



## **Rancang Bangun Mesin Uji Tekan Untuk Bahan Komposit Polimer.**

**Ahmad Fahmi Lubia Ashari, I Made Kastiawan, Supardi**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: ahmadlubis048@gmail.com

### **ABSTRAK**

Dalam proses suatu rancang bangun mesin ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan, salah satunya ialah kekuatan pada suatu bahan material dan sifat-sifat material untuk mempermudah dan mempercepat dalam proses pengerjaan pada mesin. Sifat material dapat dijelaskan seperti titik luluh, kekuatan tekan, tingkat kelastisitasnya bahan dan lain-lain. Data sifat bahan juga penting dalam memulai perancangan pada suatu elemen mesin sendiri. Agar dapat memperoleh material yang sesuai apa yang kita butuhkan dan mendapatkan hasil yang cukup maksimal. Dirancang mesin ini tujuannya agar dapat mempermudah peneliti untuk menguji dan mengembangkan mesin untuk bahan komposit polimer.

Dalam penelitian yang telah dilakukan didapat desain mesin dengan 3 pengujian dalam satu mesin (uji tarik, uji *bending* dan uji tekan) dan dibantu beberapa perangkat pendukung seperti *Load Cell* yang akan menampilkan data pengujian pada indikator, akan tetapi hanya akan dilakukan analisa pengujian hanya pada uji tekan. Mesin ini hanya akan menguji khusus untuk material komposit polimer dengan kekuatan beban maksimal mesin 1500 kg atau 14705,9 N. Dalam hal ini pengujian juga akan mengacu pada standart ASTM (*American Standart Testing & Material*) untuk komposit.

**Kata Kunci** : rancang bangun mesin, uji tekan, komposit polimer, ASTM.

### **PENDAHULUAN**

Perkembangan material komposit yang semakin pesat. Dalam hal ini material komposit mampu bersaing dengan produk-produk logam dalam hal kekuatan yang lebih tinggi dan relatif lebih ringan dari pada logam. Penggunaan komposit sejauh ini mengalami perkembangan yang sangat drastis. komposit dengan karbon dan serat alam juga sudah digunakan pada bidang otomotif, digunakanya material ini karena memiliki kekuatan yang lebih tinggi dan mempunyai biaya perakitan lebih murah. karena berkurangnya jumlah komponen. Bahan ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya: Ringan, Kuat, mudah dibentuk dan tahan terhadap korosi.

Dalam ilmu material pengujian merupakan bagian yang sangat penting. Pengujian tekan adalah pengujian yang sering digunakan. Untuk mengetahui data-data sifat mekanik dari material tersebut bisa dilakukan dengan pengujian. Sifat mekanik dari material ini adalah seperti elastisitas, kekuatan luluh, kekuatan tarik dan lain-lain. Dalam perancangan suatu elemen mesin data-data sifat mekanik ini berperan sangat penting. Untuk memperoleh yang sesuai dengan kriteria maka peneliti membuat sebuah mesin-mesin uji ini yang khusus hanya untuk material komposit, sebenarnya sudah ada alat untuk menguji material komposit ini., Tetapi alat uji yang

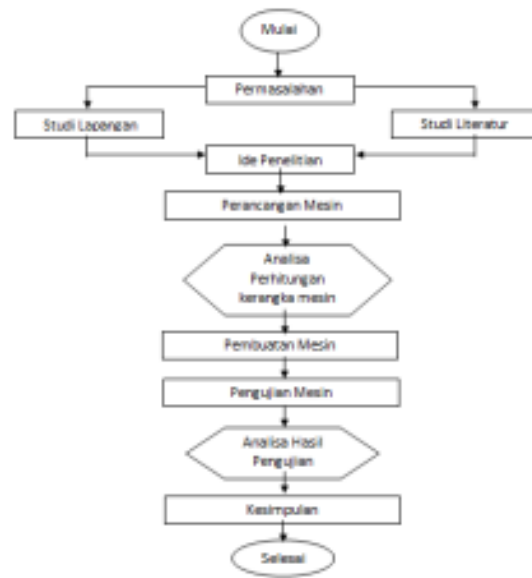
sudah ada dari penelitian sebelumnya dirasa masih kurang maksimal sebagaimana yang sudah dilakukan oleh ( *pandiatmi et al,2017*)

