

## PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN ALAT UJI TARIK MINI BERBASIS ARDUINO UNTUK SPESIMEN NON-FERRO

Julham Comaro<sup>1)\*</sup>, Irawan Malik<sup>2)</sup>, Karmin<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya

<sup>2,3)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

\*E-mail corresponding: julhamcomaro@gmail.com

### INFORMASI ARTIKEL

Submitted:  
11/07/2020

Accepted:  
19/08/2020

Print-Published:  
31/08/2020

### ABSTRAK

Alat uji tarik (*tensile test mechine*) merupakan salah satu sarana penelitian dan pendidikan yang sangat penting dalam menunjang dan mendukung proses belajar mengajar di laboratorium yang digunakan untuk mengetahui sifat mekanik material. Saat ini alat uji tarik komersial sangat akurat digunakan dalam mengukur sifat-sifat mekanik, tetapi biaya dan ukuran membuatnya tidak praktis untuk pembelajaran langsung di ruang kelas. Penelitian dan pengembangan ini bereksperimen untuk mendesain dan membuat alat uji tarik dengan kapasitas kecil yang mampu menghasilkan alat perkakas yang lebih efisien, ekonomis, dan memiliki keakurasian yang tinggi dengan memanfaatkan perangkat keras dan lunak yang tersedia namun tetap memperhatikan dan menjaga keakurasian hasil produksi. Alat uji Tarik ini menggunakan motor stepper nema 17 sebagai motor penggerak, untuk mentransmisikan daya menggunakan 2 buah ballscrew, belt, dan pulley. Sensor load cell dan digimatic digunakan untuk membaca besaran dan perpanjangan dari spesimen yang dikontrol oleh mikrokontroler Arduino.

**Kata kunci:** Uji Tarik, load Cell, Tegangan, Regangan

### ABSTRACT

*Tensile test mechine is one of the most important research and educational means in supporting and supporting the learning process of teaching in the laboratory used to know the mechanical properties of materials. Currently commercial tensile testing tools are very accurately used in measuring mechanical properties, but cost and size make it impractical for classroom direct learning. This research and development experimented to design and create a small capacity tensile testing tool capable of producing tools that are more efficient, economical, and have high anemicity by utilizing the available hardware and software while keeping an eye on and maintaining the quality of the production results. This Tensile test tool uses nema 17 stepper motor as drive motor, to transmit power using 2 ballscrew, belt, and pulley. Load cell and digimatic sensors are used for reading the magnitude and extension of specimens controlled by the Arduino microcontroller.*

**Keywords:** Tensile Test, load Cell, Voltage, Strain

## 1 PENDAHULUAN

Alat uji tarik (*tensile test mechine*) merupakan salah satu sarana penelitian dan pendidikan yang sangat penting dalam menunjang dan mendukung proses belajar mengajar di laboratorium yang digunakan untuk mengetahui sifat mekanik material, seperti kekuatan tarik dan kekuatan luluh (*tensile dan yield strength*), modulus Young, rasio Poisson, perpanjangan (*displacement/elongation*), dan pengurangan area dapat diperoleh. Disamping itu, sifat tegangan-regangan yang sebenarnya, pengerasan regangan dan ketangguhan tarik dapat dihitung dengan cara mengonversikannya menggunakan persamaan khusus dari kurva tegangan-regangan.

Pengembangan teknologi saat ini lebih banyak dititik beratkan dalam pengembangan material yang lebih ringan, dengan kekuatan yang tinggi dan memiliki performa yang baik, sebagai contoh paduan aluminium, kawat tembaga dan beberapa material lunak (*sarung tangan latex, kantong plastik muatan besar dan biohazard*) adalah sangat penting untuk berbagai aplikasi mulai dari

