

ANALISIS PENAMBAHAN PARTIKEL *MONTMORILONITE* PADA KOMPOSIT SERAT TANDAN
KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI MATERIAL *DASHBOARD* MOBIL LISTRIK

Ganjar Iswanto¹⁾, Xander Salahudin²⁾, Nani Mulyaningsih³⁾

Program Studi Teknik Mesin (S1), Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Email: ganjariswanto06@gmail.com, xander@untidar.ac.id, nani_mulyaningsih@untidar.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini diterapkan pada dashboard mobil listrik. Penelitian menggunakan matriks resin epoksi, serat TKKS dan penambahan partikel montmorillonit dengan mesh 200. Perlakuan serat dilakukan dengan alkali dengan NaOH 15% selama 2 jam. Peneliti menggunakan variasi komposisi komposit dengan perbandingan matriks resin epoksi : serat TKKS : partikel montmorillonit yaitu 60% : 36% : 4%, 60% : 34% : 6% dan 60% : 32% : 8%. Uji mekanik yang dilakukan yaitu uji impact dan foto makro. Spesimen dibuat dengan metode hand lay up, press mould dan curing sesuai standar ASTM D5491. Nilai ketangguhan impact maksimum diperoleh variasi sebesar 4% yaitu 0,0739 J/m², sedangkan untuk nilai ketangguhan impact minimum diperoleh variasi sebesar 8% yaitu 0,0643 J/m². Analisis penampang patahan terhadap ketangguhan impact dan kekuatan lentur komposit menunjukkan jenis patahan *fiber pullout*.

Kata kunci : komposit, partikel *montmorillonite*, resin *epoxy*, dan serat TKKS.

ABSTRACT

The purpose of this research is applied to the dashboard of an electric car. The study used an epoxy resin matrix, OPEFB fiber and the addition of montmorillonite particles with a mesh of 200. Fiber treatment was treated with alkali with 15% NaOH for 2 hours. Researchers used variations of composite composition with a ratio of epoxy resin matrix : TKKS fiber : montmorillonite particles, namely 60%: 36%: 4%, 60%: 34%: 6% and 60%: 32%: 8%. Mechanical tests were carried out, namely impact tests and macro photos. The specimens were made using the hand lay up, press mold and curing methods according to the ASTM D5491 standard. The maximum value of impact toughness obtained a variation of 4%, namely 0.0739 J/m², while for the minimum value of impact toughness a variation of 8% was obtained, namely 0.0643 J/m². Analysis of the fracture cross-section of the impact toughness and bending strength composite shows the type of fiber pullout fracture.

Keywords: composite, montmorillonite particles, epoxy resin, and fiber TKKS

PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan material merupakan pendukung pada perkembangan teknologi. Salah satu industri khususnya bidang konstruksi paling banyak menggunakan material logam yang mengakibatkan faktor tingginya pemesanan dan biaya produksi. Faktor tersebut mempengaruhi konsumen untuk beralih menggunakan material komposit atau non logam [1]. Eksplorasi pemanfaatan bahan serat alam sebagai material rekayasa pada bidang otomotif, penerbangan, perkapalan, dan bahan alat rumah tangga memiliki peluang yang besar [2]. Bahan komposit merupakan bahan serat alam yang memiliki sifat ramah lingkungan, tahan terhadap korosi, kuat, ringan dan ekonomis [3]. Biaya dan berat merupakan faktor paling penting yang mendorong penggunaan serat alam bagi industri [4].

Komposit merupakan perpaduan beberapa material yang memiliki sifat mekanik yang berbeda dengan kata lain tidak homogen. Komposit memiliki kelebihan yaitu ramah lingkungan dan renewable [1]. Salah satu material pembentuknya memiliki sifat pengisi (matrik) sedangkan lainnya menjadi penguat (*reinforcement*) [5]. Klasifikasi komposit dibagi dua jenis yaitu komposit berpenguat sintetis dan komposit berpenguat serat alam. Serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan kandidat dari bahan komponen komposit yang berasal dari serat alam. Serat TKKS merupakan kumpulan limbah padat yang tertinggal dari kelapa sawit segar berbentuk serat setelah melalui pabrikasi [2].

