

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UJI BENDING DENGAN AKUISISI DATA BERBASIS ARDUINO

Muhammad Taufiqurrahman^{1)*}, Muhammad Ivanto¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Kota Pontianak, 78124, Indonesia
*email korespondensi: m.taufiqurrahman@untan.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Received:
28/01/24

Received in revised:
03/05/24

Accepted:
07/05/24

Online-Published:
30/06/24

© 2024 The Authors. Published by
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan
(Indexed in SINTA)

doi:
<http://doi.org/10.5281/zenodo.12738752>

ABSTRAK

Pengujian mekanik pada material sangat diperlukan sebagai penentu nilai kekuatan dan sifat mekanik yang terdapat pada material tersebut. Salah satu dari pengujian mekanik adalah pengujian bending yang dapat menentukan nilai dari flexural strength dan modulus elastisitas dari material yang diuji. Untuk itu, alat uji bending yang telah dibuat, memiliki ketelitian akurat, dan mampu menyesuaikan standar pengujian sangat diperlukan. Tahap perancangan alat yaitu melakukan desain rangka dan pemilihan material, selanjutnya pembuatan dan pengujian untuk dapat melihat sejauh mana alat uji tersebut dapat menghasilkan nilai yang diinginkan. Dari hasil perancangan ini, menghasilkan alat uji bending kapasitas penekanan 500 kg, dengan pembacaan sensor dalam satuan gram, kecepatan penekanan ± 5 mm/menit, serta mampu menghasilkan nilai serta kurva bending dari akuisisi data saat pengujian. Dari hasil pembuatan alat tersebut, menghasilkan alat uji bending dengan metode pengujian three point bending, mampu mendapatkan nilai flexural strength dan modulus elastisitas yang diharapkan dengan metode pengujian yang dapat disesuaikan dengan standar pengujian material yang ada. Dalam tahapan pengujian dengan menggunakan alat ini, menghasilkan ketelitian sebesar 82,86 %. Dengan memperhatikan ketelitian pada pengukuran dimensi spesimen dan jarak antar tumpuan bawah untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat.

Kata Kunci : alat uji bending, akuisisi data, arduino

ABSTRACT

Mechanical testing of materials is very necessary to determine the strength and mechanical properties of the material. One of the mechanical tests is the bending test which can determine the value of the flexural strength and elastic modulus of the material being tested. For this reason, bending test equipment that is homemade, has accurate accuracy, and can adjust to testing standards is very necessary. The product design stage is carrying out frame design and material selection, then manufacturing and testing to see to what extent the test equipment can produce the desired values. From the results of this design, a bending test equipment has been produced with a pressing capacity of 500 kg, with sensor readings in grams, a pressing speed of ± 5 mm/minute, and can produce bending values and curves from data acquisition during testing. From the results of making this tool, we developed a bending test equipment with a three point bending test method, able to get the expected flexural strength value and modulus of elasticity with a test method that can be adapted to existing material testing standards. In the testing stage using this tool, it resulted in an accuracy of 82.86%. By paying attention to accuracy in measuring the dimensions of the specimen and the distance between the bottom supports to obtain a more accurate value.

Keywords : bending test equipment, data acquisition, arduino

1 PENDAHULUAN

Dalam memahami berbagai aspek mekanis dari material, pengujian mekanik pada material diperlukan sebagai penentu nilai kekuatan dan sifat mekanik yang terdapat pada material tersebut [1]. Salah satu dari pengujian mekanik adalah pengujian bending yang dapat menentukan nilai *flexural strength* dan *modulus elastisitas* dari material yang diuji. Alat uji kekuatan material dapat memberikan informasi yang diperlukan. Pada saat benda uji dibengkokkan atau ditebuk, benda uji mengalami kombinasi gaya yang kompleks termasuk gaya tarik, tekan, dan geser. Untuk alasan ini, pengujian bending biasanya digunakan untuk mengevaluasi reaksi material terhadap situasi pembebanan yang realistis. Data dari pengujian bending dapat sangat berguna ketika suatu bahan akan digunakan sebagai struktur pendukung. Hasil dari pengujian bending diharapkan tidak hanya dapat menyediakan informasi sejauh mana material dapat menahan beban yang diharapkan, tetapi juga dapat mengetahui informasi nilai beban maksimal material yang dapat kembali ke bentuk aslinya jika terjadi proses bending.

