

**LAPORAN PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2021**

**KARAKTERISASI SIFAT KEKUATAN TARIK KOMPOSIT LAMINAT
PERTIKEL CANGKANG KERANG SIMPING/E-GLASS MENGGUNAKAN
Matrik Poliester**

Nomor DIPA	:	DIPA 025.04.2.423812/2021
Tanggal	:	23 November 2020
Satker	:	(4238120) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
Kode Kegiatan	:	(2132) Peningkatan Akses, Mutu, Relevansi dan Daya Saing Pendidikan Tinggi Keagamaan Islam
Kode Output Kegiatan	:	(050) PTKIN Penerima BOPTN
Sub Output Kegiatan	:	(514) Penelitian (BOPTN)
Kode Komponen	:	(004) Dukungan Operasional Penyelenggaraan Pendidikan
Kode Sub Komponen	:	A Penelitian Pembinaan/Kapasitas

Oleh:
Kusairi, S.Si (20080601 1 083)



**KEMENTERIAN AGAMA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
(LP2M)
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan penelitian dengan judul “Karakterisasi Sifat Kekuatan Tarik Komposit Laminat Pertikel Cangkang Kerang Simping/*E-Glass* Menggunakan Matrik Poliester”

Oleh:
Kusairi, S.Si (20080601 1 083)

Telah diperiksa dan disetujui reviewer dan komite penilai pada
Tanggal 10 November 2021

Malang, 10 November 2021

Reviewer 1,

Reviewer 2,

Prof. Dr. apt. Roihatul Muti'ah, M.Kes Dr. Moch. Irfan Hadi, S.KM, M.KL

Komite Penilai

Ahmad Abtokhi, M.Pd

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Penelitian ini disahkan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada
Masyarakat (LP2M)
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Pada tanggal 10 November 2021

Peneliti

Ketua : Kusairi, S.Si
NIPT. 20080601 1 083
Tanda Tangan

Ketua LP2M
UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. H. Agus Maimun, M.Pd
NIP: 19650817 199803 1 003

PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Kusairi. S.Si
NIP	:	20080601 1 083
Pangkat/Gol.Ruang	:	Setara IIIA
Fakultas/Jurusan	:	Sains dan Teknologi/Fisika
Jabatan dalam Penelitian	:	Ketua Peneliti

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam penelitian ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila dikemudian hari ternyata dalam penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan dan pelanggaran etika akademik, maka kami bersedia mengembalikan dana penelitian yang telah kami terima dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 1 November 2021

Ketua Peneliti

Materei 10000

Kusairi
NIPT. 20080601 1 083

ABSTRAK

Pembuatan perahu tradisional berbahan dasar kayu yang meningkat bisa menyebabkan hutan gundul selain itu juga mengakibatkan terjadinya kelangkaan dan naiknya harga bahan dasar kayu. Hal ini sangat berdampak pada biaya produksi perahu tradisional yang semakin mahal. Selain itu, faktor pembusukan oleh jamur, pemanasan, pelapukan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan pada proses pembuatan kapal tradisional adalah melalui pembuatan perahu berbahan dasar papan komposit laminat serat *E-glass* yang murah dan berkualitas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi volume serat *E-glass* dan partikel cangkang kerang simping terhadap kekuatan tarik komposit hibrida, *interfacial bonding* komposit hibrida yang dapat teridentifikasi dari struktur patahan dan peran partikel cangkang kerang simping dalam meningkatkan kekuatan mekanik komposit hibrida. Pembuatan komposit hibrida dengan mencampur filler cangkang kerang simping, serat E-Glass dan matrik dengan fraksi volume 10C:20E, 15C:15E dan 20C:10E. Hasil penelitian ini didapatkan nilai kekuatan tarik 34,2694 MPa pada fraksi volume 10C:20E. Adanya ikatan yang kuat antara serat dengan matrik sehingga meningkatkan kekuatan tarik komposit serta adanya pengaruh partikel cangkang kerang simping yang dapat membantu matriks untuk menerima beban/tegangan eksternal sehingga meningkatkan kekuatan komposit.

Kata Kunci: *Kerang simping, Komposit hibrida, E-Glass, Matriks*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas petunjuk dan hidayah-Nya sehingga laporan peneltian yang berjudul “Karakterisasi Sifat Kekuatan Tarik Komposit Laminat Partikel Cangkang Kerang Simping/*E-Glass* Menggunakan Matriks Poliester” dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan support dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan tersebut sangat sulit bagi penulis untuk dapat menyelenggarakan kegiatan penelitian ini.

Penulis telah berusaha untuk menyempurnakan tulisan ini, namun sebagai manusia penulis pun menyadari akan keterbatasan maupun kekhilafan dan kesalahan yang tanpa disadari. Oleh karena itu, saran dan kritik untuk perbaikan laporan ini akan sangat dinantikan.

Malang, 1 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Halaman Persetujuan.....	ii
Halaman Pengesahan	iii
Persyataan Orosinalitas penelitian	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Tabel	x
 BAB I Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Kajian Riset Sebelumnya	4
 BAB II Kajian Pustaka.....	7
2.1 Kerang simping	7
2.2 Serat Sintetis	8
2.3 Material Komposit dan Jenisnya.....	11
2.4. Material Penyusun Komposit.....	11
2.5 Partikel	12
2.6 Fabrikasi/Pembuatan Komposit	13
2.7 Kekuatan Tarik.....	14
2.8 Kekuatan Tarik Serat Tunggal	15
2.9 Instrumen Analisis	15
 BAB III Metode Penelitian	18
3.1 Jenis Penelitian.....	18
3.2 Waktu dan Tempat.....	18
3.3 Alat dan Bahan.....	18
3.4 Skema Penelitian.....	19
3.5 Pembuatan Komposit Hibrida	19
3.6 Uji Tarik Serat Tunggal	21
3.7 Uji Tarik Komposit Hibrida.....	21
3.8 Karakterisasi Komposit Hibrida.....	22
3.9 Alokasi Waktu Penelitian	23
 BAB IV Hasil Penelitian Dan Pembahasan.....	24
4.1 Struktur permukaan patahan	24
4.2 Karakterisasi komposit hibrida	24
4.3 Hasil pengujian komposit hibrida	25
4.4 Analisi struktur patahan	29
4.5 Pembahasan.....	31

BAB V Penutup.....	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran.....	34
Daftar Pustaka	35
Lampiran	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerang simpung	8
Gambar 2.2 Klasifikasi Serat sintetis	10
Gambar 2.3 Skema sistem FAST-DHP	14
Gambar 2.4 Bagian mikroskop	16
Gambar 2.5 Skema dasar SEM	17
Gambar 3.1 Diagram alir skema penelitian.....	19
Gambar 3.2 Model spesiman ASTM D368-02 tipe I, II, III, dan IV (ASTM D368-02).....	22
Gambar 4.1 Serat E-Glass	24
Gambar 4.2 Papan komposit hibrida.....	25
Gambar 4.3 Spesimen uji Tarik	25
Gambar 4.5. Hubungan kekuatan tarik terhadap fraksi volume serat	26
Gambar 4.5. Hubungan antara nilai regangan dengan fraksi volume serat	27
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara Modulus Elastisitas dengan Fraksi volume serat E-Glass.....	28
Gambar 4.7 Hasil uji tarik komposit.....	29
Gambar 4.8 Foto permukaan patahan komposit hibrida	29
Gambar 4.9 Bentuk patahan serat E-Glass.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat mekanis serat	9
Tabel 3.1 Standar ukuran specimen pengujian kekuatan tarik (ASTM D368-02)	22
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian.....	23
Tabel 4.1 hasil kekuatan uji tarik komposit hibrida	26
Tabel 4.2 Data Regangan tarik komposit hibrida.....	27
Tabel 4.3 Data modulus elastisitas komposit hibrida.....	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal tradisional merupakan sarana alat transportasi yang sering digunakan oleh masyarakat indonesia khususnya para nelayan untuk mencari ikan guna memenuhi kebutuhan hidupnya dan untuk meningkatkan perekonomian keluarga. Sebagaimana firman allah dalam surah Lukman Ayat 31:

أَلمْ تَرَ أَنَّ الْفُلُكَ تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِنْعَمَتِ اللَّهِ لِنِرِيكُمْ مِّنْ ءَايَاتِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لِءَايَةً لِكُلِّ صَابَارٍ شَكُورٍ

Artinya: Tidakkah kamu memperhatikan bahwa sesungguhnya kapal itu berlayar di laut dengan nikmat Allah, supaya diperlihatkan-Nya kepadamu sebahagian dari tanda-tanda (kekuasaan)-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi semua orang yang sangat sabar lagi banyak bersyukur.

Pembuatan perahu-perahu tradisional di daerah pesisir Indonesia masih banyak memanfaatkan kayu sebagai bahan dasarnya. Maraknya penggundulan hutan yang terjadi salah satunya disebabkan karena meningkatnya kebutuhan dasar kayu untuk pembuatan kapal tradisional yang meningkat sehingga mengakibatkan terjadinya kelangkaan dan naiknya harga bahan dasar kayu. Hal ini sangat berdampak pada biaya produksi perahu tradisional yang semakin mahal. Selain itu, faktor pembusukan oleh jamur, pemanasan, pelapukan, dan bahan kimia dapat menyebabkan kerusakan pada kapal berbahan dasar kayu (Boesono, 2008). Salah satu upaya yang dapat dilakukan pada proses pembuatan kapal tradisional adalah melalui pembuatan perahu berbahan dasar papan komposit laminat serat *E-glass* yang murah dan berkualitas. Upaya tersebut dapat dilakukan dengan cara mencari bahan campuran yang dipadukan dengan serat *E-glass* yang mudah didapat oleh masyarakat nelayan, mudah diolah dan memiliki sifat mekanis yang baik.

Telah banyak dilakukan penelitian komposit polimer untuk meningkatkan kualitas polimer antara lain dengan menggunakan serat atau pengisi alam dengan

mencampurkannya dalam *polyester* guna meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya. Mufidun (2016) telah melakukan penelitian komposit dengan matriks poliester dan *filler* cangkang kerang simping sebagai bahan dasar pembuatan papan komposit yang diperoleh nilai kekuatan tarik sebesar 1, 322 MPa dan keteguhan lentur 132,84 MPa pada fraksi volume partikel 40% dengan ukuran partikel 100 mesh.

Limbah kerang simping relatif mudah ditemukan dan masih banyak digunakan sebagai bahan dasar cinderamata, masih jarang dimanfaatkan untuk bahan dasar papan komposit (wipranata, 2009). Dengan memanfaatkan limbah cangkang kerang simping, maka selain mampu mengurangi limbah di alam sekitar juga mampu menghemat biaya operasional dan mendapatkan nilai tambah tersendiri. Lapisan *nacre* pada cangkang kerang simping mengandung senyawa kalsit (CaCO_3) yang memiliki mikrostruktur berlapis-lapis, bahannya bersifat isotropik, nilai kekerasan, dan densitas dissipasi energinya lebih tinggi jika dibandingkan dengan kristal kalsit alam (Li, 2014).

Jarakumjon K. *et al.*, (2009) telah membuat komposit laminat hibrida 10 (wt%) serat sisal dan 20 (wt%) serat *E-Glass/polypropylene* dengan mesin injeksi yang menghasilkan kekuatan tarik 31,59 MPa (kekuatan maksimal). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Haryanto (2015) mengenai pengaruh fraksi volum serat kenaf anyam dan serat *E-Glass* anyam bermatriks *polyester* terhadap kuat tarik komposit, yang menggunakan metode fabrikasi komposit laminat (berlapis). Menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit meningkat seiring dengan penambahan fraksi volum serat berbanding lurus dengan semakin banyaknya lapisan *E-Glass* dengan kekuatan tarik maksimum mencapai 90,47 MPa. Berbagai variasi fabrikasi komposit hibrida telah digunakan oleh Jarakumjon K. *et al.*, (2009) dan Haryanto (2015) namun pada komposit hibrida sisal dan *E-Glass/PP* masih memiliki kekuatan mekanik rendah sehingga perlu dilakukan variasi lebih lanjut untuk mendapatkan kekuatan mekanik tinggi.

Salah satu peningkatan kualitas papan komposit serat *E-glass* yang diharapkan dapat dilakukan melalui penambahan material lain yang memiliki sifat menguatkan dan memperluas daerah *interface*. Penggunaan bahan *filler*

partikulat bersama serat dapat menghasilkan peningkatan kekuatan mekanis bahan komposit (James, 2014).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian komposit *glass fiber reinforce polymer* (GFRP) masih perlu diteliti secara komprehensif untuk mencapai kekuatan mekanik tinggi dengan memahami faktor – faktor penting yang mempengaruhi sifat mekanik komposit. Uraian tersebut menunjukkan bahwa pembuatan komposit laminat serat sintetis yang dipadukan dengan partikel bahan alam penting untuk dikaji. Pada penelitian ini difokuskan pada pembuatan komposit laminat serat *E-glass* dengan campuran partikel cangkang kerang simping sebagai bahan dasar papan komposit yang berpotensi untuk diaplikasikan pada bidang perkapalan .