Berdasarkan data Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian bahwa Indonesia pada tahun 2018 mencapai 48,68 juta ton untuk angka produksi kelapa sawit, hal tersebut membuktikan bahwa Indonesia salah satu terbesar yang menghasilkan kelapa sawit. Jumlah tersebut terdiri atas *crud palm oil* (CPO) dan *palm kernel oil* (PKO) sebesar 40,57 juta ton dan 8,11 juta ton. Indonesia memiliki lahan kelapa sawit sebesar 14,23 juta hektare (ha). Jumlah tersebut terdiri atas perkebunan rakyat sebesar 5,8 juta ha, perkebunan besar negara 635 ribu ha, dan perkebunan besar swasta 7,88 juta ha [6]. Perkebunan kelapa sawit sangat banyak ditanam di Indonesia seperti pulau Sumatra, Sulawesi, Papua dan Kalimantan. Kabupaten Penajam Paser Utara (PPU) merupakan Kabupaten yang berada pada Provinsi Kalimantan Timur. Luas tanaman sawit pada Kabupaten PPU

mencapai 49.689 ha dari luas lahan tersebut tercatat jumlah produksi pada tahun 2019 sebesar 934.401 ton dengan jumlah produktivitas mencapai 23.702 kg/ha [7].

Kelapa sawit merupakan tanaman yang menghasilkan *crude palm oil* (CPO) yang berupa minyak nabati. Kedudukan kelapa sawit sangat penting pada sektor perkebunan dan pertanian. Perkembangan yang pesat menunjukkan tanaman kelapa sawit menjadi komoditi andalan oleh rakyat Indonesia. Meningkatnya produksi industri kelapa sawit, secara tidak langsung mengakibatkan terjadi peningkatan pada limbah padat hasil samping dari produksi kelapa sawit. Limbah kelapa sawit merupakan produk sisa pengolahan kebun kelapa sawit yang berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah padat berupa cangkang, tandan kosong, dan serat buah. Jumlah produksi 1 ton kelapa sawit menghasilkan limbah padat berupa serat buah 13%, cangkang 6,5% dan tandan kosong 23% [8].

Komposit dapat diperkuat dengan beberapa treatment salah satunya dengan penambahan *clay particle* yaitu berupa *monmorilonite* (MM) yang dihasilkan dari limbah genteng pres. Berdasarkan penelitian dari Anjassoa dkk, (2016) menyatakan bahwa kerusakan genteng rata-rata dalam satu hari terdapat 9 dari 100 buah genteng yang rusak. Berdasarkan penelitian tersebut limbah genteng pres lebih dari cukup untuk digunakan penambahan partikel *monmorilonite*. Genteng pres memiliki kelebihan yang sangat baik yaitu sifat tahan api, tahan aus, ringan dan berkekuatan tinggi [9].

Berdasarkan penelitian Nugroho (2017) pengembangan material *dashboard* mobil sebelumnya menggunakan pembahan penguat berupa partikel *monmorilonite* [10]. Penambahan partikel *monmorilonite* ini dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan mekanik berupa ketangguhan impact. Penambahan partikel *monmorilonite* dengan memvariasikan kadar partikel yaitu sebesar 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Penelitian tersebut membuktikan kadar partikel *monmorilonite* 10% dapat meningkatkan ketangguhan impact sedangkan kadar partikel yang melebihi 10% mengakibatkan turunnya ketangguhan impact. Sukarja, (2013) telah melakukan penelitian terkait penambahan partikel *monmorilonite* dengan memvariasikan fraksi volume 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Berdasarkan data dapat diketahui bahwa penambahan partikel *monmorilonite* dengan persentase dengan

ketangguhan impak tertinggi diperoleh dari variasi penambahan partikel monmorilonite 0% sampai dengan 1% [11].

Perekat berfungsi untuk mengikat *laminat* dengan *core* (pengisi). Perekat yang baik harus memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada kekuatan tarik *core*. Pernyataan tersebut bertujuan supaya antar skin dan *core* tidak terjadi delaminasi. Ketahanan terhadap sifat panas dan kimia merupakan beberapa contoh sifat yang harus dimiliki oleh perekat [12]. Pada penelitian ini menggunakan epoksi resin karena mempunyai kegunaan yang luas seperti halnya dalam dunia industri kimia teknik, listrik, mekanik dan teknik sipil sebagai bahan perekat, cat pelapis dan benda-benda cetakan lainnya [12].

