

RANCANG BANGUN ALAT UJI *BENDING* HIDROLIK PADA KOMPOSIT *SANDWICH* SERAT KARBON

Dimas Putra Al Diansyah

D3 Teknik Mesin, Program Vokasi, Universitas Negeri Surabaya

Email: dimas.17050423004@mhs.unesa.ac.id

Tri Hartutuk Ningsih

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: triningsih@unesa.ac.id

Abstrak

Pengujian dalam ilmu material adalah bagian sangat penting. Pengujian yang sering digunakan adalah *bending*. Pengujian *bending* dilakukan guna mengetahui sifat mekanik dari material tersebut. Sifat mekanik material berupa tegangan, regangan dan modulus elastis. Untuk memperoleh yang sesuai kriteria maka peneliti merancang sebuah alat uji ini khusus hanya untuk material komposit. Komposit berbeda dengan logam dan tentu saja memerlukan alat uji khusus untuk material komposit ini. Komposit sandwich dibuat untuk mencapai struktur yang ringan dengan kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Perbedaan dimensi, gaya sumber kekuatan dan komponen uji *bending* yang berbeda menjadi salah satu alasan perbedaan dengan sesuai dasar standar pengujian ASTM D790-03. Perancangan *trainer* uji *bending* komposit hidrolik ini berbasis eksperimen. Tujuan dari perancangan ini untuk mengetahui komponen penggerak beserta spesifikasinya yang akan. Analisa yang dilakukan meliputi: (1) Menentukan konsep alat dan menentukan kriteria komponen alat, (2) Membuat gambar detail. Yang memiliki dimensi panjang 82 cm, lebar 92 cm, tinggi 152 cm serta penggerak hidrolik menggunakan dongkrak berkapasitas 50 ton. Setelah analisa kerja alat, dilakukan analisa hasil pengujian terhadap komposit *sandwich* serat karbon dengan metode *three point bending* yang berdimensi panjang, lebar, dan ketebalan masing-masing 200 mm, 50 mm, dan 15 mm. Dari pengujian yang telah dilakukan terdapat perbedaan hasil dari data pembanding pada tiga spesimen ini terhadap hasil pengujian ini. Data pembanding dari spesimen 1, 2, 3, yaitu sebesar 17,94 MPa, 24,41 MPa, 13,88 MPa dengan rata-rata 18,75 MPa. Pada hasil pengujian ini 15,99 MPa, 16,49 MPa, 13,74 MPa dengan rata-rata 15,40 MPa. Dengan tingkat ketelitian alat uji mencapai 82,13%.

Kata kunci: ASTM D790-03, Alat uji *bending* komposit hidrolik, *Three point bending*, Komposit *sandwich*.

Abstract

Testing in materials science is a very important part. The test that is often used is bending. Bending testing is carried out to determine the mechanical properties of the material. Mechanical properties of the material in the form of stress, strain and elastic modulus. To obtain the appropriate criteria, the researchers designed a test tool specifically only for composite materials. Composites are different from metals and of course require special test equipment for these composite materials. Sandwich composites are made to achieve a lightweight structure with high rigidity and strength. The difference in dimensions, strength sources and different bending test components is one of the reasons for the difference in accordance with the basic ASTM D790-03 testing standard. The design of this hydraulic composite bending test trainer is based on experiments. The purpose of this design is to find out the driving components and their specifications that will be used. The analysis carried out includes: (1) Determining the concept of the tool and determining the criteria for tool components, (2) Making detailed drawings. Which has dimensions of length 82 cm, width 92 cm, height 152 cm and hydraulic drive using a jack with a capacity of 50 tons. After analyzing the work of the tool, an analysis of the test results was carried out on the carbon fiber sandwich composite with the three point bending method with dimensions of length, width, and thickness of 200 mm, 50 mm, and 15 mm, respectively. From the tests that have been carried out, there are differences in the results of the comparative data on these three specimens with the results of this test. Comparative data from specimens 1, 2, 3 are 17.94 MPa, 24.41 MPa, 13.88 MPa with an average of 18.75 MPa. The results of this test are 15.99 MPa, 16.49 MPa, 13.74 MPa with an average of 15.40 MPa. With the level of accuracy of the test equipment reached 82.13%.