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh komposisi volume serat *E-glass* dan partikel cangkang kerang simping terhadap kekuatan tarik komposit hibrida?
2. Bagaimana pengaruh komposisi volume serat *E-glass* dan partikel cangkang kerang simping terhadap *interfacial bonding* yang dapat teridentifikasi dari struktur patahan?
3. Bagaimana peran partikel cangkang kerang simping dalam meningkatkan kekuatan mekanik komposit hibrida?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Pengaruh komposisi volume serat *E-glass* dan partikel cangkang kerang simping terhadap kekuatan tarik komposit hibrida.
2. Pengaruh komposisi volume serat *E-glass* dan partikel cangkang kerang simping terhadap *interfacial bonding* komposit hibrida yang dapat teridentifikasi dari struktur patahan.
3. Peran partikel cangkang kerang simping dalam meningkatkan kekuatan mekanik komposit hibrida.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian kasus ini, peneliti membatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Bahan matriks polimer yang digunakan adalah jenis resin *polyester* dengan merek dagang Yucalak 157@ BQTN-EX Series produksi PT Justus Sakti Raya.
2. Bahan *filler* yang digunakan adalah partikel cangkang kerang simping dengan ukuran 100 mesh dan serat sintetis *E-glass* dengan panjang 10 mm.
3. Orientasi serat menggunakan metode acak dengan serat pendek (*randomly oriented discontinuous fiber*).
4. Perbandingan volum serat dan matriks sebesar 30:70 dengan fraksi volum serat komposit hibrida 10:20, 15:15, dan 20:10.

1.5 Kajian Riset Sebelumnya

Lapisan *nacre* pada cangkang kerang simping mengandung senyawa kalsit (CaCO_3) yang memiliki mikrostruktur berlapis-lapis, bahannya bersifat isotropik, nilai kekerasan, dan densitas dissipasi energinya lebih tinggi jika dibandingkan dengan kristal kalsit alam (Ling, 2014). Salah satu potensi pemanfaatan yang dapat dilakukan dengan menjadikannya *filler* pada matriks poliester sebagai bahan dasar pembuatan papan komposit. Penggunaan cangkang kerang simping sangat berpotensi menggantikan penggunaan *talc* (CaCO_3) yang diproduksi dari batu gamping hasil pertambangan (Mulyati, 2003). Salah satu peningkatan kualitas papan *fiberglass* yang diharapkan dapat dilakukan melalui penambahan material lain yang memiliki sifat menguatkan dan memperluas daerah interface. Penggunaan bahan filler partikulat bersama serat dapat menghasilkan peningkatan kekuatan mekanis bahan komposit (James, 2013).

Mufidun (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi komposisi dan ukuran filler serbuk cangkang kerang simping (*Placuna placenta*) pada matriks poliester terhadap sifat fisis dan mekanis papan komposit. Dari penelitian ini, nilai densitas 1,359-1,756 g/cm²; persentase daya serap 0,50-5,97%;

persentase pengembangan tebal 0,20-7,50%; keteguhan tarik 0,1705-1,462 MPa; modulus Young 35,3-105,5 MPa; dan keteguhan lentur 39,4-132,8 MPa. Peningkatan komposisi dan ukuran filler yang semakin halus berpengaruh pada ukuran gelembung-gelembung udara yang semakin kecil. Peningkatan nilai keteguhan lentur mencapai 44% pada variasi ukuran filler. Penghematan komposisi matriks resin poliester hingga 40% w/w dengan jumlah komposisi filler lebih banyak jika dibandingkan dengan serbuk kalsit alam.

Untuk meningkatkan kompatibilitas antar serat dan matriks maka dilakukan perlakuan kimia pada serat menggunakan larutan alkali dengan konsentrasi tertentu. Majid N.A. *et al.*, (2016) menyelidiki pengaruh alkalisasi 6% NaOH selama 24 jam terhadap komposit kenaf-*polypropylene* dan menunjukkan hasil kekuatan tarik komposit lebih tinggi (25.19 MPa) dibandingkan komposit kenaf-*polypropylene* tanpa perlakuan permukaan (24.60 MPa). Penelitian yang dilakukan oleh Akil *et al.*, (2011) menunjukkan bahwa komposit kenaf-*polypropylene* dengan variasi serat dalam persen berat (wt%) difabrikasi menggunakan *injection molding* memperoleh nilai optimum kekuatan tarik komposit masing – masing sebesar 46 MPa dan 44 MPa pada variasi 30% dan 40% serat kenaf. Metode penyusunan serat dan panjang serat yang digunakan pada proses fabrikasi komposit akan mempengaruhi *interface bonding* antara serat dan matriks serta akan mempengaruhi nilai kekuatan mekanik dari komposit.

Penelitian mengenai pengaruh variasi panjang serat 1 mm, 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm, dan 10 mm terhadap kekuatan mekanik komposit serat cantula-*high density polyethylene* (HDPE), melaporkan bahwa komposit dengan panjang 10 mm memiliki kekuatan tarik dan bending tertinggi sebesar 23.52 MPa dan 74.21 MPa (Rina, 2013).

Untuk meningkatkan kekuatan mekanik komposit serat alam maka dibuatlah komposit dengan perpaduan dua atau lebih jenis *fiber* yang disebut komposit hibrida. Jarukumjorn *et al.*, (2009) telah melakukan penelitian fabrikasi komposit serat alam sisal diperkuat dengan serat sintetis *E-Glass* dengan matriks *polypropylene*. Hasilnya menunjukkan bahwa perbandingan volume berat *E-Glass* berbanding lurus dengan kekuatan mekanik yang diperoleh dengan 10 (wt%) serat

sisal dan 20 (wt%) serat *E-Glass/polypropylene* dengan mesin injeksi yang mencapai nilai optimum kekuatan tarik sebesar 31,59 MPa. Selain itu, Haryanto (2015) melakukan penelitian mengenai pengaruh fraksi volum serat kenaf anyam dan serat *E-Glass* anyam bermatriks *polyester* terhadap kuat tarik komposit menggunakan metode fabrikasi komposit laminat (berlapis). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit mencapai 90.47 MPa. Rasio serat kenaf anyam/*E-Glass* anyam yang sebanding dengan serat/matriks 50:50 serta jumlah lapisan sebanyak 15 *layer E-Glass* dan 9 *layer* serat kenaf menunjukkan peningkatan kuat tarik yang signifikan.

Dani Rahman Putra *et. All.* 2017 tentang Karakterisasi Sifat – Sifat Tarik Komposit Laminat Hibrida Kenaf/*E-Glass* yang difabrikasi dengan Matriks *Polypropylene*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit hibrida cenderung meningkat dengan bertambahnya volume serat kenaf pada perbandingan serat kenaf dan E-Glass (20:10) dengan kekuatan tarik maksimum sebesar 48.36 MPa.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kerang Simping

Simping disebut juga *moluska bivalvia* dari famili *Pectinidae* yang hidup di perairan laut, kosmopolitan (dapat ditemui di semua perairan bumi), dan bernilai ekonomi sebagai sumber makanan dan bahan kerajinan. Simping dianggap kerang yang paling aman untuk dimakan mentah. Beberapa simping yang warna cangkangnya terang dijadikan bahan baku kerajinan dari kerang (wikipedia, 2019). Kerang simping memiliki nama ilmiah *Amusium pleuronectes* dan merupakan anggota dari famili *pectinidae*. Terdapat lebih dari 30 marga dan sekitar 350 spesies dalam famili *pectinidae*. Habitat dari kerang simping yaitu di daerah perairan laut dasar yang beriklim tropis (Swennen, 2001). Di Indonesia kerang simping tersebar secara luas antara lain di Kenjeran (Jawa Timur), Pasuruan (Jawa Timur), Demak (Jawa Tengah), Kupang (NTT), dan Tangerang (Banten) (Pagcatipunan et all., 1981). Berikut adalah Klasifikasi kerang simping:

Filum	:	Mollusca
Kelas	:	Pelecypoda
Subkelas	:	Pteriomorphia
Ordo	:	Ostreoida
Famili	:	Placunidae
Genus	:	Placuna
Species	:	Placuna placenta

2.1.1 Bentuk Karakteristik Placuna placenta

Bentuk cangkang bundar, pipih, tipis dengan lebar mencapai 8 cm. Pada bagian luar cangkang terdapat garis-garis radial sekitar 20-35, yang memusat ke arah kerucut, serta garis-garis konsentris yang tidak jelas. Garis-garis radial pada bagian dalam cangkang jauh lebih jelas daripada bagian luar sebanyak 25-35. Warna dan bentuk kedua belahan cangkang tidak sama. Belahan yang satu berwarna merah-coklat dan lebih cembung daripada belahan lainnya yang

berwarna agak pucat. Kaki dan otot aduktor anterior tereduksi. Sifon tidak ada. Pada waktu muda hewan ini melekatkan diri pada substrat dengan benang bisus. Setelah dewasa berenang zig-zag dengan cara membuka dan menutupkan kedua cangkangnya secara teratur. Hidup di daerah pantai pada tempat-tempat yang agak 27 dalam (kedalaman 18-40 m) dengan substrat dasar berpasir. Panjang cangkang ~80-90 mm. penyebaran species ini dari Samudra Hindia sampai Samudra Pasifik bagian Barat (Oemardjati & Wardhana, 1990 dan <http://www.cataloguelife.org> dalam Dewi 2010).



Gambar 2.1 Kerang simping (Mustofa, 2008)

2.1.2 Sifat mekanis kerang simping

Uji nano-indentasi pada Kerang simping yang dilakukan oleh lie pada tahun 2014 dengan menggunakan Metode oliver-pahr bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan yang ada pada kerang simping dan membandingkannya dengan kristal kalsit yang berasal dari alam sehingga dihasilkan nilai modulus dan kekerasan pada kerang simping dari pengujian indentasi adalah $E_{o-p} = 71.11 \pm 3.25$ GPa, $Ho-p = 3.88 \pm 0.17$ GPa sedangkan pada kristal kalsit didapatkan nilai $E_{o-p} = 73.4 \pm 1.7$ GPa, $Ho-p = 2.51 \pm 0.04$ GPa. Secara signifikan cangkang kerang simping meningkatkan ketahanan terhadap deformasi plastik yang ditunjukkan oleh peningkatan sebesar $\sim 50\%$ dalam hal nilai kekerasan relatif terhadap kristal kalsit (Lie 2014 dalam Mufidun 2016).

2.2 Serat Sintetis

Salah satu unsur penyusun bahan komposit adalah serat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekuatan, serta sifat-sifat mekanik lainnya. Serat inilah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang

bekerja pada bahan komposit. Komposit dengan penguat serat (*Fibrous Composite*) sangat efektif, karena bahan dalam bentuk serat jauh lebih kuat dan kaku dibanding bahan yang sama dalam bentuk padat (*bulk*) (Fahmi, 2015)

Serat (fiber) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Contoh serat yang paling sering dijumpai adalah serat pada kain. Material ini sangat penting dalam ilmu Biologi baik hewan maupun tumbuhan sebagai pengikat dalam tubuh. Manusia menggunakan serat dalam banyak hal antara lain untuk membuat tali, kain, atau kertas. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat sintetis (serat buatan manusia) (Fahmi, 2013).

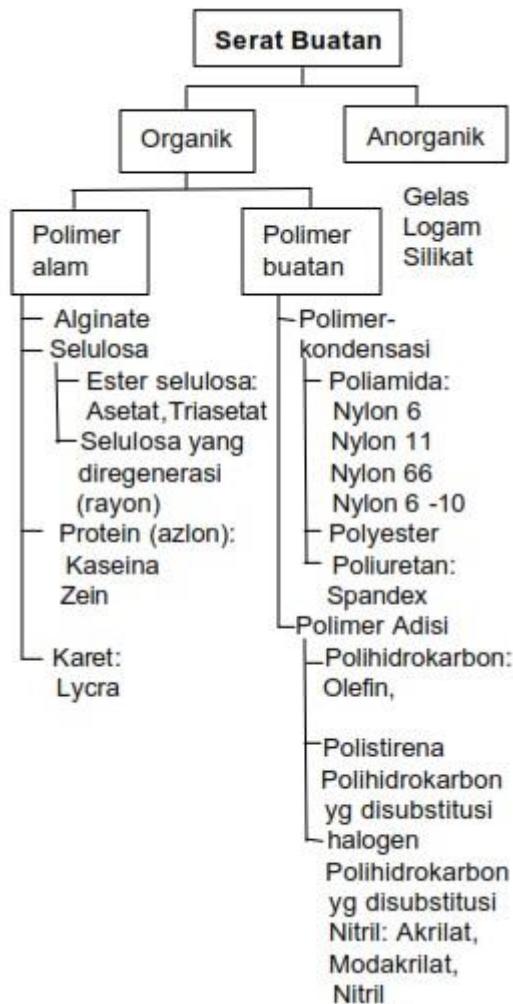
Serat sintetis (*man made fiber*) adalah hasil pengembangan secara luas yang dilakukan oleh peneliti untuk memperbaiki sifat-sifat serat alam. Secara umum serat sintetis dibuat dengan merekayasa atau mengekstrusi bahan pembentuk serat melalui lubang yang amat kecil dengan tekanan tinggi yang disebut *spinneret* (Khasbullah, 2013). Serat sintetis dapat diproduksi secara murah dalam jumlah yang besar (Fahmi, 2013). Menurut Schwartz (1984) serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan, yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, Kevlar, nylon, dan lain-lain. Berikut sifat mekanis dari serat.

