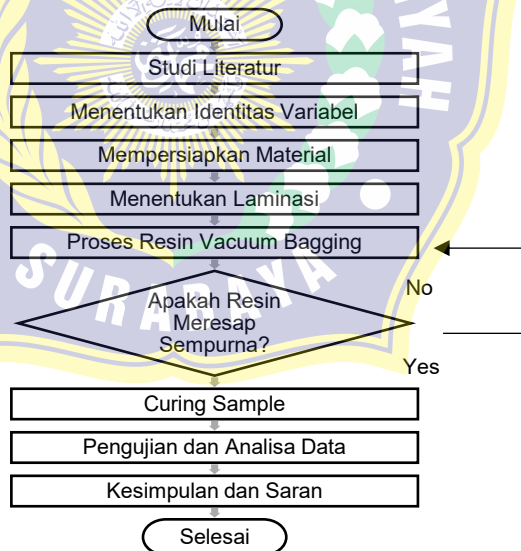


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah lapisan (*layer*) dan orientasi serat terhadap kekuatan mekanik komposit berbahan serat karbon dengan matriks resin epoksi. Seluruh proses penelitian dilaksanakan berdasarkan standar uji yang berlaku untuk memastikan hasil yang akurat dan dapat dibandingkan secara ilmiah. Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis berdasarkan diagram alur di bawah ini :



Gambar 3. 1 Diagram alur desain penelitian.  
(Sumber: Olahan Peneliti)

Langkah awal penelitian diawali dengan persiapan alat dan bahan, termasuk perhitungan perbandingan antara resin dan katalis (*hardener*) agar sesuai dengan komposisi yang direkomendasikan oleh produsen. Setelah itu, dilakukan proses pembuatan spesimen dengan variasi jumlah lapisan 6, 8, dan 10 lapisan, serta orientasi serat  $0^{\circ}/90^{\circ}$  dan  $\pm 45^{\circ}$ . Bahan penguat (*reinforcement*) yang digunakan adalah serat karbon twill 3K 200 gsm, sedangkan bahan pengikat (*matrix*) berupa resin epoksi. Proses fabrikasi dilakukan menggunakan metode *vacuum bagging*, yang bertujuan untuk menghasilkan komposit yang homogen, padat, dan minim cacat udara (*voids*).



Gambar 3. 2 Susunan Laminasi Karbon  
(Sumber: Olahan Peneliti.)

Selama proses fabrikasi, suhu dan kelembapan ruangan dijaga antara  $25^{\circ}\text{C}$  hingga  $31^{\circ}\text{C}$  dengan bantuan sistem pendingin udara guna memastikan kondisi *curing* resin berlangsung stabil dan optimal. Pengendalian suhu ini penting karena perubahan temperatur dapat memengaruhi waktu pengerasan (*curing time*) serta kekuatan akhir komposit. Setelah spesimen selesai dibuat, bentuk dan dimensinya disesuaikan dengan standar pengujian masing-masing, yaitu ASTM D638-14 (International, 2020) untuk

uji tarik dan ASTM D6110-18 (International, 2020b) untuk uji impak. Spesimen kemudian diuji untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dan ketangguhan impaknya. Data hasil pengujian diolah dan dianalisis untuk memperoleh hubungan antara jumlah lapisan dan orientasi serat terhadap sifat mekanik komposit. Tahap akhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang diperoleh.

### **3.2 Peralatan dan bahan**

Dalam penelitian ini digunakan berbagai peralatan dan bahan pendukung yang berperan penting dalam proses pembuatan serta pengujian komposit serat karbon. Setiap alat berfungsi untuk menunjang tahapan penelitian mulai dari proses *vacuum bagging* hingga pengujian mekanik, sedangkan bahan berperan sebagai komponen utama penyusun komposit. Penggunaan peralatan yang tepat serta bahan berkualitas tinggi diperlukan untuk memastikan hasil penelitian memiliki tingkat keakuratan dan konsistensi yang baik.

