

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Percobaan Pemilihan Sumber Sinar UV**

##### **4.1.1 Percobaan Pertama**

Pada percobaan pertama dilakukan percobaan pembuatan sampel UV resin tanpa menggunakan serat pengikat. Resin dipapar sinar uv dari alat laser sinar UV gigi yaitu LED rainboow curing light yang berdaya 5 watt. Dengan takaran resin 5 gram, spesimen mampu kering dengan waktu kurang dari 15 menit dan butuh 1 jam untuk spesimen tersebut kering sempurna. Hasil percobaan terlihat seperti gambar dibawah.



**Gambar 4. 1 LED Rainboow Curing Light**



**Gambar 4. 2 UV Resin**

#### **4.1.2 Percobaan Kedua**

Pada percobaan kedua dilakukan percobaan pembuatan sampel UV resin masih tanpa menggunakan serat pengikat. Bedanya pada percobaan kedua resin dipapar sinar uv dari lampu aquarium yang memancarkan uv dengan daya 12 watt. Dengan takaran UV resin 15 gram, spesimen mampu kering dengan waktu kurang dari 10 menit dan butuh  $\pm 1$  jam untuk spesimen tersebut kering sempurna.

Panjang lampu aquarium tersebut 500 mm. Pada bagian alas digunakan kaca agar sinar UV dipantulkan menyeluruh ke spesimen. Hasil percobaan terlihat seperti gambar dibawah.



**Gambar 4. 3 Proses Curing Dengan Lampu UV Aquarium**

Lalu setelah berhasil mencoba UV resin mampu kering tanpa serat carbon, selanjutnya dibuat spesimen dengan memakai serat carbon dengan konfigurasi satu layer dengan takaran resin 80 gram dan berat serat 10 gram. Spesimen tersebut mampu kering dalam waktu semalam, namun dibagian sebaliknya resin kurang kering sempurna dan terdapat banyak *void* (udara terjebak) didalam spesimen.



**Gambar 4. 4 Proses Curing Dengan Lampu UV Aquarium**

### 4.1.3 Percobaan Ketiga

Pada percobaan ketiga sumber sinar UV diganti dengan lampu tembak 200 watt. Dengan takaran UV resin 15 gram. Spesimen tidak mampu kering bahkan setelah didiamkan selama satu hari satu malam.



Gambar 4. 5 Lampu Tembak Cat Oven



Gambar 4. 6 Proses *Curing* dengan Lampu Tembak Cat Oven

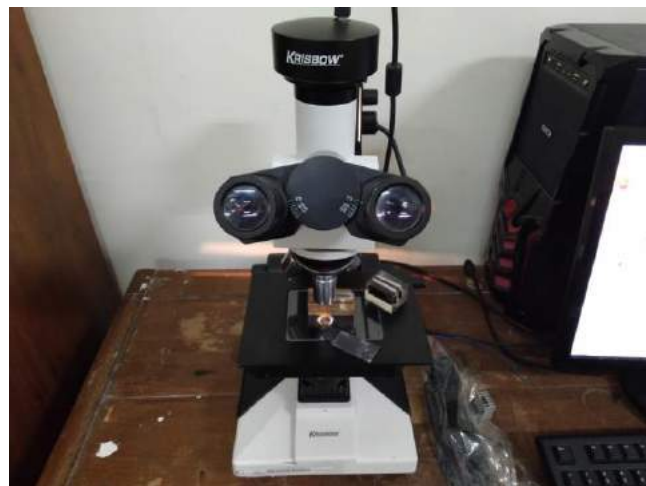
#### **4.1.4 Percobaan Keempat**

Pada percobaan keempat sumber sinar UV di ganti lagi menggunakan energi sinar ultra violet maahari. Percobaan keempat ini menggunakan takaran resin yang sama yaitu 15 gram. Dan hasilnya waktu curing begitu cepat sekitar 1 menit resin sudah kering dan cuma butuh waktu 5 menit untuk resin kering sempurna.

