

LAPORAN TAHUN TERAKHIR

PENELITIAN PRODUK TERAPAN



Manufaktur Biokomposit Laminat Serat Tebu – Polyester Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Struktur Logam Body Mobil Listrik

Tahun Ke 2 dari rencana 2 tahun

Oleh:

- 1. Yuni Hermawan, ST, MT. (NIDN. 00 150675 03)**
- 2. Robertus Sidartawan, ST, MT. (NIDN. 0010037006)**

UNIVERSITAS JEMBER

NOPEMBER 2016

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Manufaktur Biokomposit Laminat Serat Tebu – Polyester
Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Struktur Logam Body
Mobil Listrik

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : YUNI HERMAWAN S.T., M.T.
Perguruan Tinggi : Universitas Jember
NIDN : 0015067503
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Teknik Mesin
Nomor HP : 085236125624
Alamat surel (e-mail) : yunikaka@yahoo.co.id

Anggota (1)
Nama Lengkap : ROBERTUS SIDARTAWAN S.T
NIDN : 0010037006
Perguruan Tinggi : Universitas Jember
Institusi Mitra (jika ada) :
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 50.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 141.500.000,00

Mengetahui,
DEKAN



Ir. Eryn Hidayah, M.Um)
NIP/NIK 196612151995032001

JEMBER, 5 - 11 - 2016
Ketua,

(YUNI HERMAWAN S.T., M.T.)
NIP/NIK 197506152002121008

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian

(Prof. Ir. Achmad Subagio, M.Agr, Ph.D.)
NIP/NIK 196905171992011001

RINGKASAN

Serat sintetis sebagai komponen komposit terbukti mahal dan tidak ramah lingkungan, sedangkan sumber daya alam Indonesia sangat melimpah akan bahan alam dan juga ditunjang sumber daya manusia yang masih banyak membutuhkan bidang garap sebagai lapangan pekerjaan. Sehingga kembali ke alam adalah langkah yang cerdas dan bijaksana untuk kondisi tersebut. Inovasi terhadap bahan alam dilakukan untuk menghilangkan kelemahan pada sifat mekanisnya. Serat tebu dapat dijadikan sebagai komponen komposit laminat. Perbedaan arah serat dan perlakuan alkali akan dijadikan variabel untuk mengetahui sejauhmana pengaruhnya terhadap kekuatan mekanis: kekuatan tarik, bending dan impact, di sisi lain perlu pula untuk mengamati mekanisme kegagalannya dengan bantuan foto makro..

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa untuk pengujian kekuatan tarik optimal pada fraksi volume 15% sebesar $1,193 \text{ N/mm}^2$ dan nilai kekuatan impact optimal terjadi pada fraksi volume serat 20% sebesar $1,0556 \text{ J/mm}^2$. Tegangan terbesar dan terkecil untuk uji tabrak bumper mobil listrik adalah: $4.69 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dan $1.01 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, sedangkan nilai tegangan terbesar dan terkecil untuk uji tabrak pintu mobil listrik adalah: $8.65 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ dan $1.71 \times 10^5 \text{ N/m}^2$. Dari hasil penelitian ini nilai kekuatan mekanik bahan masuk kedalam Standart Nasional Indonesia SNI, sehingga produk tersebut layak untuk dijual dan digunakan. Hasil penelitian sudah dimasukkan kedalam seminar nasional hasil-hasil penelitian dan pengabdian masyarakat bulan September 2016 di POLIJE Jember dan di publikasikan ke jurnal ilmiah ROTOR Teknik Mesin Universitas Jember dan masih menunggu penerbitan pada bulan Nopember 2016, sehingga inovasi yang dihasilkan segera dapat dimanfaatkan oleh masyarakat secara luas.

Kata kunci: serat tebu, komposit laminat, kekuatan mekanis dan foto makro

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat-Nya sehingga laporan kemajuan ini dapat terselesaikan. Tidak lupa kami juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu tercapainya kemajuan penelitian sampai pada tahap sekarang ini, terutama kepada para mahasiswa yang terlibat dalam penelitian.

Penelitian ini masih membutuhkan tindak lanjut untuk penyempurnaan dan juga penulisan artikel ilmiah untuk publikasi di jurnal ilmiah nasional dan pada seminar. Namun demikian kami berharap bahwa laporan Akhir ini dapat digunakan sebagai laporan hasil penelitian dan bahan penyempurnaan penelitian dalam sisa waktu penelitian.

Kami berharap semoga laporan Akhir ini dapat bermanfaat dan semoga hasil-hasil penelitian ini dapat berguna bagi masyarakat.

Jember, 10 Nopember 2016

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan	2
Ringkasan	3
Prakata	4
Daftrar Isi	5
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	7
1.2. Tujuan	8
1.3. Urgensi / Keutamaan Penelitian	8
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Proses Bending	10
2.2. Teori Plastisitas	10
2.3. Teori kegagalan pada silinder berdinding tebal	12
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
3.1. Tujuan	13
3.2. Manfaat	13
BAB 4. METODE PENELITIAN	
4.1. Tahapan Penelitian	14
4.2. Rencana Penelitian Tahun Pertama	14
4.3. Rencana Penelitian Tahun Kedua	15
4.4. Bagan Alir Penelitian	19
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	
6.1. Penyelesaian Penelitian Tahun Anggaran 2016	21
6.2. Rencana Penelitian Selanjutnya Tahun 2017	21

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA	24
Personalia Tim Peneliti	25
Foto Hasil Penelitian	28

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Munculnya *issue* permasalahan limbah *nonorganik* serat sintetis yang semakin bertambah mampu mendorong perubahan *trend* teknologi komposit menuju *natural composite* yang ramah lingkungan. **Serat alam mulai menggeser serat sintetis**, seperti *E-Glass*, *Kevlar-49*, *Carbon/Graphite*, *Silicone carbide*, *Aluminium Oxide*, dan *Boron*. Salah satu jenis serat alam yang tersedia secara melimpah adalah serat tebu. Keuntungan penggunaan komposit antara lain **ringan, tahan korosi, tahan air, *performance*-nya menarik, dan tanpa proses pemesinan**. Beban konstruksi juga menjadi lebih ringan. Harga produk komponen yang dibuat dari komposit *glass fibre reinforced polyester (GFRP)* dapat turun hingga 60%, dibanding produk logam (Abdullah dan Handiko, 2000).

Salah satu jenis serat alam yang sangat potensial adalah serat tebu. Ampas tebu merupakan limbah dari proses pengolahan gula yang pemanfaatannya belum optimal. Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur dan lain-lain. Sehingga diperkirakan sebanyak 40 % dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan. Pemanfaatan serat tebu sebagai bahan penguat material komposit belum maksimal. Selama ini ampas tebu hanya digunakan sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar. Melihat dari potensi tersedianya bahan baku, maka penelitian ini diarahkan untuk memanfaatkan serat tebu dari limbah ampas tebu sebagai serat penguat material komposit.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penelitian tentang rekayasa komposit laminat merupakan kajian yang sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut. Pengujian mekanis struktur komposit *laminat* yang dilakukan mencakup uji tarik (ASTM D638), uji bending (ASTM D790) uji impak (ASTM D3379) dan foto makro untuk melihat mekanisme patahan komposit. Sehingga permasalahan utama yang penting dikaji adalah perlunya pemanfaatan bahan alam (khususnya serat tebu) sebagai bahan penguat komposit untuk rekayasa pengganti struktur logam. Penggunaan bahan alam tersebut dapat digunakan sebagai komponen body mobil listrik. Adapun permasalahan yang diambil adalah:

1. Bagaimana pengaruh fraksi volume (V_f) serat tebu terhadap kekuatan tarik, bending dan impak komposit laminat?

2. Bagaimana pengaruh orientasi arah serat tebu terhadap kekuatan tarik, bending dan dampak komposit laminat?
3. Bagaimana mekanisme kegagalan (Uji Tabrak) komposit laminat serat tebu pada komponen Bumper dan Pintu depan mobil listrik?

1.2. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan komposit laminat serat tebu – polyester yang dapat digunakan pengganti struktur dari logam. Sedangkan secara khusus tujuan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menghasilkan model komposit laminat yang memiliki kekuatan setara dengan kekuatan logam melalui rekayasa serat dengan menggunakan metode *press mold*.
2. Menguji hasil komposit sesuai dengan standar ASTM, untuk mengetahui kesesuaian serat untuk mencegah kegagalan material di dalam suatu struktur yang digunakan pada body mobil listrik.

Target penelitian setiap tahunnya adalah sebagai berikut:

Tahun 1:

Mengevaluasi model komposit laminat yang menerima beban aksial, gaya geser dan momen lentur. Analisis dilaksanakan dengan melakukan uji tarik, uji bending dan uji dampak Charpy untuk mengetahui kemampuan menerima beban.

1. Membuat model komposit yang dapat menggantikan fungsi struktur logam pada mobil listrik. Kegiatan pembuatan ini meliputi:
 - a. Pengolahan serat : bahan serat yang dipakai adalah serat tebu. Pengolahan serat terdiri atas: serat tanpa perlakuan dan dengan perlakuan alkali (5%) selama 2 jam.
 - b. Fraksi volume serat tebu (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%) terhadap matriks komposit polyester.
 - c. Manufaktur komposit laminat: proses pembuatan komposit laminat dilakukan dengan metode cetak tekan. Komposit kulit dibuat dengan susunan dua lapis: $0^\circ - 90^\circ$, $20^\circ - 70^\circ$, $30^\circ - 60^\circ$, $45^\circ - 45^\circ$ dan acak.
2. Melakukan uji sifat mekanis komposit yang sesuai dengan rancangan eksperimen untuk mendapatkan parameter proses yang paling baik. Kegiatan pengujian ini meliputi:
 - a. Pengujian kekuatan bending: tujuan pengujian ini untuk mengetahui kekuatan komposit dari beban bending yang diberikan dari arah normal

- b. Pengujian kekuatan impak: tujuan pengujian ini untuk mengetahui kekuatan komposit dari beban impak terhadap material komposit yang diberikan pada arah transversal.
- c. Foto makro: untuk mengetahui bentuk patahan / arah retak.