#### **3.2.1 Peralatan**

##### **a. Vacuum Pump**

*Vacuum pump* bermerk Value dengan tenaga 1 HP (*Horse Power*) berfungsi menyedot udara dari dalam sistem selama proses *vacuum bagging*. Alat ini menciptakan tekanan negatif yang merata di seluruh permukaan cetakan sehingga resin dapat menyebar secara optimal di antara lapisan serat. Penggunaan pompa vakum sangat penting

untuk mengurangi kemungkinan terbentuknya rongga udara (*voids*) pada komposit. Selain itu, pengaturan tekanan vakum juga memengaruhi kualitas dan kekuatan hasil akhir spesimen komposit.



Gambar 3. 3 *Vacuum Pump*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

**b. *Vacuum Catch Trap***

*Vacuum catch trap* digunakan untuk menahan resin berlebih agar tidak masuk ke dalam *vacuum pump* selama proses *vacuum bagging*. Alat ini juga berfungsi sebagai pengatur tekanan agar kevakuman dalam sistem tetap stabil. Dengan adanya *catch trap*, resin yang tersedot dari area cetakan dapat ditampung terlebih dahulu, sehingga mencegah kerusakan pada pompa vakum dan menjaga kebersihan sistem.



Gambar 3. 4 *Vacuum Catch Trap*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

### c. Katup Vakum

Katup vakum berfungsi mengontrol aliran udara dari pompa vakum ke cetakan serta saluran masuknya resin. Pengaturan katup yang tepat memungkinkan operator menyesuaikan tekanan negatif agar proses infus resin berjalan lancar tanpa kebocoran udara. Selain itu, katup ini juga membantu menjaga keseimbangan antara kecepatan aliran resin dan tekanan di dalam sistem vakum.



Gambar 3. 5 Katup *vacuum*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

### d. Plastik Vakum

Plastik vakum digunakan untuk menutupi seluruh area cetakan selama proses *vacuum bagging*. Fungsinya menjaga perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar cetakan agar resin dapat mengisi serat dengan sempurna. Plastik ini juga mencegah kontaminasi dari udara luar dan membantu proses *curing* berjalan lebih merata. Pemilihan plastik berkualitas tinggi sangat berpengaruh terhadap kerapatan hasil laminasi.



Gambar 3. 6 *Plastik Vacuum*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

**e. Kain Strimin**

Kain strimin digunakan sebagai lapisan perantara antara plastik vakum dengan permukaan komposit. Lapisan ini berfungsi agar plastik tidak menempel langsung pada komposit setelah proses pengerasan selesai. Selain itu, kain ini membantu menjaga sirkulasi udara di dalam sistem vakum sehingga tekanan merata dan hasil permukaan komposit tetap halus.



Gambar 3. 7 Kain strimin  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

**f. Kain *peel ply***

Kain *Peel Ply* merupakan lapisan yang ditempatkan di atas serat karbon dan di bawah kain strimin. Fungsinya adalah memudahkan proses pelepasan hasil cetakan tanpa

merusak permukaan komposit. Penggunaan *peel ply* juga membantu menghasilkan tekstur permukaan yang bersih dan bebas residu, sehingga siap digunakan untuk tahap *finishing* atau pengujian.



Gambar 3. 8 *Peel ply*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

#### **g. Selang Spiral**

Selang spiral berongga digunakan untuk menyalurkan udara dari pompa vakum serta mengalirkan resin ke seluruh permukaan cetakan. Bentuk spiralnya memungkinkan aliran tekanan dan resin tersebar merata ke setiap bagian cetakan. Selang ini memiliki daya tahan tinggi terhadap suhu dan bahan kimia yang digunakan dalam proses pembuatan komposit.



Gambar 3. 9 Selang Spiral  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

#### **h. Selang Pneumatik**

Selang pneumatik berfungsi menyalurkan tekanan udara dari pompa vakum sekaligus membantu proses infus resin

ke area cetakan. Material selang ini tahan terhadap tekanan tinggi dan reaksi kimia resin, sehingga menjaga kestabilan aliran selama proses berlangsung. Penggunaannya memastikan resin dapat tersebar secara homogen ke seluruh lapisan serat.



