

**PERBANDINGAN NILAI *ULTIMATE TENSILE STRENGTH*
ANTARA BIOKOMPOSIT KARET ALAM BERPENGISI
CANGKANG TELUR AYAM DAN CANGKANG KERANG
DARAH**



SKRIPSI

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ALVIN RADITYA

3331190059

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2024

**PERBANDINGAN NILAI *ULTIMATE TENSILE STRENGTH*
ANTARA BIOKOMPOSIT KARET ALAM BERPENGISI
CANGKANG TELUR AYAM DAN CANGKANG KERANG
DARAH**



SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Penyelesaian Program Strata-1 (S1)
Pada Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

Disusun Oleh:

**MUHAMMAD ALVIN RADITYA
3331190059**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN
2024**

TUGAS AKHIR

Perbandingan Nilai Ultimate Tensile Strength Antara Biokomposit Karet Alam Berpengisi Cangkang Telur dan Cangkang Kerang

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Muhammad Alvin Raditya
3331190059

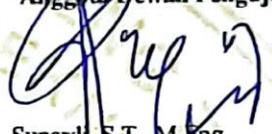
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 24 September 2024

Pembimbing Utama

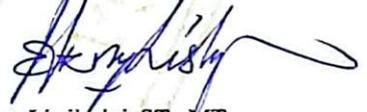

Emy Listijorini, ST., MT.
NIP.197011022005012001

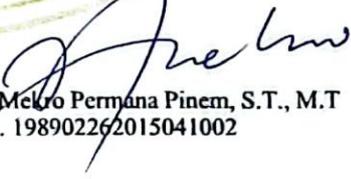

Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T.
NIP. 198902262015041002

Anggota Dewan Penguji


Sunardi, S.T., M.Eng
NIP.197312052006041002


Sidik Susilo, S.T., M.Sc.
NIP. 198806052019031006


Emy Listijorini, ST., MT.
NIP.197011022005012001


Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T
NIP. 198902262015041002

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 03 Oktober 2024
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA


Irfi Dhimas Satria, S.T., M.Eng.
NIP. 198305102012121006

PERSETUJUAN

Skripsi

**PERBANDINGAN NILAI *ULTIMATE TENSILE STRENGTH* ANTARA
BIOKOMPOSIT KARET ALAM BERPENGISI CANGKANG TELUR AYAM DAN
CANGKANG KERANG DARAH**

Yang disusun oleh

Muhammad Alvin Raditya

3331190059

Telah disetujui oleh dosen pembimbing Skripsi
Pada tanggal 03 Oktober 2024

Dosen Pembimbing 1,

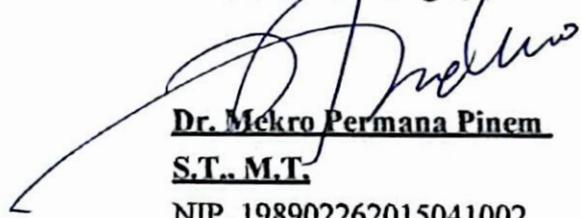


Erny Listijorini S.T., M.T.

NIP. 197011022005012001

NIDN. 0002117009

Dosen Pembimbing 2,



Dr. Mekro Permana Pinem
S.T., M.T.

NIP. 198902262015041002

NIDN. 0298151460

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Tanggal 03 Oktober 2024

Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,



Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng

NIP. 198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Alvin Raditya

NPM : 3331190059

Judul : Perbandingan Nilai *Ultimate tensile strength* Antara Biokomposit Karet Alam Berpengisi Cangkang Telur Ayam dan Cangkang Kerang Darah

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, 25 Oktober 2024



Muhammad Alvin Raditya

NPM. 3331190059

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan, dengan rahmat Tuhan Yang Maha Esa penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang membahas “*Perbandingan Nilai Ultimate tensile strength Antara Biokomposit Karet Alam Berpengisi Cangkang Telur Ayam dan Cangkang Kerang Darah*”. Semoga shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, para sahabatnya, serta pengikutnya hingga akhir zaman.

Maksud dan tujuan penyelesaian Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi syarat kelulusan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sebagai Sarjana Teknik. Selain itu penulis juga berterimakasih kepada beberapa pihak yang telah membantu sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik, Penulis berterimakasih kepada:

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng., selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, yang selalu memberikan motivasi agar penulis tetap bersemangat dalam menjalani proses studinya;
2. Bapak Yusvardi Yusuf, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik dan juga koordinator tugas akhir yang telah membimbing dan membantu penulis dalam setiap kegiatan terkait proses studi penulis;
3. Erny Listijorini, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberi kesempatan penulis untuk dapat menjadi salah satu bagian dari project tugas akhirnya;
4. Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T selaku dosen pembimbing kedua tugas akhir yang telah memberikan arahan kepada penulis selama penyusunan laporan ini;
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin UNTIRTA atas ilmu, bantuan, dan bimbingan yang telah diberikan selama penulis menjalani perkuliahan;
6. Kedua orang tua serta seluruh keluarga yang telah mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis, sehingga penulisan ini dapat berjalan dengan lancar dan dipermudah;

7. Seluruh teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah menemani dan memberi motivasi untuk dapat menambah semangat belajar.

Semoga Tugas Akhir ini dapat diterima dengan baik. Penulis juga menyadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk perbaikan di masa mendatang. Penulis juga menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari segi bahasa maupun penulisan, dan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mohon maaf atas segala kekurangan yang ada.

Cilegon, Maret 2024

Penulis

ABSTRAK

Perbandingan Nilai *Ultimate tensile strength* Antara Biokomposit Karet Alam Berpengisi Cangkang Telur Ayam dan Cangkang Kerang Darah

Disusun Oleh:

Muhammad Alvin Raditya

NPM. 3331190059

Cangkang telur yang sebelumnya dianggap sebagai limbah, kini diubah menjadi bahan baku untuk pembuatan material komposit. Begitu pula dengan cangkang kerang, para peneliti sedang mengembangkan cara untuk mengoptimalkan campuran cangkang telur, karet alam, dan sulfur guna menciptakan biokomposit dengan kekuatan mekanik yang optimal. Penemuan ini berpotensi membuka peluang bagi pengembangan berbagai produk baru, mulai dari material bangunan hingga komponen elektronik yang lebih efisien. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai mekanik dari biokomposit dengan pengisi cangkang telur dan cangkang kerang serta dapat membandingkan nilai dari pengujian mekaniknya berupa nilai *Ultimate tensile strength*, *Yield strength*, dan *Modulus young*. Dalam pembuatan 2 biokomposit ini menggunakan komposisi yang sama yaitu dengan kandungan 65% *filler* dan perlakuan mesin *hotpress* yang sama dengan suhu 170°C, tekanan 0,7 MPa, dan dalam waktu penekanan selama 60 menit. Pengujian yang dilakukan yaitu uji tarik menggunakan standar ASTM D638 tipe V sebagai acuannya. Dengan menggunakan alat mesin uji tarik *Universal Testing Machine* didapatkan hasil penelitian pada biokomposit cangkang telur yang dilakukan pemotongan menjadi 3 spesimen memiliki nilai rata-rata UTS sebesar 18,29 MPa sedangkan pada biokomposit cangkang kerang memiliki nilai rata-rata 19,79 MPa. Kemudian dari perbandingan antara kedua biokomposit tersebut dengan menggunakan grafik distribusi normal yang dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua biokomposit tersebut.

Kata Kunci: *Biokomposit, Cangkang Kerang Darah, Cangkang Telur Ayam, Karet Alam, Uji Tarik*

ABSTRACT

Comparison of Ultimate tensile strength Value Between Natural Rubber Biocomposites with Egg shells and Clam shells

Arranged by:

Muhammad Alvin Raditya

NPM. 3331190059

Egg shells, which were previously considered waste, are now converted into raw materials for the manufacture of composite materials. Similarly to clam shells, researchers are developing ways to optimize a mixture of eggshells or clam shells, natural rubber, and sulfur to create biocomposites with optimal mechanical strength. This invention has the potential to open up opportunities for the development of various new products, ranging from building materials to more efficient electronic components. Therefore, this study aims to obtain the mechanical value of biocomposites with egg shell and clam shell fillers and can compare the value of the mechanical test in the form of the Ultimate tensile strength, Yield strength, and Modulus young value. In making these 2 biocomposites, the same composition is 65% filler and the same hotpress machine treatment with a temperature of 170°C, 0.7 MPa, and a time of 60 minutes. The test is tensile test using the ASTM D638 type V standard according to the dimensions of the specimen. By using the Universal Testing Machine, the results of the study on the biocomposite of Eggshells cut into 3 specimens had an average UTS value of 18.29 MPa, while in the biocomposite of clam shells had an average value of 19.79 MPa. Then from the comparison between the two biocomposites using a normal distribution graph, it was concluded that there was no significant difference between the two biocomposites.

Keyword: *Biocomposites, Clam Shells, Egg shells, Natural Rubber, Tensile Test*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 Komposit.....	5
2.3 Matriks.....	7
2.4 Lateks Cair.....	8
2.5 <i>Filler</i>	9
2.6 Sifat Mekanik Material.....	10
2.7 Pengujian Tarik.....	12
2.8 <i>Level of Significance</i>	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	15
3.2 Alat dan Bahan.....	17

3.2.1	Alat yang Digunakan.....	17
3.2.2	Bahan yang Digunakan	21
3.3	Variabel Pengujian	24
3.4	Prosedur Penelitian.....	24
3.5	Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	27
BAB IV	DATA DAN ANALISIS	28
4.1	Perhitungan Takaran yang Digunakan	28
4.1.1	Cangkang Telur Ayam	28
4.1.2	Cangkang Kerang Darah	29
4.2	Prosedur Pengambilan Data Menggunakan <i>Universal Testing Machine</i> ..	30
4.3	Data Hasil <i>Universal Testing Machine</i>	31
4.3.1	Cangkang Telur Ayam	32
4.3.2	Cangkang Kerang Darah	36
4.4	Pembahasan Hasil Nilai Uji Tarik Komposit.....	39
4.5	Perhitungan Mencari Perbandingan Hasil Uji Tarik	40
4.5.1	Cangkang Telur Ayam	41
4.5.2	Cangkang Kerang Darah	42
4.5.3	Mencari <i>Error bar</i>	43
4.6	Pembahasan & Perbandingan Nilai <i>Ultimate tensile strength</i>	44
BAB V	KESIMPULAN	45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 3.2 Mesin <i>Hot press</i>	18
Gambar 3.3 Mesin Rolling.....	18
Gambar 3.4 Oven	18
Gambar 3.5 Blender	19
Gambar 3.6 Cetakan.....	19
Gambar 3.7 Jangka Sorong	19
Gambar 3.8 Gelas Ukur.....	20
Gambar 3.9 Ayakan	20
Gambar 3.10 Neraca Digital	20
Gambar 3.11 Desikator	21
Gambar 3.12 Cawan Keramik.....	21
Gambar 3.13 Mesin Uji Tarik	21
Gambar 3.14 Karet Alam	22
Gambar 3.15 Serbuk Cangkang Telur.....	22
Gambar 3.16 Serbuk Cangkang Kerang	23
Gambar 3.17 Sulfur.....	23
Gambar 3.18 ZnO.....	24
Gambar 3.19 Stearic Acid.....	24
Gambar 3.20 Akuades	24
Gambar 3.21 Standar Uji Tarik ASTM D 638.....	28
Gambar 4.1 Dimensi Spesimen Uji Tarik	30
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangkang Telur A	32
Gambar 4.3 Grafik Modulus young Komposit Cangkang Telur A.....	32
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangkang Telur B.....	32
Gambar 4.5 Grafik Modulus young Komposit Cangkang Telur B.....	34
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangkang Telur C.....	35
Gambar 4.7 Grafik Modulus young Komposit Cangkang Telur C.....	35
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangkang Kerang A	36

Gambar 4.9 Grafik Modulus young Komposit Cangkang Kerang A.....	36
Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangkang Kerang B.....	37
Gambar 4.11 Grafik Modulus young Komposit Cangkang Kerang B.....	37
Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangkang Kerang C.....	38
Gambar 4.13 Grafik Modulus young Komposit Cangkang Kerang C.....	38
Gambar 4.14 Grafik Distribusi Normal <i>Filler</i> Cangkang Telur	41
Gambar 4.15 Grafik Distribusi Normal <i>Filler</i> Cangkang Kerang	42
Gambar 4.16 Grafik Error bar Nilai UTS Pengujian Tarik.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Spesimen Uji Tarik.....	31
Tabel 4.2 Spesifikasi Alat Pengujian Tarik.....	31
Tabel 4.3 Nilai Hasil Pengujian Tarik Sampel	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menjadi produsen karet alam terbesar di dunia. Berdasarkan data Gapkindo, produksi karet alam nasional pada tahun 2023 diperkirakan sebanyak 2,25 juta ton atau turun dari produksi tahun lalu sebanyak 2,65 juta ton. Begitupun dari segi ekspor yang turun dari 2,08 juta ton pada 2022 menjadi 1,76 juta ton hingga akhir tahun 2023. Karet alam merupakan salah satu bahan baku penting dalam industri manufaktur. Karet alam memiliki sifat elastisitas dan ketahanan yang baik, menjadikannya pilihan yang ideal untuk berbagai aplikasi teknik [1].

