

Analisis Pengaruh Variasi Waktu Penekanan dan Jumlah Lapisan Carbon Fiber dalam Proses Pembuatan Material Komposit terhadap Karakteristik Kekuatan Tarik dan Impack

Oleh:

Muhammad Rafi Nazarudin(221020200053)

Dr. Mulyadi. S.T ., M.T.

Progam Studi Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo 29 januari, 2025

Pendahuluan

Perkembangan industri otomotif, khususnya pada perancangan body kendaraan hemat energi, menuntut penggunaan material yang ringan namun memiliki kekuatan dan ketahanan mekanik yang baik. Material komposit carbon fiber menjadi salah satu alternatif yang potensial karena memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi serta ketahanan terhadap korosi. Namun, performa mekanik komposit sangat dipengaruhi oleh parameter proses pembuatannya, terutama jumlah lapisan carbon fiber dan waktu penekanan. Kedua parameter tersebut berperan penting dalam menentukan kualitas impregnasi resin, konsolidasi laminasi, serta kekuatan ikatan antara serat dan matriks. Proses penekanan yang tidak optimal dapat menyebabkan terbentuknya cacat internal seperti void yang menurunkan kekuatan tarik dan ketahanan impact material. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi waktu penekanan dan jumlah lapisan carbon fiber terhadap sifat mekanik komposit, sehingga diperoleh parameter proses yang sesuai untuk aplikasi body kendaraan hemat energi.

Rumusan Masalah

1.

Bagaimana pengaruh variasi waktu penekanan dan jumlah lapisan carbon fiber pada proses pembuatan material komposit terhadap kekuatan tarik?

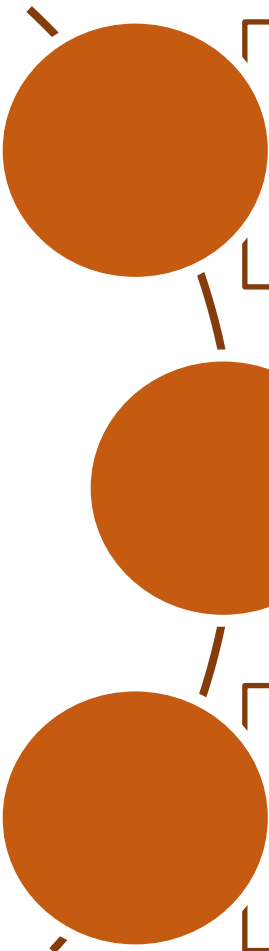
2.

Bagaimana pengaruh variasi waktu dan jumlah lapisan carbon fiber pada proses pembuatan material komposit terhadap kekuatan impact?

Batasan Masalah

1. Bahan yang digunakan sebagai penguat dalam penelitian ini adalah carbon fiber type *Twill Weave*
2. Resin sebagai matrik dalam penelitian ini adalah resin jenis Polyester.
3. Melakukan pengujian terhadap kekuatan tarik dan impak.
4. Standar spesimen yang digunakan adalah ASTM D638-1 untuk uji tarik dan ISO 179-1 untuk uji impak.
4. Volume total serat karbon dan resin dibuat tetap (volume tetap) pada semua spesimen

Tujuan Penelitian



Menganalisis pengaruh variasi waktu penekanan dalam proses pembuatan material komposit berbasis carbon fiber untuk mendapatkan ketebalan material komposit sesuai yang diinginkan

Mengidentifikasi kontribusi jumlah lapisan carbon fiber dalam meningkatkan ketahanan material komposit terhadap nilai kekuatan tarik dan ketahanan impak yang dihasilkan

Mampu menemukan kombinasi waktu proses dan jumlah lapisan carbon fiber yang paling optimal dalam menghasilkan karakteristik kekuatan tarik dan impak terbaik, sehingga dapat dijadikan sebagai pedoman dalam proses produksi body kmhe

Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pembuatan komposit carbon fiber menggunakan metode hand lay-up dan proses penekanan (press). Variasi penelitian meliputi jumlah lapisan (3 dan 4 lapisan) serta waktu penekanan (4 dan 5 jam). Hasil pengujian dianalisis dan dibandingkan untuk mengetahui pengaruh setiap variasi parameter.