Gambar 3. 10 Selang *Pneumatic*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

#### i. **Sealant Tape**

*Sealant tape* digunakan untuk menutup rapat bagian tepi plastik vakum agar tidak terjadi kebocoran udara selama proses *vacuum bagging*. Perekat ini memastikan sistem vakum dapat mencapai tekanan optimal dan stabil. Penggunaan *sealant* yang tepat sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proses pembuatan komposit tanpa adanya gangguan tekanan.



Gambar 3. 11 *Sealant Tape*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)



#### j. **Release Wax**

*Release wax* digunakan untuk melapisi permukaan cetakan agar produk komposit mudah dilepas setelah proses pengerasan (*curing*). Lapisan ini mencegah resin menempel secara permanen pada cetakan dan membantu menjaga kehalusan permukaan produk. Pengaplikasian *wax* dilakukan secara merata sebelum proses laminasi dimulai.



Gambar 3. 12 *Release Wax*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

#### k. **Selotip Kertas**

Selotip kertas digunakan untuk menutupi bagian cetakan yang tidak diinginkan agar resin tidak meresap ke area tersebut. Dengan menutup pola spesimen, proses vakum dapat berjalan tanpa risiko kebocoran resin ke permukaan luar. Selain itu, selotip juga membantu menjaga kebersihan cetakan setelah proses selesai.



Gambar 3. 13 Selotip Kertas  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

## I. Gunting

Gunting digunakan untuk memotong serat karbon sesuai ukuran spesimen yang akan diuji. Pemotongan dilakukan secara presisi agar hasil spesimen sesuai dengan dimensi standar pengujian. Gunting yang tajam membantu menghindari kerusakan serat yang dapat memengaruhi kekuatan komposit.



Gambar 3. 14 Gunting  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

## m. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur perbandingan berat antara resin dan *hardener* dengan akurasi tinggi. Rasio campuran yang tepat memastikan proses pengerasan berjalan optimal. Kesalahan kecil pada perbandingan dapat memengaruhi sifat mekanik akhir dari komposit yang dihasilkan.



Gambar 3. 15 Timbangan Digital  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

#### **n. Penggaris**

Penggaris digunakan untuk mengukur panjang dan lebar potongan serat karbon sebelum proses laminasi. Ketelitian pengukuran sangat penting agar setiap spesimen memiliki dimensi yang seragam sesuai standar ASTM. Hal ini menjamin hasil pengujian dapat dibandingkan secara objektif.



Gambar 3. 16 Penggaris  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

#### **o. Gelas Ukur Kaca**

Gelas ukur kaca digunakan untuk mengukur volume resin dan katalis dengan ketelitian tinggi. Penggunaan gelas kaca lebih disukai karena tahan terhadap reaksi kimia dan suhu selama proses pencampuran. Ukuran resin yang tepat menjamin hasil komposit homogen dan kuat.



Gambar 3. 17 Gelas Ukur Kaca  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

**p. Cetakan Kaca**

Cetakan kaca digunakan untuk membentuk spesimen komposit sesuai dimensi standar pengujian. Cetakan ini tahan panas dan memiliki permukaan yang halus sehingga memudahkan pelepasan produk setelah *curing*. Desain cetakan disesuaikan dengan standar ASTM D638-14 (International, 2020a) untuk uji tarik dan ASTM D6110-18 (International, 2020b) untuk uji impak.



Gambar 3. 18 Cetakan Kaca  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

**q. Termometer**

Termometer digunakan untuk memantau suhu ruangan selama proses pengerasan (*curing*). Dengan menjaga suhu di kisaran 25–31°C, komposit yang dihasilkan akan memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih konsisten.