Pada bidang manufaktur terdapat banyak topik-topik yang bisa diperbincangkan oleh para peneliti. pembahasan topik-topik ini amat sangatlah penting untuk perkembangan penelitian dibidang manufaktur ini. Dalam dunia industri maupun pendidikan manufaktur mempunyai peranan yang sangat penting. Misalnya dalam penelitian dan rancang bangun mesin, seperti membuat mesin-mesin yang baru ataupun mengembangkan mesin-mesin yang sudah ada agar lebih maksimal. Seperti contoh rancang bangun mesin uji untuk material komposit. Komposit berbeda dengan logam dan tentu saja memerlukan mesin uji khusus untuk material komposit ini

Dizaman yang semakin maju dan perkembangan teknologi yang semakin pesat, yang seperti kita ketahui mesin-mesin uji saat ini sudah banyak menggunakan perangkat-perangkat elektronik, yang fungsinya untuk menunjang pengujian seperti menganalisa data yang diperoleh ataupun mengambil data. Salah satu contoh yaitu loadcell, alat ini merupakan alat elektronik yang bisa digunakan untuk mesin uji tekan atau pengujian yang lainnya. Disertakannya alat ini supaya data hasil uji lebih akurat.

Dari hasil penjelasan diatas, maka akan dilakukan suatu rancang bangun mesin yang tentunya dengan desain baru yang mempunyai tiga fungsi sekaligus (uji tarik,bending dan tekan) dalam 1 alat. Adapun masalah yang dihadapi kini ialah mesin ini hanya untuk material komposit dan mempunyai beban pengujian maksimal 1500 kg. Dan disini kita membuat mesin uji ini yang akan mengacu standard ASTM ( American Standard Testing & Material).

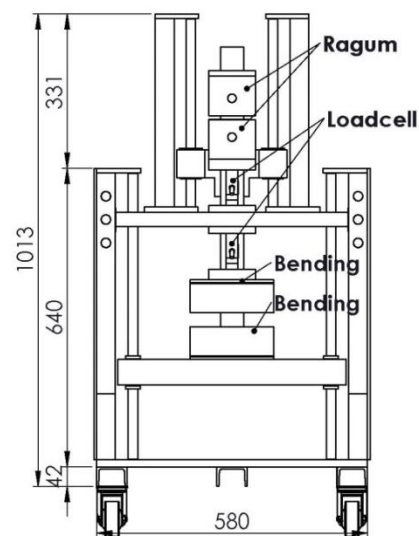
### Metodologi



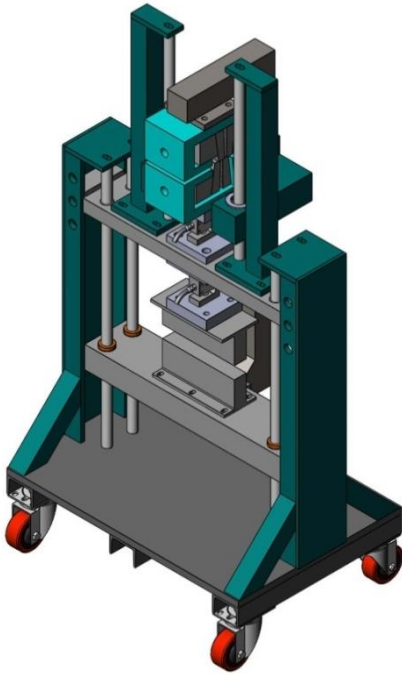
### PROSEDUR EKSPERIMEN

#### Perancangan Mesin

Pada Rancang Bangun Mesin tentunya dibutuhkan langkah-langkah perencanaan yang tepat. Salah satunya adalah perancangan mesin. Perancangan mesin yang dimaksud adalah meliputi tentang desain (gambar teknik) yaitu berupa gambar 2D maupun 3D untuk mengetahui gambaran atau bentuk dari mesin yang akan dibuat nanti.