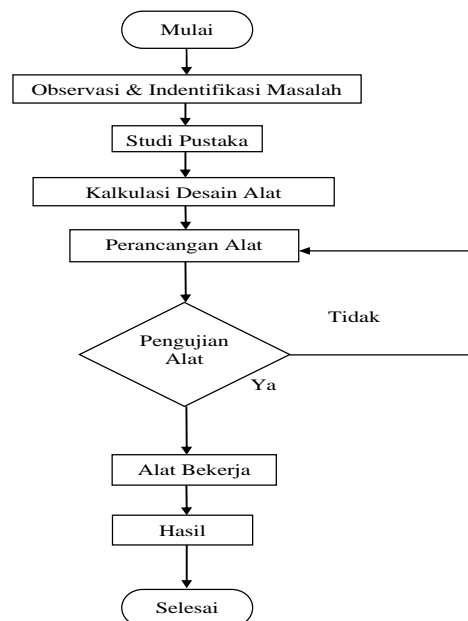
pengemasan hingga keperluan biomedis. Dalam situasi seperti itu, maka perlu untuk mengetahui karakteristik material dan merancang suatu komponen peralatan dengan tujuan untuk meminimalkan atau menghindari deformasi yang berlebihan dan fraktur mendadak yang dapat terjadi (ASTM E8M3, 2009). Sifat perilaku mekanis suatu material mencerminkan hubungan responsnya terhadap beban atau gaya yang diterapkan.

Saat ini alat uji tarik komersial sangat akurat digunakan dalam mengukur sifat-sifat mekanik, tetapi biaya dan ukuran membuatnya tidak praktis untuk pembelajaran langsung di ruang kelas. Selain itu, alat uji komersial sering memerlukan perangkat lunak berharga relatif mahal untuk beroperasi dengan perjanjian lisensi perangkat lunak terbatas. Perkembangan teknologi terbaru saat ini, elektronik open-source telah digunakan untuk membangun sistem perangkat keras/lunak yang belum tersedia secara komersial atau terlalu mahal (Pearce, 2012). Mikrokontroler Arduino yang populer telah terbukti efektif dalam mengendalikan perangkat keras ilmiah untuk tujuan penelitian (Grinias, dkk., 2016) dan juga berfungsi sebagai platform praktis untuk pembelajaran/pelatihan mahasiswa (Mabbott, 2014). Sehingga dalam pengembangan material tersebut memerlukan alat uji yang sesuai dengan sifat material yang diuji.

Penelitian dan pengembangan ini bereksperimen untuk mendesain dan membuat alat uji tarik dengan kapasitas kecil yang mampu mendukung kebutuhan penelitian dan praktikum mahasiswa, terutama untuk pengujian material non-ferro dengan mengaplikasikan pengetahuan dan keterampilan dari mata kuliah yang telah dipelajari sebelumnya seperti Mekatronik, Pengetahuan Bahan Teknik, Desain dan Pengembangan Produk, Sistem dan Kendali Otomatis, dalam menggunakan ketepatan dan kalibrasi sensor-sensor yang diaplikasikan pada alat uji tarik mini ini untuk mampu menghasilkan alat perkakas yang lebih efisien, ekonomis, dan memiliki keakurasian yang tinggi dengan memanfaatkan perangkat keras dan lunak yang tersedia namun tetap memperhatikan dan menjaga keakurasian hasil produksi.

## 2. BAHAN DAN METODE

Untuk mempermudah dalam penelitian maka di buat diagram alir penelitian seperti Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

### 2.1 Alat

Dalam proses penelitian digunakan alat-alat yaitu:

1. Mesin Las
2. Mesin Bor
3. 3D Printer
4. Mesin Gerinda

5. Kunci Pas
6. Obeng
7. Multitester
8. Software Arduino, Solidwork
9. Laptop.

## 2.2 Bahan

1. Motor Stepper Nema17
2. Braket Motor
3. Belt
4. Screw
5. Rahang
6. Spesimen Plat
7. Pencekam Spesimen
8. Rangka Alas
9. Blok Penahan
10. Load Cell
11. Digimatic
12. Ballscrew
13. Bearing.

## 2.3 Proses Pembuatan Alat

No	Tahapan Penelitian	Prosedur	Luaran	Capaian
1	Rancang bangun komponen komponen, mekatronik, pembelian material dan hardware	Program CAD-CAE <i>Mikrokontroler Arduino</i>	Model CAD – CAE dan Material Rangkaian Elektronik - Algoritma	Produk-produk berupa Desain dan Simulasi Kekuatan, Kontroler
2	Membuat Spesimen Uji Tarik Mini	Program CAD – CAE	Simulasi <i>Solidworks</i>	Bentuk Spesimen
3	Pengujian Kinerja Alat	Pengujian alat secara langsung	Data hasil pengujian	Cara kerja alat sesuai atau tidak sesuai dengan yang diinginkan
3	Analisis Data Lanjut	Perhitungan rumus-rumus	Hasil perhitungan	Olahan Data dalam Laporan
4	Penelitian	Penulisan Penelitian	Tahap tahap penelitian dan hasil penelitian	Hard copy dan Softcopy hasil Penelitian