Namun, untuk meningkatkan sifat mekaniknya, diperlukan penambahan pengisi seperti cangkang kerang darah dan cangkang telur. Penggunaan cangkang telur sebagai pengisi telah terbukti dalam peningkatan kekuatan tarik serta *Modulus young* dari komposit karet alam. Sudah banyak penelitian yang menggunakan serbuk cangkang telur sebagai *fillernya*, contohnya adalah pada penelitian Rangga dkk [2], berhasil mendapatkan nilai hasil uji tarik yang tinggi dengan memvariasikan ukuran mesh pada serbuk cangkang telur, ini membuktikan bahwa serbuk cangkang telur efektif dalam meningkatkan sifat mekanis material. Selain itu, cangkang kerang darah juga memiliki potensi sebagai pengisi yang efektif karena terdapat kandungan yang sama dengan cangkang telur yaitu kalsium karbonatnya yang tinggi yang berfungsi sebagai peningkatan kekuatan pada komposit. Seperti penelitian yang sudah dilakukan oleh Ginting et al. [3] menunjukkan bahwasannya perubahan komposisi oleh kulit kerang darah dapat mempengaruhi sifat kerapatan dan kekuatan patah material tersebut. Sementara itu, penelitian oleh Nasution et al. [4] menemukan bahwa penambahan cangkang kerang pada komposit epoksi dapat meningkatkan kekuatan impak dan penyerapan air pada komposisi yang optimal. Dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan terbukti bahwa

penambahan *filler* cangkang telur maupun cangkang kerang dapat meningkatkan sifat mekanis yang baik.

Meskipun Indonesia merupakan salah satu produsen karet alam terbesar di dunia, produksi dan ekspor karet mengalami penurunan yang signifikan. Selain itu, meskipun karet alam memiliki sifat elastisitas yang baik, kekuatan mekaniknya masih perlu ditingkatkan untuk aplikasi teknik yang lebih kompleks. Upaya penambahan pengisi seperti cangkang telur dan cangkang kerang darah telah terbukti efektif dalam meningkatkan sifat mekanis komposit karet alam, namun belum ada penelitian yang mendalam membandingkan kinerja kedua filler ini secara langsung, terutama dalam hal kekuatan tarik dan kehomogenan distribusi sifat mekanis.

Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai uji tarik pada biokomposit karet alam berpengisi cangkang kerang darah dan cangkang telur, termasuk nilai *Ultimate tensile strength*, *Yield strength*, dan *Modulus elastisitas*. Selain itu, penulis juga akan menganalisis dan membandingkan nilai *Ultimate tensile strength* dari kedua jenis biokomposit tersebut. Nantinya pada penelitian ini akan menggunakan distribusi normal yang berfungsi untuk mencari tahu adakah perbedaan yang signifikan antara kedua komposit tersebut. Dengan memahami sifat mekanik dari biokomposit karet alam berpengisi cangkang kerang darah dan cangkang telur, diharapkan pada penelitian ini dapat memberi kontribusi yang cukup untuk pengembangan material komposit yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang penelitian ini, didapatkan beberapa rumusan masalah yang akan dibahas antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai optimum hasil uji tarik pada biokomposit karet alam berpengisi cangkang kerang darah dibandingkan dengan biokomposit karet alam berpengisi cangkang telur?
2. Bagaimana perbandingan nilai *Ultimate tensile strength*, *Modulus young*, dan *Yield strength* antara biokomposit karet alam berpengisi

cangkang kerang darah dan biokomposit karet alam berpengisi cangkang telur?

3. Bagaimana pengaruh variasi nilai koefisien variasi serta pola grafik distribusi normal dalam menganalisis perbedaan antara biokomposit karet alam berpengisi cangkang telur ayam dan cangkang kerang darah?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian yang dilakukan ini antara lain sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai optimum dari hasil uji tarik pada biokomposit karet alam berpengisi cangkang kerang darah dan biokomposit karet alam berpengisi cangkang telur.
2. Membandingkan nilai *Ultimate tensile strength*, *Modulus young*, dan *Yield strength* pada biokomposit karet alam berpengisi cangkang kerang darah dan cangkang telur.
3. Menganalisis perbedaan antara komposit karet alam berpengisi cangkang telur ayam dan cangkang kerang darah dengan mencari nilai koefisien variasi beserta grafik distribusi normal.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada pada penelitian kali ini mencakup beberapa hal antara lain sebagai berikut.

1. Menggunakan *filler* berupa cangkang kerang dan cangkang telur dengan serbuk berukuran mesh 100.
2. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai sifat mekanik berupa nilai kekuatan tarik yang nantinya akan diuji lebih lanjut perbandingan nilai UTS pada kedua komposit tersebut.
3. Komposisi biokomposit disamakan dengan perbandingan sebesar 65% *filler* dan 35% matriks.
4. Menggunakan matriks karet alam dan bahan tambahan seperti sulfur, ZnO, dan asam stearat.

5. Menggunakan perlakuan mesin *hot press* pada sampel dengan tekanan 0,7 MPa, suhu 170°C, dan waktu selama 60 menit

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peneliti, pembaca, dan industri secara langsung. Beberapa manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai pemanfaatan limbah menjadi produk yang bisa berguna bagi masyarakat.
2. Memotivasi masyarakat agar dapat menggunakan bahan yang mudah didapat dan ramah lingkungan.
3. Diharapkan penelitian ini mampu menjadi referensi yang baik untuk peneliti selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of The Art*

Penelitian ini dilakukan dengan didasari oleh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh peneliti sebagai literatur dan sumber referensi. *State of the art sendiri* menunjukkan referensi berdasarkan jurnal atau tulisan ilmiah yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian ini. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai penggunaan *filler* alami untuk meningkatkan sifat mekanis karet alam dan komposit semakin berkembang. Penelitian pertama yang dilakukan oleh Fachry (2014) yang berjudul “Pengaruh *Filler* Campuran Silika dan Kulit Kerang Darah Terhadap Sifat Mekanis Kompon Sol Sepatu Dari Karet Alam” menunjukkan bahwa penambahan silika dan kulit kerang darah sebagai filler pada kompon karet alam dapat meningkatkan kekuatan tarik pada sol sepatu, dengan komposisi optimal 30:30 phr.

Penelitian kedua yaitu oleh Rangga (2022) yang berjudul “Analisis Pengaruh Serbuk Cangkang Telur Dan Serat Tebu Sebagai Komposit Terhadap Sifat Mekanis” juga menyoroti potensi serbuk cangkang telur dan serat tebu sebagai pengisi komposit *epoxy*, di mana peningkatan ukuran mesh terbukti meningkatkan kekuatan mekanis, termasuk kekuatan tarik dan dampak. Dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan terbukti bahwa penambahan *filler* cangkang telur maupun cangkang kerang dapat meningkatkan sifat mekanis yang baik. Penelitian-penelitian ini menjadi landasan penting untuk eksplorasi lebih lanjut mengenai biokomposit yang ramah lingkungan.

2.2 Komposit

Komposit adalah produk yang terdiri dari minimal dua bahan berbeda yang digabungkan untuk menciptakan material dengan struktur dan sifat berbeda, dengan tujuan menghasilkan bahan yang memiliki karakteristik yang diinginkan. Komposisi komposit mencakup matriks, *filler*, dan coupling agent. Secara umum, matriks dalam komposit memiliki beberapa kelemahan, seperti

viskositas tinggi, penyerapan air yang besar, penyusutan, dan kurangnya adhesi terhadap struktur gigi. Oleh karena itu, diperlukan bahan pengisi (*filler*) dengan sifat mekanis yang baik untuk membuat komposit memiliki performa yang optimal. [5]

Bahan penguat bisa berupa serat alam, yang terdiri dari serat primer atau serat sekunder. Serat primer adalah serat yang diperoleh langsung dari tumbuhan penghasil serat, seperti rami, sisal, dan abaca, sedangkan serat sekunder adalah serat yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari industri, contohnya bagas tebu dan serat kelapa. Hutabarat menyatakan bahwa penguat untuk komposit baru dapat dibuat dari limbah serat buah kelapa, yang banyak tersedia di Indonesia [6].

Secara umum, komposit dapat dikategorikan menjadi tiga jenis [7] yaitu:

1. Komposit Serat (*Fibrous composites*)

Komposit serat adalah jenis komposit yang menggabungkan *fiber* dengan matriks. Secara alami, serat yang panjang memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan serat berbentuk curah (*bulk*). Jenis komposit ini terdiri dari satu lamina atau lapisan tunggal yang menggunakan penguat berupa serat *fiber*. *Fiber* yang digunakan dalam komposit bisa berupa *fiberglass*, *carbon fiber*, dan lain-lain. *Fiber* ini dapat disusun secara acak, dengan orientasi tertentu, atau bahkan dalam bentuk yang lebih kompleks. Perbedaan dalam penempatan dan arah serat membuat komposit serat dibagi menjadi beberapa kategori, antara lain:

- a. Komposit diperkuat dengan serat anyaman (*woven fiber composite*)
- b. Komposit diperkuat dengan serat kontinu (*continuous fiber composite*)
- c. Komposit diperkuat dengan serat pendek atau acak (*chopped fiber composite*)
- d. Komposit diperkuat dengan kombinasi serat kontinu dan serat acak (*hybrid composite*)

2. Komposit lapis (*Laminates Composite*)

Komposit lapis adalah jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu, di mana setiap lapis memiliki karakteristiknya sendiri. Komposit ini terdiri dari berbagai lapisan material

dalam satu matriks. Matriks berfungsi sebagai pengikat dan pelindung serat [7].

3. Komposit partikel (*Particulate composites*)

Komposit ini menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguat yang terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Biasanya, bahan penguat dalam komposit ini memiliki dimensi yang serupa, seperti berbentuk bulat, serpih, balok, atau bentuk lain dengan sumbu hampir sama, yang sering disebut sebagai partikel. Partikel ini dapat terbuat dari satu atau beberapa material yang diletakkan dalam matriks yang berbeda. Selain itu, ada juga polimer yang mengandung partikel yang hanya bertujuan untuk meningkatkan volume material, bukan sebagai bahan penguat [7].

2.3 Matriks

Matriks dalam bahan komposit berfungsi sebagai pengikat dan penopang bagian sekunder yang menanggung beban, sehingga kekuatan bahan komposit sangat bergantung pada kekuatan matriksnya. Selain itu, matriks juga memiliki fungsi sekunder sebagai berikut:

- a. Menyokong beban, yaitu membantu mencegah konsentrasi tegangan pada satu titik pada material.
- b. Memberikan berbagai sifat tambahan pada komposit, seperti menentukan sifat fleksibilitas dan kekakuan pada material.
- c. Menyediakan isolasi listrik pada komposit, tergantung pada jenis matriks yang digunakan.

Matriks berfungsi sebagai pengikat serat, pelindung, transfer beban, dan pendukung serat. Dalam komposit serat, matriks yang digunakan adalah lateks (karet alam). Karena lateks berfungsi sebagai matriks atau bahan pengikat dalam bentuk cair, bahan kimia tambahan yang digunakan juga harus berbentuk cair, yang dikenal sebagai dispersi. Ini bertujuan untuk menghasilkan campuran yang homogen [8].

2.4 Lateks Cair

Dalam penelitian ini, bahan komposit yang digunakan adalah karet alam sebagai matriksnya. Lateks, yang merupakan cairan kental mirip susu, dihasilkan oleh berbagai jenis tumbuhan dan akan mengeras saat terkena udara terbuka. Lateks terdiri dari partikel karet dan bahan non-karet yang terdispersi dalam air [8]. Lateks dari getah pohon karet adalah sumber utama karet alam. Karet alam memiliki sifat mekanis, dinamis, dan karakteristik proses yang baik serta merupakan polimer bio-sintesis alami. Struktur molekul karet alam terdiri dari *cis-1,4-polyisoprene* yaitu senyawa kimia yang memiliki sifat elastis yang sangat baik, dan memiliki kelemahan seperti tidak tahan terhadap ozon, minyak, dan suhu tinggi. Keunggulan karet alam terletak pada elastisitasnya, yang tidak dimiliki oleh karet sintetis, serta kekuatan dan ketahanannya terhadap benturan [9].

1. Jenis Karet

Karet umumnya dibagi menjadi dua kategori: karet alam dan karet sintetis. Setiap jenis karet memiliki karakteristik khas yang saling melengkapi satu sama lain. Saat ini, industri memanfaatkan kedua jenis karet tersebut.

2. Sifat Pada Karet Alam

Karet alam termasuk dalam kategori elastomer, yaitu material yang dapat diregangkan dan kembali ke bentuk semula. Karet alam memiliki beberapa keunggulan dibandingkan karet sintetis, terutama dalam hal elastisitas, kemampuan meredam getaran, sifat lentur, dan ketahanan terhadap kelelahan. Sifat fisik karet alam mencakup perubahan warna dari putih menjadi coklat setelah penggumpalan, peningkatan elastisitas setelah pemanasan, ketidaklarutannya dalam air, dan sensitivitas terhadap perubahan suhu. Sifat kimia karet alam melibatkan kemampuannya untuk teroksidasi oleh udara dan berubah menjadi CO₂ dan H₂O saat dibakar. [9].

Dalam proses pembuatan komposit karet alam, terdapat istilah vulkanisasi. Sistem vulkanisasi memainkan peran penting dalam menentukan sifat fisik dan ketahanan karet terhadap penuaan. Karakterisasi vulkanisasi memberikan informasi mengenai waktu pra-vulkanisasi, waktu pemasakan, laju vulkanisasi, dan modulus torsi untuk sistem vulkanisasi pada suhu yang diinginkan. [8].

Proses vulkanisasi sulfur adalah tahapan pemanasan karet setelah penambahan sulfur. Secara kimia, vulkanisasi adalah proses pembentukan ikatan silang antar polimer karet, yang dikenal sebagai *crosslinking*. Tanpa proses ini, karet alam tidak akan memiliki elastisitas yang diperlukan dan akan menjadi tidak stabil pada berbagai suhu. Tanpa vulkanisasi, karet akan menjadi lengket dan basah pada suhu tinggi, serta rapuh pada suhu rendah. Selama vulkanisasi, ikatan silang antara rantai polimer memperkuat struktur karet, menjadikannya lebih tahan terhadap perubahan suhu.

2.5 Filler

Filler dalam komposit merupakan bahan tambahan yang dimasukkan ke dalam matriks polimer untuk meningkatkan sifat mekanik dan fisik dari material komposit. *Filler* bisa berupa serat, partikel, atau bahan lain yang berperan sebagai elemen utama dalam menanggung beban komposit. *Filler* ini memainkan peran krusial dalam meningkatkan sifat mekanik dan fisik komposit, memungkinkan material tersebut untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam berbagai aplikasi. *Filler* berfungsi sebagai penanggung beban utama, memberikan kekuatan dan stabilitas yang diperlukan untuk performa optimal komposit.