Tahun 2:

Membuat struktur body mobil listrik dari bahan komposit laminat yang dikenai gaya statis dan dinamis dan mengevaluasinya melalui uji beban statis dan dinamis, uji kemampuan ketangguhan lentur (MOE), ketangguhan patah (MOR) dan uji kuat pegang sekrup (KPS).

1. Melakukan analisis daktail sistem struktur dinamis hubungan antar elemen bidang komposit dalam struktur mobil listrik. Analisis dilaksanakan dengan metode elemen hingga dengan bantuan software CATIA.
2. Merancang model struktur body mobil listrik yang menerima beban dinamis yang berupa:
 - a. Gaya geser dan momen pada arah normal papan komposit
 - b. Gaya aksial dan tangensial pada sisi papan komposit
 - c. Momen lentur, momen ketangguhan dan momen puntir pada sambungan kolom.
3. Melakukan uji beban dinamis pada model komposit dengan tujuan mendapatkan data besaran gaya yang terjadi pada kolom komposit serta untuk menguji kebenaran hasil analisis dalam struktur dinamis tersebut.

Luaran dari penelitian ini bersama dengan penelitian-penelitian mengenai komposit laminat yang telah dikerjakan sebelumnya diharapkan akan dapat dipatenkan dan memberikan kontribusi terhadap program pemberdayaan sumber daya alam (SDA).

1.3 Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan utama dalam merancang penelitian ini. Pertama **isu otonomi daerah**, dimana setiap daerah diharapkan menggali potensi daerah melalui penggalan sumber daya alam (SDA) daerah yang ada untuk dimanfaatkan sebagai potensi ekonomi. Ketersediaan serat tebu yang berlimpah, merupakan SDA yang dapat direkayasa menjadi produk teknologi andalan daerah sebagai komposit *laminat*. Rekayasa serat tebu dapat dilakukan dari batang tebu utuh ataupun limbah tebu giling. Konsep rekayasa serat ini merupakan tahapan alih teknologi komposit serat sintetis, dimana kekuatan tarik dari serat tebu hampir sama dengan serat sintetis. (Diharjo dan Zaenuri, 2005).

Pertimbangan kedua **keterserapan tenaga kerja**, dengan dimanfaatkannya serat alam sebagai komposit laminat maka dapat dimanfaatkan sebagai bahan panel, konstruksi mobil, perahu dan dinding rumah tahan gempa (Krisna Murti dan Erno Widayanto, 2009). Pemanfaatan

serat alam salah satunya adalah serat tebu yang akan di rekayasa menjadi komposit laminat akan membuka peluang usaha sehingga keterserapan tenaga kerja akan meningkat.

Pertimbangan ketiga, **isu bergesernya trend produk sintesis ke produk natural**. Bahan komposit alam seperti komposit serat tebu merupakan komposit yang memiliki sifat ringan, tahan korosi, tahan air, *performance*-nya menarik, dan tanpa proses pemesinan. Harga produk komponen yang dibuat dari komposit dapat turun hingga 60% dibanding produk logam (Abdullah dan Handiko, 2000).

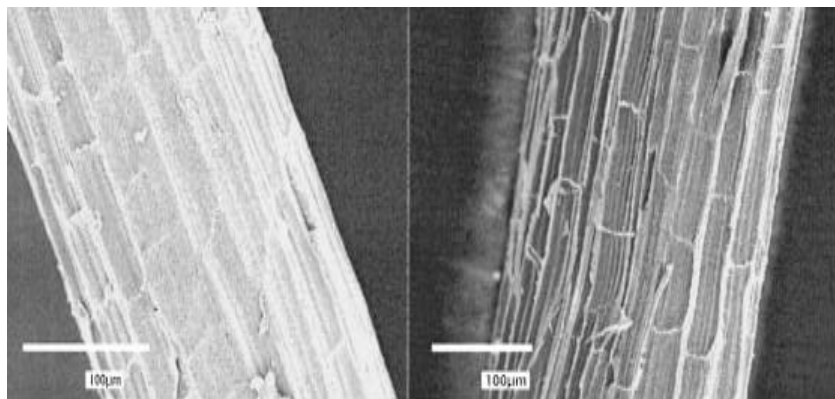
Pertimbangan keempat, **Rencana Induk Penelitian (RIP) Universitas Jember tahun 2013 – 2020** yang akan mengembangkan penelitian salah satunya adalah penelitian pengembangan tebu sebagai sumber bahan baku serat dan penelitian pengembangan sistem mekanikal dan integrasi komponen mobil listrik. Rekayasa serat tebu menjadi bahan baku komposit merupakan langkah yang mendukung penelitian tentang serat alam yang dapat dipergunakan komposit laminat. Hasil dari penelitian komposit serat tebu ini nantinya akan digunakan untuk membuat salah satu komponen body mobil listrik sehingga penelitian ini diharapkan akan mendukung arah penelitian Universitas Jember.

Pertimbangan kelima masalah **ketersediaan tenaga peneliti dan sarana laboratorium** yang memadai di jurusan Teknik Mesin Universitas Jember. Dengan visi mengembangkan agroindustri dan agribisnis, tenaga muda dan berpotensi dari institusi ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih nyata terhadap permasalahan yang dihadapi masyarakat Jawa Timur, khususnya mereka yang terlibat di pengolahan agroindustri tebu di Kabupaten Jember dan sekitarnya. Beberapa pertimbangan tersebut yang mendasari pengusulan penelitian ini. Keberhasilan perancangan komposit laminat serat tebu akan merupakan sumbangan berharga bagi pengelolaan potensi alam di daerah Jember. Pengembangan komposit laminat serat tebu lebih lanjut dapat diaplikasikan ke struktur sebagai bahan pengganti struktur logam pada body mobil listrik.

BAB 2. STUDI PUSTAKA

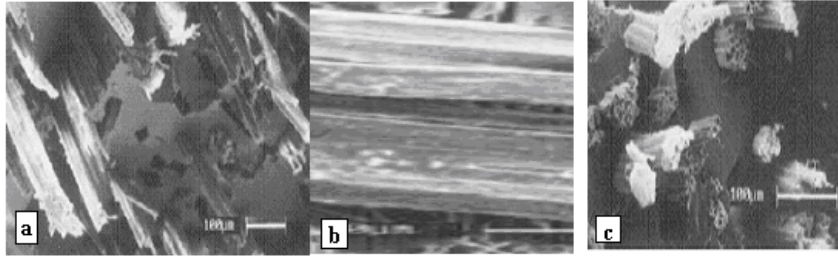
2.1. Perlakuan Alkali (NaOH) Serat

Perlakuan serat daun nanas dengan 0.5% NaOH selama 2 jam menyebabkan permukaan serat menjadi kasar karena lapisan seperti lilin di bagian permukaan serat hilang. Topografi permukaan serat yang kasar menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matrik (George dkk, 1996). Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan modulus elastisitas komposit serat nanas-LDPE pada ($V_f = 30\%$) sebesar 127% (1400 Mpa) dibandingkan dengan yang tanpa perlakuan (1100 Mpa). Perlakuan alkali serat sisal akan mengubah morfologi serat dan meningkatkan gugus hidroksil, sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik permukaan, tahan kelembaban, pembengkakan, adhesi dan kompatibilitas dengan matrik polimer (Eichhorn dkk, 2001).



Gambar 1. Serat sisal (a) untreated, (b) treated 8% NaOH (Eichhorn dkk, 2001)

Perlakuan 5% NaOH selama 4, 6, dan 8 jam, meningkatkan modulus elastisitas serat jute sebesar 12%, 68%, dan 79%. Namun, % regangan patah serat menurun 23% setelah perlakuan 8 jam (Ray dkk, 2001). Perlakuan 5% NaOH serat jute selama 0, 2, 4, 6 dan 8 jam, mempengaruhi *flexural strength* komposit jute-vinylester pada $V_f = 30\%$, yaitu 180.60, 189.40, 218.50, 195.90 dan 197.50 MPa. Harga modulusnya pun mengalami perubahan yang identik yaitu 10.030, 10.990, 12.850, 12.490 dan 11.170 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan serat selama 4 jam menghasilkan komposit yang memiliki modulus dan *flexural strength* tertinggi. Kondisi penampang patahan komposit dengan perlakuan serat 0, 2 dan 8 jam menunjukkan adanya *fiber pull out*, *matric cracking* dan *transfer fracture*, seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2. Penampang patahan komposit

(a) Untreated (b) Treated 2 jam 5% NaOH (c) Treated 2 jam 5% NaOH

2.2. Aspek Geometri

Menurut Gibson (1994), penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi volume, agar dihasilkan komposit berkekuatan tinggi. Untuk suatu lamina *unidirectional*, dengan serat kontinu dengan jarak antar serat yang sama, dan direkatkan secara baik oleh matrik., seperti ditunjukkan pada gambar 2.8. Fraksi volume dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Shackelford, 1992):

$$v_1 = \frac{W_1 / \rho_1}{W_1 / \rho_1 + W_2 / \rho_2 + \dots} \dots\dots\dots(1)$$

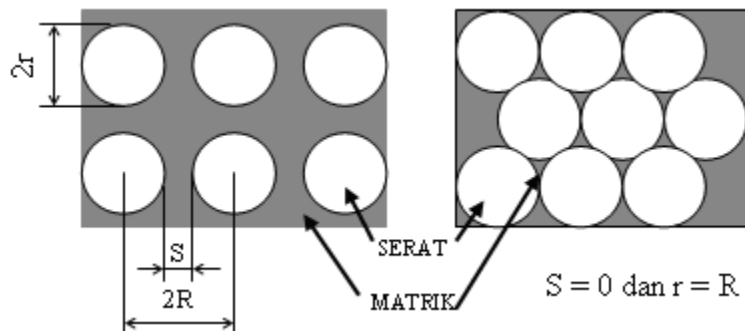
$$w_1 = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \dots} \dots\dots\dots(2)$$