Gambar 1. Gambar Mesin 2D (Tampak Depan).



Gambar 2. Gambar Mesin 3D

#### *Analisa Kerangka Mesin*

Dalam proses ini yang dimaksud adalah analisa atau perhitungan suatu konstruksi (kerangka mesin) untuk menunjang kinerja dari mesin itu sendiri agar dapat berjalan sesuai harapan. Dalam artian tidak ada kendala saat untuk pengujian.

#### *Pembuatan Mesin*

Pada proses ini akan dilakukan pembuatan mesin yang sesuai dengan hasil dari perancangan serta hasil dari analisa perhitungan kerangka mesin.

#### *Pengujian Mesin*

Setelah pembuatan mesin selesai, tentunya akan dilakukan uji coba untuk membuktikan apakah alat ini bisa berjalan sesuai harapan atau tidak.

Langkah uji coba :

- 1) Menghidupkan mesin
- 2) Memasang benda uji (komposit) ke ragum.
- 3) Proses pengujian tekan
- 4) Pengambilan data pada indikator

#### *Analisa Hasil Pengujian*

Bila langkah –langkah sudah sesuai maka langkah terakhir dilakukan analisa hasil

pengujian, jika masih ada yang tak berjalan sesuai harapan maka ada beberapa faktor yang mempengaruhi.

Berikut Faktor-faktor tersebut :

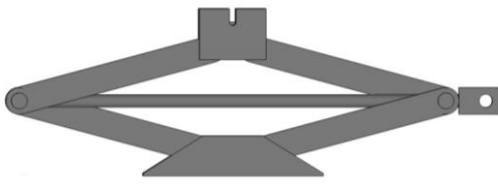
- Pengujian mesin  
Mungkin saat pengujian ada langkah yang kita lewatkan sehingga mempengaruhi jalannya pengujian.
- Pembuatan mesin  
Jika saat pengujian sudah sesuai dengan prosedur, mungkin saja faktor kesalahan saat pembuatan mesin yang tidak diketahui, yang berakibat mengganggu jalannya proses pengujian.
- Analisa perhitungan kerangka mesin  
Proses inilah yang paling mempengaruhi. Misalnya kesalahan dalam perhitungan yang tentunya sangat berpengaruh pada berjalannya proses pengujian.
- Perancangan mesin  
Jika semua langkah-langkah sebelumnya telah sesuai. Perancangan mesin adalah faktor yang paling akhir, yang juga bisa mempengaruhi dari hasil pengujian.

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun mesin khusus bahan komposit polimer untuk mengetahui kekuatan dari material komposit polimer tersebut. Dalam hal ini konstruksi mesin juga akan diuji saat melakukan pengujian, apakah aman untuk pengujian atau tidak.

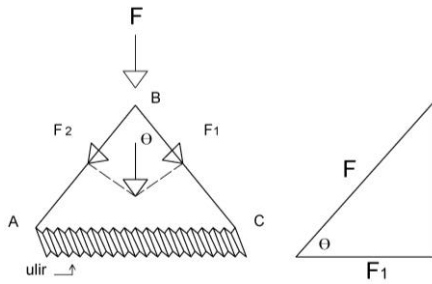
#### *Analisa Pada Dongkrak*

Dalam rancang bangun ini sudah ditentukan memakai dongkrak ulir atau yang sering disebut dengan dongkrak jembatan. Kita tahu dongkrak ini biasanya dipakai pada mobil karena cara penggunaan yang mudah dan tidak memakan tempat untuk penempatannya. Seperti ditunjukkan pada gambar 4.2 adalah gambaran dari dongkrak jembatan.