Tabel 2.1. Sifat mekanis serat (Horby J *et al.*, 2006)

Fiber	Density (g/cm ³)	Elongation (%)	Tensile Strength (Mpa)	Elastic Modulus (Gpa)
Cotton	1.5-1.6	7.0-8.0	400	5.5-12.6
Jute	1.3	1.5-1.8	393-773	26.5
Flax	1.5	2.7-3.2	500-1500	27.6
Hemp	1.47	2-4	6900	70
Kenap	1.47	1.6	930	53
Ramie	-	3.6-3.8	400-938	61.4-128
Sisal	1.5	2.0-2.5	511-635	9.4-22

Coir	1.2	30.0	593	4.0-6.0
Softwood Kraft Pulp	1.5	4.4	1000	40.0
E-glass	2.5	0.5	2000-3500	70.0
S-glass	2.5	2.8	4570	86.0
Aramid (std)	1.4	3.3-3.7	300-3150	63.0-67.0
Carbon (Std. PAN Based)	1.4	1.4-1.8	4000	230-240

Serat sintetis atau serat buatan dibagi menjadi 2 bagian yaitu organik dan anorganik. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Klasifikasi Serat sintetis

2.3 Material Komposit dan Jenisnya

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material penyusun sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki sifat mekanik dan kekakuan jenis (modulus Young/density) (Schwartz,1984). Mike Ashby (1998) menyebutkan bahwa kekuatan material komposit telah dapat mencapai diatas 1000 MPa dan melebihi kekuatan beberapa material dari bahan logam sehingga komposit menjadi pilihan utama dalam pengembangan produk karena memiliki nilai kekuatan yang tinggi dan keunggulan lain seperti ringan dan tahan korosi (Turnip, 2010).

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu:

1. *Fibrous Composites* (Komposit Serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.
2. *Laminated Composites* (Komposit Laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
3. *Particulalate Composites* (Komposit Partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya (Schwartz,1984)

2.4. Material Penyusun Komposit

Penyusun komposit terdiri dari matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), fiber sebagai penguat (penahan beban utama), interfasa (pelekatan antar dua penyusun) dan interface (permukaan fasa yang berbatasan dengan fasa lain).

Matrik dan fiber adalah bahan pembentuk material komposit dimana fiber sangat berperan dalam memberikan kekuatan dan kekakuan komposit. Namun

aspek lain yang menjadi sumber kekuatan komposit di dapat dari matrik yang memberikan ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan terhadap tegangan geser dan mampu mendistribusikan beban (Turnip, 2010).

2.2.1 Matriks

Matrik dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu termoplastik dan termoset. Beberapa jenis matrik polimer termoset yang sering digunakan ialah polyester, epoxy, phenolics, dan polyamids, sedangkan yang termasuk jenis matrik polimer termoplast adalah polyethylene, polypropylene, nilon, polycarbonate, dan polyether-ether keton.

2.2.2 Fiber

Fungsi utama fiber penguat adalah menaikkan kekuatan dan kekakuan komposit sehingga didapatkan material yang kuat dan ringan (Turnip, 2010). Ada beberapa jenis fiber diantaranya adalah Fiber glass, Karbon Fiber dan aramid fiber

2.5 Partikel

Ukuran partikel yang digunakan sangatlah bervariasi dari skala mikroskopis sampai makroskopis. Distribusi partikel didalam matrik komposit tersusun secara random, sehingga komposisi yang dihasilkan mempunyai sifat isotrope. Keberadaan partikel pada matrik, akan menjadikan matrik menjadi lebih keras dan menghambat gerakan diskolaso yang akan timbul.

Dalam pembuatan komposit partikel ada tiga jenis partikel yang dapat digunakan yaitu partikel logam, partikel no-logam, dan partikel keramik. Penggunaan partikel dalam komposit dapat berupa bahan organik atau anorganik. Ada beberapa kemungkinan kombinasi yang dapat dilakukan yaitu:

1. Nonmetalli in nonmetallic composites

Pada jenis ini partikel dan matrik yang digunakan berasal dari bahan baku logam. Contohnya beton, beton ini tersusun dari pasir, kerikil, semen dan air yang dicampur dengan takarannya yang setelah itu bereaksi secara kimia lalu hasilnya mengeras setelah kering.

2. Metallic in nonmetallic composite

Komposit ini tersusun tersusun oleh partikel logam. Contoh bahan ini adalah serbuk logam yang dicampurkan dengan resin thermoset, komposit ini sangat kuat dan keras dan memiliki kemampuan menahan panas yang baik. Karena itu bahan ini banyak digunakan dalam bidang elektrik.

3. Metallic in metallic composites

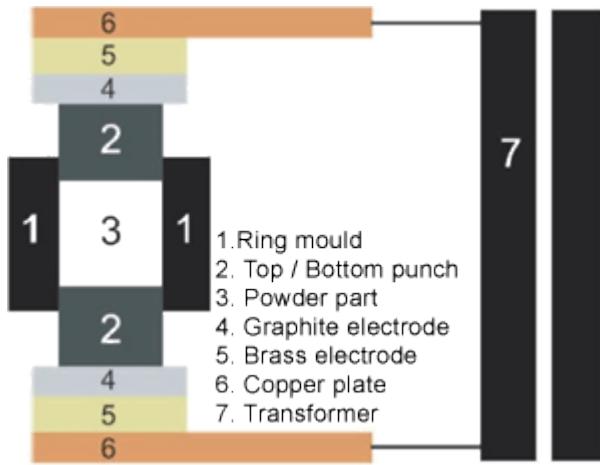
Jenis ini masih sangat jarang digunakan, namun hasil yang diharapkan dari paduan ini adalah adanya keunggulan-keunggulan tertentu.

4. Nonmetallic in metallic composites

Pada jenis ini partikel non logam seperti keramik dimasukkan kedalam matrik logam. Kemudian dari campuran ini biasanya menghasilkan csrmet. Carmet sangatlah berguna untuk alat potong yang tahan terhadap temperatur yang cukup tinggi (Saputra. 2017).

2.6 Fabrikasi/Pembuatan Komposit

Fabrikasi menurut Schreyer (2009) dalam Putra (2017) adalah proses penyusunan material – material menjadi satu kesatuan dengan aturan yang mengacu pada standar tertentu. Dalam hal ini proses fabrikasi komposit mengacu pada *American society for testing and materials* (ASTM). Proses fabrikasi komposit digolongkan berdasarkan polimer yang digunakan, *thermoset* dan *thermoplastic*. Proses fabrikasi tipe polimer *thermoplastics* menggunakan mesin hidrolik press panas dengan system *field assisted sintering technique direct hot pressing* (FAST-DHP). FAST-DHP adalah proses pemanasan menggunakan arus listrik. Bagian heater (brass electrode) dapat langsung bersentuhan dengan molding (powder part), yang dilengakapi dengan pengatur panas (transformator), sehingga transversal panas pada molding bias dipantau dan lebih efisien (Putra, 2017).



Gambar 2.3 Skema sistem FAST-DHP (Fristsch, 2009)

2.7 Kekuatan Tarik

Shackelford (1992) dalam Amin (2012) menyatakan bahwa Kekuatan tarik komposit sangat tergantung pada seberapa besar perbandingan antara serat sebagai penguat dan matrik yang dipergunakan. Perbandingan ini sering disebut sebagai fraksi volume serat (V_f) dan fraksi berat serat (W_f). Akan tetapi kebanyakan digunakan fraksi volume serat dengan pertimbangan yang berpengaruh dalam kekuatan tarik adalah luas penampang serat bukan berat serat. Fraksi volume serat dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_f = \frac{W_f / \rho_f}{W_f / \rho_f + W_m / V_m} \quad (1)$$

Analisis kekuatan komposit banyak dilakukan dengan mengasumsikan ikatan antara serat dan matrik adalah solid tanpa adanya geseran dan dianggap deformasi serat dan matrik adalah sama. Sehingga kekuatan tarik komposit dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Regangan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (3)$$

Berdasarkan kurva $\sigma - \varepsilon$ dapat dicari modulus elastisitas dengan menggunakan rumus:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad (4)$$

2.8 Kekuatan Tarik Serat Tunggal

Kekuatan Tarik Serat Tunggal (*Single Fiber Tensile Strength*) bertujuan Untuk menghitung Kekuatan tarik serat sehingga dapat dianalisa kemampuan kekuatan mekanik komposit (korelasi terhadap matriks) dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (5)$$

dimana:

σ = Kekuatan tarik (Pa)

F = Beban untuk memutuskan serat (N)

A = Luas serat rata-rata (m^2)

Luasan serat rata-rata dicari menggunakan persamaan:

$$A = \frac{\sum a_f \times 10^6}{N(M_f)^2} \quad (6)$$

dimana:

A = Luas serat rata-rata (m^2)

a_f = Luas satu daerah serat (m^2)

N = Jumlah pengamatan serat

M_f = Faktor skala mikroskop

(Nugraha, 2011)

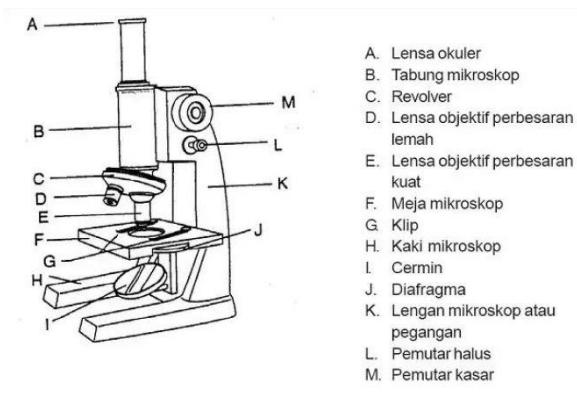
2.9 Instrumen Analisis

Proses karakterisasi serat dan komposit menggunakan alat bantu tambahan dikarenakan objek yang diamati berukuran mikro (μm) yang tidak bisa dilihat dengan mata telanjang.

1. Mikroskop optik

Mikroskop merupakan salah satu alat yang penting pada kegiatan laboratorium sains. Mikroskop merupakan alat bantu yang memungkinkan kita dapat mengamati obyek yang berukuran sangat kecil (mikroskopis).

Mikroskop monokuler hanya mempunyai satu lensa okuler sedangkan mikroskop binokuler mempunyai 2 lensa okuler yang dapat digunakan oleh kedua mata secara bersamaan (Suyitno, et all, 2013). Berikut bagian-bagian dari mikroskop.



Gambar 2. 4 Bagian mikroskop (Suyitno, et all, 2013)

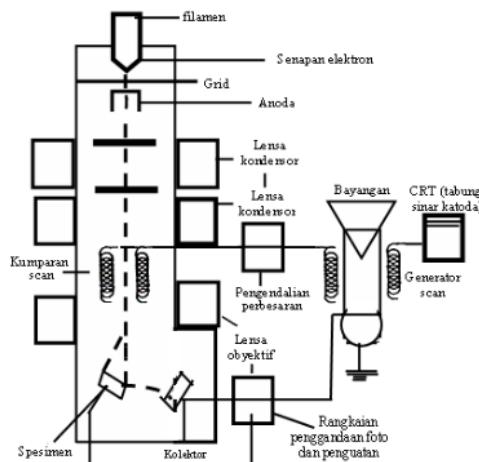
2. Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran $10 - 3.000.000$ kali, depth of field $4 - 0.4$ mm dan resolusi sebesar $1 - 10$ nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, depth of field yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri (Prasetyo, 2011 dalam Farikhin 2016).

Adapun Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut :

- a) Electron gun menghasilkan electron beam dari filamen. Pada umumnya electron gun yang digunakan adalah tungsten hairpin gun dengan filamen berupa lilitan tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.

- b) Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
- c) Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
- d) Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan elektron, baik Secondary Electron (SE) atau Back Scattered Electron (BSE) dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor CRT.