Identifikasi variabel

Pada penelitian ini terdapat 3 variabel untuk mendapatkan hasil pengujian yang diharapkan

variabel bebas

- Variasi Waktu Penekanan
- Jumlah Lapisan Carbon Fiber

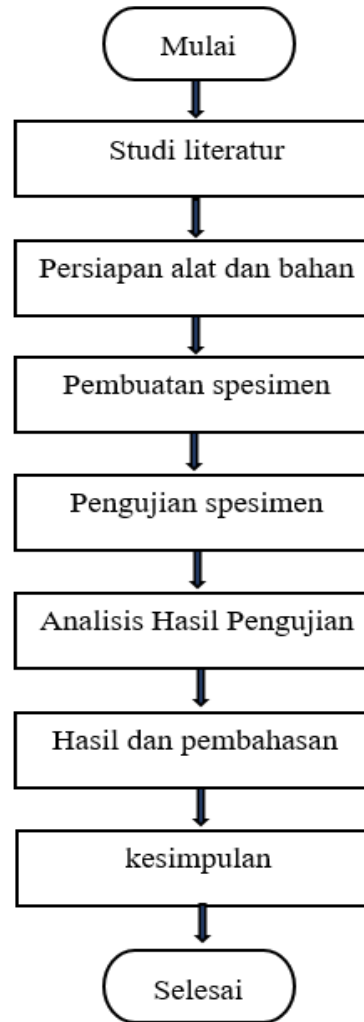
Variabel Terikat

- Kekuatan Tarik Material Komposit
- Ketangguhan Impak Material Komposit

Variabel Kontrol

- Jenis serat karbon: Carbon Fiber *Twill Weave*
- Jenis resin: Resin Polyester
- Volume total serat dan resin: dibuat tetap pada semua spesimen
- Standar pengujian: ASTM D638-1 untuk uji tarik, ISO 179-1 untuk uji impak
- Proses pembuatan: *metode hand lay-up*

Tahapan penelitian



Proses pembuatan material komposit

Berikut adalah langkah – langkah pembuatan spesimen komposit uji Tarik dan impak menggunakan carbon fiber dengan metode *hand lay up* (proses laminasi serat secara manual).