Kendaraan mobil khususnya bagian interior seperti plafon, *doortrim*, dan *dashboard* hanya memiliki karakteristik penyusun bahan itu sendiri yang cenderung tidak ramah lingkungan dan tidak dapat diolah kembali. Problematika tersebut mengakibatkan banyak negara maju dan berkembang menerapkan aturan yang ketat supaya mencapai revolusi hijau pada duni industri khususnya pada bagian otomotif.

Metode *hand lay up* merupakan penyusunan komposit dengan proses laminasi secara manual dan sederhana. Penyusunan serat dan resin dilakukan menggunakan rol penekan yang ditekan menggunakan tangan [13].

Kenyamanan berkendara bukan hanya didukung oleh berbagai fitur canggih saja, tetapi juga suasana relaksasi yang memadukan antara tata *interior* dan *instrument cluster* sehingga membuat penumpang dan pengemudi betah berlama-lama di dalam mobil. *Dashboard* merupakan salah satu bagian interior dari mobil yang tak luput dari pandangan mata saat pertama kali masuk ke dalam mobil. *Dashboard* yang digunakan saat ini masih menggunakan material sintetis, di mana seiring berjalannya waktu material sintetis dapat menjadi polutan dan tidak dapat diolah kembali [14]. Serat TKKS diharapkan dapat menekan polutan, khususnya pada bidang otomotif di bagian *dashboard* mobil listrik. Penelitian terkait *dashboard* mobil menggunakan komposit *hybrid* serat eceng gondok dan serat pinang telah dilakukan oleh Dwina dan Mahyudin (2019). Variasi fraksi volume yang digunakan 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Pembuatan spesimen komposit menggunakan

metode *hand lay up*, dengan matriks yang digunakan resin epoksi. Pengujian yang dilakukan menggunakan pengujian impak dengan standar yang digunakan ASTM E23-07 (Charpy). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai ketangguhan impak maksimum dengan fraksi volume 40% sebesar 0,0161 J/m² [15]. Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian yang akan dilakukan oleh penulis menggunakan variabel yang berbeda. Material yang akan digunakan berbeda dari penelitian sebelumnya, dalam penelitian yang akan dilakukan menggunakan matriks resin epoxy, fraksi serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan penambahan *clay particle* berupa *monmorilonite* dengan mesh 200 (Arafah, 2019). Treatment serat melalui perendaman ke dalam cairan alkali dengan kadar 15 % NaOH selama 2 jam. Peneliti menggunakan variasi komposisi komposit dengan perbandingan matriks resin epoxy : serat TKKS : partikel monmorilonite yaitu 60% : 36% : 4%, 60% : 34% : 6% dan 60% : 32% : 8%. Pengujian mekanik dilakukan yaitu uji impak komposit dan foto makro. Pembuatan spesimen mengacu pada standar ASTM D5491.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

Rendy dan Syahrizal (2018) telah melakukan penelitian terkait dengan komposit serat TKKS dengan resin Resin Q-Bond EP 501 R dan hardener Q-Bond Epoxy HQ EP 501 H dengan variasi arah serat 0°, 30°, 45°, 60°, dan 90° dan variasi berat serat yaitu 5%, 10% dan 15%. Standar yang digunakan untuk uji ketangguhan impak ialah ASTM D 5942-96. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai ketangguhan impak tertinggi terdapat pada arah serat 0° dengan persentase massa serat sebesar 15% yaitu 0,330 J/mm². Harga Impak terendah terdapat pada arah serat 90° dengan persentase massa serat sebanyak 5% yaitu 0,075 J/mm² [16].

Pengujian impak telah dilakukan oleh Sunardi, dkk (2016) menggunakan ISO 179-1 memperoleh nilai terendah yaitu sebesar 5,524 kJ/m² pada variasi fraksi volume 5% dan mendapatkan nilai tertinggi pada variasi fraksi volume 15% yaitu 14,484 N/mm² [18].