Gambar 3. Dongkrak Jembatan

Dalam analisa ini peneliti harus menganalisa gaya gaya dari dongkrak tersebut yang terbebani F sebesar 1500kg. Berikut analisa pada dongkrak :



Gambar 4. Uraian Gaya Yang Terjadi

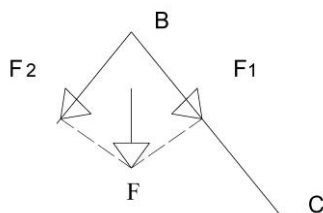
Dari uraian gambar 4.3 maka :

$$\begin{aligned} \cos \theta &= F1/F \\ F1 &= F \cos \theta \\ &= 1500 \cdot \cos \theta \\ &= 1500 \cdot \cos 45^\circ \\ &= 1500 \cdot 0,7 \\ &= 1050 \text{ N} \end{aligned}$$

Didapat F1 adalah 1050N maka F2 pun sudah diketahui karena F1=F2.

Dilihat dari gambar 4.2.2 Maka dapat dikatakan : sudut semakin kecil  $\rightarrow$  F1 dan F2 semakin besar  $\rightarrow$  F1 dan F sebagai gaya aksial, namun bila  $\theta$  semakin besar , maka F1 dan F2 semakin kecil tapi gaya bending semakin besar. Tetapi karena titik C bukan tumpuan jepit, maka kemungkinan defleksi menjadi tidak terjadi, tapi F1 menyebabkan defleksi pada kolom. Tetapi lebih dominan adalah F1 yang menyebabkan tekanan  $\tau_c = \frac{F1}{A}$ , A adalah penampang batang BC.

berikut uraian tegangan tekan ( $\tau_c$ )



Gambar 5. Uraian Tegangan Tekan

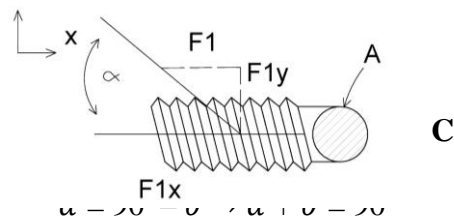
Jadi  $\tau_c$  adalah :

$$\begin{aligned} \tau_c &= \frac{F1}{A}, \\ &= \frac{1050}{0,15}, \\ &= 7000 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Didapat tegangan tekan  $\tau_c = 7000 \text{ N/m}$

Analisa pada tumpuan di titik C

Terjadi pertemuan batang BC dengan ulir AC y



Gambar 6. Uraian Gaya Pada Tumpuan

Dari gambar 4.5 dikatakan :

F1y sebagai gaya arah sumbu Y

F1x sebagai gaya arah sumbu X

$$F1y = F1 \sin \alpha$$

Maka:

$$\begin{aligned} F1y &= F1 \cdot \sin \alpha \\ &= 1050 \cdot \sin 45^\circ \\ &= 1050 \cdot 0,7 \\ &= 735 \end{aligned}$$

$$F1x = F1 \cos \alpha$$

$$\begin{aligned} F1x &= F1 \cdot \cos \alpha \\ &= 1050 \cdot \cos 45^\circ \\ &= 1050 \cdot 0,7 \\ &= 735 \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan tarik } \tau_T = \frac{F1x}{A}$$

Dicari terlebih dahulu A yaitu poros ulir sebelum mencari tegangan tarik dan tegangan geser, maka A adalah :

$$\begin{aligned} A &= \pi r^2 = 3,14 \cdot 9^2 \\ &= 254,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Didapat poros ulir sebesar  $A = 254,34 \text{ mm}^2$  maka tegangan tarik adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tau_T &= \frac{F1x}{A} = \frac{735}{254,34 \text{ mm}^2} \\ &= \frac{735}{254,34} \\ &= 2.889.832,51 \text{ N/m} \end{aligned}$$