#### **4.1 Hasil Foto Mikro**

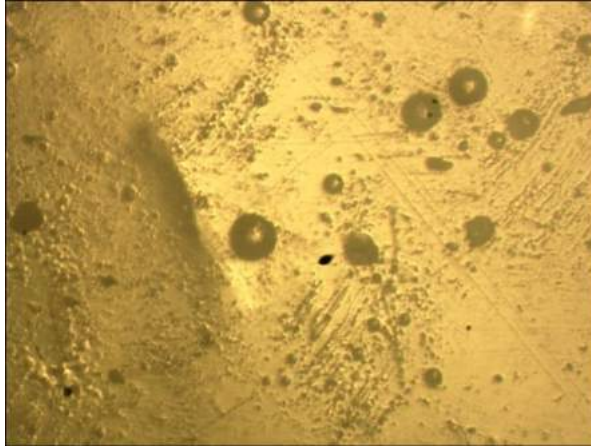
Untuk mengetahui bentuk struktur mikro dari spesimen karbon maka diperlukan foto mikro. Foto mikro dilakukan memakai microscope yang ada di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Fakultas Teknologi industri Universitas Islam Indonesia.

Setiap spesimen pertebal layer diambil satu contoh untuk dilihat struktur mikronya. Dengan perbesaran masing-masing 5 kali, 10 kali, 40 kali, dan 60 kali. Hasil fotonya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