## 2.4 Metode Pengolahan Data

Daya motor servo,  $P_M = F_C \cdot V_K + \text{Rugi-rugi daya}$

$$T_M \cdot \omega_M = F_C \cdot V_K + \text{Rugi-rugi daya}$$

Kecepatan sudut motor servo [rad/det],

$$\omega_M = \frac{2\pi \cdot V_K}{i \cdot h} \quad \text{atau} \quad V_K = \frac{\omega_M \cdot i \cdot h}{2\pi}$$

Kecepatan putar motor servo [rad/det],

$$N_M = \frac{60 \cdot \omega_M}{2\pi}$$

dengan:

$T_m$ = Torsi maksimum motor	[Nm]
$F_C$ = Gaya maksimal kemampuan alat tarik	[N]
$\omega_m$ = Kecepatan sudut motor	[rad/men]
$V_K$ = interval gerak klem	[mm/men]
$i$ = Rasio sekerup/ulir	[...]
$h$ = <i>Pitch</i> Sekrup Bola (Ball screw)	[mm]

Torsi maksimal motor servo,

$$T_M = \frac{N_{MM} \cdot i \cdot h}{2\pi \cdot 10 \cdot 50}$$

dengan rugi-rugi daya merupakan faktor efisiensi antara mekanisme sekerup – mur (50%) dari rumus (2) maka,

Daya motor servo,

$$P_M = T_M \cdot \omega_M = F_C \cdot \frac{\omega_M i h}{2\pi} + \text{Rugi-rugi daya}$$

### 1. Pergerakan Klem dan Posisi Rotasi Motor Penggerak

Posisi motor dan pergerakan klem gerak diekspresikan dalam persamaan berikut. Perpindahan klem gerak,

$$x = N_M \cdot i \cdot h$$

Kecepatan linier klem gerak,

$$\dot{X} = V_r = N_M \cdot i \cdot h$$

Frekuensi [Hz] repetisi *pulse* motor servo penggerak dengan  $R$  [*pulse*/revolusi, ppr] adalah resolusi enkoder.

$$f_p = \frac{N_M \cdot R}{60}$$

dengan:

$R$ = Resolusi <i>encoder</i> dalam <i>pulse</i> per revolusi	[ppr]
$X$ – Pemindahan <i>clamp</i> bergerak	[mm]
$\dot{x}$ = Kecepatan linier klem bergerak	[mm/mnt]
$f_p$ = Frekuensi pengulangan <i>pulse</i> untuk penggerak motor	[Hz]
$N_m$ = Kecepatan rotasi motor	[rpm]

### 2. Perhitungan Ballscrew

Luasan tegangan sekerup dapat dihitung berdasarkan table 3.2 dan persamaan berikut ini adalah

$$A = \frac{\pi}{4} (D_p + D_m)$$

Kekuatan tarik ball screw dengan kelas kekuatan 8.8 (Carl dkk., 2015) adalah  $\sigma_{Bmin} = 800$  N/mm<sup>2</sup> sehingga tegangan yang diijinkan ( $\sigma_{Bi}$ ) dapat dihitung sebagai berikut.

$$\sigma_f = 0,8 \cdot 800 \text{ N/mm}^2 = 640 \text{ N/mm}^2 \text{ dan } \sigma_{Bi} \approx 0,5 \cdot 640 \text{ N/mm}^2 = 320 \text{ N/mm}^2.$$

Berdasarkan  $\sigma_{Bi}$  dan  $A_t$  maka dapat dihitung gaya aksial maksimal ball screws yang masih mampu ditahannya sebesar,

$$F_{maks-BS} = \sigma_{Bi} \cdot A_t \text{ [N]}$$

Sedangkan gaya aksial maksimum ( $F_{am}$ ) diperlukan untuk menarik massa kedua blok penjepit spesimen masing-masing dengan berat  $m_1 = 0,3$  kg dan  $m_2 = 0,3$  kg yang terbuat dari bahan PLA ditambah dengan gaya tarik (FGT) yang diperlukan untuk memutuskan spesimen uji bahan aluminium paduan 6061-T6 dengan tegangan luluh,  $\sigma_Y = 241$  [N/mm<sup>2</sup>] dan tegangan maksimal bahan,  $\sigma_U \approx 300$  [N/mm<sup>2</sup>] dan adalah sebagai berikut.