Gambar 2.5 Skema dasar SEM (Sumber: Farikhin, 2016).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah studi eksperimental dengan melakukan pendekatan penelitian secara kualitatif. Hasil penelitian dideskripsikan dari hubungan antara komposisi matriks *polyester* dan *filler* partikel cangkang kerang simpung - serat *E-glass* terhadap kekuatan tarik komposit hibrida.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Mei-September 2021 di Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, yaitu di laboratorium Riset Fisika dan Material yang beralamatkan di Jalan Gajayana No.50 Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

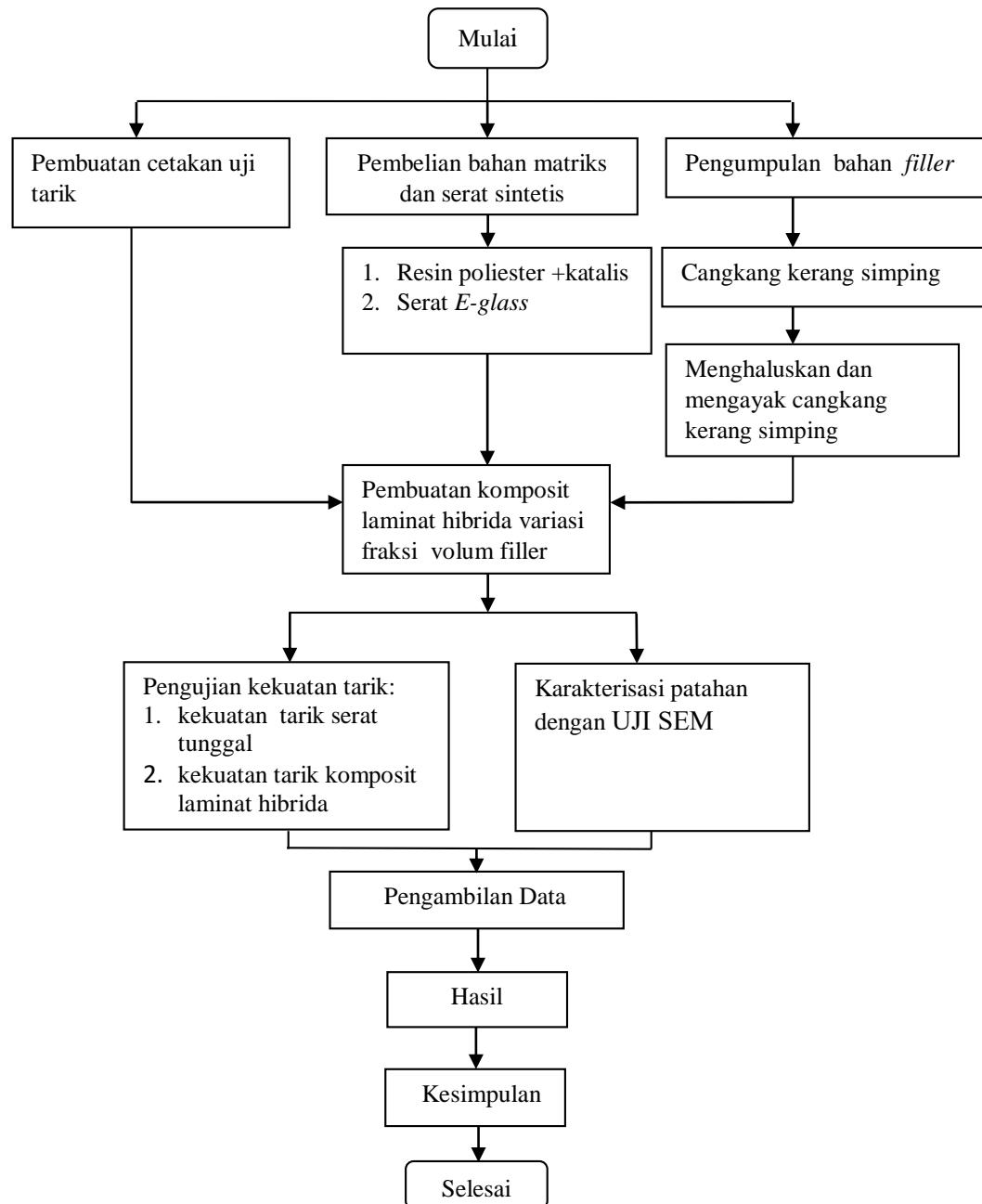
- | | |
|--|-------------------|
| 1. Cup plastic | 14. Masker |
| 2. Ayakan 100 mesh (0.149 mm) | 15. Sarung Tangan |
| 3. Pengaduk | 16. Suntikan |
| 4. Pipet tetes | 17. Jangka sorong |
| 5. Pipet volum 1 ml | |
| 6. Penumbuk batu | |
| 7. Blender listrik | |
| 8. Bak air | |
| 9. Kuas | |
| 10. Mikrometer | |
| 11. Neraca analitik | |
| 12. UTM Liyi | |
| 13. Scanning Electron Microscope (SEM) | |

3.4.2 Bahan

- | |
|----------------------------|
| 1. Resin polyester |
| 2. Katalis |
| 3. Serat E-Glass |
| 4. Cangkang kerang simpung |
| 5. Mirror glazes |
| 6. Air |
| 7. Kaca untuk cetakan |

3.4 Skema Penelitian

Skema pelaksanaan penelitian mengikuti diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir skema penelitian.

3.5 Pembuatan Komposit Hibrida

- Langkah pembuatan partikel cangkang kerang simping

1. Cangkang kerang simping dikumpulkan, lalu dibersihkan dari kotoran dengan cara direndam selama 6 jam dengan larutan sabun dan disikat.
2. Cangkang kerang simping yang sudah bersih dijemur selama 1 sampai 2 jam.
3. Cangkang yang sudah kering kemudian direndam dalam larutan NaOH (alkalisasi) selama 2 jam. Setelah itu dibilas dengan air sampai bersih.
4. Cangkang kerang simping ditumbuk menggunakan mortar dan alu hingga pecah, lalu dihaluskan dengan blender listrik hingga menjadi serbuk.
5. Serbuk diayak dengan ukuran 100 mesh untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan.

B. Langkah pembuatan spesimen

Sebelum memasuki proses pencetakan komposit laminat hibrida, perlu dilakukan

perhitungan massa *filler* partikel cangkang kerang simping dan serat *E-Glass* dan matriks *polyester*. Perbandingan fraksi volume *filler* dan matriks 30:70 dengan variasi perbandingan fraksi volume *filler* partikel cangkang kerang simping dan serat *E-Glass* 10:20, 15:15, dan 20:10. Adapun langkah pembuatan spesimen adalah sebagai berikut:

1. Serat *E-Glass* dipersiapkan dan dipotong dengan ukuran 10 mm.
2. Resin, katalis, serat *E-glass* dan serbuk cangkang kerang simping diukur sesuai volume yang dibutuhkan.
3. Ketiga bahan dicampur (resin, katalis, serbuk cangkang kerang simping) dan diaduk secara merata. Usahakan jangan sampai ada gelembung atau void yang terjebak saat pengadukan.
4. Cetakan dilumasi dengan *release agent* atau *body lotion* sebagai bahan pelepasannya.
5. Pembuatan komposit hibrida menggunakan metode laminat atau *layer*, adonan komposit dituang ke dalam cetakan ukuran 17 cm x 2 cm dengan jumlah 13 lapis dan jumlah serat *E-Glass* dibagi menjadi 12

bagian, dimasukkan kedalam cetakan secara bergantian agar matriks dan serat bercampur secara merata. Jangan ada gelembung yang terjebak dalam adonan saat proses pengeringan karena akan menurunkan sifat mekanis.

6. Tunggu hingga kering lalu sampel dihaluskan dan siap dilakukan pengujian.

3.6 Uji Tarik Serat Tunggal

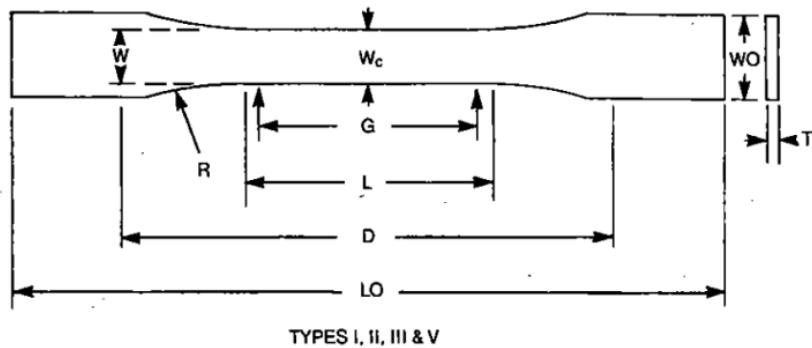
Langkah – langkah proses uji tarik serat tunggal diantaranya sebagai berikut :

- a) Siapkan serat dengan panjang minimal 100 mm.
- b) Siapkan kertas karton sebagai alat bantu uji tarik yang mengacu pada ASTM D3379-75
- c) Serat diletakkan diantara kertas kemudian ujung serat direkatkan pada kertas karton dengan lem perekat, sehingga beban tarik hanya ditahan oleh serat dan lembaran penahan hanya berfungsi menahan serat agar tidak slip dengan penjepitnya.
- d) Jepit setiap ujung kertas pada cekam mesin uji tarik serat tunggal, tegangkan kertas karton setelah itu lembaran penahan serat dipotong agar beban tarik hanya ditahan oleh serat saja.
- e) Setelah siap, lakukan pengujian serat tunggal menggunakan alat UTM

3.7 Uji Tarik Komposit Hibrida

Alat yang digunakan pada pengujian tarik komposit hibrida adalah UTM (*Universal Tester Machine*) merk LIYI. Dimensi dan bentuk sampel uji tarik komposit yang digunakan adalah berdasarkan standar ASTM (*American Standard Testing and Material*) D368-02 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Setelah papan komposit sudah terbentuk sesuai dengan standar maka haluskan permukaan spesimen yang masih kasar menggunakan amplas. Semua

spesimen diberi tanda dan nomor spesimen untuk membedakan masing-masing spesimen kemudian dilakukan uji tarik komposit hibrida.



Gambar 3.2 Model spesimen ASTM D368-02 tipe I, II, III, dan IV (ASTM D368-02).

Tabel 3.1 Standar ukuran spesimen pengujian kekuatan tarik (ASTM D368-02)

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl		4 (0.16) or under	Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV ^B	Type V ^{C,D}	
W—Width of narrow section ^{E,F}	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	$\pm 0.5 (\pm 0.02)^{B,C}$
L—Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	$\pm 0.5 (\pm 0.02)^C$
W _O —Width overall, min ^G	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)
W _O —Width overall, min ^G	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
LO—Length overall, min ^H	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)
G—Gage length ^I	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	$\pm 0.25 (\pm 0.010)^C$
G—Gage length ^I	...	...	...	25 (1.00)	...	$\pm 0.13 (\pm 0.005)$
D—Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) ^J	25.4 (1.0)	$\pm 5 (\pm 0.2)$
R—Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	$\pm 1 (\pm 0.04)^C$
RO—Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	$\pm 1 (\pm 0.04)$

3.8 Karakterisasi Komposit Hibrida

Karakterisasi komposit dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yaitu dengan mengamati struktur patahan hasil uji tarik. Setelah mendapatkan data hasil dari pengujian, dilanjutkan dengan pengolahan data dengan menghitung karakteristik kekuatan tarik, regangan tarik, modulus tarik, dan karakterisasi penampang patahan. Hasil pengujian kemudian dibuat plot grafik hubungan antara fraksi volum *filler* dan nilai-nilai hasil pengujian guna menarik kesimpulan.

3.9 Alokasi Waktu Penelitian

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

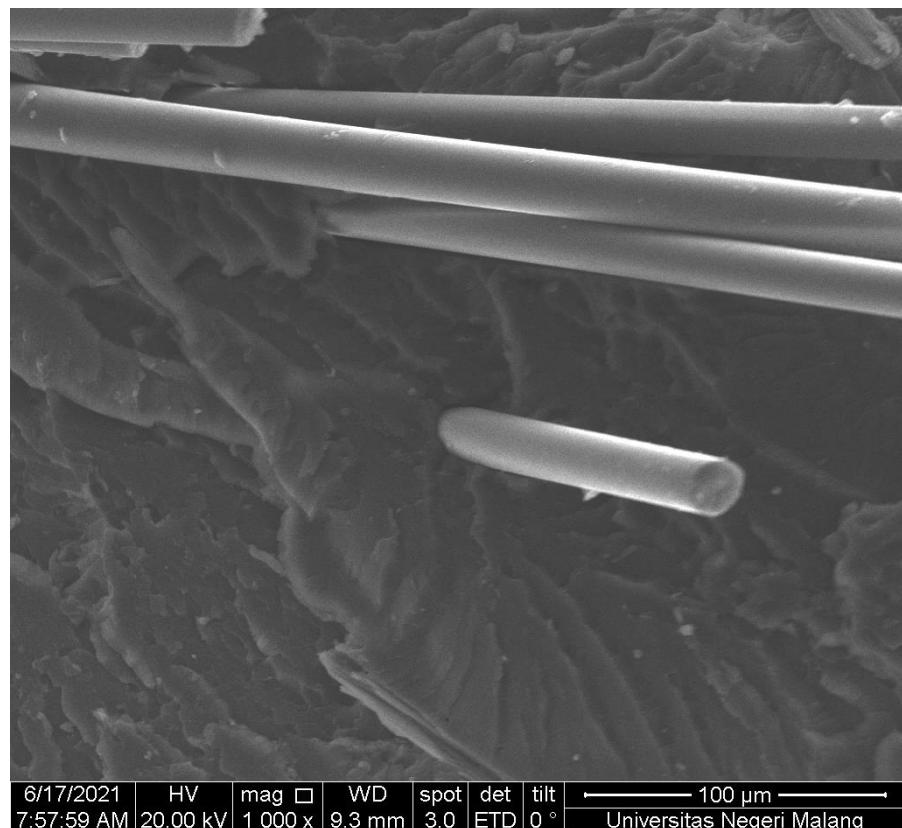
Kegiatan	2021						
	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
Overview Proposal	x						
Pengumpulan bahan		x					
Pembuatan cetakan sampel		x					
Preparasi sampel			x	x			
Pembuatan sampel uji				x			
Pengujian sifat kekuatan tarik					x		
Karakterisasi komposit hibrida					x		
Pengumpulan dan analisis data						x	
Penulisan laporan							x
Submit publikasi artikel							x

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Struktur permukaan patahan

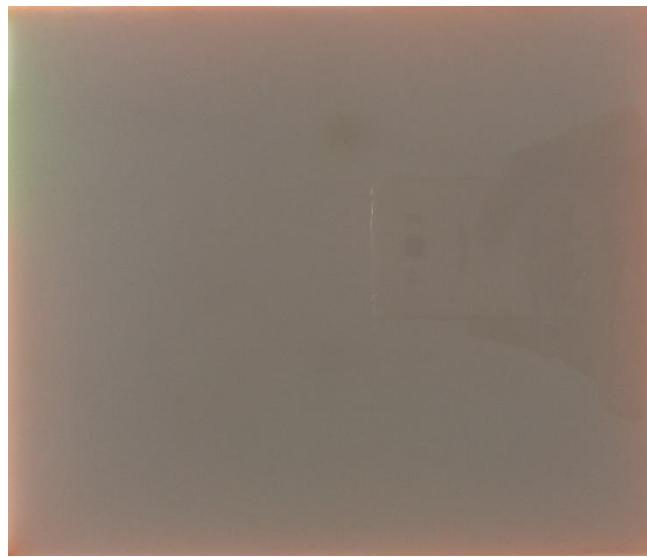
Permukaan patahan komposit seperti yang ditunjukkan gambar 4.1 berdasarkan hasil uji SEM dengan perbesan 1000x menunjukkan struktur mikro pada pengujian tarik yang terdiri dari matrik dan serat *E-Glass* yang ada pada komposit.