Proses pengujian bending pada umumnya dilakukan dengan alat uji bending yang menggunakan metode *three point bending* dan *four point bending*, dengan variabel seperti kecepatan uji dan dimensi spesimen ditentukan oleh standar ASTM atau standar lainnya yang digunakan [2]. Pengujian bending ini memerlukan sebuah pembacaan beban sehingga nilai yang dibutuhkan dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui. Salah satu sensor yang mendukung untuk dapat mencatat beban dalam satuan gram yaitu *load cell*.

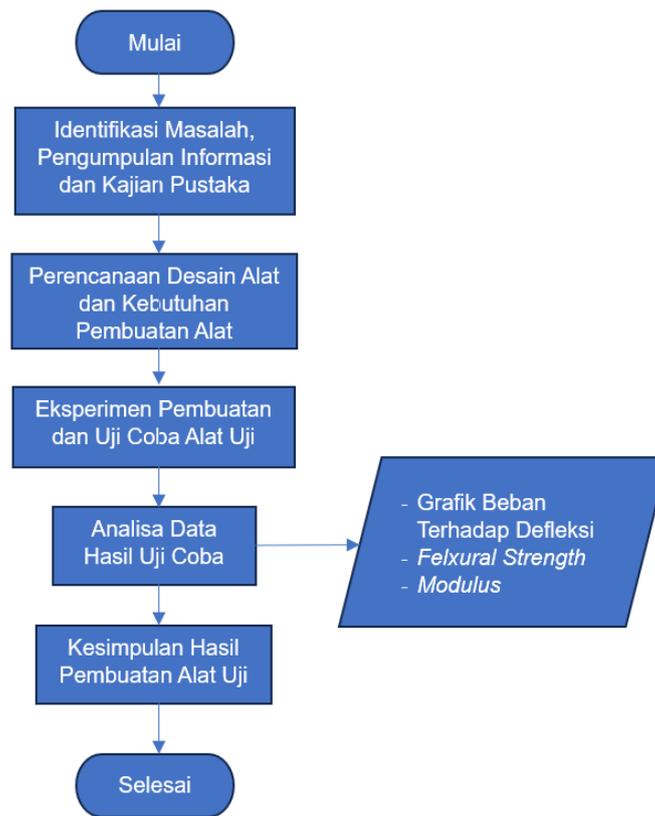
Untuk mendapatkan data pengujian yang lebih akurat dan presisi, diperlukanlah sistem akuisisi data untuk sebagai perekam dan mencatat data yang diperlukan [3]. Pemanfaatan teknologi arduino yang didukung oleh sebuah komputer dalam akuisisi data dapat digunakan untuk pengumpulan data dan penyimpanan data secara *real-time* [4]. Sensor *load cell* digunakan untuk membaca besaran dari spesimen yang dikontrol oleh mikro kontroler Arduino [5]. Pada saat sensor yang digunakan dalam alat uji bending tersebut bekerja, arduino akan memproses data yang diterima dan mengirimkan data dari sensor-sensor tersebut untuk ditampilkan pada *interface* dalam bentuk nilai dan akan diolah dalam bentuk kurva atau grafik.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan alat uji bending produk kustomisasi yang mampu menghasilkan data nilai beban yang lebih akurat, sehingga analisa data untuk mendapatkan nilai *flexural strength* yang sesuai dengan standar material yang diuji, selain itu dapat pula dihasilkan sebuah grafik kekuatan material yang bisa di analisa sifat dari kekuatan materialnya [6].

2. BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu:

- a) Studi literatur atau kajian pustaka dilakukan untuk menyelesaikan persoalan dengan menelusuri sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya. Dalam bagian ini diperlukan kajian pustaka dari penelitian terdahulu untuk dapat menggambarkan sebuah desain alat uji bending dengan memanfaatkan perangkat lunak berbasis CAD [7], pemilihan material pembuatan alat uji bending, baik dari struktur atau rangka, komponen, metode standar pengujian bending (ASTM), serta analisis dari hasil nilai yang diharapkan dari alat uji tersebut (*flexural strength* dan *modulus elastisitas*). Selain itu juga kajian pustaka pada material spesimen uji yang diuji cobakan pada alat uji bending juga diperlukan sebagai pembandingan dari nilai yang didapat pada alat yang dibuat.
- b) Metode eksperimental diperlukan untuk menerapkan hasil rancangan ke dalam bentuk atau alat yang ingin dibuat. Terdapat beberapa eksperimen yang dilakukan dalam, yaitu :
 - 1) Eksperimen pada pembuatan rangka alat, tumpuan dan penekan.
 - 2) Eksperimen pada pemrograman berbasis Arduino yang terhubung ke sensor
 - 3) Eksperimen pengaturan kecepatan motor stepper menggunakan *gearbox* dan *controller Pulse Width Modulator* (PWM);
- c) Metode kuantitatif dilakukan setelah alat sudah dapat bekerja dan bisa mendapatkan data yang diharapkan. Data-data dari hasil akuisisi data tersebut diolah kemudian di analisa untuk mendapatkan hasil yaitu berupa nilai *flexural strength*, modulus elastisitas dan kurva bending material [8]. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada rancangan alat uji bending yang dibuat kali ini dapat mengukur nilai *flexural strength* dan modulus elastisitas untuk sampel yang berbentuk persegi panjang dengan metode penekanan *three point bending* [9]. Kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [10] :

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (1)$$

dimana:

- σ = *flexural strength* (MPa)
- F = beban (N)
- L = Panjang bentang tumpuan (mm)
- b = lebar sampel (mm)
- d = ketebalan sampel (mm)

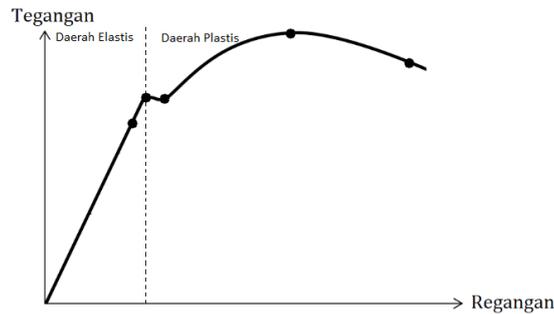
Selain itu alat uji ini juga mampu mendapatkan nilai modulus elastisitas dari suatu material yaitu dengan persamaan

$$E = \frac{F L^3}{48 \delta I} \quad (2)$$

dimana:

- E = modulus elastisitas (N/mm²)
- δ = defleksi (mm)
- I = momen inersia penampang (mm⁴)

Diketahui bahwa nilai $\frac{F}{\delta}$ merupakan gradien dari persamaan linier kurva pengujian bending pada daerah elastis, yang dibatasi pada daerah elastis saja, dikarenakan modulus elastisitas hanya berlaku pada daerah elastis, seperti pada gambar di bawah ini.

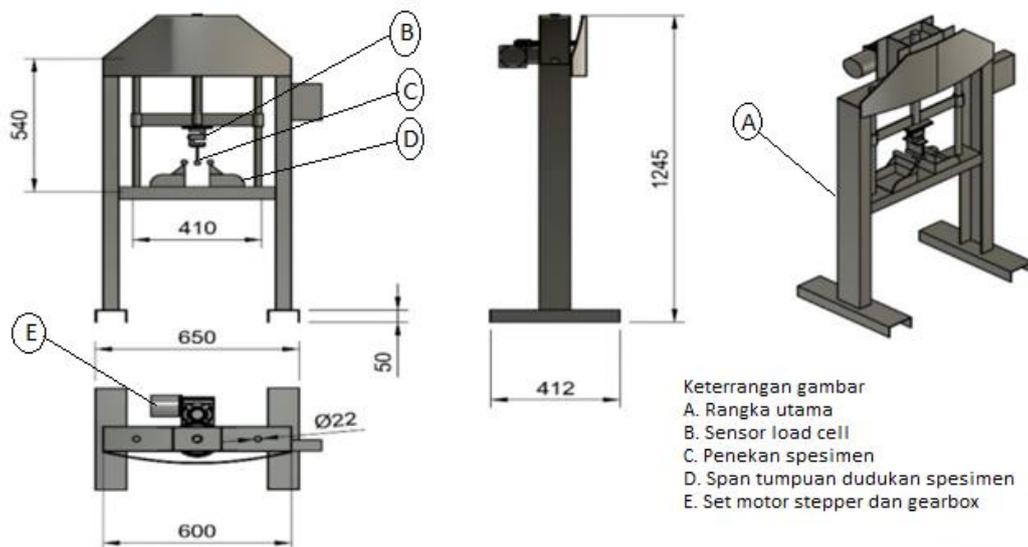


Gambar 2. Kurva Tegangan-Regangan Pengujian Material

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Alat Uji Bending

Sebelum melakukan perancangan atau desain struktur alat uji bending tersebut, terlebih dahulu menentukan kapasitas dari alat yang ingin dibuat. Pada penelitian ini kapasitas alat uji bending sebesar 500 kg, sehingga dibuat sebuah desain struktur dan pemilihan komponen-komponen yang diperlukan. Berikut desain alat uji bending yang akan dibuat. Hasil penelitian berisi uraian penjelasan tentang hasil penelitian yang telah dilaksanakan disertai pembahasan.