1

Siapkan cetakan

2

Bentuk carbon fiber sesuai cetakan

3

Siapkan campuran resin dan katalis

4

Olesi cetakan dengan cairan pva

5

Tuang resin kedalam cetakan

6

Letakkan karbon fiber diatas resin

7

Lakukan pengulangan 3-4 lapis

8

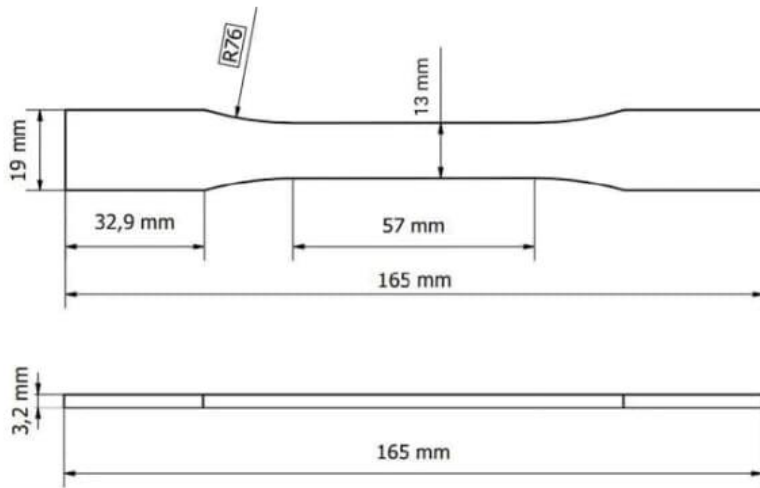
Tekan cetakan selama 4 & 5 jam

7

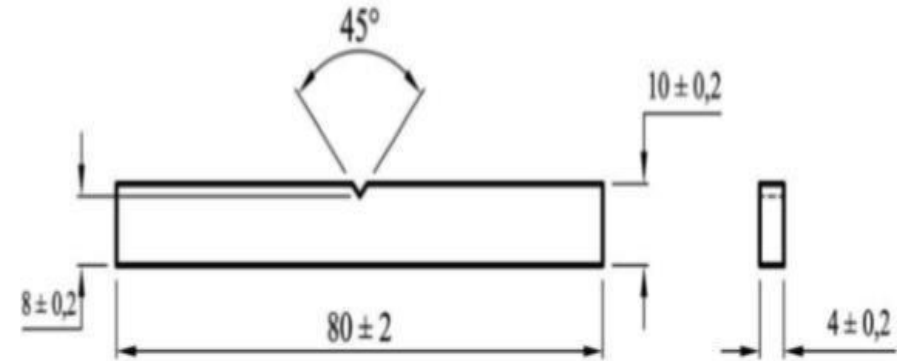
Potong sesuai standart uji

Bentuk spesimen material komposit

Uji tarik



Uji impak



Hasil pembuatan spesimen

Uji tarik



Uji impact



Pengujian material komposit

Setelah proses pembuatan selesai, spesimen diuji untuk mengetahui kekuatan tarik dan ketangguhan impaknya. Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik sesuai standar ASTM D638, sedangkan uji impak mengikuti standar ISO 179-1.

Uji tarik



Uji impact



Hasil pengujian spesimen

Uji tarik



Uji impact



Rumus yang di gunakan

Uji tarik

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$A_0 = b \times h \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

σ : Tegangan Tarik (Mpa)

F_{maks} : Beban Tarik Maksimum (N)

A_0 : Luas Penampang
yang diujikan (mm²)

b : lebar (mm)

h : Tinggi (mm)

Uji impak

$$E = m \cdot g \cdot L \cdot (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \dots \dots \dots (2.5)$$

$$K = E / A \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana : m = massa bandul (kg)

g = gravitasi (9,81 m/s²)

L = panjang lengan bandul (m)

θ_1 = sudut awal

θ_2 = sudut akhir

K = ketangguhan (J)

E = energi impact yang diserap spesimen
(Joule)

A = luas penampang efektif di bawah takik
(mm² atau cm²)