Gambar 4.1 Serat *E-Glass*

4.2 Karakterisasi komposit hibrida

Papan komposit hibrida yang ditunjukkan pada gambar 4.2 memiliki tiga parameter masing-masing parameter memiliki 5 spesimen yang telah dibuat dan dibentuk atau dipotong menjadi spesimen uji tarik komposit berdasarkan ASTM D368-02.



Gambar 4.2 Papan komposit hibrida



Gambar 4.3 Spesimen uji tarik

4.3 Hasil pengujian komposit hibrida

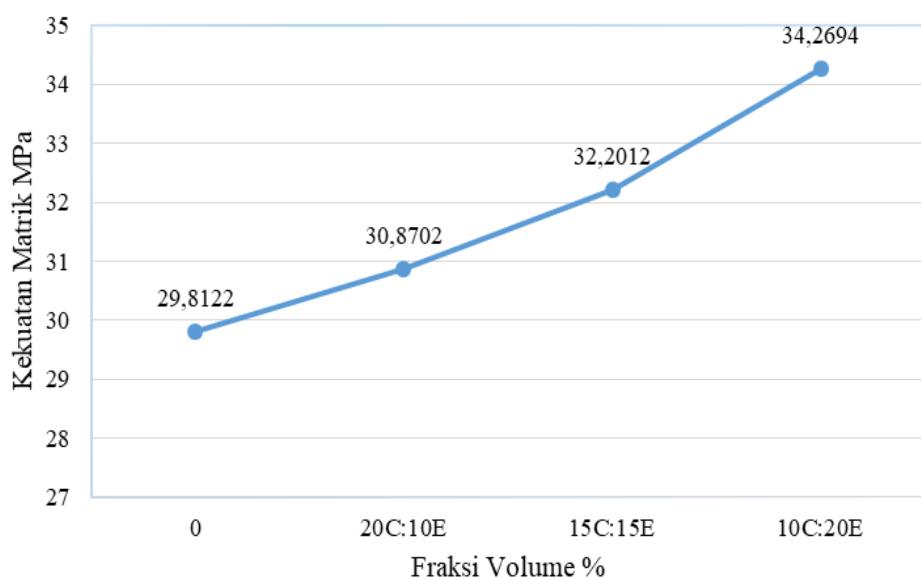
Hasil pengujian komposit hibrida menghasilkan tiga parameter kekuatan mekanik yaitu kekuatan tarik komposit hibrida, regangan tarik (*strain*) komposit dan modulus elastisitas tarik komposit hibrida.

1. Kekuatan tarik komposit

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik menggunakan alat uji tarik didapatkan nilai kekuatan tarik komposit hibrida seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil kekuatan uji tarik komposit hibrida

Fraksi Volume Serat %	Tensile Stress (MPa)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
0	29,117	30,432	30,401	30,512	28,599	29,8122
10C:20E	34,687	34,943	33,937	33,94	33,84	34,2694
15C:15E	32,788	31,33	31,046	31,934	33,908	32,2012
20C:10E	30,002	31,978	31,959	31,143	29,269	30,8702



Gambar 4.4 Grafik Hubungan kekuatan tarik terhadap fraksi volume serat

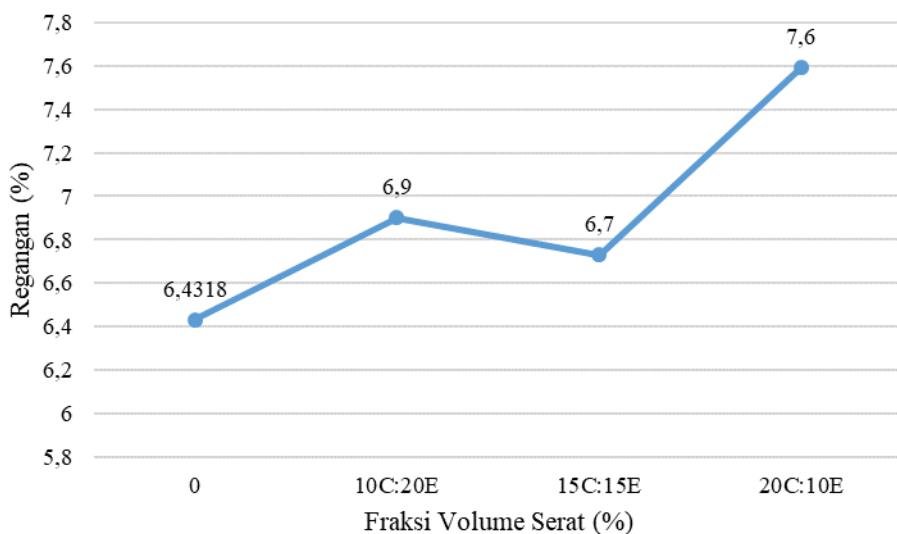
Grafik pada gambar 4.1 adalah hubungan kekuatan tarik terhadap volume serat *E-Glass* yang menunjukkan adanya peningkatan setiap bertambahnya volume serat *E-Glass* dari perbandingan 10%, 15% dan 20% komposit hibrida dengan luas penampang spesimen (A) rata-rata 45 mm^2 dengan beban sebesar 149 kgf yaitu 30,870 MPa, 32,201 MPa dan 34,269. Hasil ini menunjukkan pengaruh serat *E-Glass* terhadap kekuatan tarik sebagai penguat komposit hibrida karena adanya ikatan yang kuat antara serat *E-Glass* dengan matriks dan serat disini juga berfungsi sebagai penopang kekuatan dari komposit karena tegangan yang dikenakan pada komposit awalnya diterima oleh matrik dan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum (Nayir, 2013).

2. Regangan Tarik Komposit Hibrida

Nilai regangan tarik komposit hibrida didapatkan setelah dilakukan uji menggunakan alat uji tarik seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Regangan tarik komposit hibrida

No	Fraksi Volume Serat E-Glass	Strain (%)
1	0	6,43
2	10C:20E	6,89
3	15C:15E	6,73
4	20C:10E	7,59



Gambar 4.5. Grafik Hubungan antara nilai regangan dengan fraksi volume serat

Gambar 4.5 menunjukkan nilai rata-rata regangan tarik cenderung mengalami peningkatan dengan fraksi volume serat sebesar 10C:20E, 15C:15E dan meningkat pada fraksi volume 20C:10E. Pada fraksi volume mengalami penurunan tetapi masih lebih tinggi nilainya jika dibandingkan dengan nilai regangan sampel uji resin murni tanpa filler dan serat. Penurunan nilai regangan ini dikarenakan sampel mengalami deformasi sebelum daerah plastis.

3. Modulus Elastisitas Komposit Hibrida

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengolahan data nilai modulus elastisitas tarik komposit hibrida berdasarkan persamaan:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

Dimana:

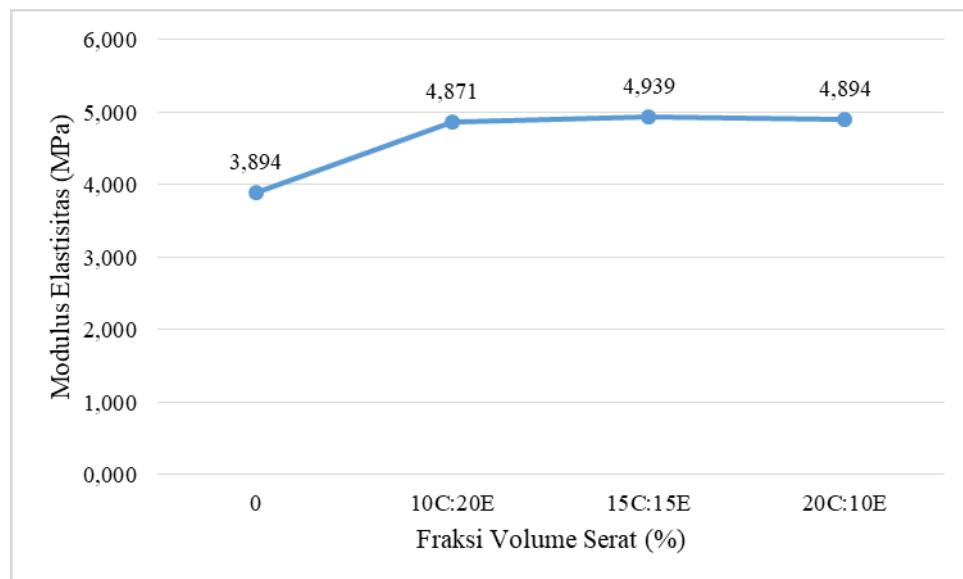
E = Modulus elastisitas (MPa)

$\Delta\sigma$ = Kekuatan tarik (MPa)

$\Delta\varepsilon$ = Regangan

Tabel 4.3 Data modulus elastisitas komposit hibrida

No	Fraksi Volume (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
1	0	3,894
2	10C:20E	4,871
3	15C:15E	4,939
4	20C:10E	4,894



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara Modulus Elastisitas dengan Fraksi volume serat *E-Glass*

Berdasarkan grafik hubungan antara modulus elastisitas dan fraksi volume serat *E-Glass* seperti yang ditunjukkan gambar 4.6 menunjukkan bahwa pada 0% sebesar 3,89 MPa, variasi 10C:20E memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 4,87 MPa, perbandingan 15C:15E mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 4,94 MPa, dan perbandingan 20C:10E

mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 4,89 MPa. Dengan semakin banyaknya volume serat *E-Glass* menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas komposit hibrida dengan perbandingan variasi fraksi volume 10C:20E, 15C:15E dan 20C:10:E stabil hal ini disebabkan karena persebaran komposisi *filler* dan serat yang merata.

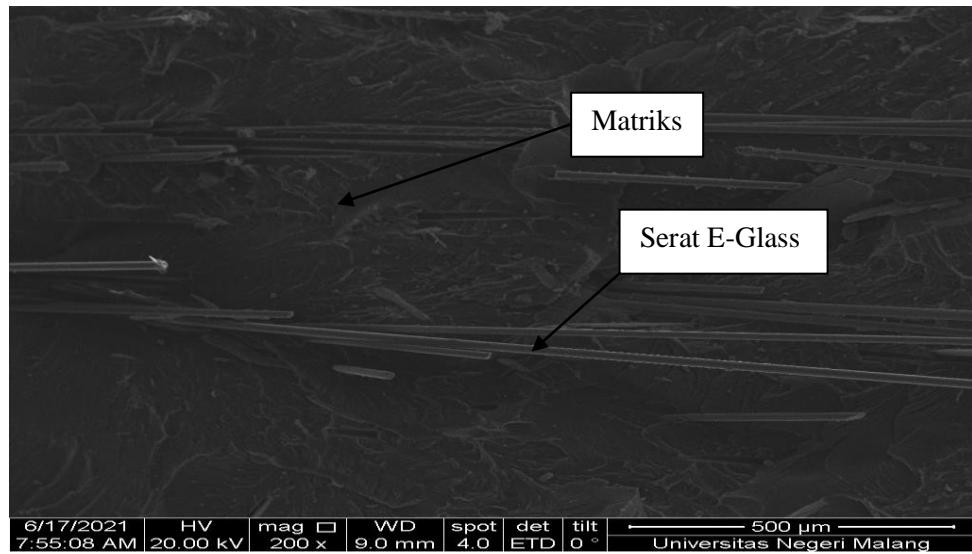
4.4 Analisi struktur patahan

Analisis struktur patahan dengan Uji SEM bertujuan untuk mempelajari morfologi struktur ikatan antara serat dengan matriks, sehingga dapat diketahui penyebab terjadinya penurunan atau kenaikan mekanik pada komposit. Sampel yang dilakukan uji adalah bagian patahan hasil uji tarik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7.