2.5.1 Serbuk Cangkang Telur Ayam

Secara khusus, kulit telur merupakan sumber penting kalsium karbonat atau kalsit, produk sampingan kulit telur biasanya merupakan bahan yang tidak berharga setelah penggunaan telur dan turunannya. TPA tanpa pengolahan awal merupakan cara yang umum untuk membuang limbah tetapi menyebabkan polusi bau akibat biodegradasi. Cangkang telur tersusun atas kalsium karbonat 96% berat, kalsium fosfat 1% berat, magnesium karbonat 1% berat, dan bahan organik lainnya 2% berat. Berat cangkang telur produk sampingan adalah sekitar 11% berat dari total berat telur atau sekitar 60 g untuk sebutir telur. Oleh karena itu, cangkang telur merupakan bahan biokeramik yang mengandung kalsium karbonat dalam bentuk polimorfik kalsit dan telah dianggap sebagai kandidat yang baik

sebagai *bio-filler* karena murah, melimpah, dan memiliki kepadatan rendah yang cocok untuk berbagai produk karet spons. [10].

2.5.2 Serbuk Cangkang Kerang Darah

Salah satu bahan alami yang signifikan untuk digunakan sebagai pengisi adalah bahan-bahan laut, seperti kulit kerang. Kerang laut adalah salah satu komoditas laut yang banyak diminati, tetapi umumnya hanya daging kerangnya yang dimanfaatkan untuk konsumsi. Di antara jenis-jenis kerang, kerang darah (*Anadara granosa*) adalah yang paling populer di masyarakat. Hasil panen kerang per hektar setiap tahun bisa mencapai 200–300ton kerang utuh, yang menghasilkan daging kerang antara 60 hingga 100 ton [3]. Selain kulit cangkang telur, cangkang kerang juga bisa menjadi *filler* yang baik karena ia juga mempunyai kandungan CaCO_3 yang besar.

2.6 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik adalah salah satu atribut utama dalam pengujian kekuatan material karena menunjukkan sejauh mana sebuah bahan, atau komponen yang terbuat dari bahan tersebut, dapat menahan beban, gaya, atau energi tanpa mengalami kerusakan. Ketika sebuah bahan memiliki sifat mekanik yang baik tetapi kekurangan dalam atribut lainnya, biasanya dilakukan upaya untuk memperbaiki kekurangan tersebut dengan berbagai metode. Contohnya, baja memiliki sifat mekanik yang memadai untuk berbagai aplikasi, namun ketahanan terhadap korosi baja biasanya kurang. Untuk mengatasi masalah ini, seringkali dilakukan perbaikan melalui pengecatan, galvanisasi, atau metode lainnya, daripada mencari bahan alternatif yang sekaligus kuat dan tahan korosi [11]. Beberapa sifat mekanik yang penting meliputi:

1. Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis beban yang bekerja, yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan kekuatan torsi dan kekuatan lengkung.
2. Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan (abrasi), indentasi atau penetrasi.

Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (wear resistance). Kekerasan juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.

3. Kekenyalan (*elasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Bila suatu benda mengalami tegangan maka akan terjadi perubahan bentuk. Bila tegangan yang bekerja besarnya tidak melewati suatu batas tertentu maka perubahan bentuk yang terjadi hanya bersifat sementara, perubahan bentuk itu akan hilang bersama dengan hilangnya tegangan, tetapi bila tegangan yang bekerja telah melampaui batas tersebut maka sebagian dari perubahan bentuk itu tetap ada walaupun tegangan telah dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk elastis yang dapat terjadi sebelum perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.
4. Kekakuan (*stiffness*) mengukur kemampuan bahan untuk menahan tegangan atau beban tanpa menyebabkan perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dalam beberapa situasi, kekakuan bisa lebih penting daripada kekuatan bahan.
5. Plastisitas (*plasticity*) mengacu pada kemampuan bahan untuk mengalami deformasi plastik (permanen) tanpa mengalami keretakan. Sifat ini sangat penting untuk bahan yang akan diproses melalui berbagai metode pembentukan seperti *forging*, *rolling*, *extruding*, dan sebagainya. Seringkali, sifat ini juga dikenal sebagai keuletan (*ductility*). Bahan yang dapat mengalami deformasi plastik dalam jumlah besar dikategorikan sebagai bahan dengan keuletan tinggi atau ulet (*ductile*). Sebaliknya, bahan yang tidak menunjukkan deformasi plastik dianggap memiliki keuletan rendah atau bersifat getas (*brittle*).
6. Ketangguhan (*toughness*) merujuk pada kemampuan bahan untuk menyerap energi tanpa mengalami kerusakan. Ini juga dapat diartikan sebagai jumlah energi yang dibutuhkan untuk mematahkan suatu benda kerja dalam kondisi

tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, sehingga sulit untuk diukur secara akurat

Sifat mekanik dapat dibedakan berdasarkan jenis pembebanannya, yaitu sifat mekanik statis, yang berkaitan dengan beban tetap atau beban yang berubah perlahan, dan sifat mekanik dinamik, yang berkaitan dengan beban yang berubah-ubah atau beban kejutan. Perbedaan ini penting karena respons bahan terhadap berbagai jenis pembebanan bisa berbeda-beda [11].

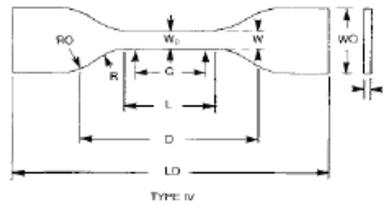
2.7 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah metode untuk menilai sifat mekanik material dengan mengukur respons bahan terhadap tegangan tertentu, guna mengetahui keuletan dan ketangguhan serta perubahan panjang yang dialami oleh bahan tersebut. Uji tarik adalah metode dasar untuk menguji bahan, yang sederhana, ekonomis, dan diakui secara internasional. Dengan menerapkan tegangan pada material, kita bisa dengan cepat menilai respons material terhadap tegangan serta mengetahui kekuatan tariknya. Selama pengujian, panjang bahan akan meningkat. Peralatan untuk uji tarik perlu memiliki daya cengkeram yang kuat dan kekakuan tinggi [12].

Uji kekuatan tarik adalah salah satu metode fisik yang penting dan sering dilakukan pada karet. Melalui pengujian ini, dapat ditentukan waktu vulkanisasi yang optimal untuk suatu komponen serta efek penuaan pada proses vulkanisasi. Selain itu, uji kekuatan tarik juga menunjukkan kekuatan dan kelenturan karet. Nilai kekuatan tarik yang tinggi menandakan bahwa komponen karet tersebut semakin elastis [8].

Dalam uji tarik, benda uji dipasang pada kedua ujungnya, dengan salah satu ujung terhubung ke perangkat penegang. Regangan diterapkan melalui kepala silang yang digerakkan oleh motor, menyebabkan benda uji meregang melalui pergerakan relatifnya. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk menentukan kemampuan maksimum bahan dalam menahan beban, yang disebut sebagai "*Ultimate tensile strength*" (UTS) atau tegangan tarik maksimum dalam bahasa Indonesia. Agar uji tarik dapat dilakukan dengan tepat, spesimen harus sesuai dengan spesifikasi standar tertentu. Untuk penelitian ini, standar yang

digunakan adalah ASTM D638. Dimana standar ini umum digunakan dalam industri plastik, komposit, dan bahan polimer lainnya untuk mengevaluasi performa mekanik material sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1



Specimen Dimensions for Thickness, T , mm (in.)^A

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)		± 0.5 (± 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)		± 0.5 (± 0.02) ^C
W_C —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)
L_O —Length overall, min ^H	165 (6.5)	183 (7.2)	248 (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)		± 0.25 (± 0.010) ^C
G —Gage length ^I	...	...	...	25 (1.00)	...		± 0.13 (± 0.005)
D —Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) ^J	25.4 (1.0)		± 5 (± 0.2)
R —Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)		± 1 (± 0.04) ^C
R_O —Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...		± 1 (± 0.04)

Gambar 2.1 Standar Pengujian Tarik ASTM D638

2.8 Level of Significance

Dalam pengujian hipotesis, dua konsep utama yang perlu dipahami adalah *Level of Significance* (α) dan nilai *Probability* (p). *Level of Significance* adalah taraf pengujian data untuk membuktikan sebuah hipotesis [13] dan biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase. Uji statistik pada dasarnya bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana sampel dapat menjelaskan populasi [14] dengan tingkat ketelitian *error* yang telah ditentukan. Besarnya kesalahan dalam penelitian tersebut dikenal sebagai *level of significance* dan dilambangkan dengan α .

Tingkat signifikansi dinyatakan dalam persentase dan dilambangkan dengan α , misalnya $\alpha = 5\%$ atau $\alpha = 10\%$. Ini berarti bahwa ada kemungkinan 5% atau 10% bahwa keputusan untuk menolak atau menerima hipotesis nol mengandung kesalahan. Dalam banyak program statistik berbasis komputer, tingkat signifikansi sering ditampilkan sebagai "Sig." (singkatan dari *significance*) atau " p -value". Nilai Sig atau p -value ini mencerminkan probabilitas kesalahan yang dihitung, yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan keputusan dalam pengujian hipotesis.

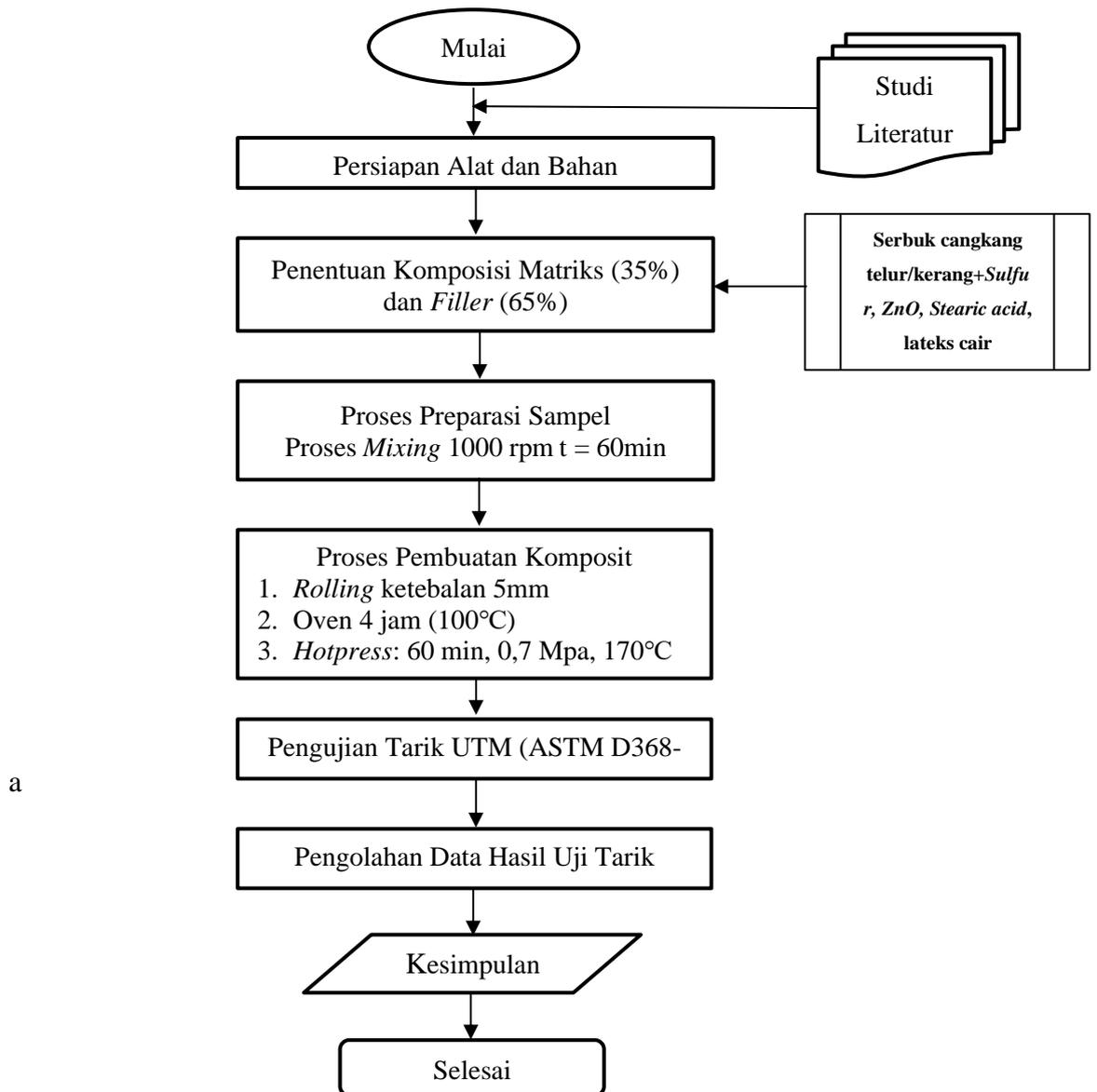
Tingkat kepercayaan mengindikasikan sejauh mana hasil statistik sampel dapat diandalkan untuk memperkirakan parameter populasi dan seberapa yakin keputusan tentang hipotesis nol dapat diambil. Dalam statistika, tingkat kepercayaan bervariasi antara 0 hingga 100% dan dinyatakan sebagai $1 - \alpha$. Biasanya, peneliti di bidang ilmu sosial memilih tingkat kepercayaan antara 95% dan 99%. Jika tingkat kepercayaan yang dipilih adalah 95%, ini menunjukkan bahwa ada 95% kepastian bahwa statistik sampel memperkirakan parameter populasi dengan benar, atau ada 95% keyakinan bahwa keputusan untuk menolak atau mendukung hipotesis nol adalah tepat.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat tahapan-tahapan prosedur penelitian yang dijabarkan melalui diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah jabaran penjelasan dari diagram alir di atas antara lain sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Pada tahapan pertama yaitu studi literatur merupakan cara peneliti untuk mencari informasi dan referensi tentang penelitian yang akan dilakukan berupa jurnal, buku, atau sumber terpercaya lainnya untuk mencari informasi seputar penelitian yang akan dilakukan yaitu pembuatan komposit serta sifat-sifatnya.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Kemudian pada tahapan kedua yaitu menyiapkan alat dan bahan yang sudah dijabarkan pada sub bab 3.3. Untuk persiapan alat dan bahan sebagian ada yang dilakukan peminjaman dan sebagian lagi dilakukan pembelian.