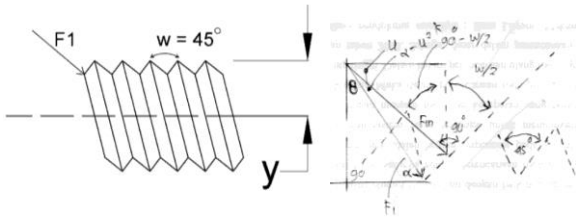
Didapat tegangan tarik sebesar  $\tau_T = 2.889.832,51 \text{ N/m}$

Selanjutnya mencari tegangan geser, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tau_s &= \frac{F1x}{A} = \frac{F1x}{\frac{2\pi di.t}{2}} \\ &= \frac{735}{\frac{2.3,18.2,5}{2}} \\ &= 5,2 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Didapat tegangan tarik sebesar  $\tau_s = 5,2 \text{ N/m}$

Gaya gesek pada permukaan ulir



Gambar 7. Uraian Gaya Gesek Pada Permukaan Ulir

Dilihat dari uraian gambar 4.6 Maka :

$$\begin{aligned} 180 &= 90 + (90 - \frac{w}{2}) + \mu \\ \mu &= 180 - 90 - 90 + \frac{w}{2} \\ \mu &= \frac{w}{2} = \frac{450}{2} = 22,5^\circ \end{aligned}$$

Diketahui  $= 180 = 90 + \theta + \alpha$  ( nilai  $\theta$  dan  $\alpha$  diketahui dari posisi batang BC) sehingga  $K^\circ =$  dapat dicari

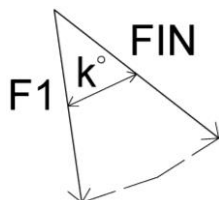
Karena  $\alpha - \mu = K$

Sehingga K diketahui  $\mu = 22,5^\circ$

$$\begin{aligned} 180 &= 90 + \mu + \alpha \\ &= 90 - 22,5^\circ + \alpha \\ \alpha &= 180 - (90 + 22,5) \\ &= 180 - 112,5 = 67,5^\circ \end{aligned}$$

Maka  $K^\circ = \alpha - \mu = 67,5^\circ - 22,5^\circ = 45^\circ$

Maka Fin adalah

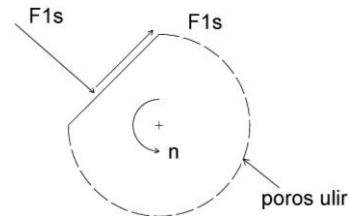


Gambar 8.

$$\begin{aligned} \text{Cos } K^\circ &= \frac{FIN}{F1} \rightarrow FIN = F1 \cdot \text{cos } k^\circ \\ &= 1050 \text{ N} \times \text{cos } 45^\circ \\ &= 1050 \text{ N} \times 0,7 \\ &= 735 \text{ N} \end{aligned}$$

Fin menyebabkan timbulnya gesekan pada permukaan ulir, yang memberikan kontribusi pada torsi.

Gaya gesek pada ulir



Gambar 9. Uraian Gaya Gesek Pada Ulir

Dimana;

$$F1s = FIN \cdot \epsilon$$

( gaya F1s memberi torsi pada motor )

$$\text{Torsi} = T = F1s \cdot r \text{ N.m}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} F1s &= FIN \cdot \epsilon \\ &= 735 \cdot 2 \\ &= 1470 \end{aligned}$$

Diketahui :

$$F1s = 1470$$

$r = 6,5 \text{ mm} \rightarrow$  dikonversi ke meter =  $0,0065 \text{ m}$

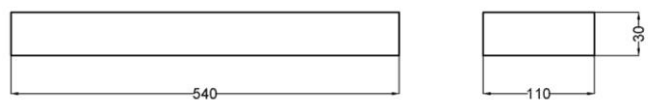
Maka :

$$\begin{aligned} \text{Torsi} \rightarrow T &= F1s \cdot r \\ &= 1470 \cdot 0,0065 \text{ m} = 9,555 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Jadi torsi pada dongkrak yaitu  $9,555 \text{ N.m}$ , nilai torsi ini harus lebih kecil dari torsi yang dimiliki oleh motor listrik.