Keywords: ASTM D790-03, Hydraulic composite bending tester, Three point bending, Sandwich composite.

PENDAHULUAN

Komposit adalah suatu bahan yang dibentuk dari campuran dua atau lebih bahan baku dengan tujuan untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih baik dan lebih bernilai. Dengan kata lain, komposit adalah bahan baru yang seharusnya berkualitas baik dari bahan baku. Selain matriks, komposit juga menggunakan bahan penguat atau filler yang umumnya menggunakan serat, dengan karakteristik serat kaku, kaku dan getas. Hal ini agar benang dapat menahan gaya luar. Pada dasarnya serat dibedakan menjadi dua, yaitu serat alam dan serat sintesis.

Dalam perkembangan teknologi yang sangat pesat, komposit mempunyai peran penting, salah satunya di industri otomotif yang menuntut inovasi-inovasi baru pada bidang material, seperti contoh komposit sebagai bahan material pengganti logam pada sasis kendaraan. Keunggulan dari material komposit ini adalah *strength to weight ratio* yang tinggi, kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan terhadap korosi yang tinggi dibandingkan dengan logam (Prastyadi Chandra, 2017). Komposit *sandwich* merupakan salah satu jenis komposit struktural yang berpotensi untuk dikembangkan. Komposit ini terdiri dari dua bagian kulit dan inti. Inti dapat dibuat dari bahan sintesis seperti *honeycomb*, *polyurethane* (PU) dan PVC Foam, atau dari bahan alami seperti kayu balsa dan sengon. Banyak bahan yang berbeda dapat digunakan sebagai kulit dalam struktur *sandwich*, seperti lembaran aluminium, baja, titanium dan komposit polimer. Kekuatan struktur *sandwich* dipengaruhi oleh sifat mekanik kulit dan inti, ketebalan kulit dan inti, dan kekuatan ikatan antara kulit dan inti (Diharjo, 2011). Dalam ilmu material, pengujian memainkan peran yang sangat penting. *Bending test* merupakan salah satu bentuk pemeriksaan untuk mengetahui kualitas suatu material secara visual. Dalam pengujian ini, beban diterapkan pada material sehingga tegangan tarik, tekan, dan geser mulai terbentuk secara bersamaan. Beban akan paling besar pada permukaan benda uji. Kekuatan bending tersebut menjadi hal yang dapat dipertimbangkan dalam material komposit berlapis, dimana material komposit pada dasarnya memiliki kecacatan dibawah permukaan seperti retak pada matriks ataupun patahan pada serat.

Pentingnya pengujian bending sebagai penunjang hasil penelitian untuk mengetahui sifat mekanik seperti elastisitas, kekuatan luluh, kekuatan tarik dan lain-lain menjadi tolak ukur dasar keefektifan dalam pemilihan material. Komposit berbeda dengan logam dan tentu saja memerlukan alat uji khusus untuk material komposit ini. Perbedaan dimensi, gaya sumber kekuatan dan komponen uji bending yang berbeda menjadi salah satu alasan perbedaan dengan sesuai dasar standar pengujian ASTM D790-03. Tetapi alat uji yang sudah ada dari penelitian

sebelumnya dirasa masih kurang maksimal sebagaimana yang sudah dilakukan oleh (Pandiati et al, 2017).

