

## UJI MEKANIK KEKUATAN SAMBUNGAN LAS PADA KERANGKA TURBIN ULIR ARCHIMEDES UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

Akhmad Sugih Hartono<sup>1</sup>, Firman Lukman Sanjaya<sup>2</sup>, Agus Suprihadi<sup>3</sup>

Email: Akhmadhartono77777@gmail.com

Diploma III Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama, Jl. Dewi Sartika No.71 Kota Tegal

### Abstrak

Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan meningkatnya penggunaan listrik. Sumber energy air bisa menjadi alternatif, turbin *Archimedes* adalah salah satu pembangkit listrik tenaga air yang mudah perawatan dan penggunaannya. Penggunaan turbin *Archimedes* yang komponennya berhubungan langsung dengan air dibutuhkan material yang tahan karat dan kekuatan sambungan las yang baik. Pengelasan SMAW adalah pengelasan yang sering digunakan pada baja tahan karat. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las pada kerangka turbin *Archimedes* dengan menggunakan pengelasan TIG kampuh ( $60^\circ$ ) arus 80 *Ampere* pendinginan udara. Pengujian dilakukan di UPTD Laboratorium Perindustrian Kabupaten Tegal. Specimen uji tarik diuji menggunakan alat *Universal Testing Machine* dengan Metode uji JIS Z 2241:2011 dan alat uji kekerasan menggunakan alat 206 RT dengan metode uji JIS Z 2243:2008. Hasil uji tarik terbaik terdapat pada specimen III dengan nilai beban tarik maksimal (*Max Force*) sebesar 22,0125Kn, dan kuat tarik (*Max Stress*) sebesar 386,821N/mm<sup>2</sup> Sedangkan Hasil terendah pada specimen I dengan nilai beban tarik maksimal (*Max Force*) sebesar 20,7297 Kn dan kuat tarik (*Max Stres*) sebesar 311,023 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan hasil pengujian kekerasan terbaik terdapat pada daerah Logam las dengan kekerasan 185 HB dan hasil terendah pada daerah HAZ dengan nilai kekerasan 166,33 HB.

### Abstract

*The increase in population causes an increase in the use of electricity. Water energy sources can be an alternative, the Archimedes turbine is one of the hydroelectric power plants that is easy to maintain and use. The use of the Archimedes turbine whose components are directly related to water requires rust-resistant materials and good weld strength. SMAW welding is a welding that is often used on stainless steel. The purpose of this study was to determine the tensile strength and hardness of the weld joint on the framework of the Archimedes turbine using TIG welding seam ( $60^\circ$ ) with a current of 80 Ampere air cooling. The test was carried out at the UPTD Industrial Laboratory, Tegal Regency. JIS Z 2241:2011 test and hardness tester using 206 RT with JIS Z 2243:2008 test method. The best tensile test results are found in specimen III with a maximum tensile load value (*Max Force*) of 22,0125Kn, and a tensile strength (*Max Stress*) of 386.821 N/mm<sup>2</sup>. While the lowest results are in specimen I with a maximum tensile load value (*Max Force*) of 20.7297 Kn and tensile strength (*Max Stress*) of 311.023 N/mm<sup>2</sup>. Meanwhile, the best hardness test results are found in the weld metal area with a hardness of 185 HB and the lowest result is in the HAZ area with a hardness value of 166.33 HB.*

**Kata Kunci** : Uji Mekanik sambungan las, uji tarik & uji kekerasan, Archimedes, PLTMH

## 1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan penggunaan listrik semakin meningkat sehingga menyebabkan krisis energy fosil. Solusi untuk masalah tersebut adalah menggunakan energy alternative yang dapat diperbaharui dan mudah didapatkan salah satunya adalah energy air. Energy air dapat dimanfaatkan menjadi sumber energy listrik apabila dikelola dengan baik dan menggunakan alat yang benar. Namun, pembuatan alat tersebut menghabiskan biaya yang besar, tempat yang luas dan waktu yang lama.