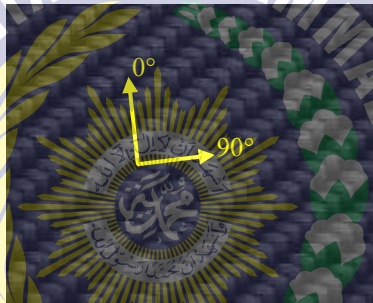


Gambar 3. 19 *Thermometer*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

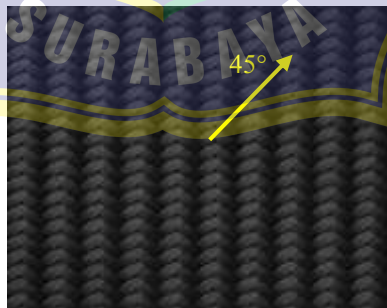
### 3.2.2 Bahan

#### a. Serat Carbon

Serat karbon yang digunakan adalah *carbon fiber twill 3K 200 gsm* dengan ketebalan 0,4 mm. Serat ini berfungsi sebagai bahan penguat utama (*reinforcement*) yang memberikan kekuatan tarik tinggi dan ketahanan terhadap deformasi. Variasi orientasi serat  $0^{\circ}/90^{\circ}$  dan  $\pm 45^{\circ}$  diterapkan untuk mengamati pengaruh arah serat terhadap kekuatan mekanik komposit.



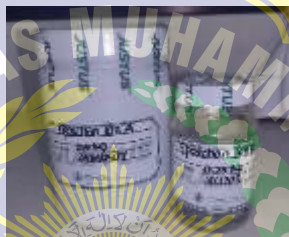
Gambar 3. 20 Arah Serat carbon 90/0  
(Sumber: Olahan Peneliti)



Gambar 3. 21 Arah Serat carbon 45/45  
(Sumber: Olahan Peneliti)

## b. Resin dan Hardener

Resin dan *hardener* yang digunakan bermerk *Eposchon*, dengan komposisi 2:1 antara resin (*Eposchon A*) dan *hardener* (*Eposchon B*). Resin berfungsi sebagai pengikat antar lapisan serat, sementara *hardener* mempercepat proses pengerasan (*curing*). Kombinasi ini menghasilkan komposit yang kuat, padat, dan tahan terhadap beban mekanik.

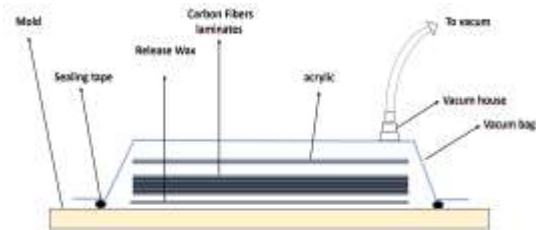


Gambar 3. 22 Resin dan *Hardener*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

## 3.3 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode *vacuum bagging* untuk menghasilkan spesimen komposit yang memenuhi standar pengujian mekanik. Dua jenis pengujian utama yang dilakukan adalah uji tarik berdasarkan standar ASTM D638-14 (International, 2020a) dan uji dampak metode *Charpy* mengacu pada standar ASTM D6110-18 (International, 2020b). Proses fabrikasi komposit menggunakan resin epoksi dengan perbandingan resin:*hardener* sebesar 1:2, sesuai spesifikasi pabrikan, dan waktu *curing* selama 115 menit

hingga material mengeras secara optimal.



Gambar 3. 23 Susunan *Layer Vacuum Bagging*  
(Sumber: Olahan Peneliti)

Susunan lapisan (*layering sequence*) pada proses *vacuum bagging* dapat dilihat pada Gambar 3.23, yang menggambarkan urutan pelapisan mulai dari *release wax* sebagai lapisan dasar pada cetakan, diikuti oleh lapisan serat karbon, kemudian kain strimin dan *peel ply*, serta lapisan plastik vakum sebagai penutup akhir. Jalur masuk resin (*resin inlet*) terletak pada bagian *hose-in*, yang berfungsi menyalurkan resin ke seluruh permukaan serat selama proses infus berlangsung. Konfigurasi susunan ini memastikan resin terdistribusi merata dan udara dapat tereliminasi sempurna melalui tekanan negatif dari sistem vakum.