$$F_{gm1} = m_1 \cdot \mu \text{ dan } F_{gm2} = m_2 \cdot \mu$$

$$F_{GT} = \frac{\sigma_U}{A_{sp}}$$

$$F_{am} = F_{gm1} + F_{gm2} + F_{GT}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Kalkulasi Daya dan Torsi Maksimal Motor Servo

#### 1. Perhitungan torsi max motor servo (Nm)

Untuk mencari torsi *maximum* motor servo digunakan persamaan (5) seperti berikut:

$$T_M = \frac{5000 \times 0,04 \times 5}{2\pi \times 10 \times 50}$$

$$T_M = \frac{1000}{3141,59}$$

$$T_M = 0,318 \text{ Nm}$$

Dari perhitungan diatas didapat torsi max motor sebesar 0,318 Nm.

#### 2. Perhitungan Daya Motor (Watt)

Untuk mencari daya motor digunakan persamaan (6) seperti berikut:

$$P_M = 0,318 \text{ Nm} \times 1500 \text{ Rpm}$$

$$P_M = 477 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan tersebut didapat daya motor sebesar 477 Watt, maka dipilih motor stepper Nema 17HS4401

### 3.2 Perhitungan Pergerakan Klem dan Posisi Rotasi Motor Penggerak

#### 1. Perhitungan klem gerak

Untuk mengitung perpindahan klem gerak digunakan persamaan seperti berikut:

$$X = 8999,92 \frac{\text{rad}}{\text{men}} \times 0,04 \times 5 \text{ mm}$$

$$X = 18 \text{ mm}$$

Dari peritugan diatas didapat perpindahan gerak klem yaitu sebesar 18 mm.

#### 2. Perhitungan kecepatan linear klem penggerak

Untuk menghitung kecepatan linear klem penggerak digunakan persamaan seperti berikut:

$$V_r = \frac{18 \frac{\text{rad}}{\text{men}}}{60 \text{ detik}}$$

$$V_r = 0,3 \text{ rad/detik.mm}$$

$$V_r = \frac{0,3 \times 2\pi}{60}$$

$$V_r = 0,031 \text{ mm/detik}$$

Dari perhitungan diatas maka didapat kecepatan linear klem penggerak sebesar 0,031 mm/detik.

#### 3. Perhitungan frekuensi repetisi pulse motor penggerak

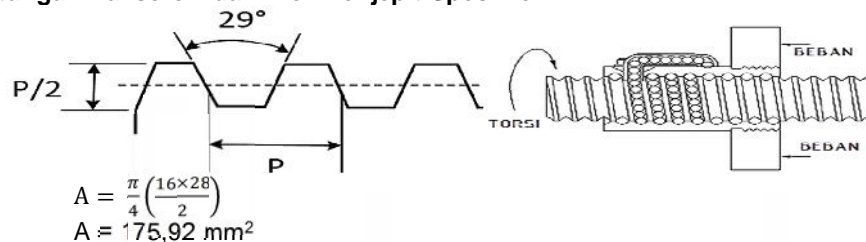
Untuk mengitung frekuensi [Hz] *repetisi pulse* motor penggerak dengan R [pulse/revolusi,ppr] adalah resolusi encoder digunakan persamaan seperti berikut:

$$f_p = \frac{18 \times 10000}{60}$$

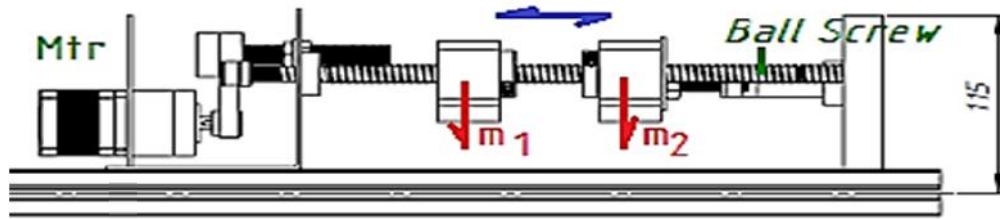
$$f_p = 3000 \text{ Hz}$$

Dari peritugan diatas maka didapat frekuensi *repetisi pulse* motor penggerak sebesar 3000 Hz.