Tabel hasil pengujian tarik

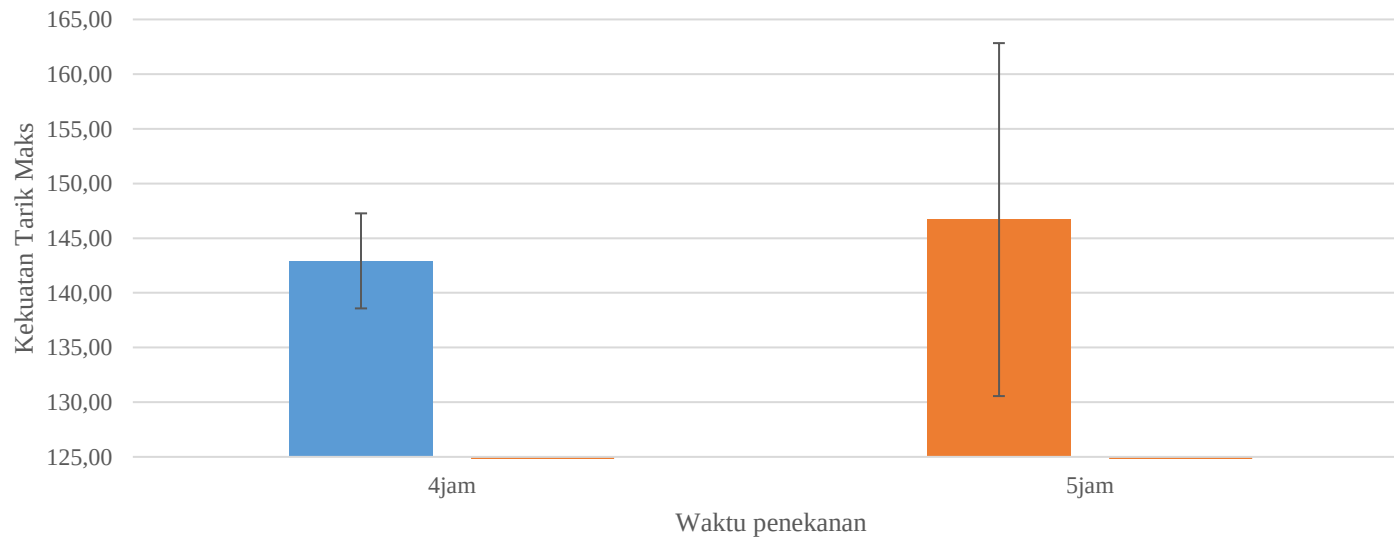
Spesimen	Jumlah Lapisan	Waktu penekanan	Kekuatan Tarik Maks (Mpa)	Modulus Elastisitas (Gpa)	Persentase Perpanjangan %
1	3 Lapisan	4jam	137,89 Mpa	2002,36 GPA	3,30%
2	3 Lapisan	4jam	145,44 Mpa	805,3407 GPA	2,70 %
3	3 Lapisan	4jam	145,44 MPA	742,021 GPA	2,70%
1	4 Lapisan	5jam	129,24 MPA	994,22 GPA	5,10 %
2	4 Lapisan	5jam	149,77 MPA	777,29 GPA	3,61 %
3	4 Lapisan	5jam	161,08 MPA	957,053 GPA	5,10 %

Tabel hasil uji impak

Spesimen	Waktu penekanan	Jumlah Lapisan	Energi impak (Joule)	Ketangguhan (Joule/mm ²)
1	4jam	3	8,4	10,50
2	4 jam	3	22,6	28,25
3	4jam	3	13,7	17,13
4	5jam	4	20,3	25,38
5	5jam	4	44,3	55,38
6	5jam	4	48,8	61,00