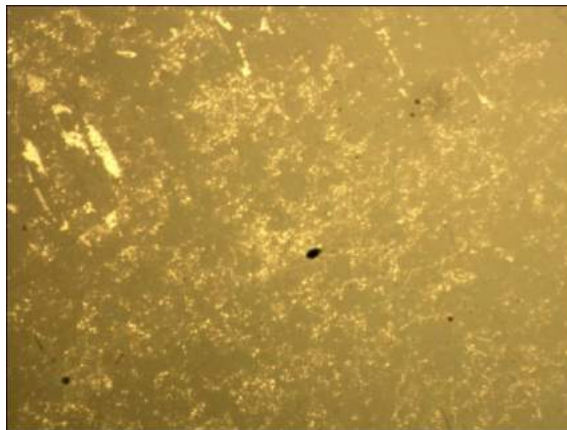


**Gambar 4. 7 Microscope Lab.Proses Produksi Teknik Mesin FTI UII**

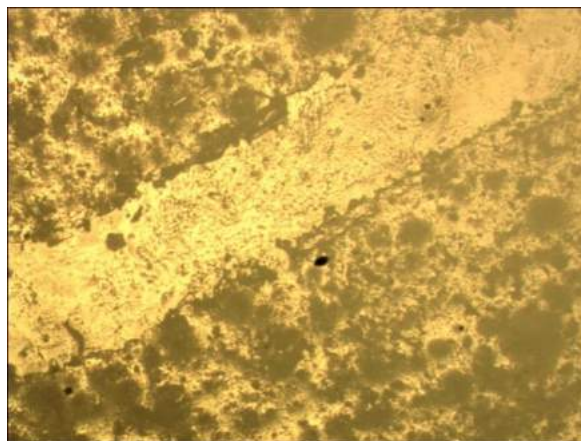
a) Perbesaran 5 kali



**Gambar 4. 8 Spesimen 1 Layer Foto mikro perbesaran 5 kali**

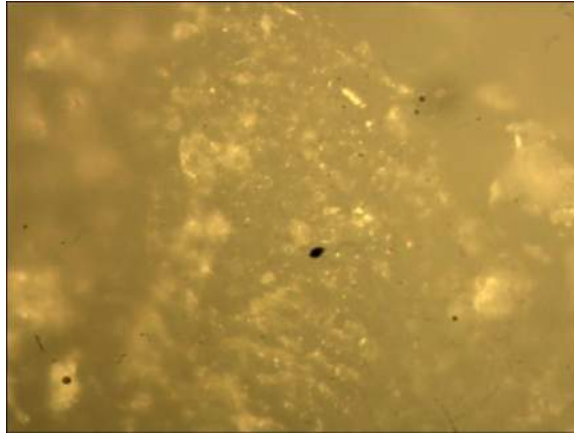


**Gambar 4. 9 Spesimen 2 Layer Foto mikro perbesaran 5 kali**

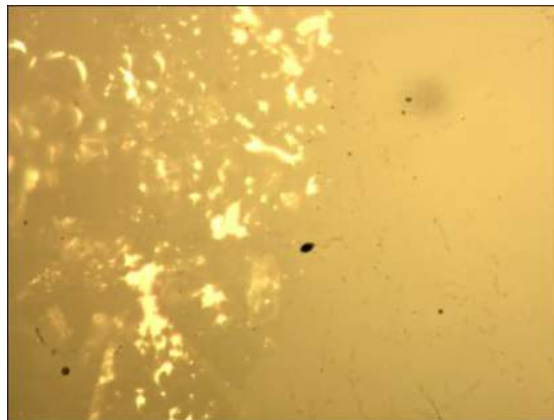


**Gambar 4. 10 Spesimen 3 Layer Foto mikro perbesaran 5 kali**

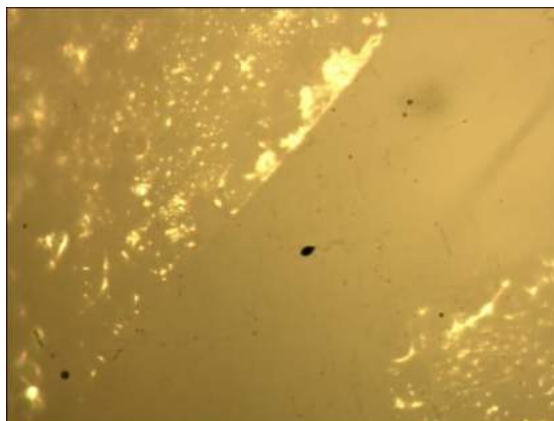
b) Perbesaran 10 kali



**Gambar 4. 11 Spesimen 1 Layer Foto mikro perbesaran 10 kali**



**Gambar 4. 12 Spesimen 2 Layer Foto mikro perbesaran 10 kali**

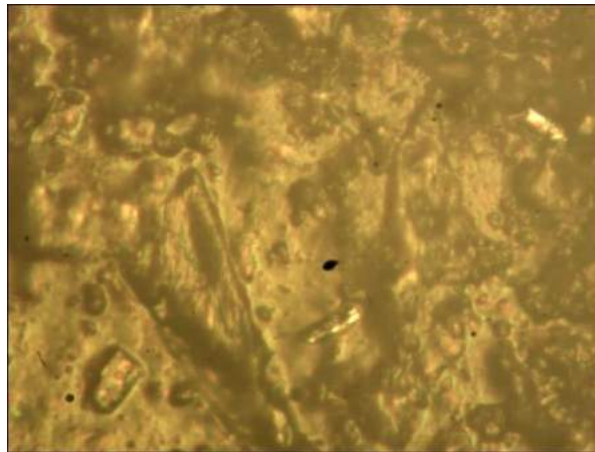


**Gambar 4. 13 Spesimen 3 Layer Foto mikro perbesaran 10 kali**

c) Perbesaran 40 kali



**Gambar 4. 14 Spesimen 1 Layer Foto mikro perbesaran 40 kali**



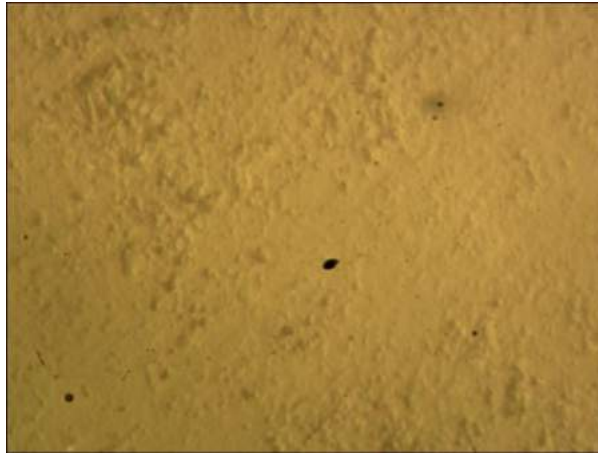
**Gambar 4. 15 Spesimen 2 Layer Foto mikro perbesaran 40 kali**