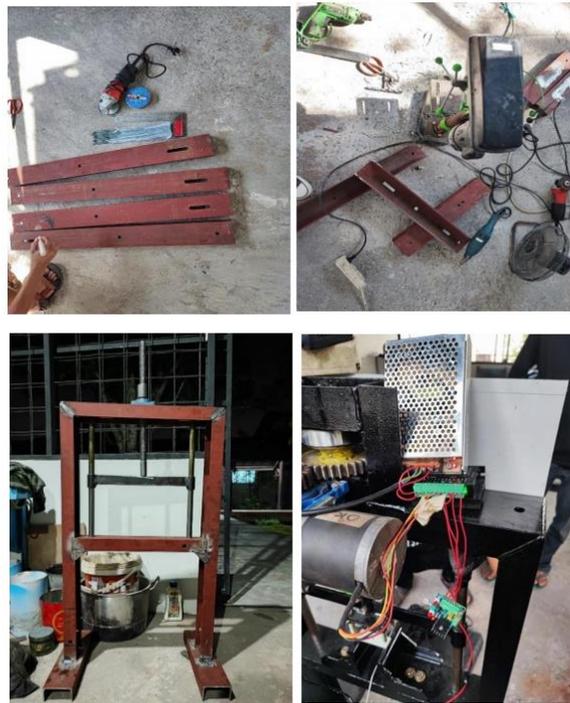


Gambar 3. Desain Alat Uji Bending

3.2 Pembuatan Dan Pengujian Alat Uji Bending

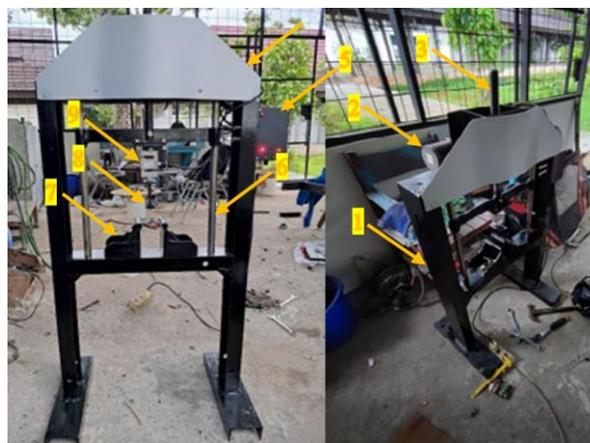
Dalam pembuatan alat uji bending di analisa terlebih dahulu kebutuhan material yang dapat digunakan, ada pun spesifikasi komponen yang digunakan sebagai berikut :

1. Rangka utama menggunakan besi tipe UNP 10
2. As rell menggunakan *shaft stainless steel* diameter 7/8 inch
3. Bantalan penekan bending menggunakan besi shaft ukuran 1/2 inch
4. Mesin penggerak menggunakan *stepper* motor Nema 34 beserta drivernya, serta dipasang *gearbox* dengan rasio 1:30 untuk mereduksi putarannya.
5. *Power Supply Unit* DC 12 V 10 A
6. *Stepper Motor Driver Controller* PWM, *Speed Regulator* DC
7. *Load Cell* type S, kapasitas 500 kg, terhubung ke modul Arduino uno dan HX 711



Gambar 4. Proses Pembuatan Alat

Proses pembuatan alat dimulai dengan melakukan pemotongan dan pelubangan besi UNP atau kanal U untuk rangka sesuai ukuran pada desain yang telah ditetapkan. Kemudian dilakukan penyambungan dengan pengelasan dan pembautan, serta pembuatan penekan dan tumpuan. Setelah itu melakukan pemasangan, dan merakit komponen pendukung akuisisi data pada alat uji.