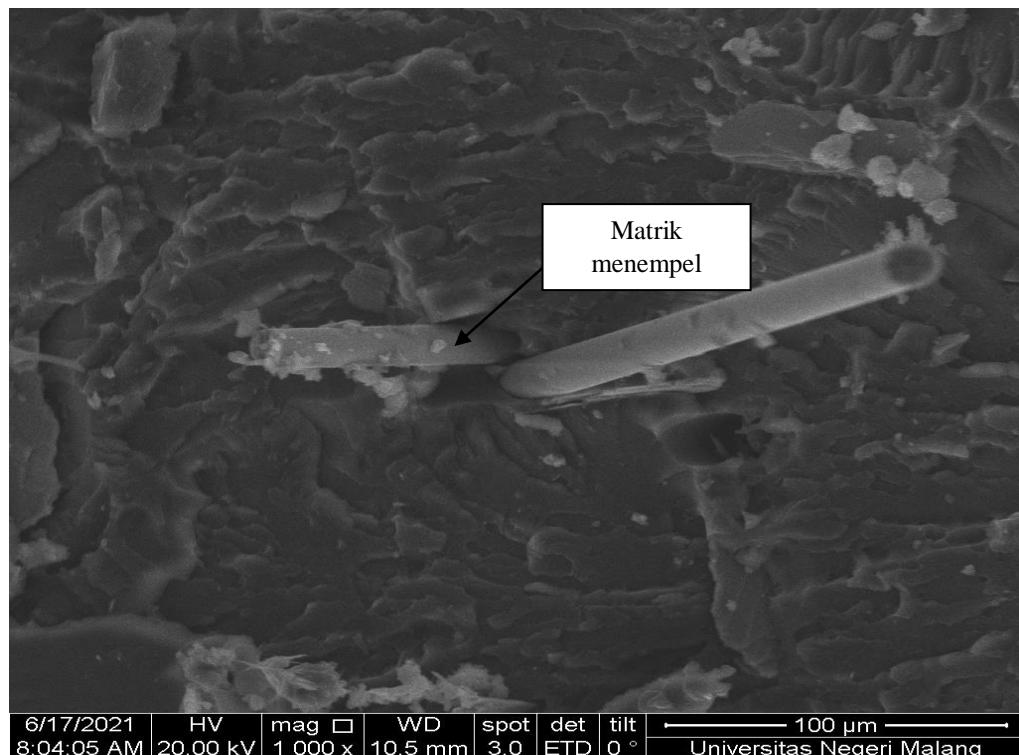


Gambar 4.7 Hasil uji tarik komposit (a) setelah dilakukan uji tarik, (b) permukaan patahan hasil uji tarik

Ikatan antara matrik dengan serat memiliki peran penting dalam menentukan sifat mekanik dan sifat fisis komposit hibrida. Menurut widodo (2008) dalam Bale (2020) Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum (Bale, 2020). Semakin tinggi ikatan antar matriks dengan serat semakin tinggi pula kekuatan mekanik dan fisiknya. Berikut hasil foto permukaan patahan berdasarkan hasil Uji SEM dengan perbesaran 200x.



Gambar 4.8 Foto permukaan patahan komposit hibrida



Gambar 4.9 Bentuk patahan serat E-Glass

Foto morfologi (Gambar 4.8) berdasarkan hasil Uji SEM menggunakan perbesaran 200x skala 500 μ m menunjukkan patahan struktur makro komposit hibrida setelah dilakukan uji tarik yang terdiri dari serat *E-Glass*, matriks *polypropylene* dan serbuk cangkang. Dari hasil Uji SEM menunjukkan bahwa

distribusi serat *E-Glass* tidak merata karena pada proses pencampuran serat terjadi secara tidak sempurna serta metode yang dilakukan masih manual (*hand lay up*).

Gambar 4.9 merupakan bentuk patahan serat *E-Glass* yang terlihat adanya matrik yang menempel dipermukaan serat *E-Glass* hal ini menunjukkan bahwa adanya ikatan pada matrik yang membuat kekuatan mekanik komposit hibrida menjadi tinggi. Ada faktor lain yang menyebabkan menurunnya kekuatan mekanik komposit yaitu adanya udara yang terjebak pada matrik (*mikro void*) yang disebabkan karena pada proses pembuatan komposit dilakukan secara manual dan cetakan komposit tidak vakum.

4.5 Pembahasan

Hasil pengujian komposit hibrida didapatkan tiga parameter uji yaitu kekuatan tarik, regangan tarik (strain) dan Modulus elastisitas. Kekuatan tarik komposit hibrida yang telah dilakukan dengan memanfaatkan serbuk cangkang kerang simping dan serat *E-Glass* didapatkan nilai kekuatan tarik komposit tertinggi pada fraksi volume serat *E-Glass* dengan perbandingan 10C:20E sebesar 34,26 MPa, regangan (*strain*) sebesar 7,59 % pada fraksi volume serat dan *E-Glass* 20C:10E dan modulus elastisitas sebesar 4,93 MPa pada fraksi Volume 15C:15E. Jika dibandingkan dengan hasil uji resin poliester nilai kekuatan tarik yang dihasilkan lebih rendah dari hasil komposit hibrida yaitu 29,81 MPa, hal ini menunjukkan bahwa komposisi *filler* dan serat sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis dari suatu komposit. Penelitian yang dilakukan oleh Mufidun (2016) komposit dengan matriks poliester dan *filler* cangkang kerang simping sebagai bahan dasar pembuatan papan komposit diperoleh nilai kekuatan tarik sebesar 1,322 MPa dan keteguhan lentur 132,84 MPa pada fraksi volume partikel 40% dengan ukuran partikel 100 mesh. Hal ini membuktikan bahwa penambahan serat *E-Glass* sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit hibrida.

Pemanfaatan kerang untuk meningkatkan kekuatan komposit dalam penelitian ini yang diambil dari limbah hasil laut merupakan anugrah yang diberikan Allah kepada mahluknya. Lautan merupakan badan perairan terbesar yang menutupi permukaan bumi. Bahkan lautan menempati 70% permukaan

bumi. Badan perairan tersebut menyimpan sebagian besar kebutuhan makhluk hidup terutama manusia. Mulai dari kebutuhan pangan yang merupakan kebutuhan dasar manusia dan makhluk hidup lainnya, kebutuhan energi seperti minyak dan gelombang, perhiasan dan berbagai macam bahan dasar lainnya. Oleh karenanya laut menjadi bagian penting dalam menunjang kelangsungan hidup manusia. Al-Qur'an yang menjadi pedoman hidup manusia telah memberikan pesannya untuk memanfaatkan laut demi kebutuhan hidup manusia. Sebagaimana Firman Allah dalam surah An Nahl ayat 14:

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيقًا وَتَسْتَخِرُ جُوًّا مِنْهُ حِلْيَةً
تَلْبِسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاطِرَ فِيهِ وَلِتَبَتَّغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ

تَشْكُرُونَ

Artinya: *Dan Dia-lah, Allah yang menundukkan lautan (untukmu) agar kamu dapat memakan dari padanya daging yang segar (ikan), dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai; dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya, dan supaya kamu bersyukur.* (QS. An-Nahl [16] : 14).

Pesan ayat tersebut ialah *dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai*. Salah satu perhiasan dari laut yang memiliki nilai cukup tinggi ialah mutiara. Mutiara sendiri dihasilkan dari kerang akibat proses pertahanan antibodi kerang dalam merespon benda asing masuk kedalam tubuh. Zat antibodi tersebut bernama *nacre*. Seiring berkembangnya zaman, mutiara bukan hanya dicari namun dapat diproduksi secara terstruktur, terencana dan tersistem dengan baik dengan memanfaatkan zat nacre dari kerang tersebut. Berbeda dengan emas dan perak yang bahannya terbatas, mutiara dapat diproduksi terus menerus sesuai kemampuan kerang yang digunakan. Kerangnya pun dapat berkembang biak lebih banyak yang mana juga tetap memperhatikan lama waktu yang dibutuhkan. Selain mutiara yang dapat diproduksi di dasar laut juga diperkirakan masih menyimpan emas yang cukup melimpah. Hal ini wajar terjadi dikarenakan 70% permukaan

bumi ialah air, sehingga bagian yang tertutup air sangat sulit diketahui dan cukup menjadi misteri (Alit, 2019).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian adalah:

1. Pembuatan komposit hibrida dengan perbandingan Fraksi volume kerang simping dan serat E-Glass 10:20, 15:15 dan 20:10 diperoleh nilai kekuatan tarik maksimum sebesar 34,2694 MPa pada Fraksi Volume 10:20 . Semakin banyak perbandingan fraksi volume serat pada komposit hibrida nilai kekuatan tarik semakin meningkat
2. Hasil uji SEM struktur permukaan patahan pada uji tarik komposit hibrida menunjukkan bahwa adanya ikatan yang dimiliki oleh serat E-Glass dengan matriks.
3. Partikel cangkang kerang simping dalam komposit berperan membantu matriks untuk menerima beban/tegangan eksternal sehingga meningkatkan kekuatan komposit

5.2 Saran

Berikut saran untuk penelitian lebih lanjut:

1. Pencetakan papan komposit hibrida sebaiknya menggunakan alat yang vacum untuk mengurangi gelembung udara atau void.
2. Penambahan variasi jenis filler untuk meningkatkan kekuatan mekanik komposit.

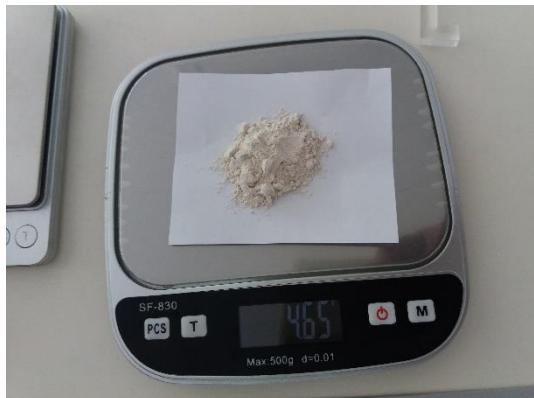
DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., & Raharjo, S. (2012). Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit Serat Rambut Manusia. In Prosiding Seminar Nasional & Internasional (Vol. 1, No. 1)
- Alit, Tiyang. 2019. Pesan Al-Qur'an dalam Pemanfaatan Perikanan dan Kelautan untuk Kesejahteraan Umat Manusia. Jamaah Sholahuddin UGM. 14 Januari 2019. Sumber: <https://js.ugm.ac.id/2019/01/14/pesan-al-quran-dalam-pemanfaatan-perikanan-dan-kelautan-untuk-kesejahteraan-umat-manusia/>. Di akses 13 Oktober 2020 pukul 10.40 WIB
- Bale, J. S., Pell, Y. M., Boimau, K., & Lelu, F. (2020). Analisis Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Chip Daun Gewang Dan Serat Pendek E-Glass. LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU), 7(01), 28-33.
- Boesono, H. (2008). Pengaruh lama perendaman terhadap organisme penempel dan modulus elastisitas pada kayu. Ilmu Kelautan, 13(3), 177-180.
- Dewi, D. A. N. N. (2010). Analisis Bioekonomi untuk Pengelolaan Sumberdaya Kerang Simping (*Amusium plueronectes*) di Kabupaten Batang, Jawa Tengah (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS DIPONEGORO).
- Farikhin, F., Joko Sedyono, S. T., & Eng, M. (2016). Analisa scanning electron microscope komposit polyester dengan filler karbon aktif dan karbon non aktif (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Fahmi, H., & Arifin, N. (2015). Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Resin Epoxy/Serat Glass Dan Serat Daun Nanas Terhadap Ketangguhan. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 4(2).
- Fahmi, H., & Hermansyah, H. (2013). Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 1(2).
- Holbery, J., D. Houston. (2006). Natural Fiber Reinforced Polymer Composite in Automotive Applications : JOM <https://id.wikipedia.org/wiki/Simping>. Di akses 1 Agustus 2019 pukul 10.00 WIB
- <https://tafsirweb.com/7515-quran-surat-luqman-ayat-31.html> Di akses 13 Oktober 2020 pukul 10.30 WIB
- Jarukumjorn, K., & Suppakarn, N. (2009). Effect of glass fiber hybridization on properties of sisal fiber–polypropylene composites. *Composites Part B: Engineering*, 40(7), 623-627.
- Mufidun, A. (2016). Pengaruh variasi komposisi dan ukuran filler serbuk cangkang kerang simping (*Placuna placenta*) pada matriks poliester terhadap sifat

- sis dan mekanis papan komposit (Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Musthofa, M.H. 2008. Distribusi Kerang Simping, Placuna Placenta (Linnaeus, 1758) Di Perairan Kronjo Kabupaten Tangerang Banten [Skripsi]. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor (<https://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/5291/C08mh.pdf?sequence=4&isAllowed=y>)
- Nayir, N. (2013). Teknologi Material Komposit. <http://nurun.lecturer.uin-malang.ac.id/wp-content/uploads/sites/7/2013/03/Material-Komposit.pdf>
- Nugraha, I. N. P. (2011). Pengaruh Perlakuan Kimia Serat Alam Ramie Terhadap Kekuatan Tarik Serat Tunggal. Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, 8(2).
- Nurdina, A. (2016). Preparasi Dan Karakterisasi Limbah Biomaterial Cangkang Kerang Simping (Amusium Pleuronectes) Dari Daerah Teluk Lampung Sebagai Bahan Dasar Biokeramik. (Skripsi, Universitas Lampung) tersedia di <http://digilib.unila.ac.id/23677/2/SKRIPSI%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN.pdf>
- Pagcatipunan, R.N, Turtell dan J. Silaen. 1981. A Preliminary survey of development potential of shellfish farming in indonesia. FAO project: Prparartory assistance in seafarming.
- Rahman, A. (2015). Penggunaan Motor Servo Sebagai Pengatur Fokus Pada Mikroskop Refleksi Digital Berbasis Modul Mikrokontroler Arduino Uno (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Saputra, A. T. E. (2017). Sifat Mekanik Komposit Partikel Cangkang Kerang Darah Bermatriks Poliester Justus 108 Menggunakan Fraksi Volume 10%, 20% Dan 30% Skripsi.
- Sari, D. Y. (2015). Pembuatan Komposit Dari Serat Tandan Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis) Menggunakan Penguat Serat Recycled Polypropylene (Rpp) Dengan Variasi
- Schwartz, M.M. (1984). Composite Material Handbook, Singapura: Mc Graw-Hill
- Schreyer, P. (2009). Direct Hot-pressing Makes Sintering of Near-net-shape Parts Quick and Easy. In CFI. Ceramic forum international (Vol. 86, No. 4). Göller.
- Shackelford, 1992, Introduction to Materials cience for Engineer, Third Edition, MacMillan Publishing CoMPany, New York, USA. 1992.
- Suyitno, et all., 2013. Bagian Bagian Mikroskop dan Fungsinya Beserta Gambarnya, Terlengkap. <https://salamadian.com/bagian-bagian-mikroskop/>. Di akses 5 Agustus 2019:08.52

- Swennen, C. R. D. 2001. The Molluscs of The Southern Gulf of Thailand. *Thai Studies in Biodiversity*. Bangkok, Thailand. No. 4. pp 141-148.
- Wipranata, B. I., & Leman, S. (2009). Meningkatkan Peran seni Kriya Kerang dan siput pada sektor Industri Kreatif di Indonesia. In Prosiding Seminar Molusca (Vol. 2, pp. 15-19).