Kekuatan komposit dapat ditentukan dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$\sigma_C = \sigma_f v_f + \sigma_m v_m \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- v_1, v_2, \dots = fraksi volume, $W_1, W_2 \dots$ = berat
- w_1, w_2, \dots = fraksi berat $V_1, V_2 \dots$ = volume
- ρ_1, ρ_2, \dots = densitas bahan pembentuk



Gambar 8. Struktur mikro komposit dengan serat teratur dan homogen

2.3. Uji Bending

Pada material komposit homogen yang dikenai pengujian *three point bending* dengan sumbu netral terletak di tengah, kekuatan *bending* komposit dapat dirumuskan dengan persamaan (ASTM D 790):

$$\sigma_b = \frac{PL/4 \times 1/2 h}{b \times h^3 / 12} \Rightarrow \sigma_b = \frac{12 P L h}{8 b h^3} \Rightarrow \sigma_b = \frac{3 P L}{2 b h^2} \dots\dots\dots(4)$$

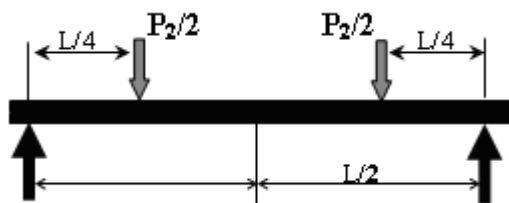
Dengan catatan; P = beban (N), L = panjang span (mm), b = lebar (mm), dan h = tebal (mm). Jika defleksi maksimum yang terjadi lebih dari 10 % dari jarak antar penumpu (L), kekuatan bendingnya dapat dihitung dengan persamaan;

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \left[1 + 6 \left(\frac{\delta}{L} \right)^2 - 4 \frac{d}{L} \frac{\delta}{L} \right] \dots\dots\dots(5)$$

dengan δ = defleksi pada bagian tengah spesimen (mm). Nilai Modulus elastisitas *bending* (E_b) material dapat dirumuskan juga dengan persamaan:

$$E_b = \frac{L^3 m}{4bh^3} \dots\dots\dots(6)$$

catatan m = *slope tangent* pada garis lurus kurva beban vs defleksi uji bending, N/mm.



Gambar 9. Pengujian Quarter Point Bending Komposit Laminat

Selanjutnya pada panel komposit laminat yang dikenai uji *quarter point bending*, maka besarnya tegangan geser pada inti dapat dihitung dengan persamaan (ASTM C 393):

$$\tau = \frac{P}{(d + c)b} \dots\dots\dots(7)$$

dengan catatan; P = beban maksimum (N), d = tebal laminat (mm), c = tebal inti (mm), dan b = lebar laminat (mm). Besarnya tegangan bending maksimum pada bagian permukaan (*facing bending stress*) dapat dihitung dengan persamaan;

$$\sigma_b = \frac{PL}{4t(d + c)b} \dots\dots\dots(8)$$

dengan catatan; L = panjang bentangan (mm) dan t = tebal *facing* (mm).

Jika pengujian bending panel komposit laminat tersebut dilakukan dengan *quarter point bending methode*, maka besarnya tegangan bending maksimum dapat dihitung dengan persamaan 2-9 (ASTM C 393):

$$\sigma_b = \frac{PL}{4t(d+c)b} \dots\dots\dots(9)$$

2.4. Uji Impak Komposit

Pengujian impak dapat dilakukan dengan dua cara yaitu impak *charpy* dan impak *izot*. Jenis beban impak yang diterapkan sebaiknya jenis beban kecil, karena kekuatan impak komposit juga relatif lebih rendah daripada bahan logam. Pengujian impak komposit dapat dilakukan dari arah depan dan arah samping, sesuai dengan kondisi beban nyata yang akan diterima oleh panel komposit. Rumusan yang digunakan untuk menghitung besarnya energi yang terserap oleh komposit pada pengujian impak Charpy adalah;

$$Energi_{serap} = WR [Cos\beta - Cos\alpha] \dots\dots\dots(10)$$

dengan catatan; E_{serap} dalam joule, W = berat pendulum (N), R = panjang lengan pendulum (m), β = sudut pantul pendulum (0), dan α = sudut ayun pendulum (0).

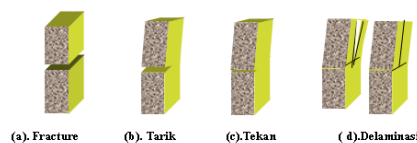
Untuk besarnya energi serap pada pengujian impak izot dapat dihitung dengan rumusan pada *manual book*-nya, yaitu;

$$Energi_{serap} = WR \left[(\cos\beta - \cos\alpha) - (\cos\alpha' - \cos\alpha) \left(\frac{\alpha + \beta}{\alpha + \alpha'} \right) \right] \dots\dots\dots(11)$$

Dari hasil hitungan energi terserap tersebut di atas, besarnya kekuatan impak dapat dihitung dengan persamaan;

$$Kekuatan\ Impak = Energi_{serap} / A \dots\dots\dots(12)$$

dengan A = luas penampang komposit yang akan dipatahkan. Beberapa pola kegagalan uji impak ditunjukkan pada gambar 10 berikut;

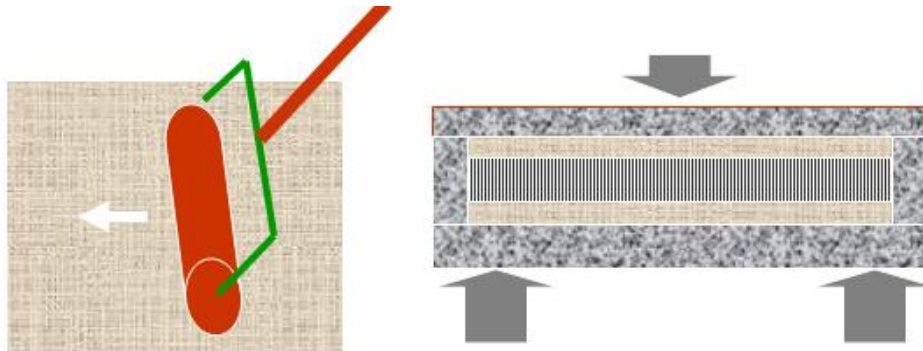


Gambar 10. Karakteristik kegagalan impak

2.5. Manufaktur Komposit Secara Umum

Pembuatan komposit diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu proses cetakan terbuka dan proses cetakan tertutup. Proses cetakan terbuka terdiri dari *hand lay-up*, *spray-up*, *vacuum bag*, *filamen winding* dan *centrifugal casting*, sedangkan proses cetakan tertutup terdiri dari

compression moulding, injection moulding, pultrusion, cold press moulding, resin injection, dan reinforced reaction injection moulding. Proses yang paling sederhana dan banyak dilakukan adalah metoda *hand lay-up* dan *cold press moulding*. Metoda *hand lay-up* mengalami kesulitan untuk mengontrol fraksi volume serat, sedangkan metoda *cold press moulding* dapat mengendalikan ketebalan komposit dan fraksi volume serat (Schwartz, 1984).



Gambar 11. (a) Hand lay up (b) Press mold

2.5. Penelitian Pendahuluan

Penelitian kekuatan tarik mengacu pada standar ASTM D 638 yang dilakukan oleh **Hariyanto (2009)** tentang pengaruh fraksi volume komposit serat kenaf dan rayon yang disusun secara lurus kontinu dengan bermatrik polyester terhadap kekuatan tarik dan dampak. Kekuatan tarik serat kenaf/polyester pada Vf 10% sebesar 22,04 MPa, Vf 15% sebesar 28,35 MPa dan Vf 20% sebesar 38,32 MPa nilai tertinggi terletak pada Vf 20% dan terendah pada Vf 10%. Untuk kekuatan tarik serat rayon/polyester pada Vf 10% sebesar 22,81 MPa, Vf 15% sebesar 51,23 MPa dan Vf 20% sebesar 50,46 MPa, nilai tertinggi terletak pada Vf 15% dan terendah pada Vf 10%.

Adi (2006) meneliti kekuatan bending serat kenaf acak dengan resin poliester yang mengacu pada standar ASTM D-790. Dengan variabel fraksi volume serat 20%, 30%, 40% dan 50% diperoleh kekuatan bending tertinggi pada fraksi volume 20% dengan nilai 7,73 MPa. Penelitian tersebut sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono (2006) mengenai komposit serat kenaf acak yang menggunakan standar ASTM D-790 dihasilkan kekuatan tertinggi pada fraksi volume 40% dengan nilai 105,38 MPa. Dari beberapa penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar fraksi volume serat maka semakin tinggi pula tegangan tarik, modulus elastisitas dan kekuatan bendingnya. Untuk perlakuan alkali, semakin lama perendaman alkali dapat meningkatkan kekuatan tarik, bending dan modulus elastisitasnya sampai batas tertentu kemudian menurun. Akan tetapi semakin lama dilakukan perendaman alkali akan menurunkan regangan bending dan kekuatan tariknya.

Pengujian material komposit hybrid bambu dan serat E-glass bermatrik polyester 157 BQTN yang dilakukan **Junaedi (2008)**, diperoleh kekuatan bending rata-rata tertinggi pada fraksi volume 30% sebesar 85,899 Mpa dan terendah pada fraksi volume 50% sebesar 73,649 MPa. Untuk pengujian tarik diperoleh kekuatan tarik rata-rata tertinggi pada fraksi volume 50% sebesar 110,294 MPa dan terendah pada fraksi volume 30% sebesar 73,52 MPa.