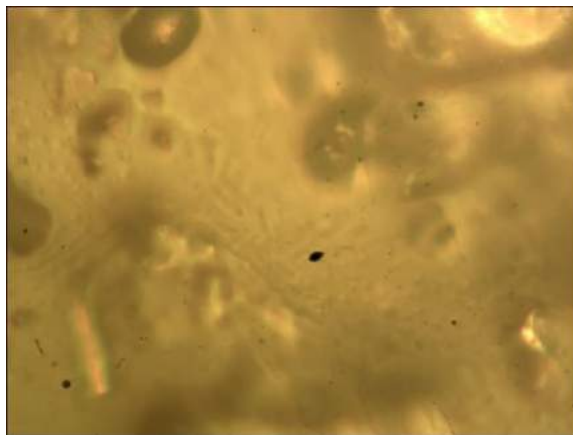
**Gambar 4. 16 Spesimen 3 Layer Foto mikro perbesaran 40 kali**



d) Perbesaran 60 kali



**Gambar 4. 17 Spesimen 1 Layer Foto mikro perbesaran 60 kali**



**Gambar 4. 18 Spesimen 2 Layer Foto mikro perbesaran 60 kali**



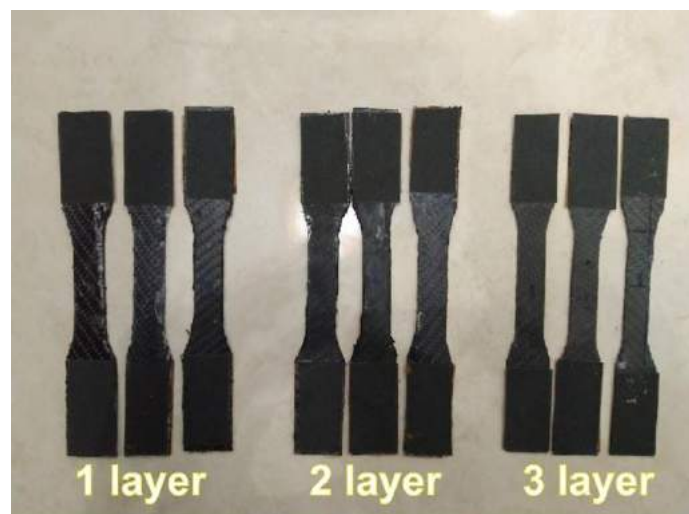
**Gambar 4. 19 Spesimen 3 Layer Foto mikro perbesaran 60 kali**

Dari hasil foto mikro diatas dapat terlihat bahwa masih banyak gelembung-gelembung udara yang terjebak didalam resin (*void*). Hal ini bisa terjadi akibat pembuatan specimen hanya dengan hand lay up, dimana kelemahan pada metode ini adalah rawan terjadinya fenomena gelembung udara (*void*) yang terjebak pada resin saat proses curing berlangsung.

## 4.2 Hasil Pengujian

### 4.2.1 Pengujian Tarik

Ukuran dan bentuk spesimen pengujian tarik dibuat mengikuti pada *ASTM D 638* dengan menyesuaikan alat uji tarik di lab bahan teknik di laboratorium bahan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII. Spesimen uji tarik terdiri dari 3 (tiga) spesimen yakni dengan varian *layer* 1, 2, dan 3. Sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan dan elastisitas dari material. Data dari pengujian tarik yang didapatkan adalah beban maksimal yang mampu ditanggung spesimen ( $P_{max}$ ) yang muncul di layar indikator mesin uji tarik.



Gambar 4. 20 Spesimen Uji Tarik Sebelum Pengujian



**Gambar 4. 21 Hasil Uji 1 Layer Setelah Pengujian Tarik**

Hasil pengujian tarik dari satu layer carbon fiber. Pada pengujian ini terjadi beban sebesar 208 kg pada spesimen 1A, 266 kg pada spesimen 1B, dan 208 kg pada spesimen 1C. Untuk pertambahan panjang pada spesimen 1A sebesar 8 mm, pada spesimen 1B sebesar 4 mm dan pada spesimen 1C sebesar 3 mm.



**Gambar 4. 22 Hasil Uji 2 Layer Setelah Pengujian Tarik**

Hasil pengujian tarik dari dua layer carbon fiber. Pada pengujian ini terjadi beban sebesar 306 kg pada spesimen 2A, 332 kg pada spesimen 2B, dan 310 kg

pada spesimen 2C. Untuk penambahan panjang pada spesimen 2A sebesar 7 mm, pada spesimen 2B sebesar 8 mm dan pada spesimen 2C sebesar 6 mm.



**Gambar 4. 23 Hasil Uji 3 Layer Setelah Pengujian Tarik**

Hasil pengujian tarik dari tiga layer carbon fiber. Pada pengujian ini terjadi beban sebesar 358 kg pada spesimen 3A, 294 kg pada spesimen 3B, dan 240 kg pada spesimen 3C. Untuk penambahan panjang pada spesimen 3A sebesar 9 mm, pada spesimen 3B sebesar 8 mm dan pada spesimen 3C sebesar 8 mm.