Analisa konstruksi pada bagian uji tekan

Analisa pada bagian batang ini juga sangat penting dalam mendukungnya proses pengujian yang aman, dalam analisa ini tentunya dibutuhkan perhitungan yang teliti untuk mencari angka defleksi terkecil atau mendekati angka nol agar bisa dikatakan kaku/aman. Langkah pertama tentunya harus kita ketahui data dari batang yang akan dianalisa , berikut adalah data dari batang penyangga lihat pada gambar 4.5

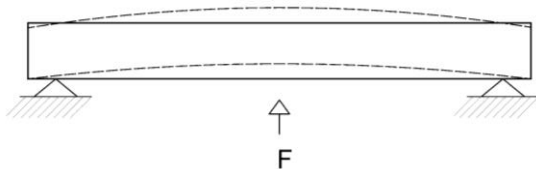


Gambar 10. Dimensi batang

Dari data pada gambar 4.18 diatas maka :

Dimana :Beban ( F ) = 1500 kg = 14705.9 N  
 Panjang ( L ) = 540 mm  
 Lebar ( w ) = 110 mm  
 Tebal = 30 mm

Dalam batang ini ada sebuah beban yang bekerja ( F ) pada batang, Karena adanya F maka akan ada tegangan bending yang terjadi yang akan menyebabkan terjadinya lendutan pada batang, seperti pada gambar 4.20



Gambar 11. Defleksi akibat adanya F

Untuk mencari angka dari defleksi dan tegangan bending yang terjadi maka terlebih dahulu harus mencari momen inersia.

Diketahui :

Panjang ( L ) = 540 mm  
 Lebar ( w ) = 110 mm  
 Tebal ( t ) = 30 mm

$$\begin{aligned} \text{Maka : } I &= \frac{1}{12} (w \cdot t^3) \\ &= \frac{1}{12} (110 \cdot 30^3) \\ &= 237600 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Didapat momen inersia sebesar 237600 mm<sup>4</sup>

Tegangan bending yang terjadi

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

Dimana : M<sub>b</sub> = momen bending

W<sub>b</sub> = tahanan bending

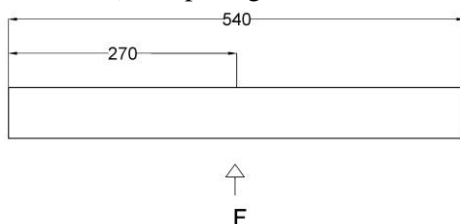
Untuk mencari tegangan bending yang terjadi maka harus mencari terlebih dahulu M<sub>b</sub> dan W<sub>b</sub>

Dimana : Beban ( F )

Panjang batang ( L )

karena pembebanan tepat pada daerah tengah maka L hanya diambil setengahnya, jadi ½ L =

540 : 2 = 270 ,lihat pada gambar 4.21



Gambar 12. Dimensi ½ L

$$\begin{aligned} \text{Maka : } M_b &= F \cdot \frac{1}{2} L \\ &= 14705,9 \cdot 270 \\ &= 3970593 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$W_b = \frac{I}{y_{max}}$$

Dimana : momen inersia ( I )

jarak sisi terjauh dari pusat luasan

penampang ( y max ) = ½ t

$$\begin{aligned} \text{Maka : } W_b &= \frac{I}{y_{max}} \\ &= \frac{237600}{\frac{15}{2}} \\ &= 15840 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Jadi : M<sub>b</sub> = 3970593 N.mm

$$W_b = 15840 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \sigma_b &= \frac{M_b}{W_b} \\ &= \frac{3970593}{15840} \\ &= 250.6 \text{ N.mm}^2 \end{aligned}$$