Penelitian terkait penambahan partikel clay pada resin epoxy dilakukan oleh Nugroho (2017) dengan memvariasikan kadar clay 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Berdasarkan penelitian tersebut nilai kekuatan tertinggi pada 10% yaitu sebesar 0,0393

J/mm². naik turunnya nilai ketangguhan impact dipengaruhi oleh penambahan partikel yaitu berupa *monmorilonite* (MM). Penambahan partikel *monmorilonite* lebih dari 10% mengakibatkan kemampuan partikel untuk memperkuat ikatan antar molekul matriks tidak maksimal. Ketidakmaksimalan dalam memperkuat ikatan antar molekul mengakibatkan penurunan nilai impact. Variasi penambahan partikel *monmorilonite* dari 0% sampai dengan 10% terjadi kenaikan nilai ketangguhan impact yang tinggi yaitu 0,0193 J/mm² menjadi 0,0393 J/mm² [10].

Menurut penelitian dari Sukarja, (2013) melakukan penelitian terkait penambahan partikel *monmorilonite* yang divariasikan 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Fraksi volume yang digunakan ialah komposit hibrid epoksi/clay/serat gelas. Penambahan partikel *monmorilonite* dengan variasi 4% sampai dengan 5% terjadi penurunan nilai ketangguhan impact yang signifikan yaitu dari 30,93 kJ/m² menjadi 19,74 kJ/m² dengan persentase penurunan 56,68%. Variasi penambahan partikel *monmorilonite* 3% menjadi 4% mengalami penurunan ketangguhan impact yang cukup signifikan dengan persentase 13,90% yaitu dari 35,23 kJ/m² menjadi 30,93 kJ/m². Pada variasi penambahan partikel *monmorilonite* 2% menjadi 3% terjadi sedikit penurunan ketangguhan impact dengan persentase 1,05% dengan nilai dari 35,60 kJ/m² menjadi 35,23 kJ/m². Variasi berat partikel *monmorilonite* 1% menjadi 2% terjadi penurunan ketangguhan impact sebesar 7,64% dengan nilai 38,32 kJ/m² menjadi 35,60 kJ/m². Persentase dengan ketangguhan impact tertinggi diperoleh dari variasi penambahan partikel *monmorilonite* 0% sampai dengan 1% yaitu 30,16% dengan nilai ketangguhan impact 29,44 kJ/m² menjadi 38,32 kJ/m²[11].

Dwina dan Mahyudin (2019) telah melakukan penelitian terkait pembuatan dashboard mobil menggunakan material komposit berpenguat serat hibrid, yaitu menggunakan serat eceng gondok dan serat pinang. Variasi fraksi volume yang digunakan 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Pembuatan spesimen komposit menggunakan metode *hand lay up*, dengan matrik yang digunakan resin epoksi. Pengujian impact dengan standar yang digunakan ASTM E23-07 (charpy). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai kuat impact maksimum dengan fraksi volume 40% sebesar 0,0161 J/m² dan nilai minimum ketangguhan impact ialah sebesar 0,0068 J/m² [15].

Rumus Perhitungan

Rumus perhitungan fraksi volume komposit sebagai berikut :

- a) Volume Komposit (V_c)
 $V_c = p \times l \times t \dots \dots \dots (2.1)$
- b) Volume Serat (V_f)
 $V_f = (100\% - V_m - V_{pm}) \times V \dots \dots \dots (2.2)$
- c) Massa Serat (M_f)
 $M_f = V_f \times \rho_f \dots \dots \dots (2.3)$
- d) Volume Matriks (V_m)
 $V_m = (100\% - V_f - V_{pm}) \times V_c \dots \dots \dots (2.4)$
- e) Massa Matriks (M_m)
 $M_m = V_m \times \rho_m \dots \dots \dots (2.5)$
- f) Massa Hardener (M_h)
 $M_h = 50\% \times m_m \dots \dots \dots (2.6)$
- g) Volume Partikel *Monmorilonite* (V_{pm})
 $V_{pm} = (100\% - V_f - V_m) \times V_c \dots \dots \dots (2.7)$
- h) Massa Partikel *Monmorilonite* (M_{pm})
 $M_{pm} = V_{pm} \times \rho_{pm} \dots \dots \dots (2.8)$