**Gambar 4. 24 Hasil Uji 4 Layer Setelah Pengujian Tarik**

Hasil pengujian tarik dari tiga layer carbon fiber. Pada pengujian ini terjadi beban sebesar 480 kg pada spesimen 4A, 482 kg pada spesimen 4B, dan 562 kg pada spesimen 4C. Untuk pertambahan panjang pada spesimen 4A sebesar 10 mm, pada spesimen 4B sebesar 9 mm dan pada spesimen 4C sebesar 11 mm.

**Tabel 4. 1 Hasil Tegangan Uji Tarik Standar ASTM D638**

No.	Spesimen	m maks (kg)	Gaya (N)	Lebar (mm)	Tebal(mm)	Luas (mm)	L0 (mm)	Δl (mm)	Tegangan (Mpa)	Rata- Rata
1	1A	208	2040.1	13	1.02	13.26	165	8	153.8536953	
	1 B	266	2608.5	13	1.05	13.65	165	4	191.0989011	173.7712919
	1 C	208	2040.5	13	0.89	11.57	165	3	176.3612792	
2	2A	306	3001.9	13	1.25	16.25	165	7	184.7323077	
	2 B	332	3225	13	1.4	18.2	165	8	177.1978022	177.5608321
	2 C	310	3041.1	13	1.37	17.81	165	6	170.7523863	
3	3A	358	3512.2	13	1.25	16.25	165	9	216.1353846	
	3 B	294	2884.1	13	1.22	15.86	165	8	181.8474149	179.098803
	3 C	240	2354.4	13	1.3	16.9	165	8	139.3136095	
4	4A	480	4708.8	13	2.03	26.39	165	10	178.4312239	
	4 B	482	4728.4	13	2.3	29.9	165	9	158.1404682	183.5619704
	4 C	562	5511.3	13	1.98	25.74	165	11	214.1142191	

Setelah mengumpulkan data yang dibuat tabel 4.1 maka selanjutnya adalah mencari nilai regangan yang terjadi pada material carbon tersebut dengan menggunakan rumus regangan  $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$  yang kemudain di buat **Error! Reference source not found.** untuk mengetahui nilai regangan dari tiap spesimen serta rata rata per layer.

**Tabel 4. 2 Tabel Regangan Uji Tarik Standar ASTM D638**

No.	Spesimen	m maks (kg)	Regangan (ε)
1	1A	208	2040.1
	1 B	266	2608.5
	1 C	208	2040.5
2	2A	306	3001.9
	2 B	332	3225
	2 C	310	3041.1
3	3A	358	3512.2
	3 B	294	2884.1
	3 C	240	2354.4
4	4A	480	4708.8
	4 B	482	4728.4
	4 C	562	5511.3

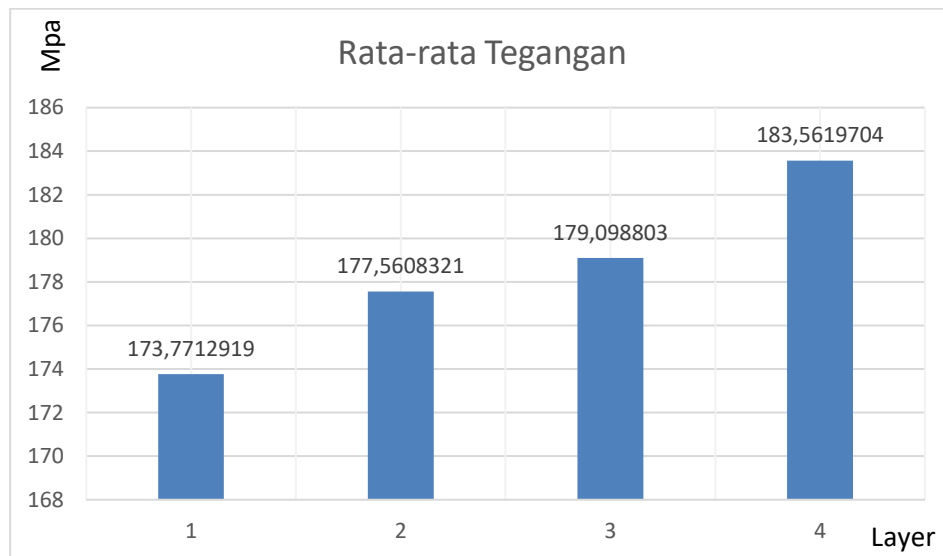
Setelah mengumpulkan data yang dibuat tabel 4.2 maka selanjutnya adalah mencari nilai modulus elastisitas yang terjadi pada material carbon tersebut dengan menggunakan rumus modulus elastisitas  $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$  yang kemudain di buat Tabel 4.3 untuk mengetahui nilai modulus elastisitas dari tiap spesimen serta rata rata per layer.