Didapat tegangan bending sebesar = 250,6 N.mm<sup>2</sup>

Selanjutnya mencari defleksi yang terjadi , setelah didapat momen inersia diatas maka :

$$\delta = \frac{F \cdot l}{48 \cdot E \cdot I}$$

Diketahui : Beban ( F ) = 1500 kg = 14705,9 N

Panjang batang ( L ) = 270 mm

Modulus elastisitas ( E ) = 200 Gpa = 2 × 10<sup>5</sup> N/mm<sup>2</sup>

Luasan inersia ( I ) = 237600 mm<sup>4</sup>

$$\begin{aligned} \text{Maka : } \delta &= \frac{F \cdot l}{48 \cdot E \cdot I} \\ &= \frac{14705,9 \cdot 270}{48 \cdot 2 \times 10^5 \cdot 237600} \\ &= \frac{2280960 \times 10^6}{2280960 \times 10^6} \\ &= 0,0000017 \text{ mm} \end{aligned}$$

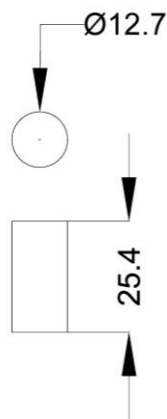
Didapat angka defleksi sebesar 0,0000017 mm, angka ini sangatlah kecil maka dapat dipastikan pada batang ini akan aman untuk pengujian,karena defleksi tak terlihat sama sekali karena mendekati angka 0 dan dapat dikatakan rigid/kaku.

**Analisa Hasil Pengujian**

Analisa hasil pengujian merupakan bagian penting dalam rancang bangun mesin, tujuannya untuk mengetahui apakah mesin yang dibuat dapat beroperasi sesuai harapan atau tidak. Dalam hal ini diperlukan kalibrasi atau pencocokan data dari mesin yang sudah ada ,disini peneliti mencoba menguji spesimen di salah satu universitas di Solo. dengan menggunakan spesimen ASTM D695.

**Kalibrasi Data Hasil Uji Tekan**

Uji Tekan merupakan pengujian untuk mengukur kekuatan suatu material terhadap gaya tekan. Dalam pengujian ini akan menggunakan standart ASTM D695 yang digambarkan dalam gambar 5



Gambar 13. Dimensi ASTM D695

**Pengujian 1**

Tabel 1 Selisih Hasil Pengujian 1

Gaya N	Defleksi mm	Gaya N	Defleksi mm	Selisih mm
675	1	675	0.07	0.93
915	1.50	915	0.13	1.37
1355	2.00	1355	0.27	1.73
1550	2.50	1550	0.36	2.14
2085	3.00	2085	0.60	2.40
2120	3.50	2120	0.62	2.88
2125	4.00	2125	0.62	3.38
2245	4.50	2245	0.68	3.82

**Pengujian 2**

Tabel 2 Selisih Hasil Pengujian 2

Gaya N	Defleksi Mm	Gaya N	Defleksi mm	Selisih mm
860	1.00	860	0.16	0.84
1500	1.50	1500	0.41	1.09
1815	2.00	1815	0.41	1.59
2040	2.50	2040	0.61	1.89
2190	3.00	2190	0.65	2.35
2250	3.50	2250	0.74	2.76
2390	4.00	2390	0.77	3.23
2465	4.50	2465	0.85	3.65

Di dapat dari tabel 1 dan 2 di atas masing-masing pengujian pada lab Universitas tertentu dan hasil mesin rancang bangun. Yang menunjukkan selisih hasil pengujian pada setiap defleksi spesimen (mm).



Gambar 14. hasil pengujian spesimen yang di Universitas Tertentu.