Dimana :

V_c = Volume Cetakan (cm³)

V_f = Volume Serat (cm³)

m_f = Massa Serat (gr)

V_m = Volume Resin (cm³)

V_h = Volume Hardener (cm³)

ρ_f = Densitas Serat (gr/cm³)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya energi yang terserap pada pengujian impact charpy dengan persamaan (2.9)

Eserap = $M_{pendulum} \cdot g \cdot R \cos(\beta - \alpha) \dots \dots \dots (2.9)$

Maka ketangguhan impact dapat dihitung menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut.

Ketangguhan Impact = Eserap / A $\dots \dots \dots (2.10)$

Dimana :

Eserap = energi terserap (J)

$M_{pendulum}$ = berat pendulum (kg)

g = gravitasi (m/s²)

R = panjang lengan pendulum (m)

β = sudut pantul pendulum (°)

α = sudut ayun pendulum (°)

A = luas penampang komposit yang akan dipatahkan.

METODE PENELITIAN

Tahap Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan meliputi :

1. Studi literatur tentang komposit, partikel *monmorilonite* dan teknologi komposit.
2. Persiapan alat dan bahan (serat TKKS, partikel *monmorilonite*, larutan 15% NaOH, resin *epoxy* alat cetak komposit dan neraca digital).
3. Proses pembuatan komposit.
4. Pengujian komposit (uji impak ASTM D5941 dan foto makro)
5. Analisis dan pembahasan.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2021 sampai dengan September 2021. pembuatan spesimen dilakukan pada Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tidar, Magelang. Pengujian spesimen dilaksanakan Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Kampus III Yogyakarta. Jl. Paingan, Krodan, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Variabel Penelitian

Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah :

1. Treatment alkali (15% NaOH) selama 2 jam.
2. Penambahan partikel *monmorilonite* sebesar 4%, 6% dan 8%.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

1. Data penampilditampilkan dalam bentuk grafik untuk mengetahui hubungan variasi penambahan partikel *monmorilonite*.
2. Analisis data hasil uji akan dievaluasi dengan peneliti/jurnal teardahulu.

Hasil dan Pembahasan

Hasil spesimen komposit dengan material Peneliti menggunakan variasi komposisi komposit dengan perbandingan matriks resin *epoxy* : serat TKKS : partikel *monmorilonite* yaitu 60% : 36% : 4%, 60% : 34% : 6% dan 60% : 32% : 8% ditampilkan pada gambar 1 dan 2 sebagai berikut.



Gambar 1. Spesimen Pengujian Ketangguhan Impak.

Hasil Pengujian Ketangguhan Impak

pengujian ketangguhan impak komposit serat TKKS dilakukan menggunakan menggunakan alat uji Impact Charpy GOTECH GT-7045 TAIWAN, R.O.C di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Kampus III. Setelah spesimen komposit dibuat maka dilanjutkan pengujian ketangguhan impak, berikut hasil pengujian ketangguhan impak ditampilkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Ketangguhan Impak Komposit Serat TKKS variasi 4% partikel *monmorilonite*.

Kode Spesimen	Sudut β	Nilai Ketangguhan Impak (kJ/m ²)
A60364	134°	7,37
AI60364	134°	7,37
AII60364	135°	7,39
AIII60364	138°	7,45
AIV60364	134°	7,37
Rata-rata		7,39

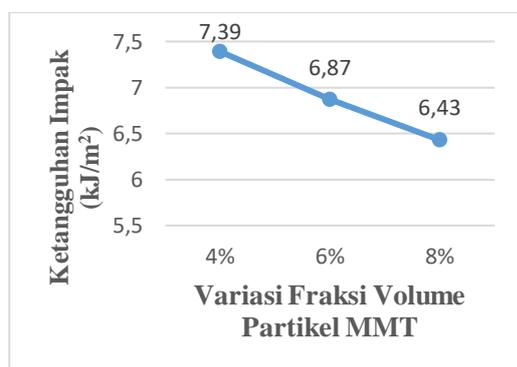
Tabel 2. Data Hasil Pengujian Ketangguhan Impak Komposit Serat TKKS variasi 6% partikel *monmorilonite*.