Pengujian yang berkaitan dengan pengaruh alkali pada kekuatan tarik dan bending pada fraksi volume serat rami bermatrik polyester BTQN 157 yang dilaporkan oleh **Hartanto (2009)**, bahwa dengan perlakuan alkali 2,4,6 dan 8 jam pada ketebalan 1mm sampai 5mm. diperoleh hasil optimal rata-rata pada vf 40% dengan ketebalan 3 mm dan paling optimal pada perlakuan alkali 2 jam, pada pengujian tarik optimal pada vf 50% ketebalan 5mm dan paling optimal pada perlakuan alkali 2 jam. Pada pengamatan struktur makro didapatkan jenis patahan *broken fiber*.

Pengujian tersebut juga diperkuat oleh hasil pengujian **Wahono (2008)**, bahwa komposit yang mengalami perlakuan NaOH selama 2,4,6 dan 8 jam, komposit dengan perlakuan NaOH pada serat selama 2 jam yang paling baik. Semakin lama serat direndam dengan NaOH dapat menghilangkan lapisan lignin dan pengotor lainnya, dapat mengakibatkan ikatan *interface* antara serat dan resin semakin kuat akan tetapi dapat mengakibatkan serat semakin rapuh karena semakin banyak lignin dan pengotor lainnya yang hilang pada serat, sehingga kemampuan untuk menahan beban menurun.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai fraksi volume dan arah orientasi serat yang optimum yang menghasilkan nilai kekuatan tarik dan kekuatan bending maksimal sebagai bahan baku body mobil listrik.
2. Membantu pengembangan industri mobil listrik di Universitas Jember khususnya dalam merekayasa serat alam sebagai bahan baku komposit body mobil listrik.

3.2. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan bahan organik alam yang relatif lebih murah dan efisien untuk pembuatan komposit body mobil listrik.
2. Peningkatan nilai ekonomis dari serat tebu sebagai bahan yang berkualitas yang memiliki nilai kekuatan mekanik yang tinggi.
3. Hasil-hasil penelitian serat tebu ini dapat digunakan sebagai salah satu komponen mobil listrik yang memiliki sifat bahan ringan, mudah dibentuk dan tidak mudah rusak.

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1. Variabel dalam penelitian

Variabel *independent* dalam penelitian ini adalah:

1. Serat tebu dengan perlakuan alkali NaOH (lama perlakuan divariasikan 0 jam dan 2 jam)
2. Fraksi volume serat tebu: (0%, 5%,10%, 15% dan 20%). Sedangkan Panjang x Lebar dibuat tetap sebesar 10 cm x 20 cm (sesuai dengan ukuran cetakan)
3. Komposit kulit dibuat dengan susunan dua lapis, dengan orientasi arah serat tebu: 0° – 90°, 20° – 70°, 30° – 60°, 45° – 45° dan acak.

Sedangkan variabel *dependent* yang diharapkan diperoleh melalui pengujian adalah:

1. Pola patahan akibat gaya normal yang terjadi pada masing-masing benda uji dengan melihat foto makro.
2. Kekuatan tarik: untuk mengetahui kekuatan mekanis bahan. beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji. Kekuatan ini berguna untuk keperluan spesifikasi dan kontrol kualitas bahan. material komposit dilakukan uji tarik sesuai dengan ASTM D638
3. Kekuatan bending: material komposit homogen dikenai pengujian *three point bending* dengan sumbu netral terletak di tengah untuk mengetahui defleksi terbesar yang terjadi pada benda uji.
4. Kekuatan impak (pukulan) digunakan untuk menghitung besarnya energi yang terserap oleh komposit pada benda uji

4.2. Bahan dan Alat

Bahan dan peralatan penelitian ditunjukkan pada tabel 4.1 dan tabel 4.2

Tabel 4.1. Daftar bahan penelitian yang dibutuhkan dalam penelitian

No	Bahan	Volume	Kegunaan
1	Serat Tebu (kontinyu dan anyam)	± 60 kg	Penguat komposit
2	Unsaturated poliester	90 kg	Matrik komposit/ pengikat serat
3	Larutan alkali (5% NaOH)	60 liter	Menghilangkan lignin pada serat
4	Air netral (PH 7)	100 liter	Mencuci serat

Tabel 4.2. Daftar peralatan penelitian yang digunakan

No	Nama Alat	Kegunaan	Keterangan
1	Universal bending Machine	Menguji kekuatan bending	FT Unej
2	Mesin Uji Impak Carpy	Menguji kekuatan impak	FT Unej
3	Foto Makro	Foto makro kegagalan patahan / retak rambut	FT Unej
4	Timbangan	Mengukur kadar air	FMIPA Unej

4.3. Pengolahan Serat

Bahan yang digunakan adalah serat tebu, resin polyester *SHCP 268 BQTN* stirene monomer dan katalis MEKPO (*metil etil keton peroksida*). Serat diambil dengan cara menggiling batang tebu terlebih dahulu selama lima kali pengilingan kemudian direndam dan dicuci dari kotoran dengan air. Serat diangin-anginkan sampai kering di tempat teduh. Serat yang telah dibersihkan dari kotoran lalu direndam dalam larutan alkali NaOH 5% selama 2 jam. Perendaman dilakukan untuk menghilangkan lignin yang menempel pada serat. Setelah perendaman selesai, dilakukan netralisasi serat dengan perendaman air selama 3 hari, kemudian serat dikeringkan secara alami. Bahan matrik yang digunakan adalah *unsaturated polyester SHCP 268 BQTN* stirene monomer dan katalis MEKPO (*metil etil keton peroksida*) yang digunakan adalah 1% dari volume poliester.

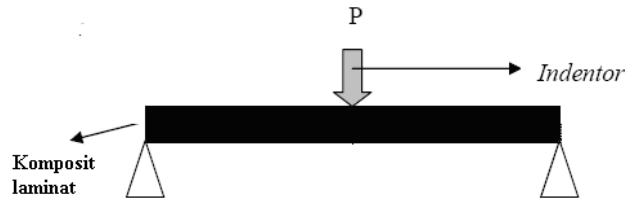
4.5. Manufaktur Komposit Laminat

Proses pembuatan komposit laminat dilakukan dengan metoda cetak tekan seperti pada gambar 12.b. Jenis serat yang digunakan sebagai penguat komposit kulit adalah serat tanpa perlakuan dan serat perlakuan alkali selama 2 jam. Komposit kulit dibuat dengan susunan serat kontinyu-woven.

Fraksi volume komposit adalah 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% serat tebu. Komposit yang sudah jadi dibuat menjadi spesimen uji bending sesuai standar ASTM C 393 dengan ukuran lebar 30 mm dan panjang 200 mm dan spesimen uji impak sesuai standar ASTM D 5942 dengan ukuran lebar 15 mm dan panjang 150 mm. Spesimen komposit laminat tersebut dilakukan *post cure* di dalam oven pada suhu 62 °C selama 4 jam. Sebelum dilakukan pengujian, spesimen dioven pada temperatur 60° selama 3 jam untuk memastikan tidak ada delaminasi.

4.6. Pengujian Komposit

Pengujian bending komposit laminat dilakukan dengan menggunakan universal testing machine (uji bending), Pemasangan spesimen dilakukan pada dudukan support dengan panjang span 90 mm. Metode uji bending yang diterapkan adalah *quarter point bending*, dengan jarak antar titik beban 60 mm, sesuai standar ASTM C 393. Data yang diambil selama pengujian adalah beban maksimum dan defleksi yang diukur dengan *dial indicator*



Gambar 4.1. Skema pengujian bending komposit laminat

Pengujian impak dilakukan dengan mesin uji impak charpy, mengacu pada standar ASTM D 3379. Jarak antar tumpuan spesimen adalah 6 kali tebal spesimen. Panjang spannya adalah 96 mm.

3.7. Rancangan Eksperimen Penelitian

Rancangan eksperimen uji bending laminat:

Perlakuan (jam)	Arah serat (°)	Farksi Volume Vf (%)	P [N]	M (N.mm)	σ_b (Mpa)	σ facing (Mpa)	τ axial (Mpa)
0	20-70	5					
0	20-70	5					
0	20-70	5					
0	20-70	5					
0	20-70	5					
0	30-60	10					
0	30-60	10					
0	30-60	10					
0	30-60	10					
0	30-60	10					
2	45-45	15					
2	45-45	15					
2	45-45	15					
2	45-45	15					
2	45-45	15					
2	0-90	20					
2	0-90	20					
2	0-90	20					
2	0-90	20					
2	0-90	20					

Rancangan eksperimen untuk Uji Impak Laminat:

Perlakuan (jam)	Arah serat (°)	Farksi Volume Vf (%)	A	β	G	Tenaga Patah (Joule)	G X R	Kek. Impak (Joule/mm ²)
0	20-70	5						
0	20-70	5						
0	20-70	5						
0	20-70	5						
0	20-70	5						
0	30-60	10						
0	30-60	10						
0	30-60	10						
0	30-60	10						
0	30-60	10						
2	45-45	15						
2	45-45	15						
2	45-45	15						
2	45-45	15						
2	45-45	15						
2	0-90	20						
2	0-90	20						
2	0-90	20						
2	0-90	20						

4.8. Bagan Alir Penelitian

Tabel 4.2 memperlihatkan diagram alir penelitian masing-masing tahap yang menunjukkan proses yang dikerjakan dan luaran pada masing-masing tahap.

Tahap	Tujuan besar	Pelaksanaan	Luaran
Penelitian tahun pertama	Manufaktur komposit laminat serat tebu.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proses treatment terhadap komposit laminat. ▪ Optimasi parameter proses. ▪ Uji sifat mekanis meliputi uji bending uji impak charpy dan foto makro patahan. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parameter Proses yang optimum ▪ Laporan penelitian ▪ Buku Ajar. ▪ Seminar nasional ▪ Jurnal nasional ber ISSN. ▪ Pendaftaran draft paten komposit serat tebu.