Untuk menjaga konsistensi hasil fabrikasi antar spesimen, suhu ruangan dijaga tetap stabil selama proses *curing* berlangsung. Stabilitas suhu ini memiliki peran penting karena berpengaruh langsung terhadap kualitas ikatan antara resin dan serat karbon. Pemantauan suhu dilakukan secara berkala menggunakan termometer digital, dengan rentang pengukuran menunjukkan suhu siang hari mencapai sekitar 30°C, dan menurun hingga 25°C pada malam hari. Variasi suhu tersebut

masih berada dalam batas toleransi proses *curing*, sehingga kualitas pengerasan resin tetap seragam pada seluruh spesimen komposit yang dihasilkan.



Gambar 3. 24 Penunjukan suhu ruangan vakum pada siang hari dan malam hari  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

### 3.3.1 Proses *Vacuum Bagging*

Proses pembuatan spesimen komposit pada penelitian ini dilakukan dengan metode *vacuum bagging*. Langkah-langkah pelaksanaannya dijelaskan sebagai berikut:

1. Menyiapkan cetakan uji sesuai dengan standar ASTM yang berlaku untuk masing-masing jenis pengujian, baik uji tarik maupun uji impak.
2. Membersihkan permukaan cetakan dari debu dan kotoran agar tidak mengganggu proses penyerapan resin dan pembentukan permukaan komposit.
3. Mengoleskan *release wax* secara merata pada permukaan cetakan sebagai *release agent* untuk memudahkan pelepasan hasil cetakan setelah proses *curing*.



4. Menata lembaran serat karbon di atas cetakan sesuai dengan arah orientasi serat dan jumlah lapisan yang telah ditentukan dalam variabel penelitian.
5. Memasang *peel ply* sebagai lapisan pemisah di atas serat karbon, yang berfungsi mencegah permukaan menempel langsung dengan lapisan berikutnya.
6. Memastikan setiap lapisan serat karbon telah terimpregnasi resin secara merata dan berada dalam kondisi basah terkendali (*wet lay-up*) sebelum penumpukan lapisan berikutnya dilakukan.
7. Menambahkan plastik vakum (*vacuum bag film*) di bagian terluar sebagai lapisan penutup sistem *vacuum bagging*.
8. Menghubungkan selang pneumatik sebagai saluran *input* dan *output* resin untuk mendistribusikan resin ke seluruh permukaan serat karbon.
9. Menyegel seluruh tepi plastik vakum menggunakan *sealant tape* agar sistem kedap udara dan mencegah terjadinya kebocoran selama proses vakum.
10. Menghubungkan selang output ke *vacuum trap* untuk menahan resin berlebih agar tidak masuk ke pompa vakum.
11. Menyiapkan campuran resin dan *hardener* dengan perbandingan 2:1 sesuai dengan rekomendasi pabrikan.

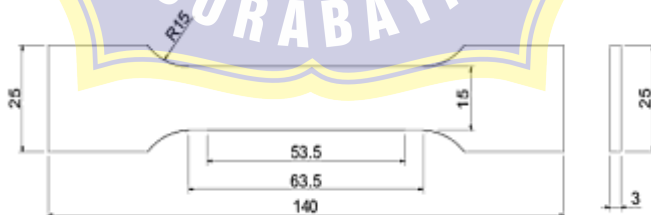
12. Menetapkan rasio serat terhadap resin sebesar 60:40, agar kekuatan mekanik dan densitas komposit tetap optimal.
13. Menuangkan campuran resin secara perlahan ke setiap lapisan serat karbon hingga seluruh bagian terbasahi secara merata.
14. Menyegel kembali seluruh sistem *vacuum bag* dengan *sealant tape*, memastikan tidak ada kebocoran udara di setiap sisi maupun sudut cetakan.
15. Menyalakan pompa vakum dan menjalankan proses penghisapan selama kurang lebih 15 menit, hingga tekanan dan sebaran resin merata di seluruh permukaan serat.
16. Membiarkan sistem dalam kondisi vakum selama proses *curing* selama  $\pm 115$  menit, hingga resin mengeras sempurna dan membentuk material padat (*solid*).
17. Setelah proses pengerasan selesai, melepaskan komposit dari cetakan secara perlahan untuk menghindari kerusakan pada permukaan spesimen.
18. Spesimen yang telah kering kemudian dipotong sesuai dimensi standar dan siap digunakan untuk pengujian tarik dan impak.