Kode Spesimen	Sudut β	Nilai Ketangguhan Impak (kJ/m ²)
B60346	121°	6,85
BI60346	115°	6,50
BII60346	136°	7,42
BIII60346	130°	7,25
BIV60346	112°	6,30
Rata-rata		6,87

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Ketangguhan Impak Komposit Serat TKKS variasi 8% partikel *monmorilonite*.

Kode Spesimen	Sudut β	Nilai Ketangguhan Impak (kJ/m ²)
C60328	109°	6,07
CI60328	115°	6,50
CII60328	125°	7,06
CIII60328	109°	6,07
CIV60328	114°	6,43
Rata-rata		6,43

Berdasarkan nilai rata-rata nilai hasil ketahanan impact dapat disajikan ke dalam grafik ketangguhan impact terhadap variasi fraksi volume partikel MMT yaitu pada gambar 2 sebagai berikut.

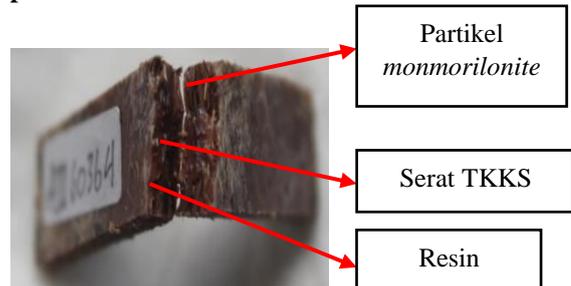


Gambar 2. Grafik Hubungan Ketangguhan Impact Terhadap Variasi Fraksi Volume Partikel MMT.

Berdasarkan gambar 2 menunjukkan bahwa komposit berpenguat serat TKKS dengan 4% partikel *monmorilonite* nilai ketangguhan impact sebesar 7,45 kJ/m². Komposit serat TKKS dengan 6% partikel *monmorilonite* menghasilkan nilai ketangguhan impact sebesar 6,87 kJ/m². Komposit serat TKKS dengan 8% partikel *monmorilonite* menghasilkan nilai ketangguhan impact terendah yaitu 6,43 kJ/m². Dengan demikian, penambahan fraksi volume partikel *monmorilonite* akan menurunkan energi serap dan ketangguhan impact komposit. Penurunan nilai energi serap maupun ketangguhan impact komposit ini juga diakibatkan semakin banyak partikel *monmorilonite* akan mengurangi kekuatan komposit dalam menahan beban kejut. Pernyataan ini diperkuat oleh Endriatno (2014) dalam penelitiannya menyatakan bahwa semakin besar volume partikel *monmorilonite* yang diberikan maka nilai kekuatan mekaniknya semakin menurun. Berdasarkan rata-rata nilai maksimum ketangguhan impact layak diaplikasikan ke dalam

dashboard mobil listrik karena nilai ketangguhan impact telah lebih dari plastik ABS *high quality* yang digunakan dalam pembuatan *dashboar* mobil [9].

Analisis Penampang Patahan Ketangguhan Impact



Gambar 3. Spesimen Impact Variasi 60% : 36% : 4%.

Pengujian yang dilakukan pada spesimen variasi 60% : 36% : 4% berupa ketangguhan impact yang mengakibatkan terjadinya patahan *fiber pullout*. Patahan tersebut terjadi karena kurangnya ikatan antar komponen pembentuk komposit yaitu antara serat TKKS, resin *epoxy* dan partikel *monmorilonite*. Partikel *monmorilonite* mengakibatkan terhalangnya proses penyerapan antara serat TKKS dengan resin *epoxy*. Terhalangnya proses penyerapan mengakibatkan patahan getas.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengujian tentang komposit serat alam berupa variasi komposisi komposit dengan perbandingan matriks resin *epoxy* : serat TKKS : partikel *monmorilonite* yaitu 60% : 36% : 4%, 60% : 34% : 6% dan 60% : 32% : 8%. yang telah dilakukan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Rata-rata nilai maksimum ketangguhan impact diperoleh variasi 60% : 36% : 4% yaitu sebesar 7,39 kJ/m² sedangkan untuk rata-rata nilai minimum ketangguhan impact diperoleh variasi 60% : 32% : 8% yaitu 6,43 kJ/m².
2. Analisis patahan penampang komposit menunjukkan terdapat patahan *fiber pullout*. pengujian ketangguhan impact dan pengujian kekuatan bending. Patahan terjadi pada spesimen ketangguhan impact dimana terdapat serat yang terlepas keluar dari ikatan resin *epoxy*.