*Archimedes Screw* adalah salah satu jenis tenaga *mikrohidro* yang mampu mengubah energy dari aliran air menjadi energy listrik dengan *head* rendah. Selain itu, biaya pembuatan turbin ini juga hanya memerlukan biaya yang kecil dan dari segi perawatan pun relative lebih mudah[1]

Penerapan turbin *Archimedes screw* yang sebagian besar komponennya berhubungan langsung dengan aliran air maka dibutuhkan bahan material yang tahan korosi, terutama pada bagian kerangka. Selain harus memiliki bahan yang tahan korosi, kerangka juga harus memiliki ketahanan yang baik terhadap tekanan aliran air. Maka, dibutuhkan kekuatan sambungan las yang baik untuk mendapatkan kekuatan maksimal pada kerangka.

Pengelasan dengan elektroda terbungkus SMAW, adalah adalah cara yang sering digunakan dalam pengelasan baja tahan karat dibanding metode pengelasan yang lain. Proses pengelasan merupakan kegiatan penyambungan logam melalui fase cair logam sebelum akhirnya membeku dan terjadi suatu sambungan[2].

Pengujian mekanik pada *stainless steel* 304, uji kekerasan menghasilkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 242,13 HVN di daerah HAZ. Pada pengujian tarik daerah putus ada di antara daerah HAZ dan base metal. Tegangan tarik rata-rata sebesar 75,5 kgf/mm<sup>2</sup> dan elongasi 48,67%. (Asmadi dkk, 2020). Sedangkan Fran nur felani dkk 2017. Melakukan uji perbandingan kekuatan tarik pengelasan *stainless steel* AISI 304 menggunakan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) dan las MIG (*Metal Inert Gas*) variasi media pendingin. Hasil uji tarik dari hasil pengelasan *Stainless Steel* AISI 304 menggunakan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) memiliki kekuatan tarik

lebih tinggi yaitu 590,63 N/mm<sup>2</sup> dengan pendingin udara bebas, sedangkan dari las MIG (*Metal Inert Gas*) hanya menghasilkan kekuatan tarik 251,25 N/mm<sup>2</sup> dengan pendingin air garam.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 Uji Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan perubahan-perubahannya dari suatu logam terhadap gaya tarik yang diberikan.

#### a. Kekuatan tarik

Kekuatan tarik adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji. Kekuatan ini berguna untuk keperluan spesifikasi dan kontrol kualitas bahan.

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{P_{\text{Max}}}{A_0} \dots \dots \dots (1)$$

#### b. Kekuatan luluh

Kekuatan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Kekuatan luluh yang diperoleh dengan metode offset biasanya dipergunakan untuk perancangan dan keperluan spesifikasi.

$$\text{Kuat Luluh} = \frac{P_{\text{Luluh}}}{A_0} \dots \dots \dots (2)$$

### 2.2 Uji kekerasan

Hardness test merupakan uji NDT (*NonDestructive test*) dimana pada pengujian ini dapat diketahui suatu nilai kekerasan pada sebuah material/spesimen uji. Cara pengujian hardnes ini dilakukan dengan metode *hardness brinell*. Uji kekerasan ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam memakai bola baja yang dikeraskan kemudian ditekan dengan beban tertentu[3].

## 3. Metode penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan mekanik pada sambungan las kerangka turbin Archimedes dengan melakukan uji tarik dan uji kekerasan di UPTD Laboratorium Perindustrian Kabupaten Tegal.

### 3.1 Alat dan bahan

a. Mesin Uji Tarik (*Universal Testing Machine*).



Gambar.1 Alat Uji Tarik *Universal Testing Machine*.

- b. Mesin uji Kekerasan *Brinell* uji (*hardness micro Brenell*).



Gambar. 2 Alat Uji Kekerasan *Affri 206RT*

- c. Plat *Stainless stell 304*



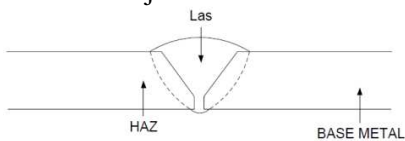
Gambar. 3 Plat *Stainless stell 304*.