### 3.3.2 Standart Pengukuran Uji Tarik

Pengujian tarik pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada standar yang telah ditetapkan oleh *American*

*Society for Testing and Materials* (ASTM). Standar ini memberikan pedoman mengenai bentuk, ukuran, dan spesifikasi teknis dari spesimen uji tarik agar hasil pengujian yang diperoleh dapat dibandingkan secara universal. Spesimen uji tarik harus memenuhi beberapa parameter utama, antara lain *gage length*, *width*, *thickness*, *radius*, *overall length*, *length of reduced section*, *length of grip section*, serta *width of grip section*.

Pada penelitian ini, digunakan standar ASTM D638-14 yang secara khusus digunakan untuk pengujian sifat tarik material komposit berbasis polimer, termasuk serat karbon epoksi. Standar ini ditetapkan dalam satuan milimeter dan memastikan distribusi gaya tarik terpusat pada bagian tengah spesimen untuk menghindari terjadinya konsentrasi tegangan di area penjepitan (*grip section*). Bentuk dan ukuran spesimen uji tarik berdasarkan standar ASTM D638-14 dapat dilihat pada Gambar 3.25, yang menunjukkan dimensi dan proporsi utama dari spesimen uji tarik yang digunakan dalam penelitian ini.

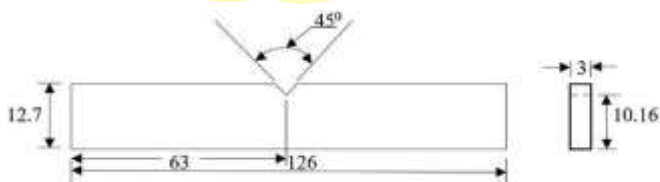


Gambar 3. 25 Dimensi Spesimen Uji Tarik  
(Sumber : Ramdhan, 2022)

### 3.3.3 Standart Pengukuran Uji Impact

Seperti halnya pada pengujian tarik, *American Society for Testing and Materials* (ASTM) juga telah menetapkan standar khusus untuk pengujian impact agar hasilnya dapat dibandingkan secara konsisten. Dalam penelitian ini, bentuk dan dimensi spesimen uji impact mengacu pada ASTM D6110-18, yang merupakan standar pengujian untuk menentukan ketangguhan impact material polimer dan komposit dengan metode *Charpy Impact Test*.

Spesimen uji impact memiliki bentuk balok persegi panjang dengan takikan (*notch*) berbentuk huruf "V" di bagian tengah, yang berfungsi sebagai titik konsentrasi tegangan saat spesimen menerima beban tumbukan. Standar ini dirancang untuk memastikan bahwa proses patahnya material terjadi tepat pada bagian takikan tersebut, sehingga energi serapan dapat diukur dengan akurat. Ukuran dan bentuk spesimen yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan ketentuan ASTM D6110-18, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.26, yang memperlihatkan dimensi dan posisi takikan pada spesimen uji impact metode *Charpy*.



Gambar 3. 26 Dimensi Spesimen Uji Impact  
(Sumber : Ramdhan, 2022)

### 3.4 Proses Preparasi Spesimen

Proses preparasi spesimen dilakukan setelah panel komposit selesai difabrikasi. Panel komposit dipotong menjadi spesimen uji tarik dan uji impak sesuai dengan dimensi standar pengujian yang digunakan. Proses pemotongan dilakukan secara hati-hati untuk menghindari terjadinya kerusakan awal pada spesimen yang dapat memengaruhi hasil pengujian.

Setelah proses pemotongan, setiap spesimen dilakukan pengukuran dimensi berupa lebar dan tebal pada bagian *gauge length* menggunakan alat ukur, guna menentukan luas penampang spesimen. Pengukuran dilakukan untuk memastikan keseragaman dimensi antar spesimen sehingga hasil pengujian dapat dibandingkan secara valid.