DAFTAR PUSATAKA

- [1] Mahmuda, E., 2013, Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk dengan Matriks Epoxy. *Jurnal FEMA*, Vol.1, Hal. 79-84.
- [2] Ramasita M.,E., Farid M., Ardhyantana H., 2017, Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara, Vol. 6, No. 2 Hal. 584-588.
- [3] Maryanti B., Soneif A.,A., Wahyudi S., 2011, Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik, Vol. 2, No. 2, Hal. 123-129.
- [4] Masdani, Dharta Y., 2018, Potensi Pengembangan Komposit Berpenguat Serat Kulit Gaharu Sebagai Material Pengganti Fiberglass Pada Pembuatan Dashboard. *Jurnal Manutech*, Vol. 10, No. 1, Hal. 33-38.
- [5] Astika, I. A., Lokantara, P. I., dan Karohika, I. M. G., 2013, Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa, *Jurnal Energi dan Manufaktur* Vol.6, No.2, Oktober 2013: 95-202.
- [6] Kementerian Pertanian –Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019, Data Produksi Kelapa Sawit Di Indonesia,
- [7] Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Timur, 2020, Potensi Daerah Penajam Paser Utara, <https://disbun.kaltimprov.go.id/halaman/potensi-daerah-kabupaten-penajam-paser-utara>. Diakses tanggal 26 Januari 2021 pukul 08.25.
- [8] Agustina S., 2018, Biokomposit Serat Kelapa Sawit Sebagai Bahan Otomotif, *Prosiding Seminar Nasional I Hasil Litbangyasa Industri*, Hal. 29-37.
- [9] Endriatno N., 2014, Pengaruh Kadar Clay Pada Komposit Serbuk Al-Si/Clay, *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 6, No. 1, Hal. 19-23.
- [10] Nugroho F., 2017. Pengaruh Kandungan Partikel Serbuk Genteng Sokka Terhadap Kekuatan Tarik Dan Pada Komposit Bermatriks Epoxy. *SENATIK*, vol. III, Hal. 21-28.
- [11] Sukarja, H., 2013 Pengaruh Penambahan Clay Terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrid Epoksi /Serat Gelas, *ANGKASA*, Volume V, Nomor 1, Halaman 55-62.
- [12] Nurhidayat A., “Pengaruh Fraksi Volume Pada Pembuatan Komposit HDPE Limbah-Cantula Dan Berbagai Jenis Perekat Dalam Pembuatan Laminat”. Tesis. Program Pascasarjana Teknik Mesin. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [13] Salahudin X., Adi P.,T., Pramono C., Widodo S., 2020, Optimasi Kekuatan Lentur Komposit Serat Batang Kecombrang Dengan Variasi Panjang Serat, *PROSIDING SEMINAR NASIONAL RISET TEKNOLOGI TERAPAN*.
- [14] Sutanto H., 2020., “Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Bending dan Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Eceng Gondok–Tebu Dengan Matrik Epoxy” Skripsi. Teknik Mesin. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- [15] Dwina L.,P., Mahyudin A., 2019, Analisis Pengaruh Persentase Volume Serat Eceng Gondok dan Serat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi Komposit Hibrid Matrik Epoksi, *Jurnal Fisika Unand* Vol. 8, No. 3, Juli 2019, Hal. 288-294.
- [16] Rendy, Syahrizal, 2018, Pengaruh Variasi Arah Dan Massa Serat Tkks Terhadap Kekuatan Material Komposit Termoset, *Jurnal Mechanical Engineering*, Vol. 7, No. 1. Hal. 1-8.
- [17] Lusiani R., Sunardi., Ardiansah Y., 2016, Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Papan Komposit Dengan Variasi Panjang Serat, Vol. 1, No. 1, Hal. 46-54.