3. Penentuan Komposisi Matriks dan *Filler* yang Digunakan

Setelah itu penentuan komposisi matriks sebesar 35% dan *filler* serbuk cangkang telur dan serbuk cangkang kerang disamakan sebesar 65%. Komposisi tersebut didapatkan mengacu pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Sulaeman [15] dimana didapatkan komposisi yang paling optimal dalam meningkatkan kekuatan termal saat itu.

4. Proses Preparasi Sampel

Tahapan selanjutnya yaitu proses preparasi sampel dengan menyiapkan *filler* cangkang telur dan cangkang kerang dengan ukuran mesh 100. Kemudian selanjutnya proses *mixing* yaitu mencampurkan bahan-bahan yang berupa serbuk seperti serbuk cangkang telur atau cangkang kerang, ZnO, sulfur, dan juga *stearic acid* ke dalam blender selama 5 menit dengan 1000 rpm. Setelah proses *mixing* kemudian mencampurkan semua bahan termasuk karet alam ke dalam toples dan di kocok hingga menjadi seperti adonan roti.

5. Proses Pembuatan Komposit

Setelah proses preparasi selesai dilakukan kemudian sampel yang sudah menjadi adonan tersebut dilakukan proses *rolling* yang nantinya sampel tersebut akan dimasukkan ke dalam sebuah cetakan. Sebelum dilakukan

proses *pressing*, sampel dimasukan ke dalam oven terlebih dahulu guna menghilangkan kadar air pada sampel dengan perlakuan suhu 100°C selama 4 jam. Setelah itu baru dilakukan *pressing* menggunakan mesin *Hot press* dengan perlakuan di suhu 170°C, tekanan 0,7 MPa, dan waktu selama 60 menit.

6. Pengujian Mekanik Komposit

Sampel yang telah jadi kemudian dilakukan pengujian mekanik untuk mengetahui sifat dari material tersebut. Untuk pengujian mekaniknya akan dilakukan pengujian tarik untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik menggunakan standar ASTM D638 tipe V. Nantinya sampel akan dibuat menyesuaikan ketentuan dari pengujian-pengujian yang dilakukan

7. Analisis Data

Setelah dilakukan pengujian tarik kemudian data yang didapatkan selanjutnya menganalisis data dengan mencari standar deviasi dari masing-masing spesimen menggunakan metode analisis deskriptif untuk menentukan apakah dari kedua spesimen tersebut mempunyai perbedaan yang signifikan.

3.2 Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut

3.2.1 Alat yang Digunakan

Berikut merupakan alat-alat yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan.

1. Mesin *hot press*

Mesin *hot press* digunakan untuk memadatkan sampel menjadi papan partikel. Mesin *hotpress* yang digunakan berasal dari laboratorium ekstraksi Teknik metalurgi, dengan tekanan maksimal sebesar 1 MPa. Dalam prosesnya sampel mengalami proses vulkanisasi yang nantinya akan membuat sampel menjadi lebih padat.



Gambar 3.2 Mesin *Hot press*

2. Mesin Rolling

Mesin rolling digunakan untuk membuat adonan menjadi 3 sampai 4 lapisan yang disesuaikan ukurannya dengan ketebalan kurang lebih 5mm.



Gambar 3.3 Mesin Rolling

3. Oven

Oven digunakan untuk menurunkan kadar air yang ada dalam sampel dengan melakukan proses pengeringan pada suhu 100°C selama 4 jam dalam pembuatan sampel. Oven ini bermerk dorahomi yang dibeli secara *online* melalui *marketplace* yang mempunyai spesifikasi hingga 240°C.



Gambar 3.4 Oven

4. Blender

Blender dengan rpm tinggi digunakan untuk mencampurkan semua bahan serbuk menjadi satu selama 5 menit. Blender ini mempunyai spesifikasi putaran hingga 1000 rpm



Gambar 3.5 Blender

5. Cetakan

Cetakan digunakan untuk menyetak hasil material mentah menjadi komposit yang sudah dipotong menjadi beberapa lapis yang disatukan sebelum melalui proses penekanan. Cetakan yang digunakan terbuat dari logam dengan ukuran 100 mm x 50 mm x 20 mm dimana ukuran tersebut menyesuaikan dengan penelitian sebelumnya.



Gambar 3.6 Cetakan

6. Jangka Sorong

Penggunaan jangka sorong yaitu untuk mengukur dimensi dari sampel yang sudah melalui proses rolling agar ukuran sesuai yang dibutuhkan.



Gambar 3.7 Jangka Sorong

7. Ayakan

Ayakan digunakan untuk menyaring partikel dari serbuk cangkang telur sesuai dengan mesh yang diperlukan. Ayakan yang digunakan bermesh 100 dan 200. Penggunaan ayakan dimulai dari yang ukuran mesh 200 guna untuk menyaring serbuk yang kemudian dilanjut dengan ukuran mesh 100.



Gambar 3.9 Ayakan

8. Neraca Digital

Penggunaan neraca digital yaitu untuk menimbang massa serbuk cangkang telur, serbuk cangkang kerang, komposisi bahan perekat serta bahan lainnya sesuai dengan takaran yang diperlukan.



Gambar 3.10 Neraca Digital

9. Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik digunakan dalam pengujian tarik kepada papan partikel yang dibuat guna untuk mendapatkan nilai yang dibutuhkan. Mesin uji tarik dengan model *MTS System Corp* dengan kapasitas gaya maksimal 100 kN, dan kekuatan *grip* yang di hasilkan pada mesin ini yaitu 500 psi didapat melalui laboratorium terpadu tepatnya di Sindangsari dengan membeli jasa.



Gambar 3.13 Mesin Uji Tarik

3.2.2 Bahan yang Digunakan

Berikut merupakan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan.

1. Karet Alam

Karet alam berperan sebagai matriks komposit yang berfungsi sebagai pengikat antara *filler* dengan bahan tambahan lainnya. Karet alam yang digunakan yaitu lateks cair siap pakai yang didapat melalui pembelian pada PT. Ukas bertepatan di Kota Tangerang.



Gambar 3.14 Karet Alam

2. Serbuk Cangkang Telur Ayam

Serbuk cangkang telur berperan sebagai *filler* atau pengisi dalam komposit. Serbuk cangkang telur yang digunakan berukuran mesh 100. Serbuk cangkang telur didapatkan melalui pembelian *online* di *marketplace*.



Gambar 3.15 Serbuk Cangkang Telur Ayam

3. Serbuk Cangkang Kerang Darah

Serbuk cangkang kerang berperan sebagai *filler* atau pengisi dalam komposit. Serbuk cangkang kerang yang digunakan berukuran mesh 100. Serbuk cangkang kerang didapatkan melalui pembelian *online* di *marketplace*.



Gambar 3.16 Serbuk Cangkang Kerang Darah

4. Sulfur

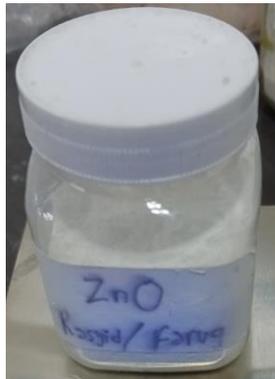
Sulfur digunakan sebagai bahan untuk vulkanisasi karet alam. Salah satu kelebihan dari penggunaan sulfur pada komposit polimer seperti karet alam adalah untuk menambah elastisitas, memberikan kekuatan dan material menjadi lebih kokoh [16].



Gambar 3.17 Sulfur

5. ZnO

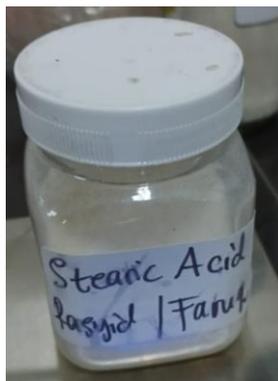
ZnO digunakan sebagai tambahan pada bahan dasar biokomposit dari cangkang telur/cangkang kerang yang bertindak sebagai bahan penguat yang meningkatkan sifat mekanik biokomposit. Selain itu, ZnO juga meningkatkan kepadatan partikel cangkang telur/cangkang kerang, yang pada gilirannya meningkatkan kekuatan dan ketahanan biokomposit terhadap deformasi dan retakan. Selain itu, ZnO berperan sebagai bahan aktivator yang mempercepat proses vulkanisasi [17].



Gambar 3.18 ZnO

6. *Stearic Acid*

Stearic acid digunakan sebagai bahan pelunak karet alam agar dapat mudah diolah dalam proses pencampuran serta pada saat proses *rolling*.



Gambar 3.19 Stearic Acid

3.3 Variabel Pengujian

Berikut merupakan variabel-variabel yang terdapat pada penelitian kali ini, antara lain sebagai berikut.

1. Variabel Bebas

Menggunakan *filler* berupa cangkang kerang dan cangkang telur dengan serbuk berukuran mesh 100.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini yaitu sifat mekanik berupa nilai *Ultimate tensile strength*, *Modulus young*, dan *Yield strength*.

3. Variabel Kontrol

1. Perlakuan vulkanisasi dengan suhu 170°C, tekanan 0,7 MPa, dan dalam kurung waktu 60 menit
2. Menggunakan serbuk cangkang telur dan cangkang kerang dengan mesh 100 serta matriks karet alam.
3. Pengeringan sampel menggunakan oven selama 4 jam dengan temperatur 100°C

3.4 Prosedur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan mengenai tahapan prosedur penelitian, antara lain sebagai berikut

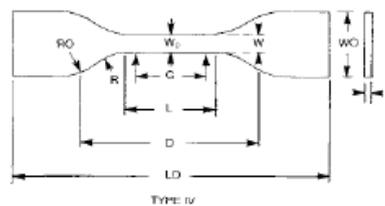
1. Pembuatan Sampel Komposit

Pembuatan sampel dilakukan dengan tahapan awal yaitu dengan menyiapkan bahan-bahan yang diperlukan seperti karet alam, serbuk

cangkang telur, serbuk cangkang kerang, dan bahan lainnya. Setelah itu bahan-bahan tersebut diukur dan disesuaikan komposisinya sesuai yang telah ditentukan. Kemudian bahan-bahan tersebut dilakukan proses *mixing* ke dalam blender agar tercampur menjadi sampel adonan mentah. Lalu proses *rolling* dimulai guna untuk memotong adonan menjadi beberapa sampel yang akan dimasukan ke dalam oven untuk menghilangkan kadar air yang terdapat pada sampel. Tahapan berikutnya sampel dimasukan kedalam cetakan berukuran 100 x 50 x 20 mm untuk dilakukan proses vulkanisasi dengan menggunakan mesin *hot press* berdasarkan tekanan, temperatur, dan waktu yang telah ditentukan hingga menjadi sampel padat berupa papan partikel.

2. Pengujian Sifat Mekanik Sampel

Pada pengujian untuk mengetahui sifat mekanik sampel yaitu dengan melakukan pengujian tarik menggunakan mesin *Universal Testing Machine (UTM) Dynamic 100k*. Pengujian tarik dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D638 Tipe V yang merupakan standar pengujian yang digunakan untuk menentukan sifat mekanik material plastik melalui uji tarik. Dimana sampel yang akan diuji disesuaikan ukurannya terhadap standar tersebut. Kemudian dilanjutkan dengan proses di bawah ini: [18].



Specimen Dimensions for Thickness, T , mm (in.)^A

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)	± 0.5 (± 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)	± 0.5 (± 0.02) ^C
W_C —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)
L_O —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)	± 0.25 (± 0.010) ^C
G —Gage length ^I	...	...	...	25 (1.00)	...	± 0.13 (± 0.005)
D —Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) ^J	25.4 (1.0)	± 5 (± 0.2)
R —Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	± 1 (± 0.04) ^C
R_O —Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	± 1 (± 0.04)

Gambar 3.21 Standar Uji Tarik ASTM D638

Gambar 3.21 merupakan standar yang digunakan dalam pengujian tarik. Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut.

- a) Mengukur dimensi sampel sebelum dilakukan pengujian
- b) Menyesuaikan dimensi sampel dengan standar Tipe 5
- c) Memasukan data dimensi sampel pada *software* uji tarik
- d) Memasang Spesimen pada alat uji kemudian melakukan pemberian beban hingga spesimen patah. Kemudian Mengukur perpanjangan patah dari spesimen.
- e) Nilai yang didapatkan kemudian dimasukkan ke dalam *software* uji tarik sebagai nilai F . Kemudian bisa didapatkan nilai kekuatan tarik maksimum menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

3. Analisis Data

Dalam pengujian tarik pada papan partikel ini akan didapatkan berupa nilai *Ultimate tensile strength* yang nantinya akan digunakan untuk membandingkan antara kedua komposit cangkang telur dan juga cangkang kerang yang bertujuan mendapatkan kesimpulan pada penelitian ini. Adapun perhitungan yang digunakan dalam mencari perbandingan tiap spesimen adalah sebagai berikut:

- a. Mencari Rata – rata

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

- b. Mencari Penyimpangan Setiap Data

$$(xi - \bar{x})$$

- c. Menghitung Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

- d. Menghitung Varians

$$\text{Varians} = S^2$$

- e. Menghitung Koefisien Variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

3.5 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada periode bulan Februari 2024 hingga Juli 2024. Dimana dalam penelitian ini akan menggunakan beberapa tempat yaitu Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA sebagai tempat pembuatan sampel, Laboratorium Ekstraksi Jurusan Teknik Metalurgi UNTIRTA sebagai tempat pengempaan panas sampel, dan Laboratorium Terpadu Sindang Sari UNTIRTA sebagai tempat pengujian tarik.