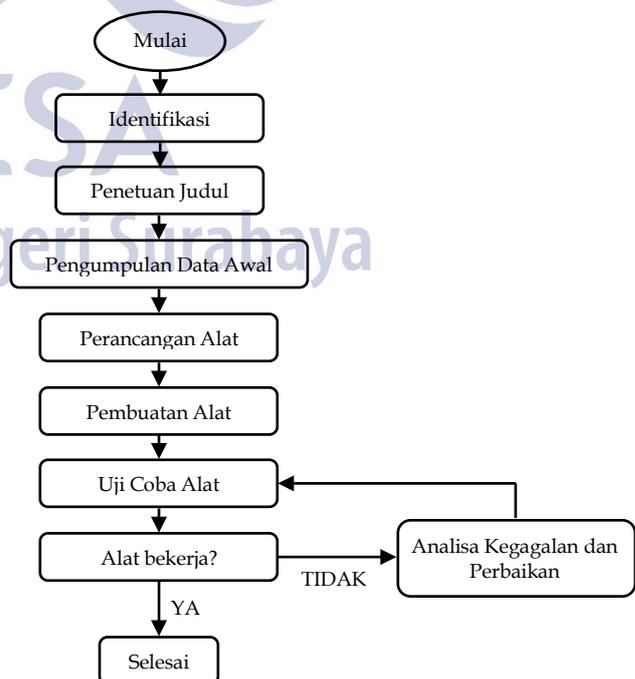
Untuk mengembangkan penelitian tersebut, peneliti tertarik dengan salah satu pengujian uji lengkung (*bending*) yang akan dijadikan topik Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun Alat Uji *Bending* Hidrolik pada Komposit *Sandwich* Serat Karbon”. Harapan dengan alat uji (*bending*) ini kita dapat membantu mengetahui kekuatan *bending* komposit yang memiliki karakteristik kuat, ulet, ringan dapat dimanfaatkan sebagai bahan sasis dan bodi kendaraan ataupun untuk kepentingan lain yang dapat meningkatkan efektifitas proses pembelajaran dan praktikum di kampus. Sehingga dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

- Bagaimana rancang bangun desain alat uji *bending* hidrolik?
- Bagaimanakah hasil uji dari pengujian *bending* komposit *sandwich* serat karbon?

METODE

Penelitian ini menggunakan metode perancangan pengembangan berbasis eksperimen. Tujuannya untuk mengetahui komponen penggerak utama beserta spesifikasinya pada rancang bangun alat uji bending sistem hidrolik. Analisa yang dilakukan yakni meliputi mendapatkan desain konsep mekanisme dan spesifikasi komponen alat, membuat gambar detail, perencanaan gambar desain sebelum dan sesudah jadi alat uji.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Ilmu Bahan Jurusan Teknik Mesin Unesa dan Bengkel Anugerah Surabaya, yang dilaksanakan pada semester ganjil tahun akademik 2021/2022.



Gambar 1. *Flowchart* Metode Perancangan.

1. Identifikasi Masalah

Hal yang pertama dilakukan dalam penelitian ini yaitu identifikasi permasalahan, proses identifikasi dilakukan menggunakan cara observasi di Laboratorium Ilmu Bahan Jurusan Teknik Mesin Unesa. Metode yang digunakan untuk mendefinisikan masalah adalah dengan melakukan observasi eksklusif dan wawancara dengan pembicara terkait alat perancangan tersebut.

2. Penentuan Judul

Setelah merumuskan identifikasi masalah, maka hasilnya penulis menentukan judul sesuai permasalahan yang telah diidentifikasi, penulis memilih judul “Rancang Bangun Alat Uji *Bending* Hidrolik Pada Komposit *Sandwich* Serat Karbon”.

3. Pengumpulan Data

Langkah awal yang harus dilakukan yaitu dengan cara mengklasifikasikan data yang diperoleh pada saat identifikasi masalah. Data ini menunjukkan bahan apa yang akan digunakan dan prinsip kerja alat tersebut. Data yang terklasifikasi kemudian dianalisa secara perancangan, dengan tujuan agar data yang ada menarik kesimpulan tentang desain proses uji *bending* beserta solusinya.