### 3.3 Perhitungan Ballscrew dan Blok Penjepit Spesimen



Kekuatan tarik *ball screw* dengan kelas kekuatan (Carl dkk., 2015) adalah  $\sigma_{Bmin} = 800 \text{ N/mm}^2$  sehingga tegangan yang diijinkan ( $\sigma_{Bi}$ ) dapat dihitung sebagai berikut.  $\sigma_f = 0,8 \cdot 800 \text{ N/mm}^2 = 640 \text{ N/mm}^2$  dan  $\sigma_{Bi} = 0,5 \cdot 640 \text{ N/mm}^2 = 320 \text{ N/mm}^2$ .



Berdasarkan  $\sigma_{Bi}$  dan  $A_t$  maka dapat dihitung gaya aksial maksimal ball screws yang masih mampu ditahannya sebesar, persamaan berikut:

$$\begin{aligned} F_{maks-BS} &= \sigma_{Bi} \cdot A_t \\ &= 320 \times 175,92 \\ &= 56274,4 \text{ N} \end{aligned}$$

Sedangkan gaya aksial maksimum ( $F_{am}$ ) diperlukan untuk menarik massa kedua blok penjepit spesimen masing-masing dengan berat  $m_1 = 0,3 \text{ kg}$  dan  $m_2 = 0,3 \text{ kg}$  yang terbuat dari bahan PLA ditambah dengan gaya tarik (FGT) yang diperlukan untuk memutuskan spesimen uji bahan aluminium paduan 6061-T6 dengan tegangan luluh,  $\sigma_{Y_{index}} = 241 \text{ [N/mm}^2\text{]}$  dan tegangan maksimal bahan,  $\sigma_{U_{index}} = 300 \text{ [N/mm}^2\text{]}$  dan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F_{gm1} &= m_1 \cdot \mu \\ &= 0,3 \times 0,2 \\ &= 0,6 \text{ Kg} \\ &= 5,886 \text{ N} \end{aligned}$$

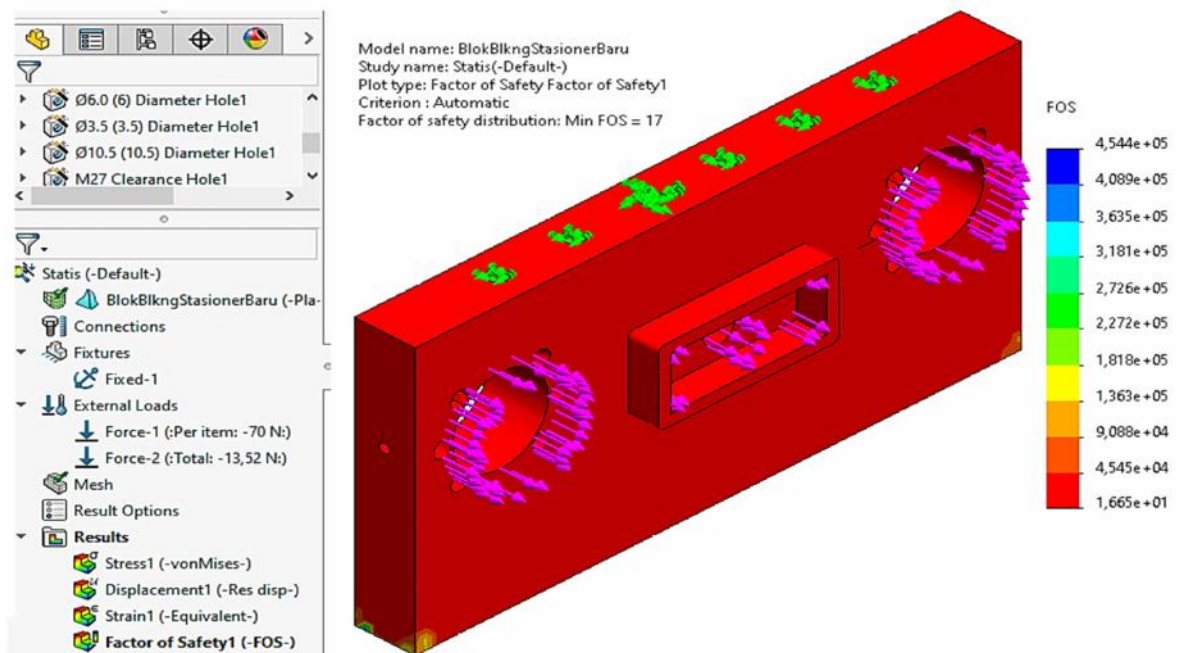
$$\begin{aligned} F_{gm2} &= m_2 \cdot \mu \\ &= 0,3 \times 0,2 \\ &= 0,6 \text{ Kg} \\ &= 5,886 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{GT} &= \frac{\sigma_U}{A_{sp}} = \frac{300}{175,92} \\ &= 1,75 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } F_{am} &= F_{gm1} + F_{gm2} + F_{GT} \\ &= 5,886 + 5,886 + 1,75 \\ &= 13,52 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas gaya aksial maksimum ( $F_{am}$ ) diperlukan untuk menarik massa kedua blok penjepit specimen sebesar 13,52 N.