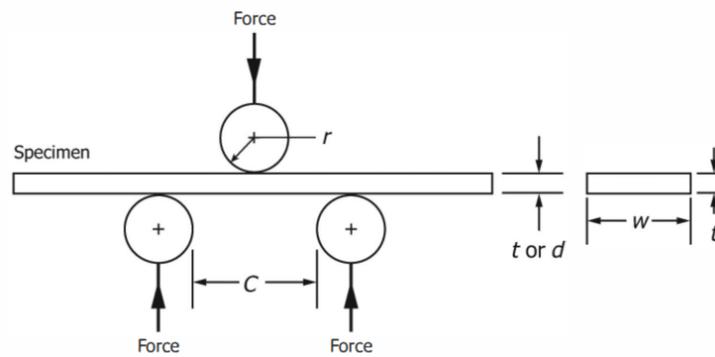


Gambar 5. Hasil Pembuatan Alat Uji Bending

Berikut bagian yang terdapat pada alat uji bending:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. Rangka utama | 6. As rel |
| 2. Motor <i>stepper</i> penggerak | 7. Span dudukan spesimen |
| 3. Batang ulir penggerak | 8. Penekan spesimen |
| 4. Penutup bagian motor penggerak | 9. <i>Load cell</i> |
| 5. <i>Motor Driver Controller</i> | |

Proses pengujian alat uji dilakukan dengan menguji sampel material baja ST 37 dan aluminium, standar pengujian menggunakan acuan ASTM E290 yaitu metode pengujian standar untuk pengujian bending pada material yang bersifat elastis [11]. Hal ini dilakukan karena bagian penekan dan span dudukan spesimen yang dibuat sesuai kriteria ASTM E290 tersebut, dapat dilihat pada gambar 6 dan 7 di bawah ini [12].

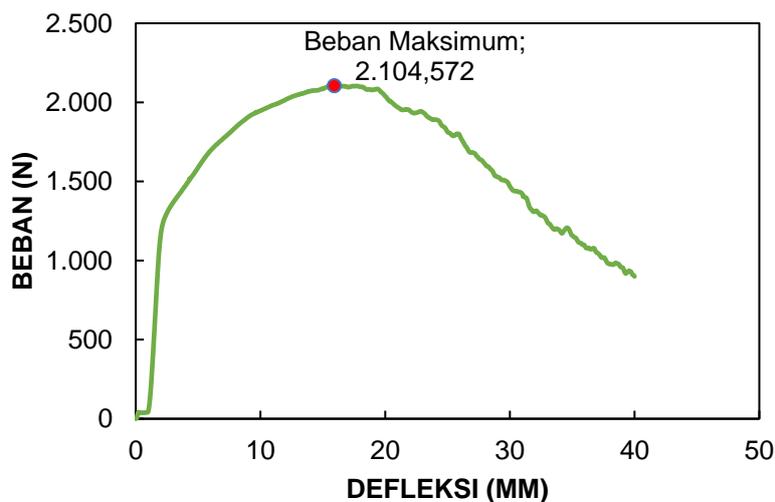


Gambar 6. Skema Pengujian Bending ASTM E290



Gambar 7. Pengujian Spesimen

Kecepatan penekanan dapat diatur dengan adanya modul *driver controller motor stepper* yang digunakan. Kecepatan penekanan diatur dengan kecepatan ± 5 mm/menit. Pada pengujian specimen tersebut, didapat data yang dapat dijadikan sebuah kurva beban terhadap defleksi pengujian material bending seperti yang dapat dilihat pada gambar 7. Kurva tersebut dibuat dengan menggunakan aplikasi Microsoft Excel dari akuisisi data yang diambil dari perangkat Arduino.