- d. *Stainless stell 304*

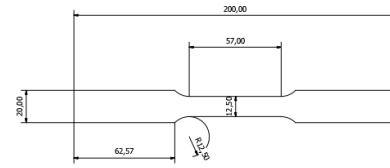


Gambar. 4 *Stainless stell 304*.

- e. Standart benda uji



Gambar. 5 Titik Uji Kekerasan.



Gambar.6 standar ASTM uji Tarik

### 3.2 Proses pengujian

- a. Uji Tarik

Adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan/ material dengan cara memberikan beban atau gaya Tarik menggunakan alat uji Tarik *Universal Testing Machin*. Specimen pengujian ditempatkan pada mesin uji uji Tarik dengan pengencangan maksimal agar mendapatkan hasil pengujian yang baik,lalu pemberian beban secara perlahan sesuai standart pengujian yang digunakan,setelah specimen patah ukur Panjang akhir dan diameter akhir setelah patah.



Gambar. 7 uji tarik

- b. Uji kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui kekuatan kekerasan suatu bahan / material dengan cara menekan sebuah indenter pada benda uji dengan waktu 10-15 detik. Pasang indenter untuk uji kekerasan *Brinell* dan atur beban tekannya yaitu sebesar 1840 N, Kemudian atur titik pengujian pada benda uji dengan memutar hendel bawah,lalu berikan beban tekan dengan melepas hendel atas dan tunggu hingga 10-15 detik lalu hasil pengujian akan didapat.



Gambar.8 uji kekerasan

#### 4. Hasil dan pembahasan

##### 4.1 Uji tarik

Pengujian tarik sambungan las *stainless steel* 304 ini menggunakan pengelasan TIG kampuh V (60°) dan menggunakan arus 80 ampere dengan pengelasan datar media pendingin angin dilakukan di UPTD Laboratorium Perindustrian Kabupaten Tegal. Specimen diuji menggunakan alat *Universal Testing Machine* dengan Metode uji JIS Z 2241 : 2011 hasil pengujian terlihat dalam tabel. *Testing Machine* dengan Metode uji JIS Z 2241 : 2011 hasil pengujian terlihat dalam tabel.

Tabel. 1 dimensi specimen

No	Spesimen	Ketebalan (mm)	Lebar (mm)	Mengukur panjang (mm)
1.	I	5,000	13,3300	50,000
2.	II	4,7800	12,0700	50,000
3.	III	4,7700	11,9300	50,000
Rata-rata		4,8500	12,4433	50,000

Hasil pengujian tarik sambungan las *stainless steel* 304 menghasilkan rata-rata nilai beban tarik maksimal (*Max Force*) sebesar 20,1109 Kn, beban luluh (*YP Force*) sebesar 13,6327 Kn, dan kuat tarik (*Max Stress*) sebesar 334,245 N/mm<sup>2</sup> dan kuat luluh (*YP Stress*) sebesar 229,425 N/mm<sup>2</sup>.

Tabel. 2 Data Hasil Pengujian Kekerasan.

No	Spesimen	Max Force (Kn)	Max Stress (N/mm <sup>2</sup> )	YP Force (0,1% FS) (Kn)	YP Stress (0,1% FS) (N/mm <sup>2</sup> )
1.	I	20,7297	311,023	10,4875	157,352
2.	II	17,5906	304,892	14,4762	250,912
3.	III	22,0125	386,821	15,9344	280,012
Rata-rata		20,1109	334,245	13,6327	229,425

Konversi hasil pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik asli pengaplikasian pada alat, yang memiliki ketebalan rangka sebesar 3,5 mm, sedangkan standart ketebalan minimum untuk melakukan uji tarik adalah 5,0 mm. Perhitungan rumus konversi ketebalan specimen uji tarik bisa dilihat sebagai berikut:

##### Diketahui

TA (Tebal Alat) = 3,50 mm

TU (Tebal Uji) = 4,85 mm

a. *Max Force* (MFu) = 20,1109 Kn

b. *Max Stress* (MSu) = 334,285 N/mm<sup>2</sup>

c. *YP force* (YPfu) = 13,6327 Kn

d. *YP stress* (YPSu) = 229,425 N/mm<sup>2</sup>

##### ditanya:

a. *Max Force* asli (MFa)?

b. *Max Stress* asli (MSa)?

c. *YP force* asli (YPfa)?

d. *YP stress* asli (YPSa)?