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Daftar Nilai Uji Tarik

Diketahui kapasitas volume cetakan uji tarik dengan ukuran (27x17x0,6) cm untuk 14 spesimen adalah 275,4 cm³. Dimana massa jenis adalah massa per satuan volume. Sedangkan untuk kapasitas volume cetakan uji impak dengan ukuran (20x6,5x1,2) cm untuk 17 spesimen adalah 156 cm³. Jadi komposisi komposit pada tiap variasinya dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Fraksi volume serat} = \quad \times 100\%$$

$$\text{Volume polyester} = V_{\text{total}} - V_s$$

$$\text{Dimana : } V_s = \text{Volume serat ,}$$

$$V_{ps} = \text{Volume polyester}$$

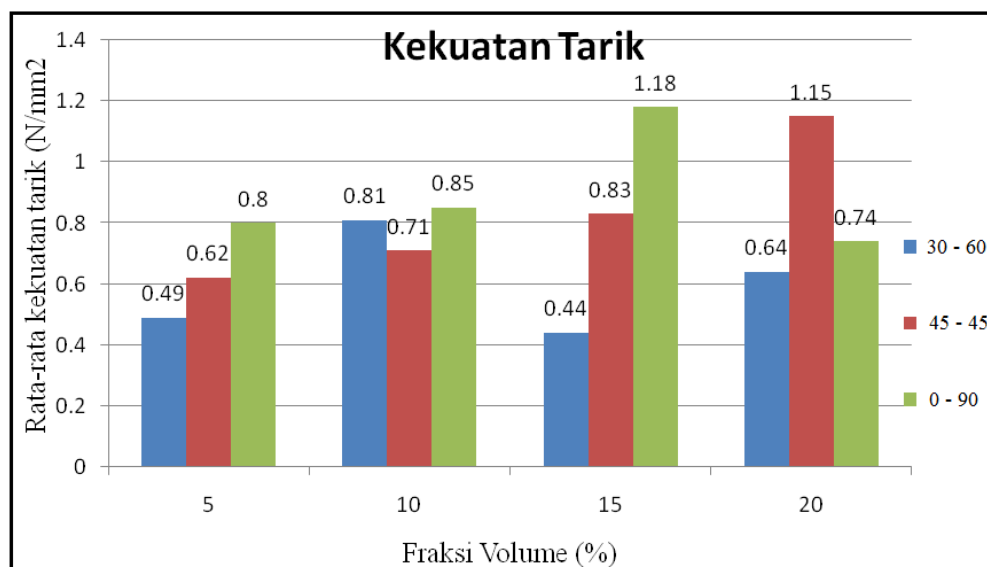
$$V_{\text{total}} = \text{Volume total}$$

Tabel 5.1 Hasil Pengujian untuk Uji Tarik

Arah Serat (°)	Fraksi Volume (%)				Jumlah	Rata-Rata	Bentuk Patahan
	5	10	15	20			
30 - 60	0.54	0.51	0.39	1.27			Getas
	0.32	0.62	0.71	0.58			Getas
	0.70	0.89	0.22	1.11			Getas
	0.64	0.87	0.48	0.32			Getas
	0.51	0.32	0.41	0.69			Getas
	0.35	1.37	0.27	0.32			Getas
	0.65	1.21	0.77	0.63			Getas
	0.28	0.88	0.35	0.61			Getas
	0.56	1.00	0.52	0.41			Getas
	0.35	0.49	0.27	0.50			Getas
Jumlah	4.9	8.16	4.39	6.44	23.89		
Rata - Rata	0.49	0.816	0.439	0.644		0.59725	
45 - 45	0.51	0.73	0.61	1.25			Getas
	0.84	0.52	0.82	1.88			Getas
	0.60	1.02	0.87	0.96			Getas
	0.41	0.95	0.94	0.97			Getas
	0.37	0.61	0.71	1.37			Getas
	0.37	0.69	0.92	0.59			Getas
	1.39	0.74	0.94	1.26			Getas
	0.52	0.67	1.07	0.65			Getas
	0.73	0.50	0.71	1.71			Getas
	0.46	0.74	0.79	0.87			Getas
Jumlah	6.2	7.17	8.38	11.51	33.26		
Rata - Rata	0.62	0.717	0.838	1.151		0.8315	

Arah Serat (°)	Fraksi Volume (%)				Jumlah	Rata-Rata	Bentuk Patahan
	5	10	15	20			
0 - 90	0.51	0.83	1.56	0.56			Getas
	1.12	0.74	1.18	0.83			Getas
	1.06	0.77	0.48	0.64			Getas
	1.19	1.37	0.69	1.27			Getas
	0.61	0.87	1.94	0.66			Getas
	0.83	1.15	0.80	0.75			Getas
	0.44	0.79	1.42	0.66			Getas
	0.76	0.69	1.27	0.57			Getas
	0.98	0.78	1.43	0.61			Getas
	0.52	0.57	1.12	0.91			Getas
Jumlah	8.02	8.56	11.89	7.46	35.93		
Rata-rata	0.802	0.856	1.189	0.746		0.89825	
Jumlah total	19.12	23.89	24.66	25.41	93.08		
Rata-rata total	0.637333	0.796333	0.822	0.847		0.775667	

Berdasarkan hasil pengujian tarik dan pengujian hipotesa menggunakan software spss, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh panjang serat dan fraksi volume serat tebu terhadap kekuatan tarik komposit yang dihasilkan. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui beban tarik maksimal yang mampu ditanggung oleh spesimen atau material uji. Spesimen dicekam pada alat uji tarik dan akan dikenai beban tarik hingga spesimen patah. Adapun grafik nilai kekuatan tarik yang dihasilkan dari variasi fraksi volume dan arah serat dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1. Grafik kekuatan tarik komposit matriks poliester terhadap variasi fraksi volume dan arah serat.

Terlihat bahwa nilai kekuatan tarik optimal terjadi pada fraksi volume 10% dan arah serat 0 – 90 dengan nilai 0,819 N/mm². Sedangkan untuk fraksi volume serat 15% nilai kekuatan tariknya cenderung menurun dengan nilai 0,442 N/mm². Penurunan kekuatan tarik komposit serat pendek acak ini disebabkan oleh tidak sempurnanya ikatan antara serat dan matriks seiring dengan penambahan volume serat pada komposit sehingga menimbulkan terjadinya *fiber pull out*. Oleh karena itu orientasi serat acak ini tidak mampu secara optimum menahan gaya yang diberikan pada arah dimana gaya bekerja.

5.2. Daftar Nilai Uji Impact

Komposit serat tebu yang sudah dicetak siap dilakukan pengujian *impact* dan diambil nilai kekuatan *impact*nya. Dari perlakuan dengan memvariasikan fraksi volume serat (5%, 10%, 15%, 20%) dan arah serat (30°-60°, 45°-45° dan 0°-90°) maka diperoleh nilai kekuatan *impact*nya. Perhitungan kekuatan *impact* atau Harga *Impact* (HI) dihasilkan dengan persamaan :

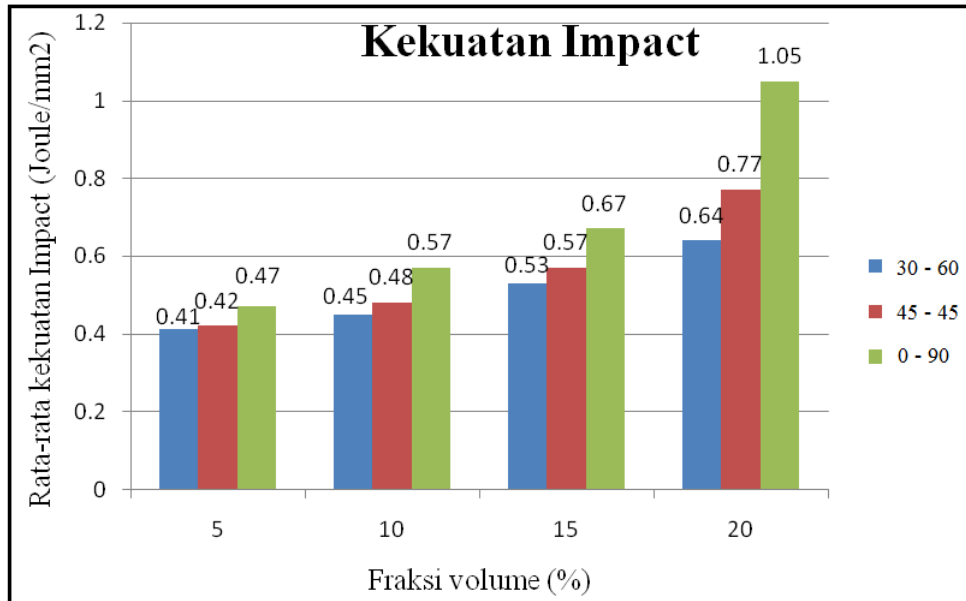
$$\begin{aligned}
 E_{\text{serap}} &= \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa} \\
 &= m.g.h - m.g.h' \\
 &= m.g.(R-R\cos \alpha) - m.g.(R- R.\cos \beta) \\
 E_{\text{srp}} &= mg.R.(\cos \beta - \cos \alpha)
 \end{aligned}$$

Tabel 5.2 Hasil Pengujian untuk Uji *Impact*

Arah serat (°)	Fraksi Volume (%)				Jumlah	Rata- Rata	Bentuk Patahan
	5	10	15	20			
30 - 60	0.40	0.44	0.55	0.69			Getas
	0.40	0.47	0.55	0.58			Getas
	0.40	0.47	0.55	0.69			Getas
	0.44	0.40	0.51	0.69			Getas
	0.40	0.47	0.55	0.58			Getas
	0.44	0.44	0.55	0.62			Getas
	0.40	0.44	0.51	0.65			Getas
	0.40	0.47	0.47	0.69			Getas
	0.40	0.44	0.51	0.62			Getas
	0.44	0.47	0.55	0.65			Getas
Jumlah	4.12	4.51	5.3	6.46	20.39		
Rata - Rata	0.412	0.451	0.53	0.646		0.50975	
45 - 45	0.40	0.51	0.58	0.78			Getas
	0.40	0.51	0.61	0.78			Getas
	0.44	0.47	0.58	0.86			Getas
	0.44	0.44	0.51	0.72			Getas
	0.44	0.51	0.51	0.65			Getas
	0.44	0.51	0.61	0.65			Getas

