.87	4.91	6.05	7.94	10.07	10.07	6.75	6.57	6.37	5.86	5.98	7.34	10.21	10.21	8.70	7.03	6.69	5.69	5.69	5.69	5.69	5.69	5.69	5.69	5.69	5.69	5.69	5.69		
9:00:00	5.38	5.38	6.32	4.98	5.29	7.15	10.00	10.00	7.07	5.88	5.27	6.25	7.97	10.00	10.00	6.55	6.35	5.88	6.12	7.06	10.12	10.12	9.08	7.18	5.51	4.98	5.09	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98			
9:30:00	5.30	5.30	5.45	4.28	5.39	7.04	9.84	9.84	7.04	4.72	6.05	7.44	10.02	10.02	6.08	6.30	5.22	6.43	6.15	10.44	10.44	9.08	7.12	5.37	5.08	5.33	4.42	7.15	11.15	11.15	9.31	7.93	6.98	5.89	5.39	6.02			
10:00:00	6.06	6.06	5.42	4.12	5.12	7.04	9.84	9.84	6.27	4.75	5.75	7.08	10.25	10.25	7.08	5.42	5.42	6.69	6.62	11.17	11.17	8.67	6.91	5.52	5.54	6.69	4.67	11.16	11.16	9.43	7.60	6.00	5.38	5.32	7.34	9.44			
10:30:00	6.06	6.06	5.42	4.12	5.12	7.04	9.84	9.84	6.27	4.75	5.75	7.08	10.25	10.25	7.08	5.42	5.42	6.69	6.62	11.17	11.17	8.67	6.91	5.52	5.54	5.42	6.69	4.67	11.16	11.16	9.43	7.60	6.00	5.38	5.32	7.34	9.44		

Maximum stress 15 MPa																																							
Time	S10					S20					70%							S30							S40														
	Total	Ph1	Ph2	Ph3	Ph5	Total	Ph1	Ph2	Ph3	Ph5	Ph6	Total	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Ph7	Total	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Ph7	Total	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Ph7	Ph8	Ph9		
0:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
0:00:05	2.43	0.00	0.04	0.07	1.72	2.43	0.00	0.00	0.04	0.08	1.72	2.28	2.24	0.00	0.00	0.04	0.08	1.74	2.24	2.26	0.00	0.00	0.04	0.08	1.74	2.26	1.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.08	1.72	1.88			
0:00:10	5.59	0.08	0.16	0.22	4.74	5.59	0.40	0.06	0.04	3.17	4.20	4.60	5.36	0.01	0.07	0.05	1.18	4.20	4.60	5.38	0.00	0.07	0.25	0.12	4.40	5.18	4.90	0.00	0.00	0.07	0.25	0.12	4.20	4.93	4.90	4.90			
0:00:15	6.61	0.16	0.37	0.60	4.72	6.61	0.62	0.60	0.38	3.89	5.95	4.62	6.19	0.08	0.24	0.02	2.07	5.95	4.68	6.08	0.00	0.07	0.33	0.04	5.26	5.39	5.90	0.01	0.00	0.33	0.09	2.07	5.37	5.43	5.90				
0:00:20	6.65	0.28	0.55	0.40	6.47	6.65	0.72	0.40	0.47	4.01	6.00	4.95	6.20	0.49	0.05	0.05	3.06	6.00	4.47	6.49	0.00	0.16	0.30	0.10	6.00	4.95	6.28	0.56	0.22	0.71	5.28	5.94	4.79	6.21	5.95				
0:00:25	7.09	0.42	0.56	0.68	7.00	7.09	1.02	0.52	0.40	4.01	6.90	5.99	7.00	0.78	0.17	0.07	4.67	6.90	5.71	7.02	0.04	0.27	0.32	0.26	5.69	7.00	7.42	0.79	0.40	0.32	5.46	6.05	5.77	7.05	7.39				
0:00:30	9.02	0.38	0.52	0.57	7.00	9.02	0.99	0.22	0.70	4.65	6.44	7.09	8.39	0.39	0.27	0.06	5.93	7.28	7.15	8.13	0.20	0.09	0.19	0.46	6.06	5.75	7.71	0.20	0.00	0.09	0.07	1.43	5.75	5.30	6.42	5.99			
0:00:35	9.06	0.05	0.72	0.68	8.05	9.06	0.00	0.00	0.00	5.80	5.80	5.71	7.44	0.04	0.00	0.00	3.95	4.28	5.24	6.27	0.05	0.00	0.00	0.00	5.99	4.24	5.22	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	9.08	7.44	8.09				
0:00:40	10.18	0.08	0.98	0.46	8.12	10.18	0.00	0.00	0.00	5.33	7.85	8.04	9.04	0.09	0.19	0.19	6.26	8.36	8.31	7.76	0.28	0.02	0.03	0.03	6.46	5.82	8.42	0.46	0.03	0.03	0.03	0.03	1.54	6.02	7.05	9.14			