##### Jawab:

$$A. \frac{TU}{TA} = \frac{MFu}{MFa} \dots\dots\dots (4)$$

$$MFa = \frac{MFu \times TA}{TU} \\ = \frac{20,1109 \text{ Kn} \times 3,5 \text{ mm}}{4,8 \text{ mm}} \\ = \frac{70,3881 \text{ Kn}}{4,8} \\ = 14,0776 \text{ Kn}$$

$$B. \frac{TU}{TA} = \frac{MSu}{MSa} \dots\dots\dots (5)$$

$$MSa = \frac{MSu \times TA}{TU} \\ = \frac{334,285 \text{ N/mm}^2 \times 3,5 \text{ mm}}{4,8 \text{ mm}} \\ = \frac{1.169,997 \text{ N/mm}^2}{4,8} \\ = 243,749 \text{ N/mm}^2$$

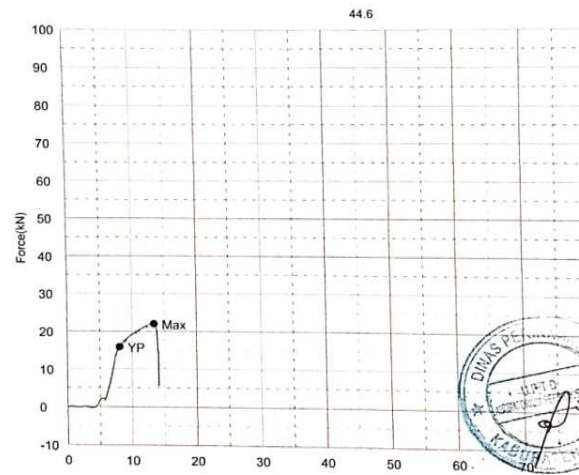
$$C. \frac{TU}{TA} = \frac{YPfu}{YPfa} \dots\dots\dots (6)$$

$$YPfa = \frac{YPfu \times TA}{TU} \\ = \frac{13,6327 \text{ Kn} \times 3,5 \text{ mm}}{4,8 \text{ mm}} \\ = \frac{47,7144 \text{ Kn}}{4,8} \\ = 9,9405 \text{ Kn}$$

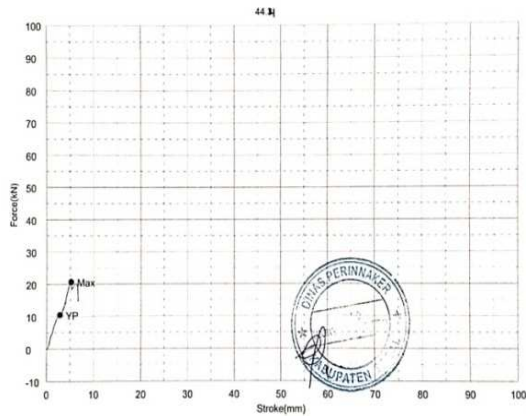
$$D. \frac{TU}{TA} = \frac{YPSu}{YPSa} \dots\dots\dots (7)$$

$$\begin{aligned}
 YP_{sa} &= \frac{Y P_{su} \times T A}{T U} \\
 &= \frac{229,425 \text{ N/mm}^2 \times 3,5 \text{ mm}}{4,8 \text{ mm}} \\
 &= \frac{802,987 \text{ N/mm}^2}{4,8} \\
 &= 167,289 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