LAMPIRAN



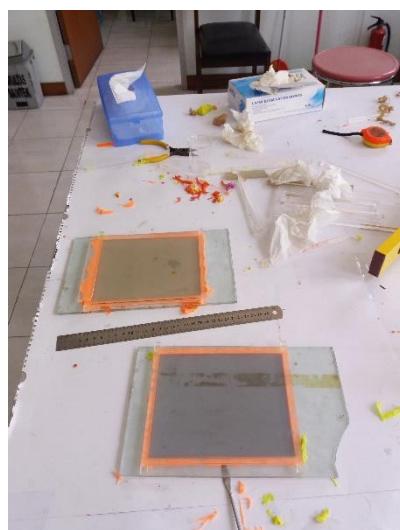
Menimbang serbuk kerang simping



Resin



Proses pembuatan sampel



Cetak sampel



Sampel Komposit Hibrida



Pengujian sampel dengan UJI TARIK

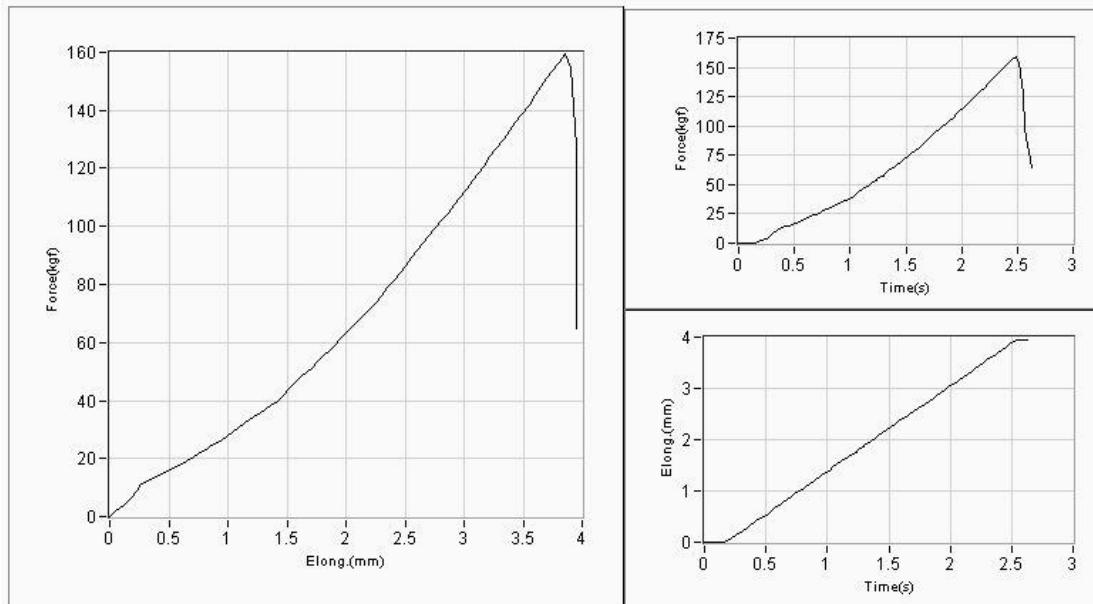


Patahan sampel komposit

XXXXXX Electric Technology

Tensile Test Report

Customer Name	KUSAIRI UIN MALANG	Test Date	1/9/2020 3:23:27 PM
Operator	NURUN NAYIROH	Test Standard	10C20E(1)
Test Speed	100.000mm/min	Gauge Length	50.000mm

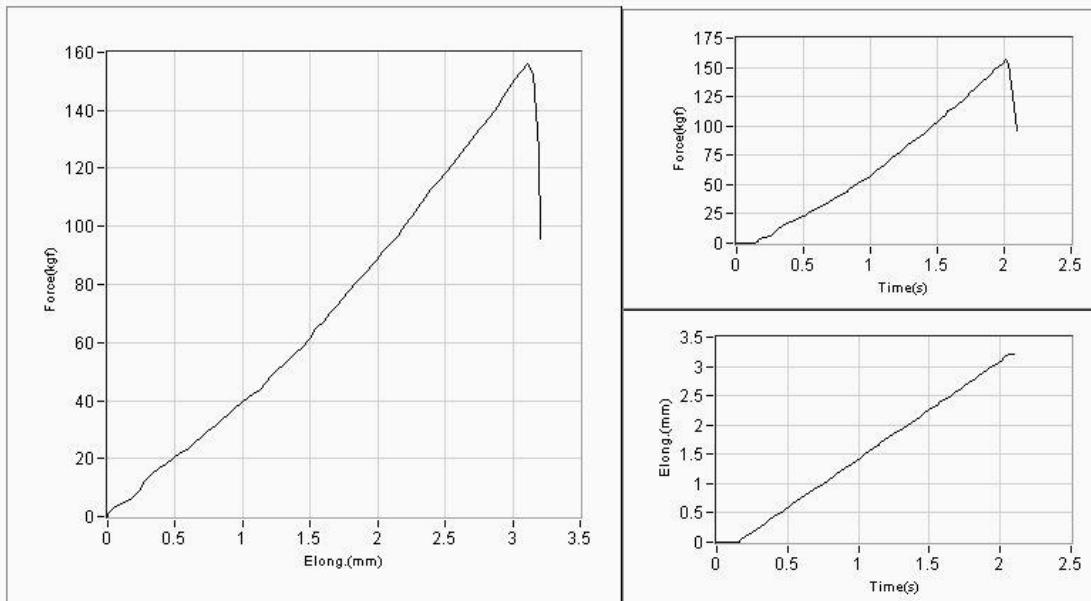


No.	Force @ Peak (kgf)	Tensile Stress (MPa)	Elong. @ Peak (mm)	Elongation percentage @ peak (%)	Area (mm ²)	GaugeLength/LoadSpan (mm)
1	159.700	34.687	3.854	7.708	45.150	50.000

XXXXXX Electric Technology

Tensile Test Report

Customer Name	KUSAIRI UIN MALANG	Test Date	1/1/2020 3:29:23 PM
Operator	NURUN NAYIROH	Test Standard	10C20E(4)
Test Speed	100.000mm/min	Gauge Length	50.000mm

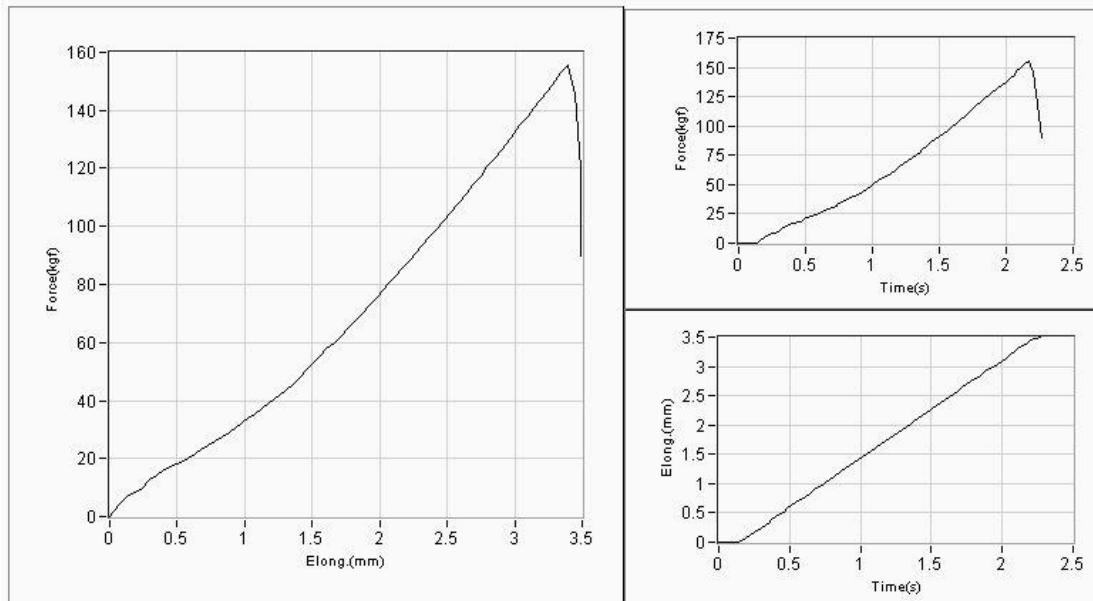


No.	Force @ Peak (kgf)	Tensile Stress (MPa)	Elong. @ Peak (mm)	Elongation percentage @ peak (%)	Area (mm ²)	GaugeLength/LoadSpan (mm)
1	156.260	33.940	3.105	6.210	45.150	50.000

XXXXXX Electric Technology

Tensile Test Report

Customer Name	KUSAIRI UIN MALANG	Test Date	1/1/2020 3:30:30 PM
Operator	NURUN NAYIROH	Test Standard	10C20E(5)
Test Speed	100.000mm/min	Gauge Length	50.000mm

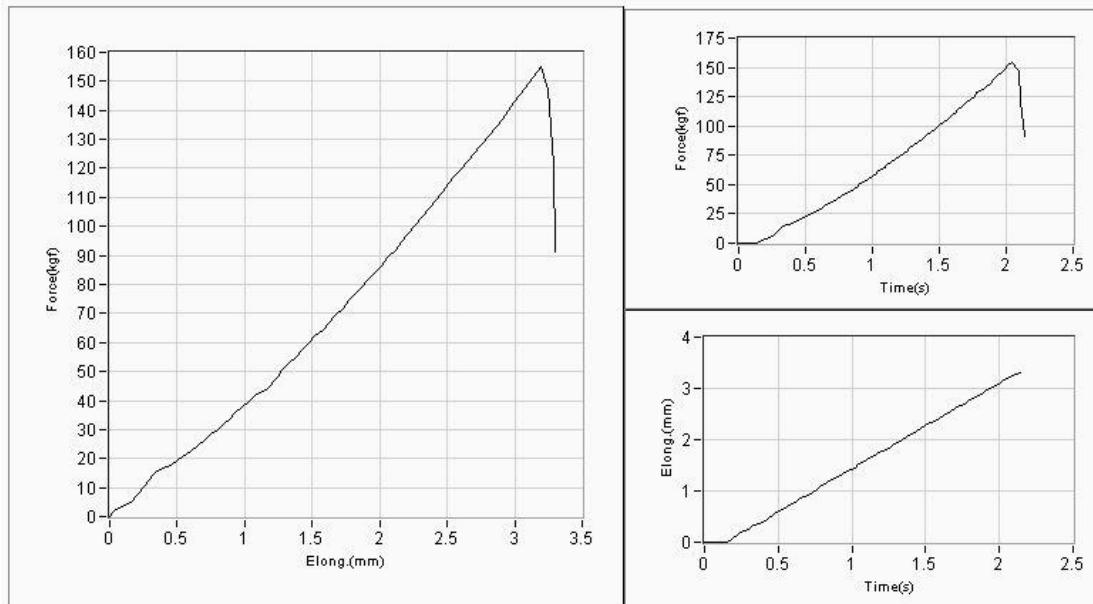


No.	Force @ Peak (kgf)	Tensile Stress (MPa)	Elong. @ Peak (mm)	Elongation percentage @ peak (%)	Area (mm ²)	GaugeLength/LoadSpan (mm)
1	155.800	33.840	3.390	6.781	45.150	50.000

XXXXXX Electric Technology

Tensile Test Report

Customer Name	KUSAIRI UIN MALANG	Test Date	3/1/2020 3:37:42 PM
Operator	NURUN NAYIROH	Test Standard	15C10E(3)
Test Speed	100.000mm/min	Gauge Length	50.000mm