Arah serat (°)	Fraksi Volume (%)				Jumlah	Rata- Rata	Bentuk Patahan
	5	10	15	20			
	0.44	0.44	0.58	0.78			Getas
	0.44	0.47	0.51	0.86			Getas
	0.40	0.51	0.58	0.78			Getas
	0.44	0.47	0.61	0.86			Getas
Jumlah	4.28	4.84	5.68	7.72	22.52		
Rata - Rata	0.428	0.484	0.568	0.772		0.563	
0 - 90	0.51	0.58	0.72	1.23			Getas
	0.44	0.58	0.58	0.86			Getas
	0.47	0.61	0.72	1.23			Getas
	0.44	0.55	0.69	1.03			Getas
	0.51	0.61	0.69	1.03			Getas
	0.51	0.58	0.72	1.03			Getas
	0.44	0.51	0.65	0.93			Getas
	0.47	0.55	0.65	0.93			Getas
	0.51	0.58	0.72	1.23			Getas
	0.44	0.58	0.58	1.03			Getas
Jumlah	4.74	5.73	6.72	10.53	27.72		
Rata - Rata	0.474	0.573	0.672	1.053		0.693	
Jumlah total	13.14	15.08	17.7	24.71	70.63		
Rata-rata total	0.438	0.502667	0.59	0.823667		0.588583	

Dari hasil perhitungan data nilai kekuatan *impact* dan pengujian hipotesis menggunakan *software* spss, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh fraksi volume dan arah serat terhadap nilai kekuatan *impact*. Serat sebagai penguat di dalam material komposit jelas memiliki peran yang sangat penting saat komposit menerima suatu beban karena beban yang diterima akan ditransfer hingga ke bagian serat. Oleh karena itu kekuatan dari material komposit dengan penguat berupa serat sangat dipengaruhi oleh kekuatan serat dan ikatan antara matriks dan serat. Adapun pengaruh fraksi volume dan arah serat terhadap hasil kekuatan mekanik yang terjadi dapat dilihat pada gambar grafik 5.2 dibawah ini:

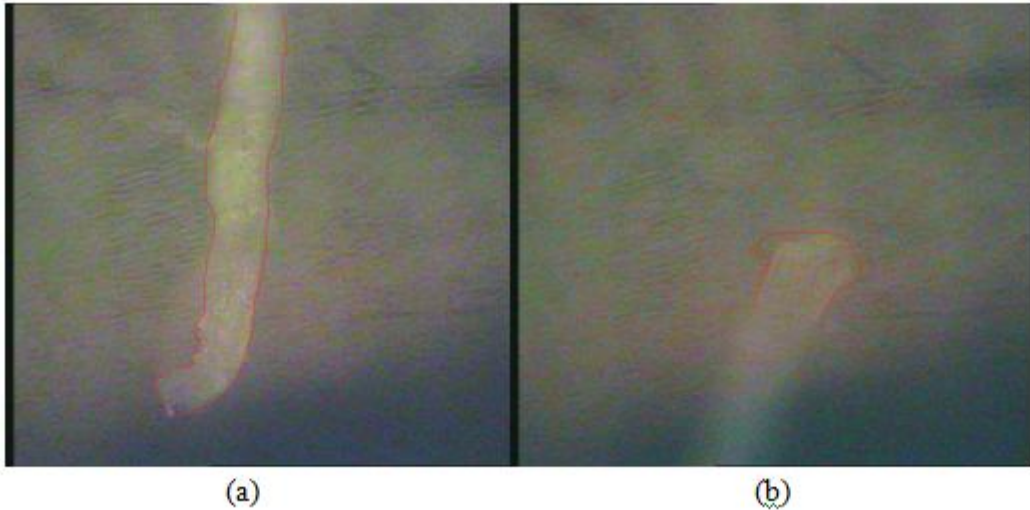


Gambar 5.2. Grafik kekuatan impak komposit matriks poliester terhadap fraksi volume dan arah serat.

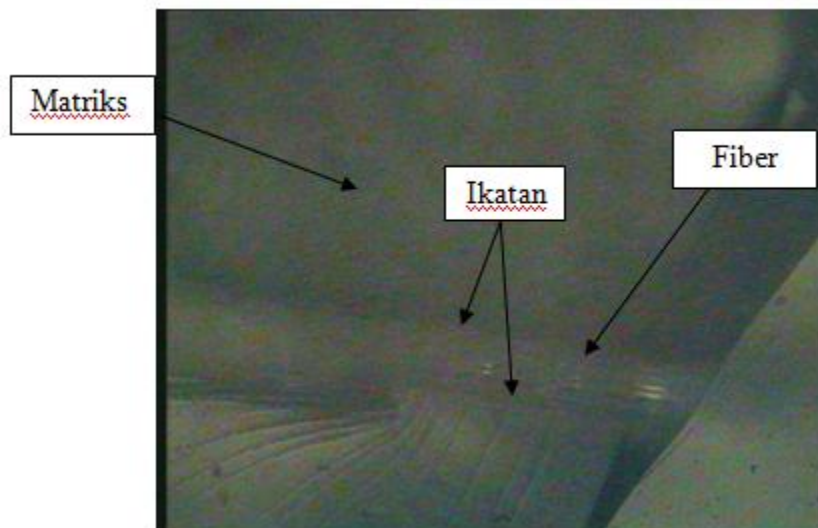
Pada panjang serat 10 mm nilai ketangguhan impak mengalami peningkatan dari persentase fraksi volume serat 5% dengan HI sebesar 0,4168 joule/mm² sampai 20% sebesar 1,0556 joule/mm². Jenis patahan yang terbentuk adalah patah getas, karena permukaan patahan relatif rata dan tidak terdapat deformasi plastis pada daerah patahan.

5.3. Pembahasan Struktur Mikro

Pengambilan foto mikro penampang patahan spesimen setelah diuji tarik dan uji impak menggunakan mikroskop dapat menampilkan gambaran yang lebih jelas tentang fenomena-fenomena patahan yang terjadi pada spesimen serta dapat mengamati ikatan yang terjadi antara matriks poliester dan serat tebu. Pada penelitian ini pengamatan dilakukan dengan pembesaran 100 X dan hasil pengamatan struktur mikro dari penampang patahan spesimen adalah sebagai berikut :

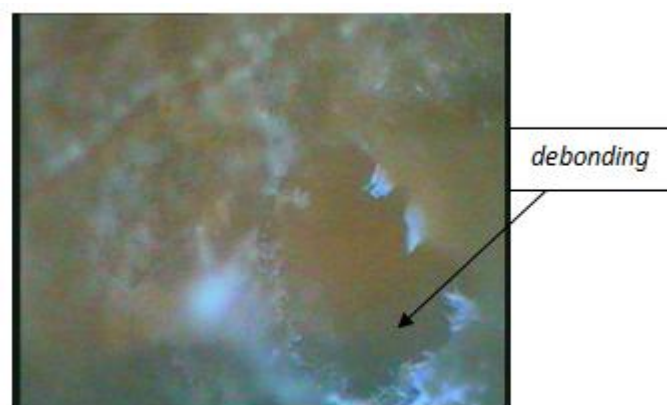


Gambar 5.3 (a) Struktur mikro patahan *fiber pull out* uji tarik dan uji impact.
 (b) Struktur mikro patahan *fiber break* pembesaran 100X.



Gambar 5.4. Struktur mikro ikatan serat dan matriks pembesaran 100X

Patahnya serat menandakan bahwa terdapat ikatan yang baik antara matriks dan serat sehingga saat menerima beban serat tidak terlepas dari matriksnya. Dengan adanya ikatan yang baik antara serat dengan matrik maka terjadilah *fiber break* (Herlina, Nasmi 2011). Sedangkan untuk serat yang mengalami *pull out* ikatan serat dengan matriks tidak melekat secara sempurna, akibatnya terjadilah *debonding* pada patahan spesimen uji.



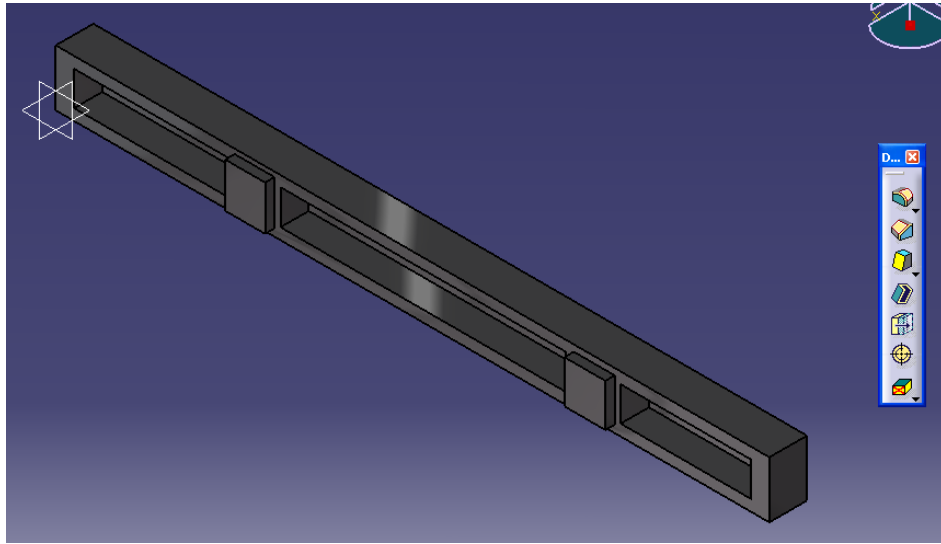
Gambar 5.5. Struktur mikro akibat dari *fiber pull out* pembesaran 100X

Dari beberapa pengamatan struktur mikro pada patahan spesimen uji kekuatan tarik dan kekuatan impak, terlihat terjadinya *fiber break* (Fajri, 2013). Hal tersebut diakibatkan karena adanya ikatan serat dan matrik menyatu dengan baik. Selain itu, adapun beberapa ikatan serat yang kurang menyatu dengan matrik yang digunakan (poliester) sehingga serat lepas (*fiber pull out*). Dimana serat yang mengalami *fiber pull out* akan mengakibatkan terjadinya *debonding* pada struktur patahan spesimen komposit.