BAB IV

DATA DAN ANALISIS

4.1 Perhitungan Takaran yang Digunakan

Dalam penelitian ini, sejumlah bahan yang digunakan akan dihitung selama proses pembuatan sampel percobaan yang kemudian diuji melalui pengujian tarik. Kebutuhan bahan dihitung berdasarkan fraksi massa dengan memperhitungkan dimensi cetakan yang digunakan. Cetakan sampel yang digunakan memiliki ukuran 100 mm x 50 mm x 20 mm. Berikut adalah estimasi kebutuhan bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

4.1.1 Cangkang Telur Ayam

Dalam penelitian ini menggunakan komposisi yang mengacu pada penelitian sebelumnya untuk dijadikan referensi, yang dimana penelitian sebelumnya menguji nilai konduktivitas termal, sifat fisik dan pengujian tarik pada cangkang telur dengan perlakuan mesin hotpress yang berbeda, yaitu dengan tekanan maksimal sebesar 0,7 MPa. Perbandingan komposisi yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu serbuk pengisi sebesar 65 % dan matriks sebesar 35%. Perlu diketahui bahwa konversi Karet Alam – Lateks (Karet Cair) berdasarkan standar karet alam dan lateks ASTM D1076 dengan DRC (*Dry Rubber Content*) sebesar 60% = 0,6 [19]. ASTM D1076 sendiri merupakan standar yang ditetapkan oleh ASTM Internasional untuk pengujian dan penentuan sifat-sifat dari karet alam. Maka perhitungan sebagai berikut:

- Karet Alam = 100 phr

- Sulfur = 25 phr

- ZnO = 5 phr

- Stearic Acid = 2 phr

Total Matriks = 132 phr

Total Formula Kompon Ebonit = $\frac{132}{35\%} = 377,14$ phr (35%)

Serbuk Cangkang Telur = $377,14 - 132 = 245,14$

Kemudian mencari komposisi massa pada setiap bahan sebagai berikut.

- Karet Alam $= \frac{100}{377,14} = 0,270 \times 480 \text{ gr} = 127,32 \text{ gr}$
- Sulfur $= \frac{25}{377,14} = 0,070 \times 480 \text{ gr} = 31,82 \text{ gr}$
- ZnO $= \frac{5}{377,14} = 0,013 \times 480 \text{ gr} = 6,36 \text{ gr}$
- Stearic Acid $= \frac{2}{377,14} = 0,005 \times 480 \text{ gr} = 2,55 \text{ gr}$
- Serbuk Cangkang Telur $= \frac{245,14}{377,14} = 0,650 \times 480 \text{ gr} = 311,99 \text{ gr}$
- Konversi Karet Alam $= \frac{127,32}{0,6} = 212,2 \text{ gr}$

4.1.2 Cangkang Kerang Darah

Untuk menentukan komposisi cangkang kerang juga mengacu pada penelitian sebelumnya untuk dijadikan referensi, yang dimana penelitian sebelumnya menguji nilai konduktivitas termal, sifat fisik dan pengujian tarik pada cangkang telur dengan perlakuan mesin hotpress yang berbeda, yaitu dengan tekanan maksimal sebesar 0,7 MPa. Perbandingan komposisi yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu serbuk pengisi sebesar 65 % dan matriks sebesar 35%. Namun ada penyesuaian komposisi pada serbuk cangkang kerang dikarenakan setelah mencoba trial and error didapatkan bahwa massa partikel dari serbuk cangkang kerang cenderung lebih besar ketimbang serbuk cangkang telur. Maka dari itu penyesuaian dilakukan dengan membandingkan volume dari kedua *filler* dan didapatkan perbandingan senilai 0,634. Sama halnya dengan perhitungan komposisi cangkang telur, konversi Karet Alam – Lateks (Karet Cair) berdasarkan standar karet alam dan lateks ASTM D.1076 dengan DRC (*Dry Rubber Content*) sebesar 60% = 0,6. [19] Maka perhitungan sebagai berikut:

- Karet Alam = 100 phr
- Sulfur = 25 phr
- ZnO = 5 phr
- Stearic Acid = 2 phr
- Total Matriks = 132 phr
- Total Formula Kompon Ebonit $= \frac{132}{35\%} = 377,14 \text{ phr (35\%)}$
- Serbuk Cangkang Kerang $= 377,14 - 132 = 245,14$

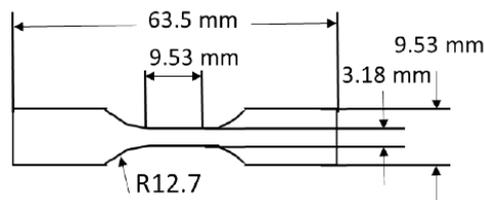
Kemudian mencari komposisi massa pada setiap bahan sebagai berikut.

- Karet Alam $= \frac{100}{377,14} = 0,270 \times 480 \text{ gr} = 127,32 \text{ gr}$
- Sulfur $= \frac{25}{377,14} = 0,070 \times 480 \text{ gr} = 31,82 \text{ gr}$
- ZnO $= \frac{5}{377,14} = 0,013 \times 480 \text{ gr} = 6,36 \text{ gr}$
- Stearic Acid $= \frac{2}{377,14} = 0,005 \times 480 \text{ gr} = 2,55 \text{ gr}$
- Serbuk Cangkang Kerang $= \frac{245,14}{377,14} = 0,650 \times 480 \text{ gr} \times 0,634 = 197,8 \text{ gr}$
- Konversi Karet Alam $= \frac{127,32}{0,6} = 212,2 \text{ gr}$

Dimensi sampel biokomposit pada penelitian ini adalah 100 mm x 50 mm x 20 mm. Pada pengujian ini mencari nilai uji tarik dan perbandingan antara material dari sampel pengujian berdasarkan variasi *filler* yang digunakan. Sebelum dilakukan tahapan pemanasan sampel menggunakan *hotpress*, sampel terlebih dahulu melalui beberapa tahapan seperti proses *mixing*, *rolling*, dan tahapan pemanasan pada temperatur 100°C pada oven selama 4 jam untuk mengeringkan sampel. Setelah itu proses kempa panas (*hot press*) pada temperatur, tekanan dan waktu yang telah ditentukan. Temperatur yang digunakan adalah 170°C, dengan tekanan 0,7 MPa, dan waktu selama 60 menit.

4.2 Prosedur Pengambilan Data Menggunakan *Universal Testing Machine*

Prosedur pengambilan data Uji Tarik menggunakan standar ASTM D638 Tipe V, dimana tiap spesimen dipotong menggunakan alat *waterjet cutting* menjadi 3 potongan yang dimensinya menyesuaikan standar contohnya seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Dimensi Spesimen Uji Tarik

Setelah dilakukan pemotongan papan partikel dimana terdapat 2 spesimen yang dipotong menjadi 3 potongan per-spesimen maka dapat dijabarkan data sebelum pemotongan sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Spesimen Uji Tarik

Jenis <i>Filler</i>	Sampel	Komposisi (%)	Tekanan <i>Hotpress</i> (Mpa)	Temperatur <i>Hotpress</i>	Waktu <i>Hotpress</i>
Serbuk Cangkang Telur Ayam	A	65	0,7	170°C	60 Menit
	B	65	0,7	170°C	60 Menit
	C	65	0,7	170°C	60 Menit
Serbuk Cangkang Kerang Darah	D	65	0,7	170°C	60 Menit
	E	65	0,7	170°C	60 Menit
	F	65	0,7	170°C	60 Menit

Prosedur selanjutnya yaitu melakukan proses uji tarik menggunakan *Universal Testing Machine* yang terdapat di Laboratorium Sindang Sari Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Prosesnya yaitu dengan mengkalibrasi mesin terlebih dahulu yang kemudian menentukan spesifikasi mesin yang akan digunakan untuk pengujian. Berikut spesifikasi yang digunakan dalam pengujian sesuai standar yang diperlukan.

Tabel 4.2 Spesifikasi Alat Pengujian Tarik

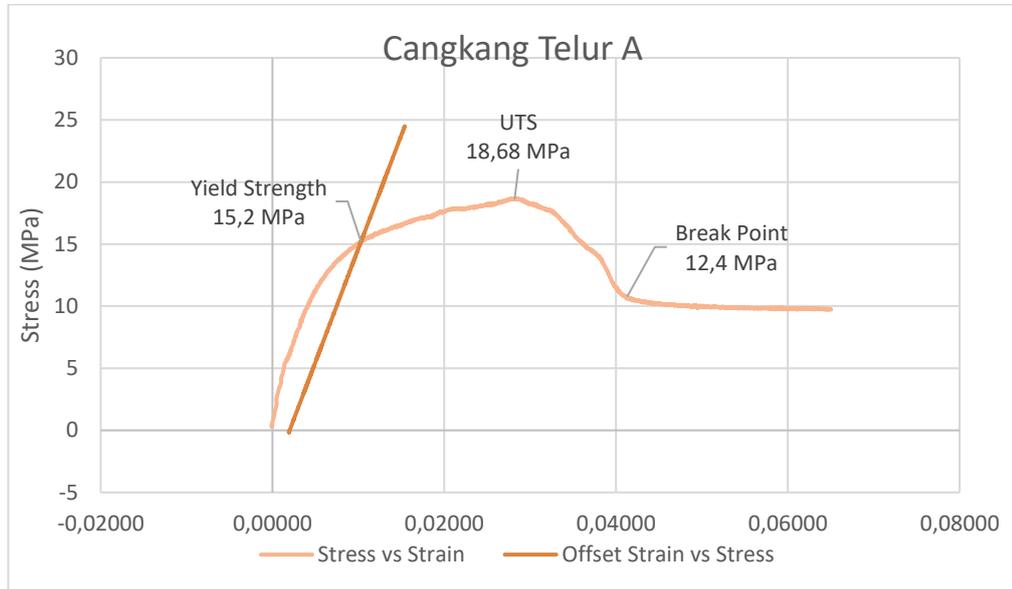
Alat	<i>Universal Testing Machine (UTM) Dynamic 100k</i>
Merk	<i>MTS System Corp</i>
Kapasitas Max	100 kN (kilo newton)
Kekuatan Grip	500 Psi (<i>pound per square inch</i>)
Kecepatan Tarik	1mm/sec

4.3 Data Hasil Universal Testing Machine

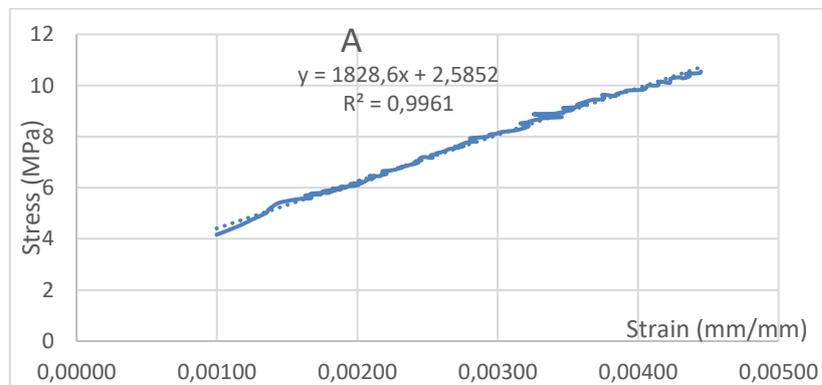
Berikut merupakan data hasil yang didapat dari pengujian tarik menggunakan *Universal Testing Machine* berupa penjelasan grafik dan nilai-

nilai yang diperlukan seperti *Ultimate tensile strength*, *Modulus young*, *Yield strength*.

4.3.1 Cangkang Telur Ayam



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangkang Telur A



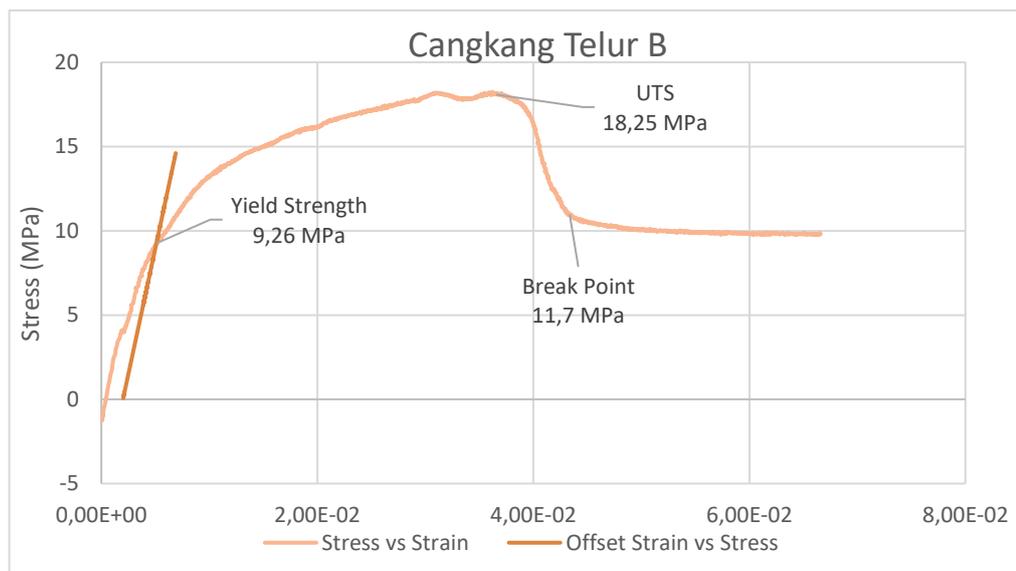
Gambar 4.3 Grafik *Modulus young* Komposit Cangkang Telur A