4. Perancangan Alat

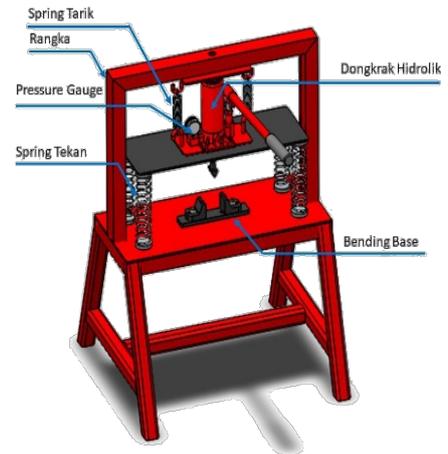
Pada perancangan alat uji terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan supaya hasil perancangan sesuai dengan yang direncanakan, tahapan-tahapannya ialah:



Gambar 2. *Flowchart* Perancangan Alat

• Konsep Alat

Desain alat uji ini mempunyai dimensi panjang 82 cm, lebar 92 cm dan tinggi 152 cm dengan dongkrak hidrolik sebagai sumber penggerak. Mekanisme pengujian menggunakan *span bending* sebagai penekan dan *support span* sebagai penahan benda kerja.



Gambar 3. Desain Konsep Alat

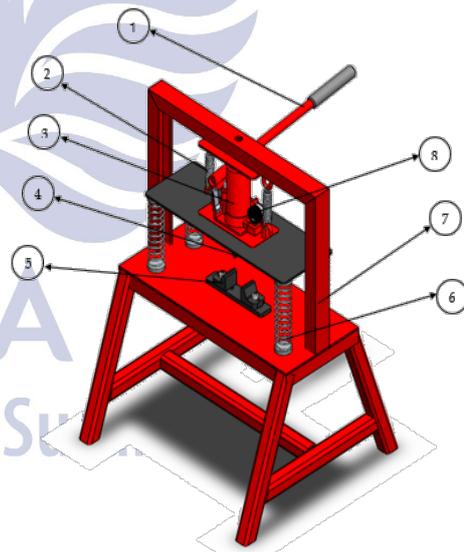
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tahapan pengerjaan Rancang Bangun Alat Uji Bending Hidrolik Pada Komposit *Sandwich* Serat Karbon sebagai berikut:

1. Desain Perancangan

Salah satu hal yang harus diperhatikan adalah desain alat. Desain menggunakan software Solidworks 2016 dimulai dari pembuatan 2D kemudian pilih *tools extruded* untuk menjadi tiga dimensi sehingga dapat mudah direalisasikan.



Gambar 4. Desain Alat Uji Bending Hidrolik

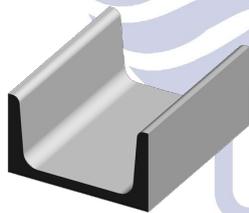
Keterangan

1	Tuas	5	<i>Support Span</i>
2	Pegas Penampang Hidrolik	6	Pegas Penekan
3	Dongkrak Hidrolik	7	Rangka
4	Span Penekan	8	Manometer/ <i>Pressure Gauge</i>

2. Pemilihan Bahan Sesuai Kebutuhan

Besi UNP berfungsi sebagai sambungan alat. Dalam merencanakan suatu alat perlu menentukan bahan-bahan yang dipergunakan, apakah bahan tersebut sudah sesuai menggunakan kebutuhan baik itu secara dimensi berukuran ataupun secara sifat dan ciri bahan yang akan digunakan. disebut sebagai Kanal U atau U Kanal, karena bentuk penampang irisannya adalah memang menyerupai saluran (kanal) seperti alfabet 'U'. Sesuai pemilihan bahan yang sesuai maka akan sangat menunjang keberhasilan dalam perencanaan tadi, bahan yang digunakan pada rancang bangun indera uji bending menggunakan sistem hidrolik yaitu besi baja UNP ukuran tinggi 152 cm, Panjang 82 cm, Lebar 9,2 mm menggunakan ketebalan 4,5 mm. Untuk menyambung bahan-bahan tersebut menggunakan memakai las listrik. Adapun alasan menggunakan bahan besi baja UNP merupakan:

- a) Instalasi yang mudah, karena besi UNP termasuk logam yang mudah dibentuk, secara tidak langsung penggunaan besi ini tidak membutuhkan waktu yang panjang untuk pemasangan.
- b) Daktalitas tinggi, besi UNP mempunyai kemampuan dalam menghadapi simpangan pasca-elastik dalam daya yang besar secara berkali-kali. Besi UNP tidak mudah memuai ketika menopang beban berat, sehingga cukup kuat untuk mengatasi tegangan yang ditimbulkan oleh hidrolik yang berkekuatan 50 ton.
- c) Alternatif yang lebih hemat, karena selain murah besi UNP tahan panas dan korosi.



Gambar 5. Gambar Besi UNP

3. Proses Pengerjaan Alat Uji

a) Membaca Gambar Kerja

Dalam gambar kerja, banyak informasi penting yang dapat menunjang pembuatan suatu produk, seperti bentuk benda, jenis bahan, dimensi, toleransi, serta simbol-simbol pengerjaan. Proses ini merupakan langkah awal dalam pembuatan produk. Gambar kerja mendasari buat acuan pada pembuatan suatu produk. menggunakan adanya gambar kerja, seseorang pekerja akan bisa mengidentifikasi hal-hal yang berkaitan dengan pembuatan alat yang akan dibuat.

b) Proses Pemotongan Material

Saat proses pengerjaan ini alat yang digunakan adalah mesin gerinda dan ragum. Ini bertujuan untuk menghemat waktu dan

juga lebih mudah dalam pengerjaan. Pemotongan besi UNP sesuai dengan ukuran yang di tentukan.

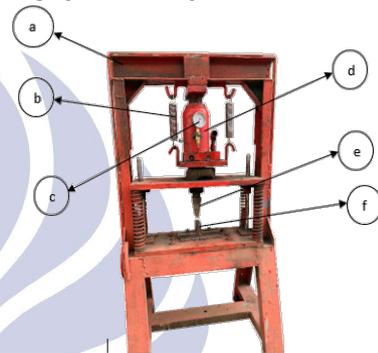
c) Proses Penyambungan Material

Untuk penyambungan, besi harus di potong sesuai ukuran yang sudah ditentukan, dilanjutkan dengan proses penyambungan material/bahan menggunakan las listrik.

d) Proses Pengeboran Material

Proses pengeboran dibutuhkan untuk membentuk lubang pada bahan, lubang yang telah dibuat digunakan untuk perakitan dengan komponen lain menggunakan mur dan baut. Proses pengeboran dilakukan setelah proses pengelasan.

4. Hasil Pengerjaan Alat Uji



Gambar 6. Hasil Rancang Bangun

Keterangan :

- a) Rangka Utama
- b) Pegas
- c) Manometer
- d) Dongkrak Hidrolik
- e) Span penekan
- f) Support span

Setelah proses pembuatan rancang bangun telah selesai, dilakukan proses manufaktur dan assembly dengan hasil seperti pada gambar diatas.

Dari hasil pengujian alat ini maka keluaran yang didapatkan diantaranya:

- a. Tekanan Hidrolik karena menggunakan manometer, untuk mengetahui besar dan tekanan hidrolik yang ada pada dongkrak hidrolik.
- b. Pada batang uji logam yang digunakan untuk pengujian bending dengan ukuran tebal 5mm dan lebar 4cm, dengan di arahkan penekan pada bagian tengah batang logam.

5. Spesifikasi Alat Uji Bending Hidrolik Komposit

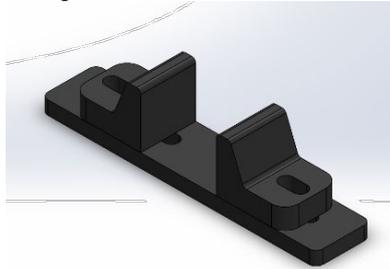
a. Rangka



Gambar 7. Rangka

Material yang ada pada rancang bangun uji *bending* dengan sistem *hidrolik* ini yakni rangka dengan bahan besi plat, ukuran tinggi 152 cm, panjang 82 cm, lebar 9,2 mm dengan tebal 4,5 mm digunakan sebagai rangka.