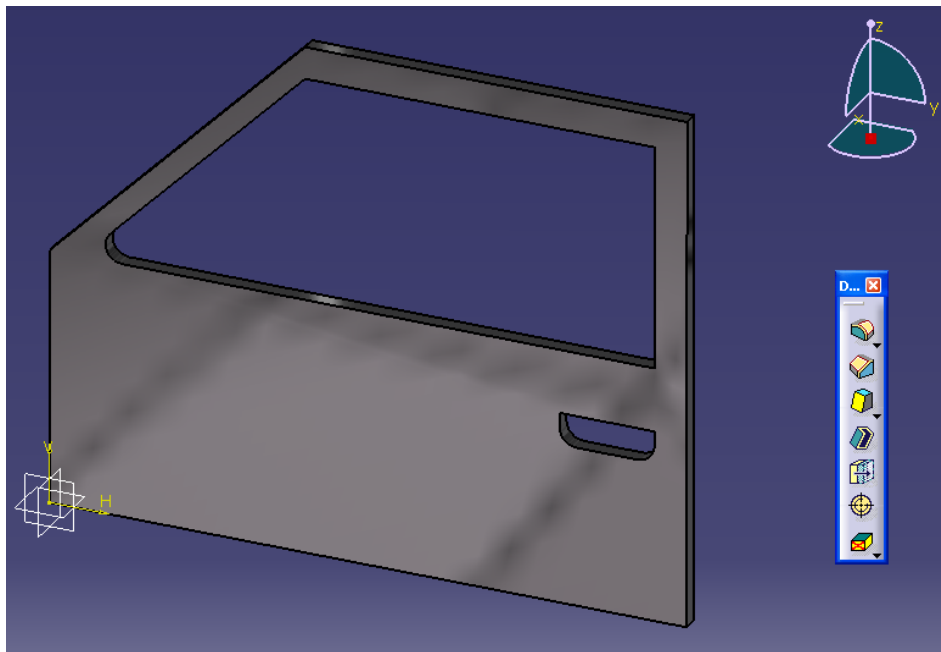
Untuk analisa dari grafik kekuatan tarik komposit serat daun tebu, nilai optimal kekuatan tarik terjadi pada panjang serat 50 mm dan penambahan persentase fraksi volume 15%. Sedangkan Nilai kekuatan tarik pada panjang serat 50 mm dan fraksi volume 20% cenderung menurun sebesar 36%. Hal tersebut diakibatkan karena penyebaran serat yang kurang merata sehingga serat saling menumpuk antara satu dengan lainnya dan akhirnya serat mengalami *fiber pull out*. Akan tetapi pada grafik kekuatan impact nilai kekuatannya cenderung semakin meningkat, hal itu disebabkan karena adanya perubahan arah gaya longitudinal menjadi gaya transversal. Dimana nilai optimal kekuatan impact terjadi pada panjang serat 50 mm dan persentase fraksi volume 20%.

5.4. Uji Tabrak Komponen Mobil Listrik

Untuk membuat model analisa struktur menggunakan aplikasi *generative structural analysis*. *Generative structural analysis* merupakan suatu aplikasi yang dapat menganalisa tegangan yang terjadi pada model secara presisi dengan berbagai macam keadaan pembebanan. Aplikasi *generative structural analysis* dapat diakses dari *start menu* pada aplikasi *analysis and simulation* dari *CATIA V5R14*, seperti gambar 7 dibawah ini.



Gambar 5.6. Tampilan desain bumper mobil listrik.



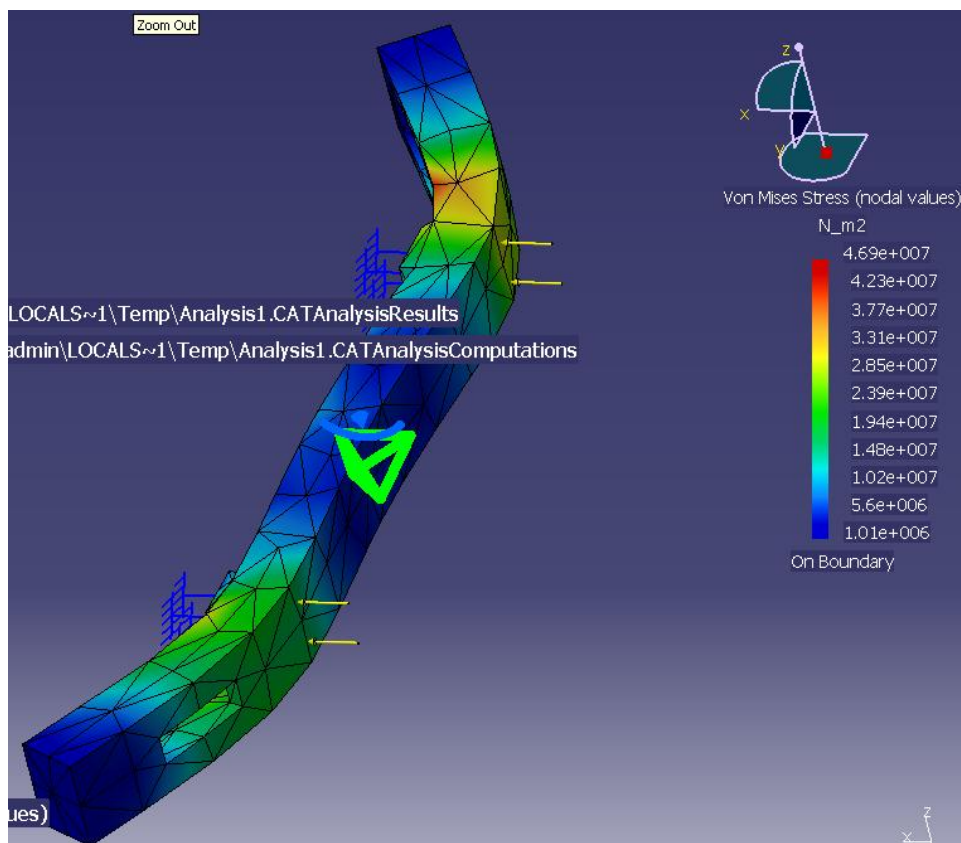
Gambar 5.7. Tampilan desain pintu mobil listrik.

Analisa Tegangan Struktur Spesimen Uji Tabrak

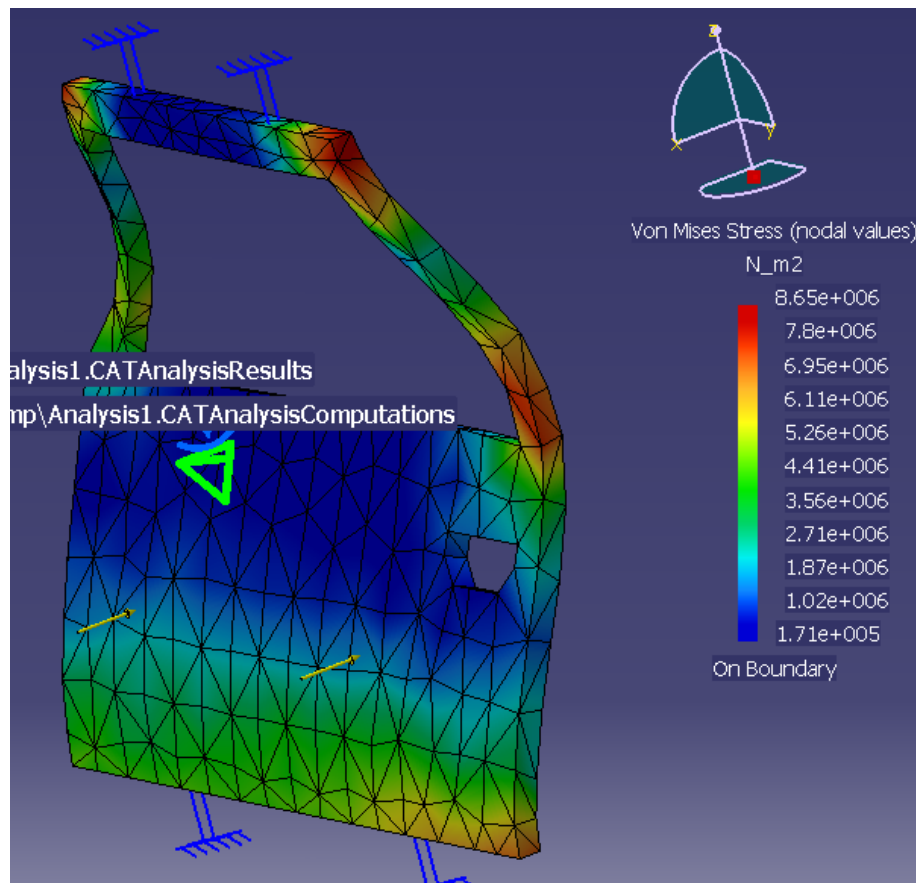
Langkah selanjutnya adalah memberi perintah kepada *CATIA V5R14* untuk mulai proses perhitungan mencari solusi atas tahapan yang telah diberikan pada *preprocessor* dengan menggunakan metode elemen hingga. Untuk dapat memulai proses perhitungan dengan memberi perintah *compute*. Waktu yang dibutuhkan *CATIA V5R14* untuk mendapatkan hasil perhitungan tergantung pada *performance* dari komputer (*memory*, kapasitas *hardisk*, *processor*, *motherboard*) dan kompleksitas dari permasalahan yang ada (model geometri, model pembebanan, ukuran *meshing*). Untuk perancangan ini menggunakan *automeshing*, hal ini

dikarenakan kompleksitasnya permasalahan yang ada dan performance dari komputer yang standard untuk menganalisa struktur dengan menggunakan *CATIA V5R14*.