Selanjutnya, spesimen diperiksa secara visual untuk memastikan tidak terdapat cacat makroskopis seperti retak awal atau ketidakteraturan permukaan sebelum dilakukan pengujian. Spesimen yang telah memenuhi kriteria kemudian diberi penandaan dan dikelompokkan berdasarkan variasi jumlah laminasi dan orientasi serat untuk memudahkan proses pengujian.

### 3.5 Teknik Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan dua jenis pengujian mekanik untuk menentukan sifat dasar komposit serat karbon, yaitu uji tarik (*tensile test*) dan uji impak (*impact test*). Kedua metode ini digunakan untuk mengetahui kekuatan serta ketangguhan material terhadap beban mekanis yang berbeda. Uji tarik

dilakukan untuk mengetahui kemampuan material dalam menahan gaya tarik hingga titik patah, sedangkan uji impak digunakan untuk menilai energi yang diserap oleh material saat menerima beban tumbukan mendadak.

Pelaksanaan kedua pengujian ini mengacu pada standar internasional yang diterbitkan oleh ASTM (*American Society for Testing and Materials*), yakni ASTM D638-14 untuk uji tarik dan ASTM D6110-18 untuk uji impak. Dengan mengacu pada standar tersebut, hasil pengujian diharapkan memiliki tingkat keakuratan dan reproduktibilitas yang tinggi, sehingga dapat digunakan untuk membandingkan performa material komposit berdasarkan variasi jumlah lapisan dan orientasi serat.

### **3.4.1 Uji Tarik**

Uji tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) serta modulus elastisitas dari material komposit yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Menyiapkan spesimen uji tarik sesuai dengan standar ASTM D638-14.
- b. Meletakkan kertas millimeter blok pada printer mesin untuk merekam hasil perpanjangan (*elongation*) spesimen selama proses pengujian.
- c. Menyalakan mesin dan memasang benda uji pada *grip* penjepit (*clamp*) secara sejajar dengan arah beban tarik.

- d. Mengencangkan *grip* dengan hati-hati agar spesimen tidak rusak atau tertekan terlalu keras.
- e. Memasang *extensometer* pada bagian tengah spesimen, kemudian mengatur skala regangan (*elongation*) ke posisi nol.
- f. Menyetel indikator beban (*load cell*) pada angka nol untuk memastikan kalibrasi mesin tepat.
- g. Mengatur laju pembebanan (*crosshead speed*) sesuai ketentuan ASTM, lalu menekan tombol *start* untuk memulai pengujian hingga spesimen mengalami patah.
- h. Mencatat hasil pengujian dan mengulangi proses yang sama untuk seluruh spesimen dengan variasi lapisan dan orientasi serat yang berbeda.

*Universal Testing Machine* akan memberikan informasi mengenai seberapa besar pengukuran yang akan diuji terhadap bahan sehingga standarisasi yang dapat tercapai dengan sempurna.

Beban Uji	: 5 – 150 kN
Kekuatan tarik	: 250 Mpa
Ruang kompresi	: 700 mm
Lebar test	: 550 mm
Dimensi	: 1000 x 550 x 2076 mm



Gambar 3. 27 Mesin Uji Tarik  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

### 3.4.2 Uji Impact

Pengujian impact pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat liat (*toughness*) atau getas (*brittleness*) dari material komposit serat karbon. Uji ini bertujuan menilai kemampuan material dalam menyerap energi akibat beban kejut secara tiba-tiba. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Charpy*, karena metode ini dinilai memiliki tingkat keakuratan dan stabilitas hasil yang lebih baik dibandingkan metode uji impact lainnya.

Prosedur pelaksanaan uji impact metode *Charpy* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Spesimen diletakkan pada penjepit alat uji dalam posisi mendatar, dengan takikan (*notch*) menghadap ke arah berlawanan dari titik tumbukan.