### 3.4 Simulasi Faktor Keamanan dengan Beban pada Blok





#### 4. KESIMPULAN

Alat uji Tarik mini adalah alat ukur material yang berukuran mini untuk spesimen *non-ferro* yang dikontrol oleh sebuah *mikrokontroler Arduino*. Dengan dibuatnya alat uji tarik mini ini maka diharapkan mampu mendukung kebutuhan penelitian dan praktikum mahasiswa, terutama untuk pengujian material *non-ferro* dengan mengaplikasikan pengetahuan dan keterampilan dari mata kuliah yang telah dipelajari sebelumnya seperti Mekatronik, Pengetahuan Bahan Teknik, Desain dan Pengembangan Produk, Sistem dan Kendali Otomatis, dalam menggunakan ketepatan dan kalibrasi sensor-sensor yang diaplikasikan pada alat uji tarik mini ini untuk mampu menghasilkan alat perkakas yang lebih efisien, ekonomis. Alat uji Tarik ini menggunakan *motor stepper nema 17* sebagai motor penggerak, untuk mentransmisikan daya menggunakan 2 buah ballscrew, *belt*, dan *pulley*. Sensor *load cell* dan *digimatic* digunakan untuk membaca besaran dan perpanjangan dari spesimen yang dikontrol oleh *mikrokontroler Arduino*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM E8M3. 2009. *Standard Test Method for Tension Testing of Metallic Materials*.
- Baharrudin dan isyadiyani, 2018, *Implementation of Design and Development Tensile Testing Machine for Application in Soft Material Testing*.
- Bahrin. 2017. Sistem Kontrol Penerangan Menggunakan *Arduino Uno* pada Universitas Ichsan Gorontalo. Universitas Ichsan Gorontalo.
- Chao, y.c. and liu, d.s., 2003, *Gold Wire And Solder Joint Microforce Testing Using Microforce Tester. Experimental techniques*, 25, 5, 37-40
- Grinias, J. P. Whitfield, J. T. Guetschow, E. D. Kennedy, R. T., 2016. *An Inexpensive, Open-Source USB Arduino Data Acquisition Device for Chemical Instrumentation*. J. Chem. Educ. 93 (7), 1316-1319.
- Hascelik, Baris. and Eren, Recep, 2016. *Development of a Test Device for Measuring Tensile Properties of Fabrics*.
- Hou, P.H. and Chen, T.Y. 2005, *An automatic tensile test measurement system for miniature specimens. Experimental Mechanics*, 29, 4, 32-36
- Ignou, 2018. Design of Screw, Fasteners, and Power Screws.
- Julien H. Arrizabalaga, Aaron D. Simmons, dan Matthias U. Nollert. 2017. *Fabrication of an Economical Arduino-Based Uniaxial Tensile Tester*, J. Chem. Educ., 94, 530-533
- LaVan, D.A. 1999, *Microtensile properties of weld metal. Experimental Mechanics*, 23, 3, 31-34
- Mabbott, G.A. 2014. *Teaching Electronics and Laboratory Automation Using Microcontroller Boards*. J. Chem. Educ.91 (9),1458-1463.
- Partheepan, G., Sehgal, D.K. and Pandey, R.K. 2005, *Design and usage of a simple miniature specimen test setup for the evaluation of mechanical properties. Inter. J. Microstructure and Materials Properties*, 1, 1, 38-50
- Pearce, J. M., 2012. *Building Research Equipment with Free, Open-Source Hardware. Science*, 337 (6100), 1303-1304.
- Sukarno, Ragil., dkk. 2014. Pelatihan Dasar-Dasar Cad/Cam/Cae Dan *Software Autocad* Untuk Guru-Guru Smk Bidang Keahlian Teknik Mesin Di Wilayah Kabupaten Bekasi. Fakultas Teknik: Universitas Negeri Jakarta.