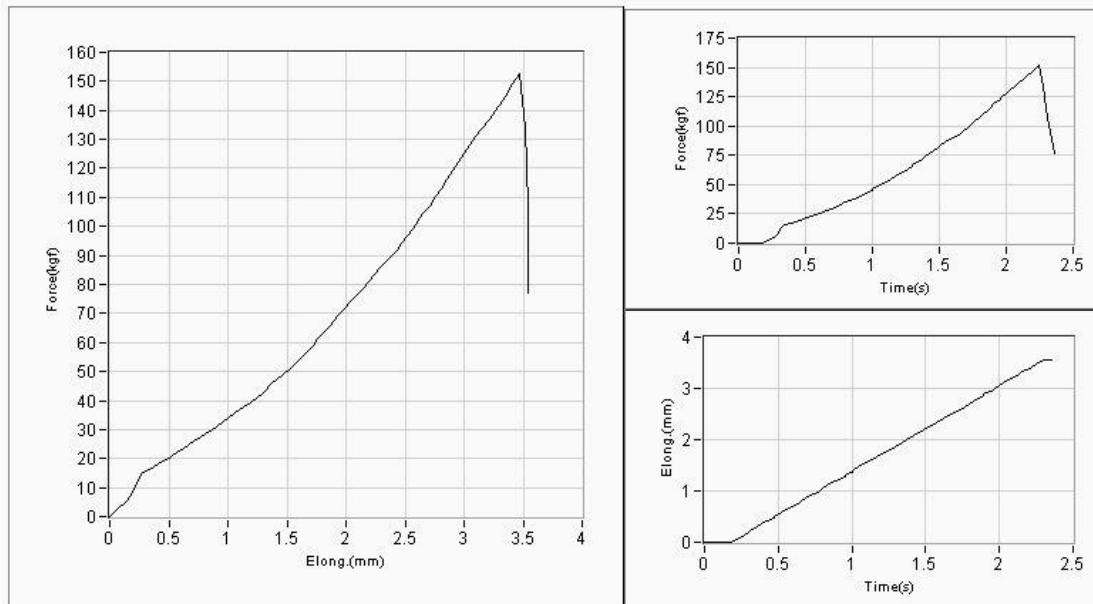


No.	Force @ Peak (kgf)	Tensile Stress (MPa)	Elong. @ Peak (mm)	Elongation percentage @ peak (%)	Area (mm ²)	GaugeLength/LoadSpan (mm)
1	154.850	31.330	3.195	6.390	48.470	50.000

XXXXXX Electric Technology

Tensile Test Report

Customer Name	KUSAIRI UIN MALANG	Test Date	3/1/2020 3:37:42 PM
Operator	NURUN NAYIROH	Test Standard	15C10E(5)
Test Speed	100.000mm/min	Gauge Length	50.000mm

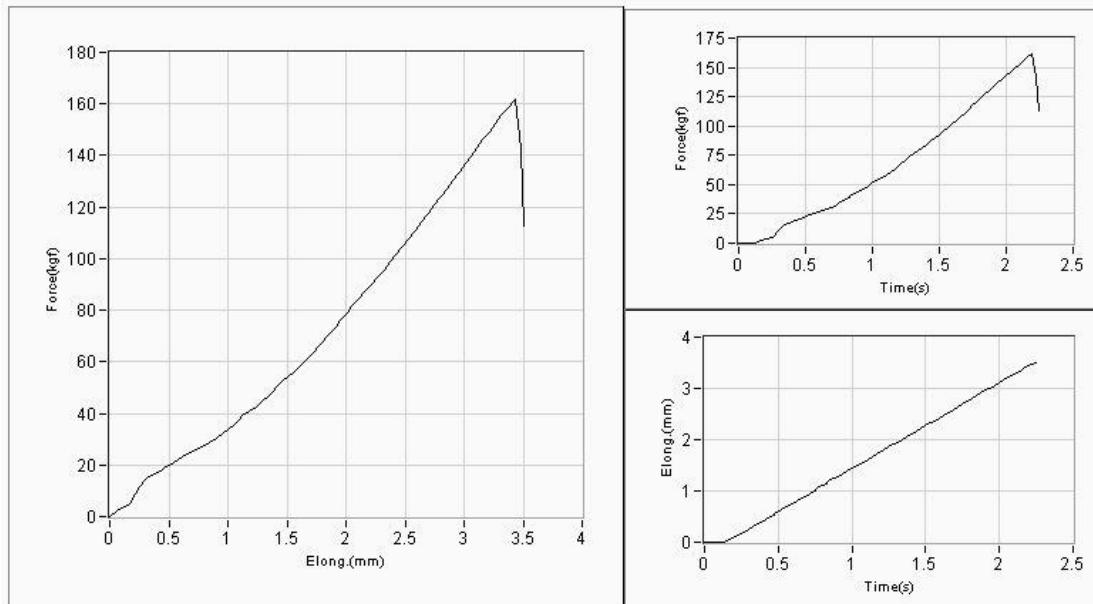


No.	Force @ Peak (kgf)	Tensile Stress (MPa)	Elong. @ Peak (mm)	Elongation percentage @ peak (%)	Area (mm ²)	GaugeLength/LoadSpan (mm)
1	152.400	31.934	3.468	6.936	46.800	50.000

XXXXXX Electric Technology

Tensile Test Report

Customer Name	KUSAIRI UIN MALANG	Test Date	3/9/2020 3:41:50 PM
Operator	NURUN NAYIROH	Test Standard	15C10E(6)
Test Speed	100.000mm/min	Gauge Length	50.000mm

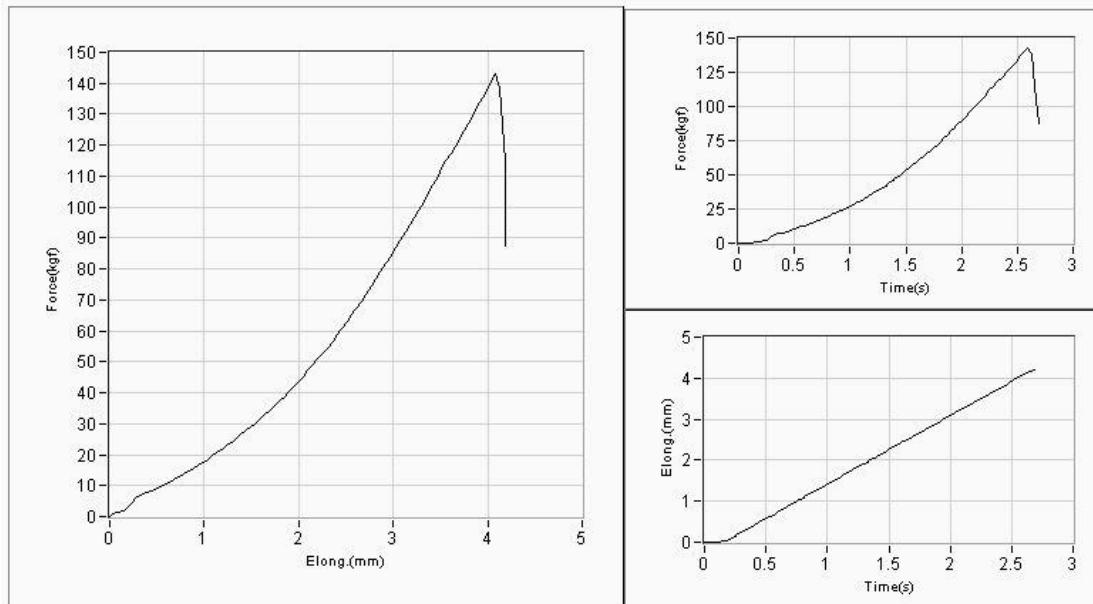


No.	Force @ Peak (kgf)	Tensile Stress (MPa)	Elong. @ Peak (mm)	Elongation percentage @ peak (%)	Area (mm ²)	GaugeLength/LoadSpan (mm)
1	161.820	33.908	3.432	6.865	46.800	50.000

XXXXXX Electric Technology

Tensile Test Report

Customer Name	KUSAIRI UIN MALANG	Test Date	5/9/2020 3:09:18 PM
Operator	NURUN NAYIROH	Test Standard	20C10E (2)
Test Speed	100.000mm/min	Gauge Length	50.000mm

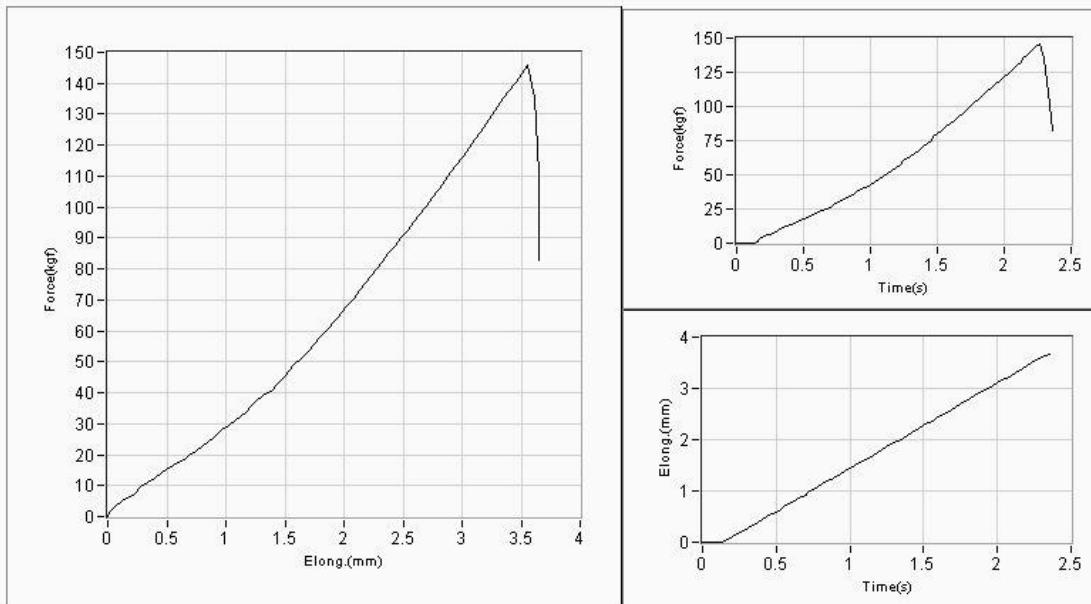


No.	Force @ Peak (kgf)	Tensile Stress (MPa)	Elong. @ Peak (mm)	Elongation percentage @ peak (%)	Area (mm ²)	GaugeLength/LoadSpan (mm)
1	143.020	31.978	4.088	8.175	43.860	50.000

XXXXXX Electric Technology

Tensile Test Report

Customer Name	KUSAIRI UIN MALANG	Test Date	5/9/2020 3:11:24 PM
Operator	NURUN NAYIROH	Test Standard	20C10E (3)
Test Speed	100.000mm/min	Gauge Length	50.000mm

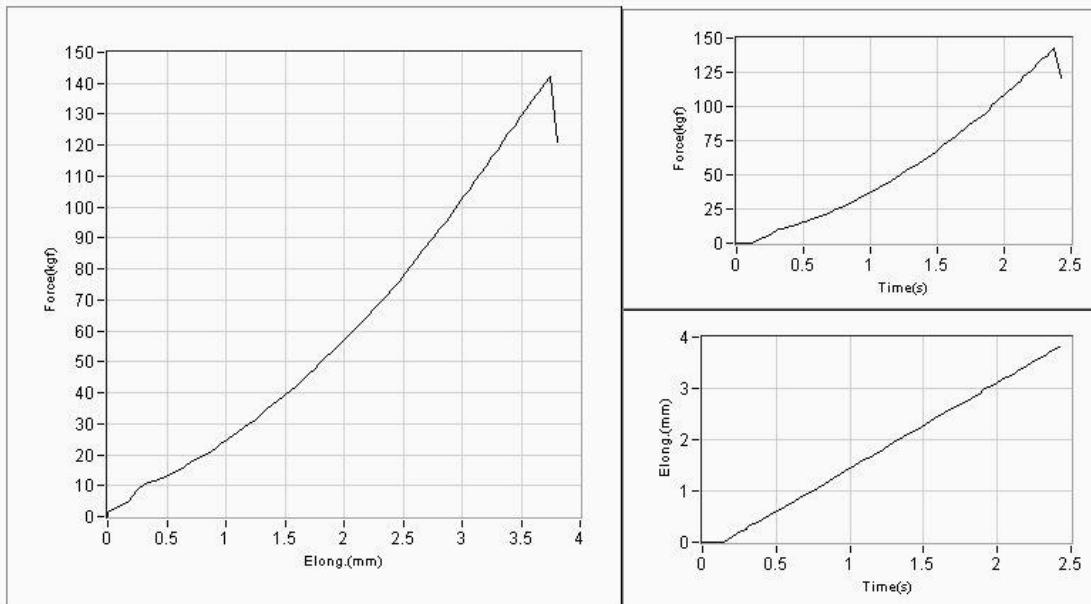


No.	Force @ Peak (kgf)	Tensile Stress (MPa)	Elong. @ Peak (mm)	Elongation percentage @ peak (%)	Area (mm ²)	GaugeLength/LoadSpan (mm)
1	146.000	31.959	3.556	7.112	44.800	50.000

XXXXXX Electric Technology

Tensile Test Report

Customer Name	KUSAIRI UIN MALANG	Test Date	5/9/2020 3:12:41 PM
Operator	NURUN NAYIROH	Test Standard	20C10E (4)
Test Speed	100.000mm/min	Gauge Length	50.000mm



No.	Force @ Peak (kgf)	Tensile Stress (MPa)	Elong. @ Peak (mm)	Elongation percentage @ peak (%)	Area (mm ²)	GaugeLength/LoadSpan (mm)
1	142.270	31.143	3.748	7.497	44.800	50.000