Gambar 15. hasil pengujian spesimen Rancang Bangun.

Dari dua pengujian yang didapat perbandingan data masih jauh dikarenakan mungkin ada faktor-faktor tertentu yang mempengaruhi hasil pengujian.

kemungkinan perbedaan dari kecepatan motor akan tetapi dalam konstruksi perancangan mesin masih aman dan kuat.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengambilan data dari bab 5 sebelumnya dapat ditarik kesimpulan dan serta memberi sedikit tambahan masukan agar kedepannya laporan Tugas Akhir dengan judul “ RANCANG BANGUN MESIN UJI TEKAN UNTUK BAHAN KOMPOSIT POLIMER”

#### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data pengujian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian yang menghasilkan uji tekan untuk pengujian material komposit dan polimer dengan kekuatan beban maksimal 1500 kg berdasarkan ASTM ( American Standard & Testing Materials) yaitu, ASTM D695.
2. Dari hasil pengambilan data pengujian dengan rancang bangun mesin mesin uji tekan bahwa mesin berjalan dengan baik, serta konstruksi mesin masih aman saat sedang dilakukan pengujian.
3. Dari hasil pengambilan data pengujian rancangan mesin uji tekan mempunyai nilai yang berbeda antara mesin uji tekan milik Universitas tertentu dengan mesin rancangan uji tekan yang telah dibuat.

#### Saran

Kami selaku penulis secara pribadi mempunyai beberapa saran guna mengembangkan untuk penelitian selanjutnya.

1. Dalam penelitian selanjutnya diharapkan mengubah system kerja dongkrak untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan sempurna untuk pengujian selanjutnya.

Untuk penelitian selanjutnya dilakukan penambahan sesuatu alat untuk pembaca

grafik, agar mesin uji mendapatkan hasil yang lebih sempurna dan akurat saat akan melakukan pengujian

### PENGHARGAAN

Penghargaan setinggi-tingginya kepada Bpk. I Made Kastiawan, ST., MT dan Bpk. Ir Supardi selaku dosen pembimbing yang dengan sabar memberi arahan, memberi bimbingan dan memberi motivasi dalam menjalankan penelitian ini. Dan jika ada kesalahan dari kami yang sengaja ataupun tidak disengaja kami mohon maaf yang sebesar-besarnya.

### REFERENSI

1. Sularso, Suga Kiyokatsu 2002. Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
2. Achmad Zainun 2006. Elemen Mesin 1. Bandung : PT Refika Aditama
3. R.C Hibbeler 1997. Engineering Mechanics Statis. Yogyakarta : PT Victory Jaya Abadi
4. George H.Martin 1990. Kinematika Dan Dinamika Teknik. Jakarta : Erlangga
5. Sukrisno Umar 1984. Bagian-bagian Mesin Dan Merencana. Jakarta : Erlangga
6. Yuwinanto, Eko. 2012. Optimalisasi Kekuatan *Bending* Dan *Impact* Komposit Berpenguat Sekam Padi. Universitas Muhammadiyah Surakarta
7. Sumardi, Adhitya. 2014. Rancang Bangun Piranti Akuisisi Data Mesin Uji Tarik Berbasis Mikrokontroler Atmega. Politeknik Manufaktur Bandung.
8. Pandiatmi Pandri. 2017. Pembuatan Mesin Uji Tarik Kapasitas Kecil. Universitas Mataram.



9. Harsi. 2015. Karakteristik Kekuatan *Bending* Dan Kekuatan Tekan Komposit Serat *Hybrid* kapas/Gelas Sebagai Pengganti Produk Kayu. Universitas Mataram.
10. Endah,Sri Susilowati. 2017. Studi Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Mekanik Bahan Komposit Berpenguat Sekam Padi.
11. I Gede Putu 2019. Kekuatan Tarik Dan Lentur Pada Material Komposit Berpenguat Serat Jelatang.