**Tabel 4. 3 Tabel Modulus Elastisitas Uji Tarik Standar ASTM D638**

No.	Spesimen	Tegangan (Mpa)	Regangan (%)	Modulus
1	1A	153.8536953	0.048484848	3173.232466
	1 B	191.0989011	0.024242424	7882.82967
	1 C	176.3612792	0.018181818	9699.870354
2	2A	184.7323077	0.042424242	4354.404396
	2 B	177.1978022	0.048484848	3654.70467

	2 C	170.7523863	0.036363636	4695.690623
3	3A	216.1353846	0.054545455	3962.482051
	3 B	181.8474149	0.048484848	3750.602932
	3 C	139.3136095	0.048484848	2873.343195
4	4A	178.4312239	0.060606061	2944.115195
	4 B	158.1404682	0.054545455	2899.241918
	4 C	214.1142191	0.066666667	3211.713287

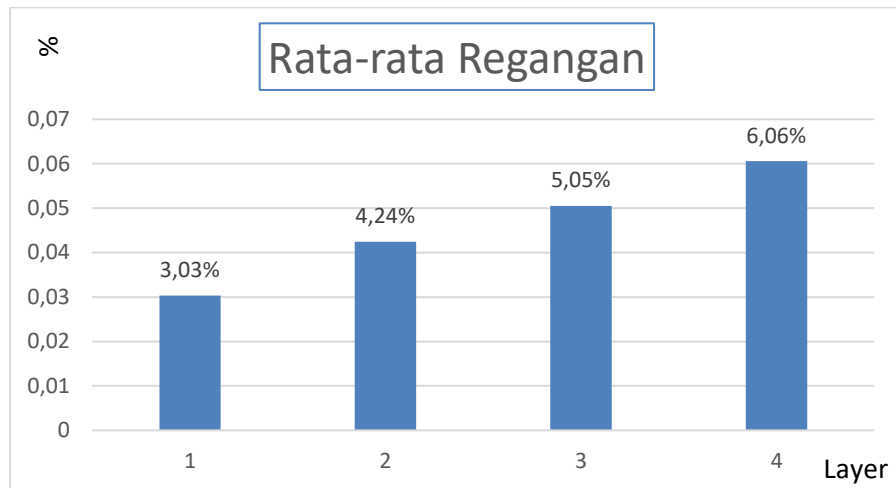
Berikut grafik Tegangan rata-rata dari 4 spesimen dibandingkan dari perbedaan jumlah lapisannya.



**Gambar 4. 25 Rata-Rata Tegangan**

Terlihat dari gambar 4.25 Tegangan maksimal dari setiap spesimen mengalami peningkatan dari 173,77 Mpa untuk 1 layer, lalu untuk 2 layer 177,56 Mpa, lalu untuk 3 layer 179,09 Mpa dan yang terakhir 183,56 Mpa untuk 4 layer.