Gambar 4.2 menunjukkan grafik hasil pengujian tarik spesimen komposit berbasis matriks karet alam yang diperkuat dengan *filler* cangkang telur untuk spesimen A. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diamati bahwa spesimen ini memiliki nilai *Yield strength* sebesar 15,2 MPa, Cara mendapatkan nilai *Yield strength* adalah dengan menggeser garis elastis sebanyak 0,2% *strain* (regangan 0,002) di sepanjang sumbu regangan. Garis ini sejajar dengan bagian elastis dari kurva tegangan-regangan. Nilai *Yield strength* didapatkan dari perpotongan

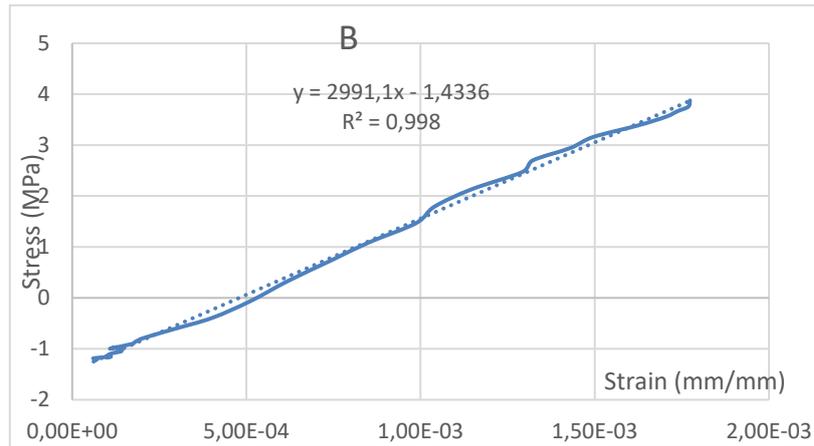
antara garis *offset* dan kurva tegangan-regangan. Nilai ini mencerminkan tegangan yang diperlukan untuk memulai deformasi plastis, dimana material mulai berubah bentuk secara permanen setelah melebihi titik ini. Selain itu, nilai *Ultimate tensile strength* (UTS), yaitu tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh material sebelum mengalami kerusakan, tercatat mencapai 18,68 MPa.

Nilai UTS tersebut menggambarkan kapasitas maksimal material dalam menahan beban sebelum mulai mengalami kerusakan. Setelah spesimen mencapai tegangan puncak ini, terlihat adanya penurunan pada grafik, yang menandakan terjadinya *necking*. *Necking* merupakan proses lokal dimana material mulai menipis pada titik tertentu akibat deformasi plastis, yang pada akhirnya mengarah pada kegagalan material. Pada spesimen ini, kegagalan atau *fracture* terjadi pada tegangan 12,4 MPa, yang menandakan batas akhir kemampuan material untuk menahan beban sebelum terputus.

Nilai *Modulus young* pada Gambar 4.3 dari grafik tercatat sebesar 1,8 GPa. *Modulus young* menggambarkan elastisitas atau kekakuan material, dimana semakin tinggi nilainya, semakin kaku material tersebut dalam menahan deformasi elastis saat diberi beban. Nilai ini menunjukkan bahwa komposit yang dibuat dengan *filler* cangkang telur mampu mempertahankan kekakuannya hingga tingkat tertentu sebelum mengalami deformasi permanen.



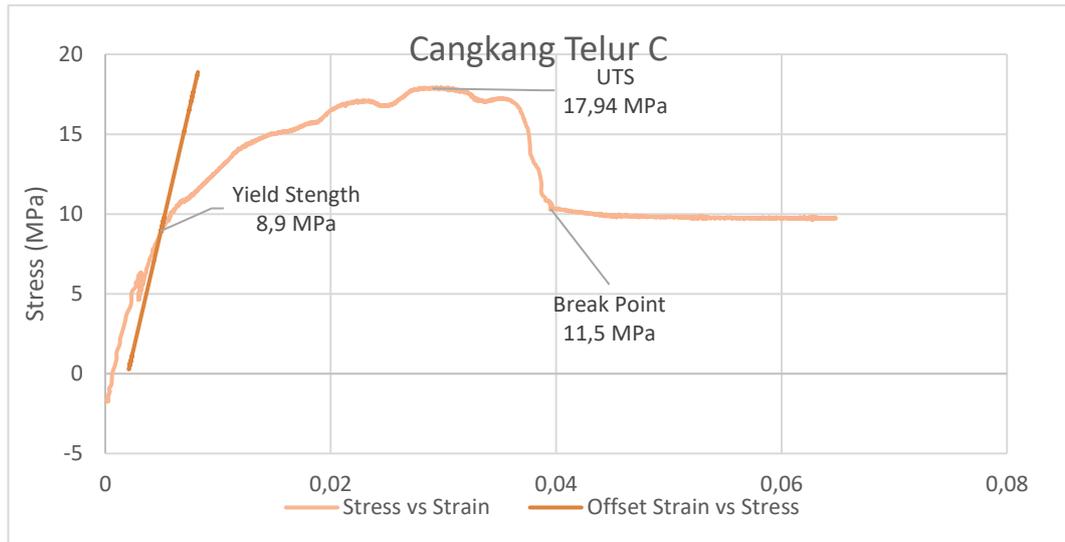
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangking Telur B



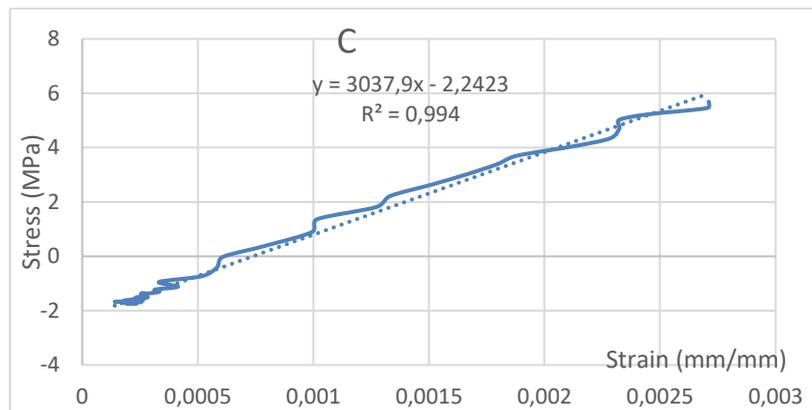
Gambar 4.5 Grafik *Modulus young* Komposit Cangkang Telur B

Gambar 4.4 menampilkan grafik hasil uji tarik untuk spesimen komposit cangkang telur B. Berdasarkan grafik tersebut, spesimen ini menunjukkan *Yield strength* sebesar 9,26 MPa, yang menunjukkan tegangan di mana material mulai mengalami deformasi plastis. Cara mendapatkan nilai *Yield strength* adalah dengan menggeser garis elastis sebanyak 0,2% *strain* (regangan 0,002) di sepanjang sumbu regangan. Garis ini sejajar dengan bagian elastis dari kurva tegangan-regangan. Nilai *Yield strength* didapatkan dari perpotongan antara garis *offset* dan kurva tegangan-regangan. Selain itu, spesimen ini mencapai *Ultimate tensile strength* (UTS) sebesar 18,25 MPa, yang merepresentasikan tegangan maksimum yang mampu ditahan oleh material sebelum mengalami penurunan kekuatan.

Setelah mencapai UTS, material kemudian menunjukkan penurunan tegangan hingga terjadi kegagalan material, dengan nilai tegangan saat *fracture* sebesar 11,7 MPa. Angka ini menunjukkan titik di mana material akhirnya patah atau gagal menahan beban lebih lanjut. Selain itu, nilai *Modulus young* pada grafik di Gambar 4.5 terukur sebesar 2,9 GPa, yang menggambarkan tingkat kekakuan material, atau resistensi material terhadap deformasi elastis. Nilai modulus ini menunjukkan bahwa komposit tersebut memiliki elastisitas yang cukup tinggi sebelum mulai mengalami perubahan bentuk yang signifikan.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Komposit Canggang Telur C

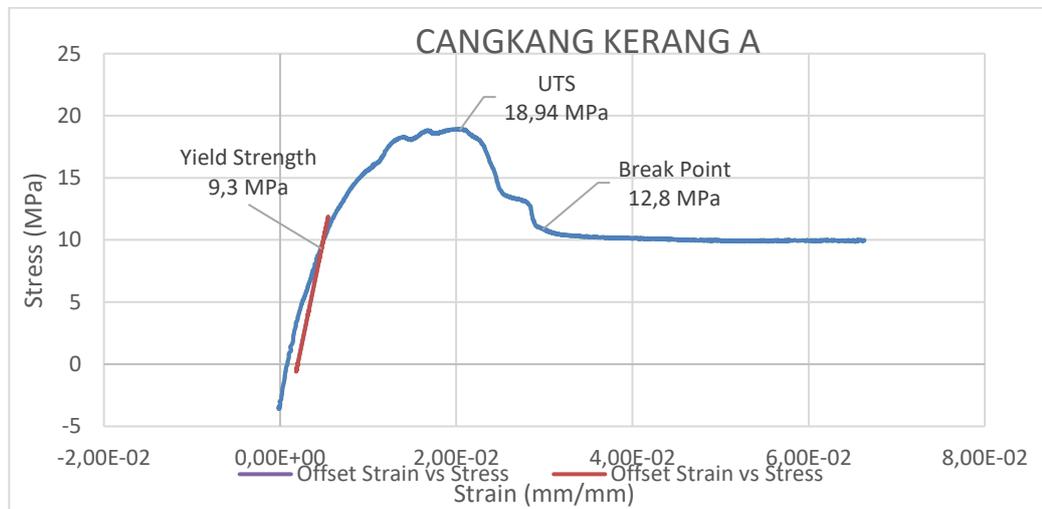


Gambar 4.7 Grafik *Modulus young* Komposit Canggang Telur C

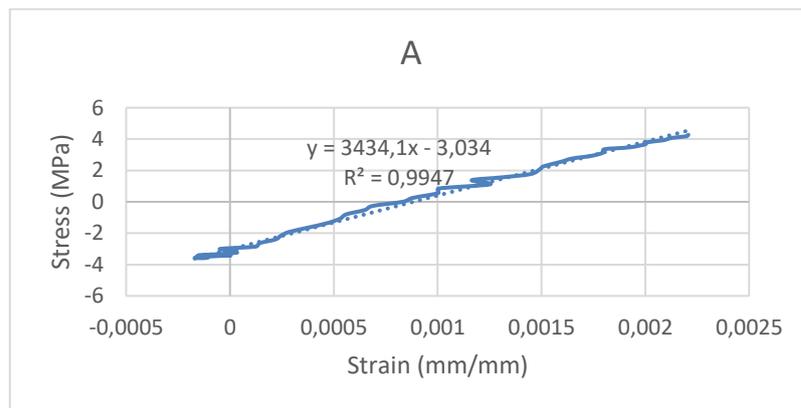
Gambar 4.6 menampilkan grafik hasil uji tarik untuk spesimen komposit canggang telur C. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa spesimen ini memiliki nilai *Yield strength* sebesar 8,9 MPa, yang menandakan titik di mana material mulai mengalami deformasi plastis permanen. Cara mendapatkan nilai *Yield strength* adalah dengan menggeser garis elastis sebanyak 0,2% *strain* (regangan 0,002) di sepanjang sumbu regangan. Garis ini sejajar dengan bagian elastis dari kurva tegangan-regangan. Nilai *Yield strength* didapatkan dari perpotongan antara garis *offset* dan kurva tegangan-regangan. Nilai *Ultimate tensile strength* dari spesimen ini mencapai 17,94 MPa, yang merupakan tegangan maksimum sebelum material mulai mengalami kegagalan.

Setelah mencapai puncak, grafik menunjukkan penurunan yang disebabkan oleh fenomena *necking*, yaitu penyempitan material akibat tarikan yang diterapkan. Titik kegagalan material atau *fracture* tercatat terjadi pada nilai 11,5 MPa, yang mengindikasikan titik akhir sebelum material putus. Selain itu, Pada Gambar 4.7 nilai *Modulus young* diperoleh sebesar 3,04 GPa, yang menunjukkan bahwa material memiliki kekakuan yang cukup tinggi dalam menahan deformasi elastis.