- b. Palu pemukul (pendulum) diatur pada ketinggian tertentu sesuai dengan energi potensial yang diinginkan.
- c. Menyetel alat ukur energi sesuai dengan kapasitas uji yang telah ditentukan sebelumnya.
- d. Menjatuhkan palu dari ketinggian tertentu sehingga menghantam spesimen pada bagian luar yang sejajar dengan takikan.
- e. Energi serapan material dihitung berdasarkan perbedaan energi potensial palu sebelum dan sesudah tumbukan, yang terbaca melalui skala alat uji impak.

Hasil pengujian berupa energi serapan (dalam satuan Joule) kemudian digunakan untuk menentukan nilai ketangguhan impak (*impact toughness*) dari material komposit, yang dihitung dengan membagi energi serapan terhadap luas penampang spesimen pada area takikan. Nilai ini menjadi indikator kemampuan komposit dalam menahan beban kejut tanpa mengalami patahan mendadak. Pengujian ini membutuhkan gaya untuk mematahkan spesimen uji dengan sekali pukul. Alat yang dibutuhkan dalam pengujian *impact* pada gambar 3. 28.



Gambar 3. 28 Mesin Uji Impak  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Peneliti)

### 3.6 Teknik Analisis Data

#### 3.5.1 Teknik Analisis Data Uji Tarik

Dari hasil ujian yang telah di lakukan kepada spesimen, dari setiap komposit di ambil nilai rata-rata dari kekuatan dan regangan tarik nya dengan cara perhitungan yang dapat dilihat di bawah: (Ramdhan, 2022)

a. Kekuatan Tarik

Dimana :

*Stress* :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

$\sigma$ : Tegangan (N/m<sup>2</sup> atau Pa)

F: Gaya tarik (N)

A: Luas penampang awal (m<sup>2</sup>)

*Strain :*

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (3.2)$$

$\epsilon$ : Regangan (%)

$\Delta L$ : Perubahan panjang (mm)

$L_0$ : Panjang awal spesimen (mm)

b. Modulus elastisitas :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (3.3)$$

$E$  = Modulus Elastisitas (MPa atau GPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa atau N/mm<sup>2</sup>)

$\epsilon$  = Regangan (tanpa satuan, persen diubah ke desimal)

### 3.5.2 Teknik Analisis Data Uji *Impact*

Teknik analisis data uji *impact* Setelah sudah dilakukan pengujian *impact* pada spesimen dari masing masing komposit, maka pada perhitungan pengujian *impact* untuk mencari energi dan harga *impact* dengan menggunakan rumus sebagai berikut : (Ramdhan, 2022)

a. *Impact Energy :*

$$E = E = m \cdot g \cdot R \cdot (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) \quad (3.4)$$

$E$ : Energi yang diserap material (Joule, J)

$m$ : Massa bandul (kg)

$g$ : Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$R$ : Panjang lengan ayun bandul dari sumbu putar ke pusat massa (m)

$\theta_1$ : Sudut awal sebelum tumbukan (° atau rad)

$\theta_2$ : Sudut akhir setelah tumbukan ( $^\circ$  atau rad)

### 3.7 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu perencanaan penelitian ini diawali dari bulan September 2025 hingga dengan Desember 2025. Pada bulan September pencarian judul SKRIPSI diawali serta pada bulan Oktober sampai November 2025 merupakan persiapan serta penerapan ujian proposal SKRIPSI, di kampus Universitas Muhammadiyah Surabaya, untuk pengujian sifat mekanis penelitian ini menguji tarik dan *impact* di Politeknik. Waktu perencanaan ditunjukkan pada tabel 3.1.

**Tabel 3. 1 Waktu Perencanaan Penelitian**

No	Jenis Kegiatan	Bulan / Minggu ke																			
		2025																2026			
		September				Oktober				November				Desember				Januari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Judul																				
2	Pengusulan Pembimbing Dan Penguji																				
3	Evaluasi Judul																				
4	Pengusulan Proposal																				
5	Seminar Proposal PA																				
6	Revisi Proposal																				
7	Pengumpulan Proposal																				
8	Pelaksanaan Penelitian																				
9	Penulisan Hasil Penelitian																				
10	Sidang Hasil Penelitian PA																				
11	Revisi Proyek Akhir																				
12	Pengumpulan Laporan Proyek Akhir																				