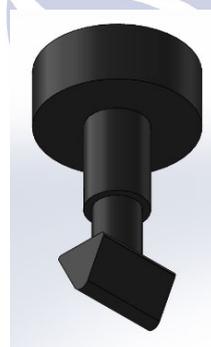
b. *Support Span*



Gambar 8. *Support Span*

Support Span ini berfungsi mengetahui tegangan *bending* yang dapat diterima akibat pembebanan tanpa mengalami deformasi atau kegagalan secara maksimal. Dengan dimensi panjang 250 mm, lebar 50 mm, tebal 10 mm, tinggi penekan 75 mm dan diameter ujungnya 12 mm sesuai standar ASTM D790-03.

c. *Span Bending*



Gambar 9. *Span Penekan*

Span Bending berfungsi sebagai indenter penekan oleh *Support Span* untuk mengetahui kekuatan *bending* material uji. Dengan permukaan silindris berbahan besi dengan jari-jari 17 mm, tinggi 70 mm dan lebar 50 mm dimensi sesuai standar ASTM D790-03.

d. Komposit Sandwich Serat Karbon



Gambar 10. Komposit *Sandwich*

Komposit ini digunakan sebagai material uji untuk pengambilan data dan pembandingan dari penelitian sebelumnya yaitu pada pengujian *bending*. Komposit mempunyai variasi *core* kayu balsa dengan massa rata-rata 66 gram dengan panjang 200 mm, tebal 15 mm dan lebar 50 mm. Dimensi dan pengujian tersebut menggunakan standar ASTM D-790.

Pembahasan

Uji fungsi adalah serangkaian uji yang dilakukan untuk menilai alat atau komponen sejauh mana fungsi yang seharusnya dimiliki oleh alat atau komponen tersebut. Pengujian dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

- 1) Pengujian tanpa beban untuk mengetahui fungsi setiap komponen.
- 2) Pengujian dengan beban untuk mengetahui performa dan hasil dari pengujian material.

Langkah-langkah proses kerja alat ini sebagai berikut:



Gambar 11 *Flowchart* Proses Kerja Alat

1. Proses Sistem Kerja Alat dan Pengambilan Data
 - a. Menyiapkan bahan yang akan diuji
 - b. Letakkan spesimen diatas *support span*
 - c. Pompa tuas dongkrak sampai spesimen mengalami defleksi
 - d. Renggangkan kunci dongkrak
 - e. Ambil spesimen yang telah diuji
 - f. Selesai dilakukan pengujian selanjutnya pengambilan data dari hasil uji bending tersebut.

Komposit Sandwich Serat Karbon (Kayu Balsa)	spesimen	Massa (gram)	Beban Maksimal (N)	Kekuatan Bending (MPa)
	1	66	901,60	17,94
	2	70	1226,96	24,41
	3	67	697,76	13,88
	Rata-rata	67,67	942,11	18,75

2. Uji Peforma

Pengujian ini dilakukan dengan mengulang proses tekanan untuk mengetahui sistem kerja dari alat uji bending hidrolik komposit ini, juga memastikan komponen-komponen yang ada berfungsi dengan semestinya. Adapun hasil pengujian tersebut yaitu:

- a. Sebelum dilakukan pengujian, tuas hidrolik, pegas, support span dan span penekan mampu berfungsi dengan baik.
- b. Pada saat dilakukan pengujian, komponen-komponen yang ada dapat menerjemahkan kekuatan bending lewat manometer yang terpasang pada tabung hidrolik.

3. Analisa Hasil Uji Bending dan Spesifikasi

Selesai uji peforma maka telah siap dilakukan pengambilan data. Adapun datanya berupa besarnya kekuatan tekan terhadap material komposit *sandwich* serat karbon. Pengujian dilakukan di Laboratorium Penguian Bahan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya (UNESA) pada tanggal 22 Februari 2022.