Pada *post processor* yang bertujuan untuk melihat hasil perhitungan yang telah dilakukan setelah pembuatan model baik model geometri maupun elemen hingga. Adapun beberapa hal dari tahap ini yang ditampilkan antara lain tegangan von mises, tegangan principal, defleksi. Dalam tugas akhir ini hasil *post processor* yang dibutuhkan hanya tegangan von mises pada struktur, yaitu berapa dan dimana tegangan maksimum dan minimum yang terjadi pada model. Dari hasil pemodelan analisa didapatkan hasil komputasi analisa tegangan yang terjadi pada komponen mobil listrik dengan bantuan *software CATIA V5R14* adalah sebagai berikut:



Gambar 5.8. Tegangan pada bumper mobil listrik.



Gambar 5.9. Tegangan pada pintu mobil listrik.

Dari hasil perhitungan secara komputasi didapatkan tegangan terbesar dan terkecil untuk uji tabrak bumper mobil listrik adalah: $4.69 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dan $1.01 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, sedangkan nilai tegangan terbesar dan terkecil untuk uji tabrak pintu mobil listrik adalah: $8.65 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ dan $1.71 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.

BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

6.1. Penyelesaian Penelitian Tahun Anggaran 2016

Penelitian menghasilkan parameter proses yang optimum, publikasi telah dilaksanakan lewat: Publikasi seminar nasional di Program Studi MMT – ITS Surabaya tahun 2015, Publikasi seminar nasional di Politeknik Negeri Jember tahun 2016 dan Publikasi Jurnal Ilmiah Teknik Mesin "ROTOR Volume 8 No 2 Edisi Nopember 2016" dan hasil penelitian berupa teknologi tepat guna akan segera dipakai oleh mobil listrik Universitas Jember.

6.2. Rencana Penelitian Selanjutnya

Untuk penelitian tahun 2017, berbekal penelitian sebelumnya pada tahun 2015 dan tahun 2016 maka penelitian kelanjutan pada tahun 2017 akan melanjutkan penelitian dengan topik serat tebu dan komponen mobil listrik yang merupakan bagian dari Rencana Induk Penelitian (RIP) Universitas Jember. Penelitian lanjutan bisa dimasukkan kedalam skim Penelitian Produk terapan atau Penelitian Fundamental.

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari penelitian manufaktur biokomposit laminat serat tebu ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa berupa grafik, maka dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik optimal pada serat tebu dengan fraksi volume 15% dan arah serat $0^\circ - 90^\circ$ adalah sebesar $1,18 \text{ N/mm}^2$. Sehingga fraksi volume dan arah serat berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tariknya. Nilai kekuatan impak optimal terjadi pada fraksi volume serat 20% dan arah serat $45^\circ - 45^\circ$ adalah sebesar $1,05 \text{ J/mm}^2$. Jadi fraksi volume dan arah serat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap harga ketangguhan impak. Dari hasil pengamatan struktur mikro pada patahan spesimen uji tarik maupun uji impak, distribusi serat terlihat kurang merata karena masih terdapat *fiber pull out*. Dan jarak antara serat dengan serat yang lainnya didalam komposit tidak sama, sehingga mengakibatkan nilai kekuatannya berbeda.
2. Dari hasil uji tabrak komponen mobil listrik didapatkan bahwa Tegangan Von Mises terbesar dan terkecil untuk uji tabrak bumper mobil listrik adalah: $4.69 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dan $1.01 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, sedangkan nilai tegangan Von Mises terbesar dan terkecil untuk uji tabrak pintu mobil listrik adalah: $8.65 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ dan $1.71 \times 10^5 \text{ N/m}^2$. Metode elemen hingga yang dipergunakan adalah 2D dalam hal ini elemen bidang segitiga dengan 3 node didasarkan untuk keperluan analisa suatu continuum yang berupa luasan. Permasalahan yang dapat dipecahkan oleh elemen bidang segitiga ini menyangkut matrik kekakuan elemen, plain strain dan plain stress serta vector- vector gaya yang bekerja pada elemen dari produk uji tabrak tersebut. Secara terperinci hal-hal yang disebut akan ditinjau dalam system koordinat lokal dan sistem koordinat global.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, G.T. (2006). Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap kekuatan Bending Komposit Serat Tebu Acak/polyester, Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.
- ASTM, 1998. “*Annual Book of ASTM Standar*”, West Conshohocken
- Diharjo K., Legowo B., Masykuri M., Abdullah G., 2005. ” *Rekayasa dan Manufaktur Bahan Komposit Laminat Berpenguat Serat Kenaf Untuk Komponen Gerbong Kereta Api*”, Jurnal Gelagar Vol 6 No 2, Surakarta.
- Febriyanto B dan Diharjo K., 2004. “*Kekuatan Bending dan Impak Komposit Laminat Laminat Kombinasi Serat Karung Goni dan Serat Tebu-Polyester*”, Bagian dari Riset Kerjasama UNS-PT. INKA, Skripsi, FT UNS, Surakarta.
- Hariyanto, A. (2009). Pengaruh fraksi volume Komposit Serat Tebu dan Serat Rayon Bermatrik Poliester terhadap Kekuatan Tarik dan Impak, Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hartanto, L. (2009). Study Perlakuan Alkali dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending, Tarik, dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami- Polyester BQTN-157, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Junaedi, F. (2008). Pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan tarik dan bending komposit serat hybrid bambu dan serat E-glass/polyester, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Kowangid M dan Diharjo K., 2003. ”*Karakteristik Kekuatan Bending dan Impak Komposit Laminat GFRP Dengan Inti PVC Type H 100 dan H 200*”, Skripsi, FT UNS, didukung oleh Proyek Penelitian Dosen Muda DP3M Dikti Jakarta.
- Morisco, 2000. “*Rekayasa Bambu Sebagai Bahan Bangunan*”, Thesis Master, Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Ray D., Sarkar B.K., Rana A.K., dan Bose N.R., 2001. “*Effect of Alkali Treated Jute Fibres on Composites Properties*”, Bulletin of Materials Science, Vol. 24, No. 2, pp. 129-135, Indian Academy of science.
- Roe P.J. dan Ansel M.P., 1985. “*Jute-reinforced polyester Composites*”, Journal of Materials Science 20, pp. 4015-4020, UK.
- Shultoni, A., 1988. “*Studi Tentang Kajian Pengawetan Bambu Secara Tradisional Untuk Mencegah Serangan Bubuk*”, Disertasi Doktor, Pascasarjana UGM, Yogyakarta.

- Sumardi T.P., Zulfa A., Basukriadi A., Raditya D., dan Rahman F., 2003. “*Rekayasa dan Manufaktur bahan Komposit berpenguat Serat Limbah Pisang Sebagai bahan Interior Otomotif dan pesawat terbang*”, Media Mesin, Jakarta.
- Wahono, B. (2008). Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) terhadap Karakteristik Komposit Serat Buah Kelapa Sawit/Poliester, Berita Teknologi Bahan dan Barang Teknik No.22/2008.
- Wahyanto dan Diharjo K., 2004. “*Karakteristik Kekuatan Bending dan Impak Komposit Laminat GFRP dengan Inti kayu Sengon Laut*”, Bagian dari Riset Kerjasama UNS-PT. INKA, Skripsi, FT UNS, Surakarta.

LAMPIRAN 1. Susunan organisasi tim peneliti dan pembagian tugas

No	Nama dan gelar akademik	NIDN	Bidang Keahlian	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1.	Yuni Hermawan, ST, MT.	0015067503	Teknik Manufaktur	15	Koordinator penelitian, membuat laporan penelitian, setting peralatan, pengukuran hasil uji tarik, uji bending dan setting cetakan hand lay up.
2.	Robertus Sidartawan, ST, MT.	0010037006	Manufaktur	15	Setting mesin uji tarik dan impak, perancangan standart ASTM, pembelian bahan dan membuat laporan keuangan.

LAMPIRAN 2. Ketersediaan sarana dan prasarana penelitian

Laboratorium pendukung

Sebagian penelitian dilakukan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Utamanya di Laboratorium Pemesinan dan CNC dan Laboratorium Metrologi / Uji Bahan. Eksperimen dilakukan di PT Puspertino Gresik dengan menggunakan CNC bending dan hidrolik jack.

Peralatan di Laboratorium Uji Bahan/Metrologi dan Lab Pemesinan dan CNC

Mikrometer luar 0-25 mm, Mekanisme 3 buah roll, Universal Testing Machine Type SM-68, Mesin bending manual, Mesin las dan mesin gergaji

Peralatan di Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil

Bar Bending dan Hidrolik Jack Type AD-04

FOTO HASIL PENELITIAN

1. Pengujian tarik specimen komposit



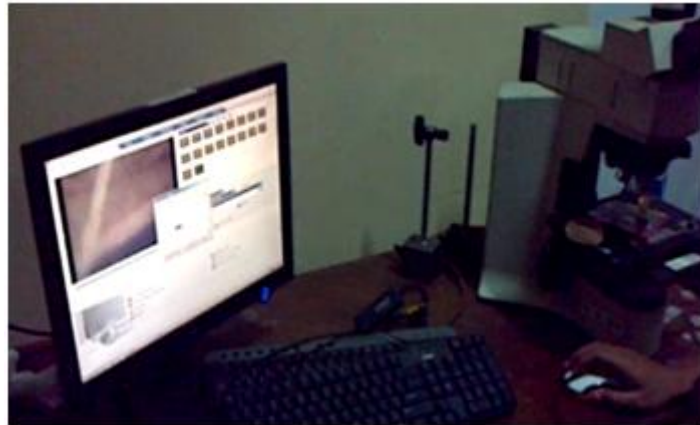
2. Pengujian impak specimen komposit



3. Pengamatan struktur mikro komposit



4. Host komputer pembaca foto makro (Jur Teknik Mesin – UNEJ)



5. Bentuk specimen uji tarik



6. Bentuk specimen uji impak