0:00:45	4.39	0.00	0.00	0.06	3.98	4.39	0.00	0.00	0.00	0.34	3.98	4.32	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.32	4.00	4.32	0.00	0.00	0.00	0.00	4.32	4.00	4.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.32	4.16	4.16				
0:00:50	12.00	0.20	0.06	0.98	7.70	12.00	0.20	0.06	0.98	8.38	9.32	9.94	10.00	0.20	0.18	0.67	8.53	9.32	9.78	8.74	0.19	0.10	0.16	0.62	6.70	7.12	7.10	0.26	0.38	0.48	0.16	0.20	10.73	4.6					

Maximum Stress 20 MPa																																																		
Time	5%										5%										7%										8%										9%									
	Total	P1	P2	P3	P4	P5	Total	P1	P2	P3	P4	P5	Total	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Total	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Total	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9											
0:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
0:00:05	3.84	0.00	0.05	0.51	1.27	3.84	3.84	0.00	0.05	0.52	1.38	3.84	3.76	0.00	0.00	0.00	0.05	0.52	1.40	3.76	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.53	1.42	3.72	3.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.52	1.39	3.69											
0:00:10	6.16	0.28	1.76	4.18	6.40	6.08	5.57	0.00	0.48	1.78	4.18	6.36	5.36	0.01	0.09	0.48	1.80	4.26	7.02	5.36	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	1.81	4.38	7.08	5.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	1.81	4.38	7.04	4.94									
0:00:15	8.48	0.54	2.59	6.78	8.78	8.47	8.04	0.18	0.85	2.65	6.82	8.59	8.13	0.06	0.17	0.85	2.68	6.97	1.50	3.74	6.89	6.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	2.67	6.92	0.02	0.12	0.40	1.54	3.68	6.66	8.04	8.17											
0:00:20	9.92	0.82	3.69	8.00	9.24	9.62	9.30	0.30	1.24	3.72	9.06	9.35	9.33	0.04	0.26	1.24	3.80	7.99	5.99	8.15	9.04	8.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	6.12	8.30	7.73	0.09	0.32	0.78	0.93	1.36	9.23	9.55											
0:00:25	11.64	0.98	6.46	7.31	11.79	11.60	11.26	0.48	1.99	5.99	11.52	9.48	10.06	0.16	0.60	1.22	8.15	7.82	11.65	8.67	10.14	10.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	6.48	9.56	7.68	0.16	0.57	1.03	0.80	1.62	11.09	10.92											
0:00:30	13.08	0.89	8.05	8.05	14.06	13.07	12.61	0.91	7.04	7.82	9.82	9.34	10.71	0.00	0.59	1.25	7.25	6.57	8.71	10.39	9.10	11.00	12.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	11.69	11.15	9.96	1.28	1.75	2.59	1.44	1.88	11.02	11.17	11.06	9.65	11.75								
0:00:35	13.68	11.23	11.59	12.00	12.05	11.39	14.25	10.00	9.11	10.12	11.25	11.21	14.43	0.06	0.75	7.05	7.65	10.00	13.38	11.16	14.06	14.57	0.01	0.12	7.32	10.53	11.20	14.06	14.17	14.57	14.36	5.22	5.08	9.65	10.52	12.18	11.02	11.58	11.27	14.55										
0:00:40	15.57	15.57	13.93	11.69	15.64	15.69	13.69	11.69	15.69	13.69	11.69	11.62	14.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.69	11.48	13.25	14.91	15.77	16.57	0.00	0.00	0.00	0.00	9.39	10.00	16.55	13.55	15.77	16.55	7.30	7.88	10.76	9.05	11.49	13.44	14.28	14.58								
0:00:45	16.29	16.29	16.46	12.94	16.40	12.94	16.60	12.94	16.60	12.94	16.60	13.26	16.77	11.12	13.68	14.69	14.69	12.77	17.12	13.24	11.62	14.15	14.15	14.95	14.95	13.07	16.08	11.00	14.18	13.37</																				