4.3.2 Cangkang Kerang Darah



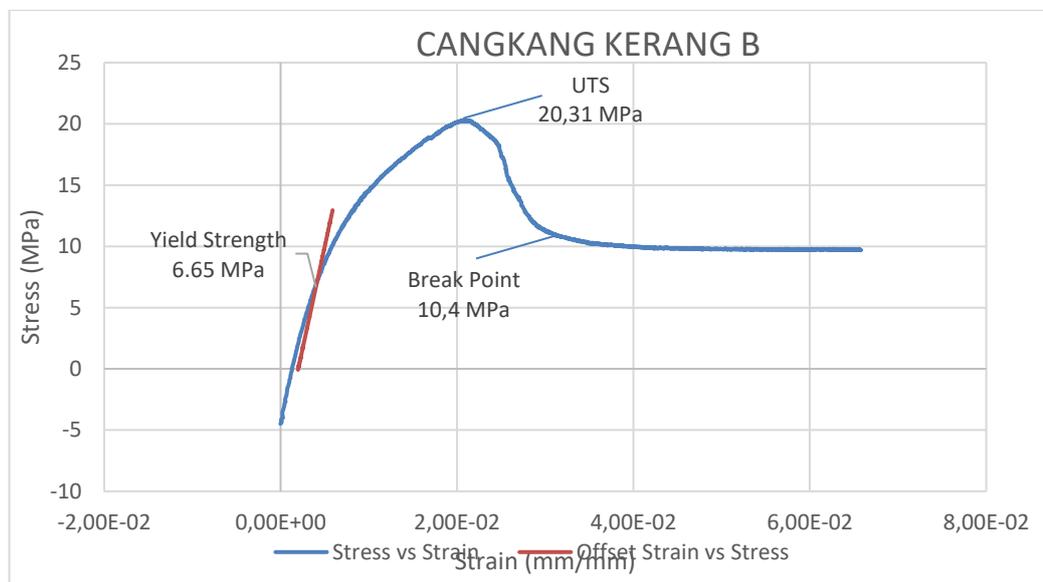
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangkang Kerang A



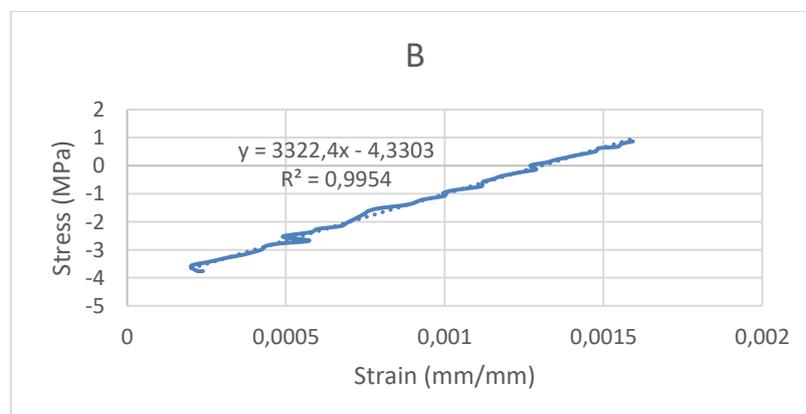
Gambar 4.9 Grafik *Modulus young* Komposit Cangkang Kerang A

Gambar 4.8 menunjukkan grafik hasil uji tarik spesimen komposit cangkang kerang A. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa spesimen memiliki nilai *Yield*

strength sebesar 9,3 MPa. Nilai *Yield strength* didapatkan dengan menggeser garis elastis sebanyak 0,2% *strain* (regangan 0,002) di sepanjang sumbu regangan. Garis ini sejajar dengan bagian elastis dari kurva tegangan-regangan. Nilai *Yield strength* didapatkan dari perpotongan antara garis *offset* dan kurva tegangan-regangan. Selain itu, nilai *Ultimate tensile strength* (UTS) mencapai 18,94 MPa, yang merupakan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh spesimen sebelum mengalami penurunan kekuatan. Nilai *Modulus young* yang dihitung dari grafik pada Gambar 4.9 adalah 3,4 GPa, menunjukkan tingkat kekakuan material dalam merespons regangan elastis sebelum terjadi deformasi permanen.



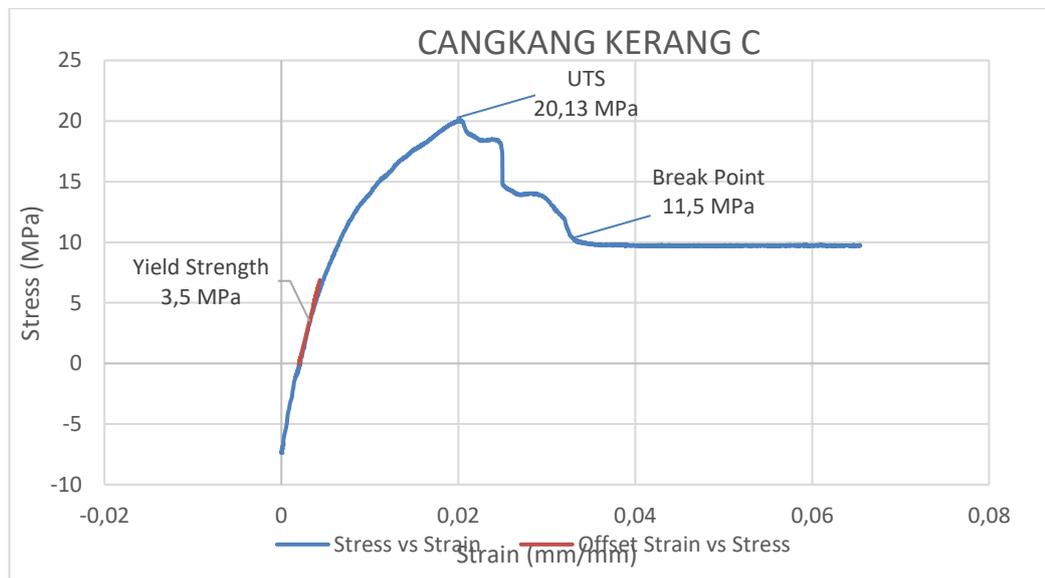
Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangkang Kerang B



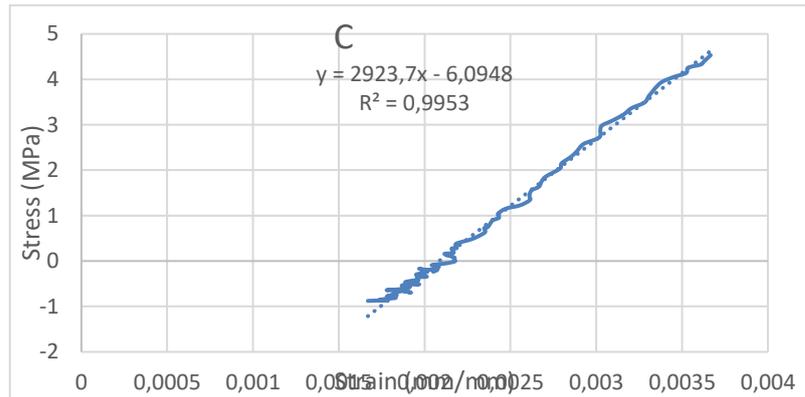
Gambar 4.11 Grafik *Modulus young* Komposit Cangkang Kerang B

Gambar 4.10 menampilkan grafik hasil uji tarik untuk spesimen komposit cangkang telur B. Dari data yang diperoleh, terlihat bahwa spesimen memiliki nilai *Yield strength* sebesar 6,65 MPa, menandakan awal terjadinya deformasi plastis pada material. Cara mendapatkan nilai *Yield strength* adalah dengan menggeser garis elastis sebanyak 0,2% *strain* (regangan 0,002) di sepanjang sumbu regangan. Garis ini sejajar dengan bagian elastis dari kurva tegangan-regangan. Nilai *Yield strength* didapatkan dari perpotongan antara garis *offset* dan kurva tegangan-regangan. *Ultimate tensile strength* (UTS) tercatat mencapai 20,31 MPa, menunjukkan kekuatan maksimum sebelum material mengalami penurunan.

Setelah UTS tercapai, terjadi fenomena *necking* yang menyebabkan penurunan kekuatan, dengan area patah (*fracture*) tercatat pada 10,4 MPa. Sementara itu, pada Gambar 4.11 nilai *Modulus young* yang dihitung dari grafik adalah 3,3 GPa, menggambarkan kekakuan material terhadap deformasi elastis



Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengujian Komposit Cangkang Kerang C



Gambar 4.13 Grafik *Modulus young* Komposit Cangkang Kerang C

Gambar 4.12 menunjukkan grafik hasil uji tarik dari spesimen komposit cangkang telur C. Dari grafik tersebut, tampak bahwa nilai *Yield strength* spesimen terukur pada 3,5 MPa, yang menandakan awal terjadinya deformasi plastis pada material. Nilai *Yield strength* didapatkan dengan menggeser garis elastis sebanyak 0,2% *strain* (regangan 0,002) di sepanjang sumbu regangan. Garis ini sejajar dengan bagian elastis dari kurva tegangan-regangan. Nilai *Yield strength* didapatkan dari perpotongan antara garis *offset* dan kurva tegangan-regangan. *Ultimate tensile strength* (UTS) spesimen tercatat mencapai 20,13 MPa, menunjukkan kekuatan tertinggi sebelum mengalami kerusakan.

Setelah mencapai UTS, grafik mulai menurun hingga titik *fracture* pada 11,5 MPa. Nilai *Modulus young* yang dihasilkan dari grafik pada Gambar 4.13 adalah 2,9 GPa, mencerminkan tingkat kekakuan spesimen terhadap deformasi elastis.

4.4 Pembahasan Hasil Nilai Uji Tarik Komposit

Berdasarkan dari hasil uji tarik spesimen, didapatkan nilai – nilai berupa grafik yang dapat disimpulkan sebagai berikut.

Tabel 4.3 Nilai Hasil Pengujian Tarik Sampel

Jenis <i>Filler</i>	Sampel	UTS (MPa)	<i>Modulus Young</i> (GPa)	<i>Yield Strength</i> (MPa)
Serbuk	A	18,68	1,8	15,2
	B	18,25	2,99	9,26

Cangkang Telur	C	17,94	3	8,9
	$\bar{\alpha}$	18,29	2,6	11,12
Serbuk Cangkang Kerang Darah	A	18,94	3,4	9,3
	B	20,31	3,3	6,65
	C	20,13	2,9	3,5
	$\bar{\alpha}$	19,79	3,2	6,48

Secara keseluruhan, baik komposit cangkang telur maupun cangkang kerang memiliki nilai *Ultimate tensile strength* yang hampir setara, yaitu dengan nilai rata-rata dari serbuk cangkang telur ayam 18,29 MPa dan serbuk cangkang kerang darah 19,79 MPa yang menunjukkan kekuatan yang relatif sebanding. Namun, dari segi kekakuan, komposit cangkang kerang darah menunjukkan keunggulan dengan nilai *Modulus young* yang lebih tinggi, yaitu dengan nilai rata-rata 3,2 GPa sedangkan komposit cangkang telur ayam 2,6 GPa menandakan bahwa komposit ini lebih kaku. Di sisi lain, komposit cangkang telur cenderung memiliki variasi yang lebih luas dalam hal *Yield strength*, yaitu dengan nilai rata-rata 11,12 MPa sedangkan komposit cangkang kerang darah 6,48 MPa. Ini menunjukkan bahwa kedua jenis komposit memiliki kemampuan yang hampir sama dalam menahan deformasi awal, meskipun cangkang telur memiliki rentang yang lebih lebar.

4.5 Perhitungan Mencari Perbandingan Hasil Uji Tarik

Perhitungan dilakukan menggunakan metode analisis deskriptif untuk mendapatkan nilai rata-rata pengujian serta nilai standar deviasi yang nantinya akan digunakan untuk membandingkan antara kedua komposit yang diuji. Hal tersebut merupakan aspek penting dalam penilaian kualitas untuk kedua biokomposit. Dengan mencari nilai standar deviasi akan memberikan gambaran mengenai seberapa besar variasi nilai tarik di dalam masing-masing potongan spesimen. [20]. Kemudian perhitungan nilai CV yang lebih rendah menunjukkan bahwa hasil uji tarik dari ketiga potongan lebih seragam, yang menandakan bahwa biokomposit tersebut lebih homogen. Sebaliknya, nilai

yang tinggi menunjukkan variasi yang lebih besar, mengindikasikan bahwa biokomposit kurang homogen. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan dengan data sebagai berikut.

4.5.1 Cangkang Telur Ayam

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah dengan menghitung banyak data (n), $n = 3$, kemudian menghitung *mean* (rata-rata) sebagai berikut:

1. Mencari Rata – rata

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{18,68 + 18,25 + 17,94}{3} = 18,29$$

2. Mencari Penyimpangan Setiap Data

$$(xi - \bar{x})$$

$$A = (18,68 - 18,29) = 0,39^2 = 0,16$$

$$B = (18,25 - 18,29) = -0,05^2 = 0,002$$

$$C = (17,94 - 18,29) = -0,35^2 = 0,12$$

3. Menghitung Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,16 + 0,002 + 0,12}{3-1}} = 0,37$$

4. Menghitung Varians

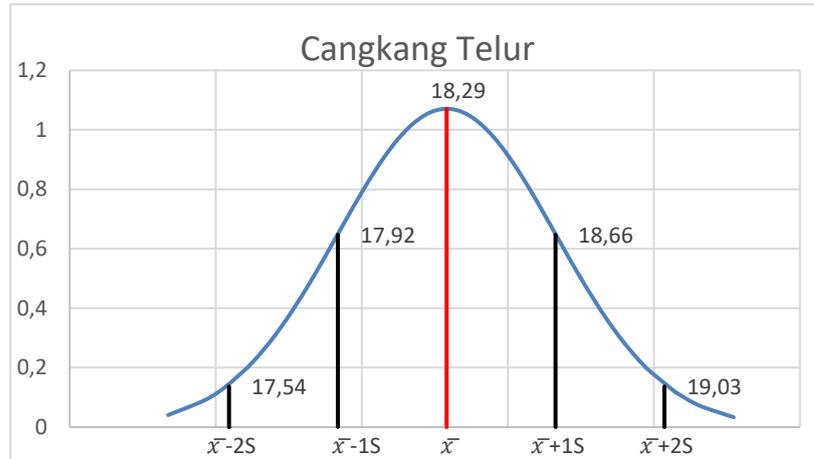
$$S^2 = 0,37^2 = 0,14$$

5. Menghitung Koefisien Variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$CV = \frac{0,37}{18,29} \times 100\% = 2,03\%$$

6. Membuat Grafik Distribusi Normal



Gambar 4.14 Grafik Distribusi Normal *Filler* Cangkang Telur

4.5.2 Cangkang Kerang Darah

1. Mencari Rata – rata

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{18,94 + 20,31 + 20,13}{3} = 19,79$$