Gambar 8. Kurva Pengujian Bending Spesimen ST37

Pada kurva yang terdapat pada Gambar 8 di atas, pembacaan sensor *load cell* akan ditampilkan pada serial monitor pada aplikasi Arduino IDE, data log tersebut kemudian dipindahkan ke Microsoft Excel kemudian diolah sehingga data yang diperlukan yaitu beban dan defleksi yang kemudian dibuat grafik sebagai mana gambar di atas.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan pembuatan alat uji bending ini menghasilkan sebuah alat uji bending yang memiliki kapasitas beban penekan 500 kg, dan kecepatan penekanan yang dapat disesuaikan sehingga mampu untuk mencapai kecepatan ± 5 mm/menit. Jarak antara dua buah span dari alat tersebut juga dapat disesuaikan untuk mengacu pada standar ASTM E290. Alat ini sementara dibuat hanya untuk pengujian bending dengan metode *three point bending*. Alat ini mampu menghasilkan data yang dapat dibuat kurva bending material, sehingga nilai *flexural strength* dan modulus elastisitas pada spesimen uji tersebut dapat ditentukan. Dalam beberapa kali percobaan didapat keakuratan alat uji terhadap nilai modulus elastisitas spesimen yang diuji yaitu sebesar 82,86%. Keakuratan tersebut diperoleh dari hasil membandingkan nilai modulus elastisitas yang didapat dari alat uji yang dibuat dengan nilai modulus elastisitas dari referensi. Dalam tahapan pengujian dengan menggunakan alat ini diharapkan memperhatikan ketelitian pada pengukuran dimensi spesimen dan jarak antar tumpuan bawah untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat. Untuk pengembangan selanjutnya alat ini diharapkan dapat melakukan pengujian bending dengan standar pengujian bending lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mukarramah, S. K., Abdullah, A. G., & Sumarto, S. (2020). Low-cost bending test laboratory kit. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/4/042087>.
- [2] Ehi Imoisili, P., Ukoba, K., Patrick Ehi, I., K, U. O., & K, O. A. (2014). Development of 3-Point Flexural Test Fixtures. 5(1). https://www.researchgate.net/publication/275051225_Development_of_3-Point_Flexural_Test_Fixtures
- [3] Handoko Dwi. (2022). Perancangan Uji Impact Charpy Dengan Akuisisi Data Berbasis Microcontroller Arduino. *Jurnal Suara Teknik*, 12(2), 39–44. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29406/stek.v12i2.3852>.
- [4] Sunarso, A., Ramadhan, U. V., Sulistiono, D., Agato, A., Widagdo, E., Handoko, D., & Manurung, A. (2019). Pengembangan Sistem Akuisisi Data Otomatis Berbasis Arduino Untuk Alat Uji Unjuk Kerja Turbin Air. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:209944808>
- [5] Comaro, J., Malik, I., & Karmin. (2020). Perancangan Dan Pengembangan Alat Uji Tarik Mini Berbasis Arduino Untuk Spesimen Non-Ferro. *MACHINERY: Jurnal Teknologi Terapan*, 1(1), 55–62. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4540926>.
- [6] Swami, A. R., Shitap, A. Y., Lohar, A. A., & Pondkule, T. D. (2008). Design And Develop Portable Flexural Test Fixture For 2-Point And 3-Point Loading. *Certified Journal International Research Journal of Engineering and Technology*, 9001. <https://www.irjet.net/archives/V3/i5/IRJET-V3I5662.pdf>.
- [7] Sampurno, R. D., Homzah, O. F., Ismail, I., Pangestu, W. A., & Utama, K. H. (2021). Rancang Bangun Mesin Penyuling Asap Cair Dari Batok Kelapa Dengan Aplikasi Teknologi Refrijerasi Berbasis Semi-Otomasi (Mikro-Kontroller). *MACHINERY: Jurnal Teknologi Terapan*, 2(1), 39–44. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4662523>.
- [8] Simatupang Rio, Ulfah Ermawati, F., & Ahmad Zaini Thosin, K. (2013). Pengaruh Proses Pelapisan NiCoCrAl Terhadap Flexural Strength & Modulus Flexural Pada Baja ST-37. *Jurnal Fisika*, 02(01), 01–07. <https://doi.org/https://doi.org/10.26740/ifi.v2n1>.
- [9] Hase, T., Kawa, T., Ikeo, N., & Mukai, T. (2016). Development of Small-Scale Impact Three-Point Bending Test Apparatus and Evaluation of Impact Fracture Properties of Mg-6%Al-1%Zn-2%Ca Alloy. *Materials Transactions*, 57, 1872–1879. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:138788803>.
- [10] Callister Jr, & William D. (2009). *Materials Science And Engineering An Introduction* (8th Edition). John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- [11] Jeon, G., Ha, D., Park, Y., & Jeong, C. (2022). Three-Point Bending Properties of Hybrid Multi-Materials Using Adhesive Bonding Dependent on Strength Difference between Steel and Aluminum. *Materials*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/ma15093328>.
- [12] ASTM International. (n.d.). *Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility 1*. <https://doi.org/10.1520/E0290-22>