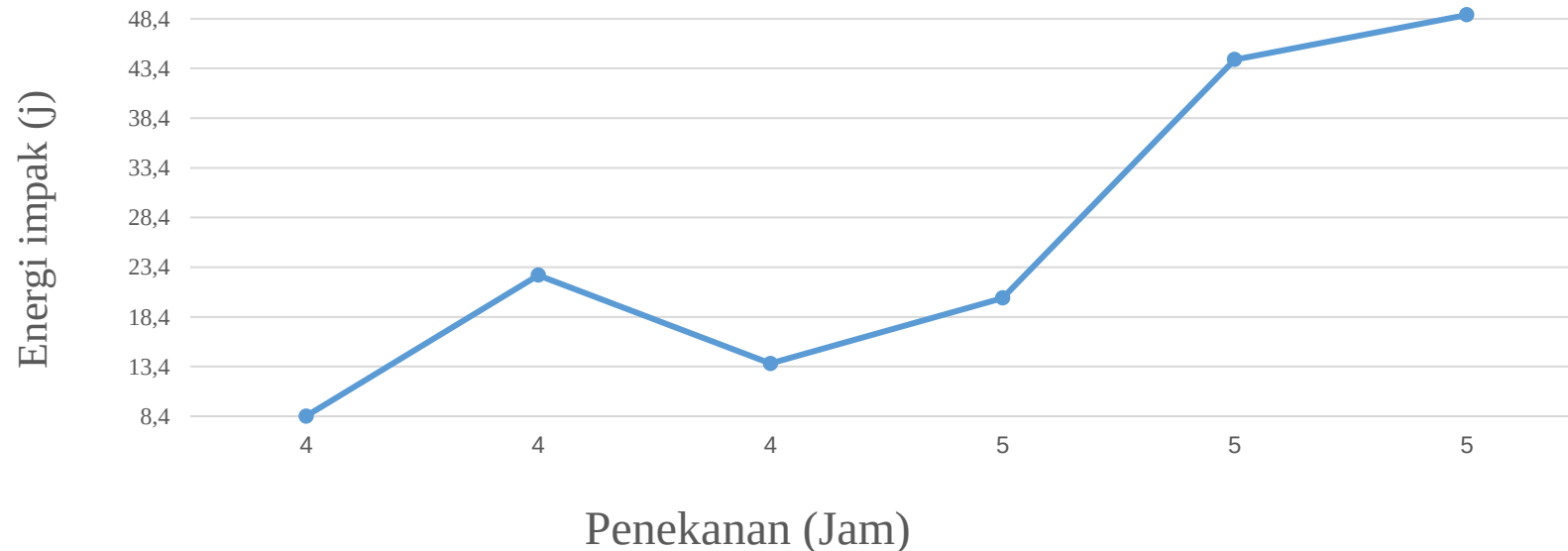
Grafik uji tarik

Berdasarkan grafik, variasi waktu penekanan memengaruhi kekuatan tarik dan kestabilan hasil pengujian komposit carbon fiber. Spesimen dengan waktu penekanan 5 jam menunjukkan nilai rata-rata kekuatan tarik yang sedikit lebih tinggi, namun disertai dengan penyebaran data yang lebih besar sehingga hasilnya kurang konsisten. Sebaliknya, spesimen dengan waktu penekanan 4 jam memiliki variasi data yang lebih kecil, yang menandakan proses fabrikasi berlangsung lebih stabil dan seragam. Hal ini menunjukkan bahwa waktu penekanan 4 jam sudah cukup untuk menghasilkan ikatan serat–matriks yang optimal, sehingga memberikan kekuatan tarik yang lebih konsisten dan dapat diandalkan.



Grafik uji impack

- Gambar 3.4 menunjukkan bahwa peningkatan parameter penekanan dan jumlah lapisan carbon fiber berpengaruh positif terhadap kemampuan penyerapan energi impact komposit. Pada kondisi penekanan rendah dengan 3 lapisan, nilai energi impact masih rendah dan tidak stabil akibat distribusi resin yang belum homogen serta potensi terbentuknya void. Seiring peningkatan penekanan dan jumlah lapisan menjadi 4 lapisan, energi impact meningkat signifikan hingga mencapai nilai maksimum, yang menandakan ikatan serat–matriks semakin optimal. Kondisi ini menghasilkan struktur komposit yang lebih padat dan mekanisme kegagalan yang lebih ulet, sehingga material mampu menyerap energi benturan secara lebih efektif.



Kesimpulan

1. Variasi waktu penekanan berpengaruh terhadap proses pembentukan dan konsolidasi material komposit carbon fiber, di mana waktu penekanan yang lebih lama menghasilkan pemadatan dan kualitas laminasi yang lebih baik.
2. Jumlah lapisan carbon fiber memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan sifat mekanik material, khususnya pada kekuatan tarik dan ketahanan impak komposit.
3. Pengujian tarik menunjukkan bahwa penambahan jumlah lapisan cenderung meningkatkan kekuatan tarik maksimum material komposit.
4. Pengujian impak menunjukkan bahwa peningkatan waktu penekanan dan jumlah lapisan secara bersamaan meningkatkan energi impak dan ketangguhan material.
5. Kombinasi parameter yang paling optimal pada penelitian ini adalah waktu penekanan 5 jam dengan jumlah 4 lapisan carbon fiber.
6. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam menentukan parameter proses pembuatan body kmhe berbahan dasar carbon fiber untuk memperoleh sifat mekanik yang optimal.