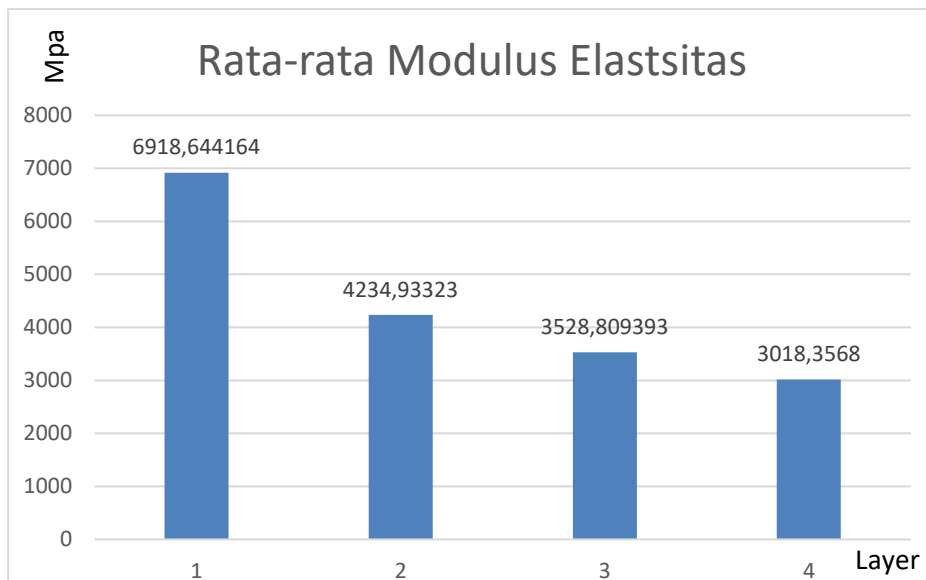
Berikut grafik regangan rata-rata dari 4 spesimen dibandingkan dari perbedaan jumlah lapisannya.



**Gambar 4. 26 Rata-Rata Regangan**

Terlihat dari gambar 4.26 rata-rata regangan dari setiap spesimen mengalami peningkatan dari 3,03% untuk 1 layer, lalu 4,24 % untuk 2 layer, lalu untuk 3 layer 5,05% dan yang terakhir 6,06% untuk 4 layer.

Setelah mengetahui grafik tegangan dan regangan pada tiap layer lapis karbon kemudian berikut ini grafik untuk modulus elastisitasnya.



**Gambar 4. 27 Modulus Elastisitas**



Terlihat dari gambar 4.27 rata-rata modulus elastisitas dari setiap spesimen mengalami penurunan dari 6918,64 Mpa untuk 1 layer, lalu 4234,93 Mpa untuk 2 layer, lalu untuk 3 layer 3528,80 Mpa dan yang terakhir 3018,35 Mpa untuk 4 layer.

### **4.3 Analisis dan Pembahasan**

Adapun hasil metode hand layup memiliki kelemahan banyak mengalami mengalami void namun metode ini memiliki keunggulan yakni hasil waktu proses mencetakan lebih cepat, harga bahan baku yang murah serta mudah didapatkan di pasaran, serta metode ini lebih simple tidak membutuhkan alat khusus.

Tegangan rata – rata pengujian tarik dengan standar ASTM D 638 material carbon 1 lapis dari 3 sample pengujian rata- rata mendapatkan nilai 173,77 Mpa, untuk 2 lapis mempunyai rata-rata 177,56 Mpa, untuk 3 lapis mempunyai rata-rata 179,09 Mpa dan 4 lapis mempunyai rata-rata 179,09 Mpa.

Regangan rata – rata pengujian tarik dengan standar ASTM D 638 material carbon dari 4 sample pengujian rata- rata mendapatkan nilai 03,03% untuk 1 lapis, untuk 2 lapis mempunyai rata-rata 4,24%, untuk 3 lapis mempunyai rata-rata 5,05% , untuk 4 lapis mempunyai rata-rata 6,06%.

Modulus elastisitas rata – rata pengujian tarik dengan standar ASTM D 638 material carbon 1 lapis dari 4 sample pengujian rata- rata mendapatkan nilai 6918,644 Mpa, untuk 2 lapis mempunyai rata-rata 4234,933 Mpa, untuk 3 lapis mempunyai rata-rata 3528,809 Mpa, untuk 4 lapis mempunyai rata-rata 3018,35 Mpa.

Jika dilihat dari hasil pengukuran modulus elastisitas yang ditunjukkan grafik 4.27 diatas mengalami penurunan karena pada dalam proses curing karbon fiber saat penumpukan perlayer warna karbon yang hitam pekat menghalangi sinar UV untuk menembus serat karbon, sehingga proses curing pada karbon tidak bisa sempurna.

Serta hasil pada foto mikro masih terdapat banyak *void* akibat proses pencetakan karbon dengan metode *hand lay-up*, dimana di metode ini memang rawan terjadi fenomena *void* akibat gelembung udara yang terjebak didalam resin saat proses *curing* berlangsung.