Komposit Sandwich Serat Karbon (Kayu Balsa)	spesimen	Massa (gram)	Tekanan (Bar)
	1	66	6,4
	2	70	5,5
	3	67	6,6
	Rata-rata	67,67	6,16

Tabel 1. Data Pembanding Uji Bending

Tabel diatas adalah data pengujian yang telah dihasilkan dari penelitian Wahyu (2017). Untuk mengetahui tingkat ketelitian alat uji bending, maka data tersebut digunakan sebagai data pembanding terhadap pengujian ini. Dengan dimensi pengujian yang sama yaitu panjang span 130 mm, lebar 50 mm dan tebal 14 mm.

Tabel 2. Hasil Uji Bending

Setelah mengetahui hasil pengujian maka diketahui hasil tekanan nilai P (bar) dan diameter hidrolik 40 mm untuk mencari nilai A sebagai besar tuas yang menghubungkan dengan manometer yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ A &= 3,14 (20 \times 10^{-3})^2 \text{ m}^2 \\ A &= 3,14 (400 \times 10^{-6}) \text{ m}^2 \\ A &= 12,56 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Setelah memperoleh nilai A maka dapat mencari gaya F pada rumus tekanan:

$$\begin{aligned} P &= \frac{F}{A} \\ F &= P \cdot A \\ F &= 6,4 \text{ bar} \cdot 12,56 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ F &= 80,38 \times 10^{-4} \text{ bar} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dari masing-masing tekanan maka didapatkan nilai F. Nilai F disini digunakan sebagai nilai P dalam rumus untuk mencari nilai tegangan bending:

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{3PL}{2bd^2} \\ &= \frac{3.80.38 \times 10^{-4} \text{ bar} \cdot \text{m}^2 \cdot 13 \times 10^{-2} \text{ m}}{2.50 \times 10^{-2} \text{ m} (14 \times 10^{-3})^2 \text{ m}^2} \\ &= \frac{3.80.38 \times 10^{-4} \text{ bar} \cdot \text{m}^2 \cdot 13 \times 10^{-2} \text{ m}}{2.50 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot 14 \times 10^{-6} \text{ m}^2} \\ &= \frac{3124,82 \times 10^{-6}}{1960 \times 10^{-8}} \text{ bar} \\ &= 1,599 \times 10^2 \text{ bar} \\ &= 1,599 \times 10^7 \text{ N/m}^2 \\ &= 1,599 \times 10^7 \text{ Pa} \\ &= 1,599 \times 10^7 \text{ PA} \cdot 10^{-6} \text{ MPa} \\ \sigma_b &= 15,99 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Keterangan:

- σ_b = Tegangan Bending (MPa)
- P = Beban (N)
- L = Panjang Span/Support Span(mm)
- b = Lebar (mm)
- d = Tebal (mm)

Komposit <i>Sandwich</i> Serat Karbon (Kayu Balsa)	Spesimen	Hasil Uji Bending (MPa)	
		X	Y
	1.	17,94	15,99
	2.	24,41	16,49
	3.	13,88	13,74
Rata-rata		18,75	15,40

Tabel 3. Hasil Perhitungan Tegangan *Bending*

Keterangan:

x = Hasil sebelum pengujian.

y = Hasil sesudah pengujian.

Dari hasil perhitungan tegangan bending dapat diketahui bahwa ada perbedaan nilai tegangan bending dari setiap spesimen yang dapat dilihat dari pada gambar berikut.

Gambar 12. Diagram Hasil Pengujian *Bending*

Pada gambar diatas dapat dilihat nilai kekuatan tegangan bending pada spesimen pertama nilai kekuatan pada penelitian sebelumnya 17,94 MPa dan nilai pengujian pada alat ini sebesar 15,99 MPa. Pada spesimen kedua terjadi perbedaan hasil pengujian yang lebih rendah terhadap penelitian sebelumnya yakni 24,41 MPa dan 16,49 MPa. Untuk spesimen ketiga terjadi hampir terjadi kesamaan hasil penelitian yaitu 13,88 MPa dengan 13,74 MPa.