2. Mencari Penyimpangan Setiap Data

$$(xi - \bar{x})$$

$$A = (18,94 - 19,79) = -0,85^2 = 0,73$$

$$B = (20,31 - 19,79) = 0,52^2 = 0,27$$

$$C = (20,13 - 19,79) = 0,34^2 = 0,11$$

3. Menghitung Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,73 + 0,27 + 0,11}{3-1}} = 0,75$$

4. Menghitung Varians

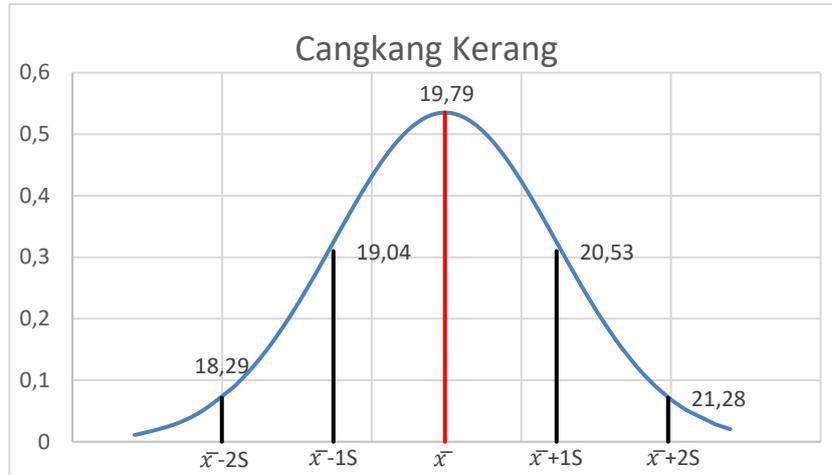
$$S^2 = 0,75^2 = 0,42$$

5. Menghitung Koefisien Variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$CV = \frac{0,75}{19,79} \times 100\% = 3,76\%$$

6. Membuat Grafik Distribusi Normal



Gambar 4.15 Grafik Distribusi Normal *Filler* Canggang Kerang

4.5.3 Mencari *Error bar*

1. Canggang Telur

$$\bar{x} \pm 2S$$

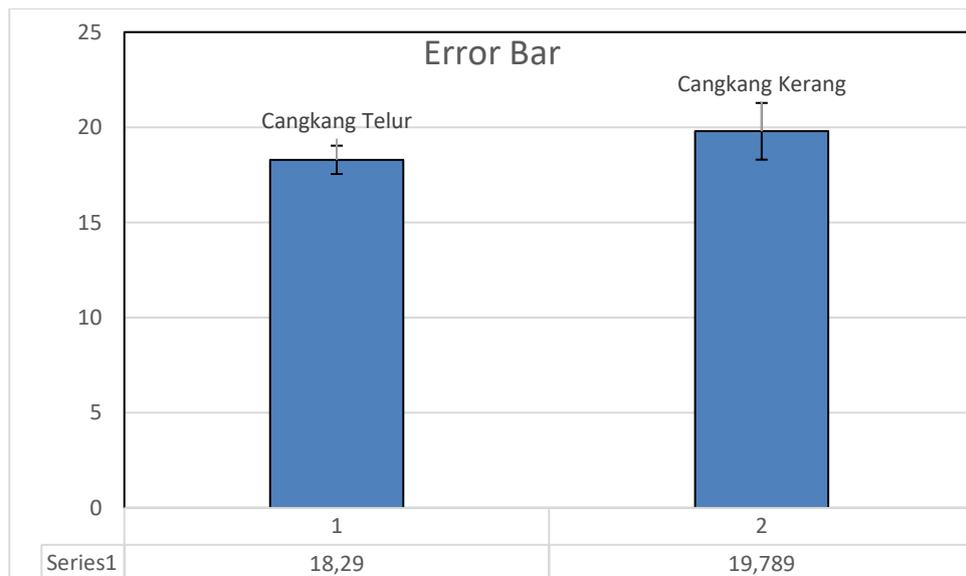
$$18,29 \pm 0,74$$

2. Canggang Kerang

$$\bar{x} \pm 2S$$

$$19,79 \pm 1,49$$

3. Grafik *Error bar*



Gambar 4.16 Grafik *Error bar* Nilai UTS Pengujian Tarik

4.6 Pembahasan & Perbandingan Nilai *Ultimate tensile strength*

Setelah dilakukan perhitungan nilai koefisien variasi (CV) pada kedua jenis biokomposit, diperoleh bahwa komposit dengan *filler* cangkang telur ayam memiliki nilai CV sebesar 2,03%, sedangkan komposit dengan *filler* cangkang kerang darah memiliki CV sebesar 3,76%. Berdasarkan kriteria umum yang menyatakan bahwa koefisien variasi di bawah 5% menunjukkan homogenitas yang baik, kedua biokomposit ini dapat dikatakan memiliki tingkat homogenitas yang sangat baik. Namun, jika dibandingkan secara langsung, komposit dengan *filler* cangkang telur ayam memiliki keunggulan dari segi konsistensi hasil pengujian, karena nilai CV yang lebih rendah, yakni 2,03%, dibandingkan dengan cangkang kerang darah yang memiliki CV sebesar 3,76%. Selisih 1,73% ini mengindikasikan bahwa komposit cangkang telur ayam menunjukkan variasi yang lebih kecil dalam hasil uji tarik, sehingga konsistensi material ini lebih terjaga.

Dari segi analisis grafik distribusi normal yang terdapat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15, kedua jenis biokomposit menunjukkan pola distribusi yang hampir serupa, tanpa adanya nilai yang ekstrem atau jauh menyimpang dari rata-rata. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada data *outliner* yang signifikan dalam pengujian tarik, memperkuat kesimpulan bahwa kedua biokomposit memiliki distribusi hasil yang seragam. Selain itu, ketika dilihat dari grafik *error bar* pada Gambar 4.16, terdapat titik temu antara kedua komposit, yang menunjukkan bahwa perbedaan antara keduanya tidak signifikan secara statistik. Oleh karena itu, meskipun komposit dengan cangkang telur ayam memiliki sedikit keunggulan dari segi koefisien variasi, secara keseluruhan, kedua komposit menunjukkan performa yang relatif seimbang dalam uji tarik yang menandakan bahwa menggunakan *filler* cangkang telur ataupun cangkang kerang memiliki pengaruh yang sama.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait pengujian sifat mekanik material didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa biokomposit karet alam berpengisi cangkang kerang darah dan cangkang telur memiliki nilai *Ultimate tensile strength*, *Modulus young*, dan *Yield strength* yang bervariasi. Nilai *Ultimate tensile strength* tertinggi ada pada biokomposit cangkang kerang darah spesimen B dengan nilai 20,31 MPa. Kemudian untuk nilai *Modulus young* tertinggi terdapat pada biokomposit cangkang kerang darah spesimen A dengan nilai 3,3 MPa. Untuk nilai *Yield strength* didapatkan nilai tertinggi yaitu 15,2 MPa pada cangkang telur ayam spesimen A.
2. Perbandingan biokomposit dengan pengisi cangkang kerang darah menunjukkan nilai rata-rata *Ultimate tensile strength* yang lebih tinggi dengan nilai 19,79 MPa dibandingkan dengan biokomposit cangkang telur dengan nilai 18,29 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa cangkang kerang darah sedikit lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan tarik komposit karet alam. Kemudian dari segi kekakuan, komposit cangkang kerang darah menunjukkan keunggulan dengan nilai *Modulus young* yang lebih tinggi, yaitu dengan nilai rata-rata 3,2 GPa sedangkan komposit cangkang telur ayam 2,6 GPa menandakan bahwa komposit ini lebih kaku. Di sisi lain, komposit cangkang telur cenderung memiliki variasi yang lebih luas dalam hal *Yield strength*, yaitu dengan nilai rata-rata 11,12 MPa sedangkan komposit cangkang kerang darah 6,48 MPa. Ini menunjukkan bahwa kedua jenis komposit memiliki kemampuan yang hampir sama dalam menahan deformasi awal, meskipun cangkang telur memiliki rentang yang lebih lebar.
3. Perbedaan nilai *Ultimate tensile strength* biokomposit karet alam berpengisi cangkang kerang darah dan cangkang telur dianalisis menggunakan nilai

standar deviasi dan koefisien variasi (CV). Hasil analisis menunjukkan bahwa biokomposit berpengisi cangkang telur memiliki nilai koefisien variasi yang lebih rendah dibandingkan dengan biokomposit berpengisi cangkang telur. Hal ini terlihat dari nilai CV cangkang telur ayam yang lebih rendah, yaitu 2,03%, dibandingkan dengan nilai CV cangkang kerang darah yang mencapai 3,76%, dengan selisih perbandingan 1,73%. Hal ini juga menunjukkan bahwa penyebaran komposisi pada komposit cangkang telur lebih merata. Tetapi jika dilihat dari perbandingan nilai standar deviasi yang diolah menjadi grafik distribusi normal dan grafik *error bar* menunjukkan bahwa biokomposit dengan cangkang telur dan juga cangkang kerang tidak ada perbedaan yang signifikan antara keduanya karena grafik distribusi normal dan grafik *error bar* menunjukkan adanya titik temu antara nilai *Ultimate tensile strength* kedua komposit.

5.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang ingin diberikan penulis guna untuk meningkatkan proses penelitian maupun penulisan agar lebih baik lagi kedepannya adalah:

1. Menambahkan variasi spesimen pengujian pada setiap komposit seperti menambah variasi ukuran *filler* atau tekanan yang digunakan dalam pembuatan komposit. Dengan demikian penelitian dapat mencakup lebih banyak data untuk analisis yang lebih menyeluruh, meningkatkan ketelitian dalam menentukan karakteristik material secara umum.
2. Menggunakan alat mesin kempa panas yang mempunyai tekanan tinggi karena dalam pembuatan komposit, penggunaan kempa panas dengan tekanan yang lebih tinggi dapat mempengaruhi distribusi material pengisi dalam matriks karet alam.
3. Menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti sarung tangan, pelindung mata, dan masker untuk menghindari kecelakaan kerja seperti cedera atau paparan bahan berbahaya.

DAFTAR PUSTAKA

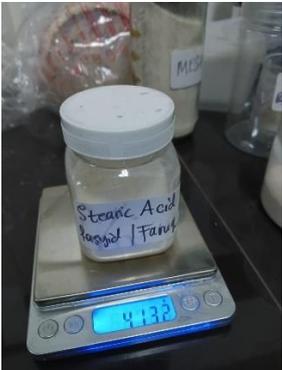
- [1] Setiawati, S., Sitorus, B., Bara, M., Malino, allo, & Hadari Nawawi, J. H. (2015). Sintesis dan Karakterisasi Komposit Karet Alam-Selulosa Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Variasi Massa Selulosa. 4(3), 65–72.
- [2] Prastika Rangga, D., Hartono, P., & Basjir, M. (2022). Analisis Pengaruh Serbuk Cangkang Telur dan Serat Tebu Sebagai Komposit Terhadap Sifat Mekanis.
- [3] Hendra, M., Ginting, S., Helina Siregar, N., Suwito, F., & Tanujaya, B. (2016). Pengaruh Komposisi Kulit Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Terhadap Kerapatan, Keteguhan Patah Komposit Partikel Poliester.
- [4] H. Nasution, A. Tantra, and T. Arista P. (2016). "The effect of filler content and particle size on the impact strength and water absorption of epoxy/cockleshell powder (*anadora granosa*) composite,".
- [5] Suryatmojo, I., Djamil, M. S., & Suwartini, T. (2020). Flexural Strength pada Geopolimer Komposit dengan *Filler* Zirconia Alumina dan Nanoselulosa Kristalin. In *SONDE (Sound of Dentistry) (Vol. 6, Issue 2)*.
- [6] Hutabarat, U., I., J. (2014). Sifat Mekanik Komposit *Fiber Glass* Dengan Penguat Serat Sabut Buah Kelapa Sawit Ber-orientasi Presentase Jumlah Serat Secara *Random*. Politeknik Medan, 8 (2), 18–27.
- [7] Dian Ratna U (2022). Sifat Fisik dan Mekanis Komposit *Hybrid* Kayu Setelah Terpapar Uji Rayap di Lapangan. Fakultas Kehutanan, Jurusan Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [8] Erwin Herbet F Manurung (2019). Pendekatan Mutu Karet Alam SIR 3L, SIR 5, SIR 10, SIR 20 dan RSS Terhadap Mutu Karet Sintetis *Polychloroprene*.
- [9] Susilawati, N., Nurhayati, C., & Susanto, T. (2021). Komposit Limbah Serabut Kelapa Dan Karet Alam Sebagai Alternatif Bahan Peredam Suara. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* (Vol. 32).
- [10] Nuchnapa. T, S. Rortchanakarn, K. Petcharoen, Sirivat (2015). *Effect Of Foaming Agents And Eggshell Calcium Carbonate (CaCO₃) Filler On*

Natural Rubber Foam Physical-thermal – Mechanical Properties. J Rubb. Res., 19(2), 71-96

- [11] Suarsana (2014). Pengetahuan Material Teknik, pp 1 – 71.
- [12] Pujiati Retno (2017). Analisa Teknis Bahan Komposit Dari Serat Alami Ampas Tebu Untuk Bahan Alternatif Pembuatan Kulit Kapal. Fakultas Teknologi Kelautan, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [13] Agresti, A. (2009). *An Introduction to Categorical Data Analysis*. 2nd ed., Wiley.
- [14] Damodar, N. Gujarati (2009). *Basic Econometrics*. 5th ed., McGraw-Hill Irwin.
- [15] Sulaeman, J. A. (2023). Pengaruh Variasi Kandungan *Filler* Serbuk Cangkang Telur Ayam Dengan Pengikat Karet Alam Terhadap Konduktivitas Termal Biokomposit.
- [16] Shafira, S. D. F. (2024). Karakterisasi Biokomposit Berbahan Cangkang Telur Ayam Dengan Pengikat Karet Alam Sebagai Pembanding Plastik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS). Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [17] Zabidi, F. (2023). Analisa Pengaruh Variasi Kandungan Sulfur Pada Konduktivitas Termal Biokomposit Berbahan Dasar Cangkang Telur. Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [18] ASTM D638 (2022). *Standard Test Method Tensile Properties of Plastics*, ASTM International
- [19] ASTM D1076 (2023). *Standard Specification for Rubber Concentrated, Ammonia Preserved, Creamed, and Centrifuged Natural Latex*, ASTM International
- [20] Febriani, S. (2022). Analisis Deskriptif Standar Deviasi. *Jurnal Pendidikan Tambusai* (Volume 6 Nomor 1).

LAMPIRAN

Lampiran Proses Pembuatan Spesimen



Lampiran Proses Pengujian Tarik