Untuk mengetahui seberapa besar presentase ketelitian pengujian ini terhadap pengujian sebelumnya yang menjadi tolak ukur keberhasilan. Diketahui:

$$\text{Jumlah } x = 18,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Jumlah } y = 15,40 \text{ MPa}$$

Jawab:

$$= \frac{\text{jumlah } y}{\text{jumlah } x} \cdot 100\%$$

$$= \frac{15,40}{18,75} \cdot 100\%$$

$$= 82,13\%$$

Keterangan:

Jumlah x = Nilai rata-rata pengujian sebelumnya

Jumlah y = Nilai rata-rata sesudah pengujian

Diketahui dari perhitungan diatas hasil presentase menunjukkan 82,13%. Dengan angka ideal 100%, semakin besar presentase yang dihasilkan maka semakin tinggi angka ketelitian tersebut. Meskipun mencapai angka yang cukup tinggi tetapi alat uji ini belum siap digunakan untuk fasilitas kegiatan ilmiah.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian Rancang Bangun Alat Uji Bending Hidrolik Pada Komposit *Sandwich* Serat Karbon yang sudah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

- Dalam pembuatan alat uji ini dapat diketahui proses manufaktur yaitu perancangan desain alat uji, pemilihan bahan, pemotongan bahan, pengelasan rangka dan proses perancangan alat pengujian dengan mengimplementasikan sesuai desain alat uji dan standar ASTM D-790.
- Pengujian ini dilakukan memiliki tujuan guna mengetahui nilai tegangan bending pada tiga spesimen yang berbeda dan mengetahui apakah alat uji ini dapat digunakan secara optimal dan hasil akurat seperti pada laboratorium pada umumnya. Dari pengujian yang telah dilakukan terdapat perbedaan hasil dari data pembandingan pada tiga spesimen ini terhadap hasil pengujian ini. Data pembandingan dari spesimen 1, 2, 3, yaitu sebesar 17,94 MPa, 24,41 MPa, 13,88 MPa dengan rata-rata 18,75 MPa. Pada hasil pengujian ini 15,99 MPa, 16,49 MPa, 13,74 MPa dengan rata-rata 15,40 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. 2020. Teknologi Pengelasan dan Manometer. <https://www.pengelasan.net/manometer/#:~:text=Manometer%20adalah%20instrumen%20presisi%20yang,gas%20atau%20cairan%20dari%20gravitasi.>
- Adi Putra Simanjuntak. 2016. Teori Pengujian Bending.
- Aditya. 2011. Rancang Bangun Uji Bending dan Hasil Pengujian Untuk Bahan Keramik.
- Aditya Sandi Yudha. 2011. Rancang Bangun Alat Uji Bending dan Hasil Pengujian Kuningan.
- Ainul Makhrus. 2015. Jurnal Macam Macam Point Bending
- Artikel Funny-Mytho. 2010. Definisi dan Macam Macam Tegangan.
- Arifin, Purwanto, Imam. 2017. Jurnal Pengaruh Sifat Mekanik Hasil Pengelasan.

Artikel Wiratech. 2018. Keuntungan Mesin Hidrolik.

ASTM D 790-03. 2003. Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.

Kreasi Muda Indonesia. 2021. Mengenal Lebih Jauh Mengenai Proses Bending.
<https://kreasimudaindonesia.com/mengenal-lebih-jauh-mengenai-proses-bending/>

Naharudin, Alimuddin, Candra Nugraha. 2015. Jurnal Kekuatan Bending Sambungan Las.

Shigley, J.E., dan Mitchell L. D. 1983. *Mechanical Engineering Design, Fourth edition*. New York: Mc Grow-Hill, Inc.

Suarsana. 2016. Jurnal Mesin Press Hidrolik Semi-Otomatis.