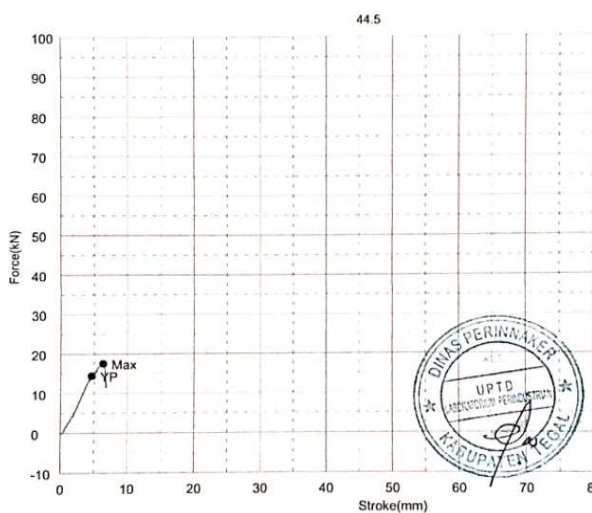
Hasil dari perhitungan diatas menghasilkan nilai Beban Tarik Maksimal asli (*Max Force*) sebesar 14,0776 Kn, Kuat Tarik asli (*Max Stress*) sebesar 243,749 N/mm<sup>2</sup>, Beban Luluh asli (*YP Force*) Sebesar 9,9405 Kn dan Kuat Luluh asli (*YP Stress*) sebesar 167,289 N/mm<sup>2</sup>.



Gambar.11 Grafik Pengujian Spesimen III



Gambar. 9 Grafik Pengujian Spesimen I



Gambar. 10 Grafik Pengujian Spesimen II

#### 4.2 Uji kekerasan

Hasil pengujian Kekerasan pada sambungan las *stainless steel* 304 menunjukkan bahwa titik terkeras pada benda uji terdapat pada daerah Logam Las dengan rata-rata kekerasan 185 HB, Sedangkan titik kekerasan dengan nilai terendah terdapat pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah titik pertemuan antara logam dengan kawat las, yaitu dengan nilai rata-rata Kekerasan 166,33 HB dan daerah Logam induk memiliki rata-rata nilai Kekerasan 172 HB. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel dan gambar sebagai berikut:

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Kekerasan.

No	Daerah Uji	Hasil Uji (HB)	Keterangan
1.	Logam Induk	172	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beban penekanan F = 1840 N</li> <li>• Waktu penekanan 15 detik</li> <li>• Indentor <math>\emptyset</math> 2,5mm</li> </ul>
2.	HAZ	166,33	
3.	Logam Las	185	
Rata-rata		174,44	-

DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA  
KABUPATEN TEGAL  
UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN  
Komplek LJK Takaru Jl. Raya Damapak KM 4 Tegal Telp/Fax : (0281) 357417  
Email : labperind@gmail.com website : lab.diperinaker.segalkab.go.id

**LAPORAN UJI KEKERASAN**

Laporan No. : 06/2021.198/1E23      Berda Uji : Sesuai JIS Z 2243 : 2008  
 Pemakai Jasa : AHMAD SUGHARTONO      Objek uji : SUS 304 (Pengelasan)  
 Alamat : Polteknik Harapan Hersama      Metode Uji : JIS Z 2243 : 2008  
 Tegal  
 Suhu : 26 °C      Mesin Uji : A/FH 206 RT  
 Tgl. Terima : 9 Juni 2021      Jml. Specimen : 3 Pcs  
 Tgl. Pengujian : 9 Juni 2021      Halaman : 1 dari 1

**HASIL UJI :**

No.	Kode Sampel uji	Parameter uji	Hasil uji		Satuan	Keterangan
			Daerah Uji	Nilai Kekerasan		
1.	23.4	Kekerasan Brinell	Titik 1	167	HB	- Beban penekanan F = 1840 N - Waktu penekanan 15 detik - Indentor Ø 2.5 mm - Logam lunak
			Titik 2	176		
			Titik 3	173		
			Rata-rata	172		
			Titik 1	165		
2.	23.5	Kekerasan Brinell	Titik 2	167	HB	- Beban penekanan F = 1840 N - Waktu penekanan 15 detik - Indentor Ø 2.5 mm - HAZ
			Titik 3	167		
			Rata-rata	166,33		
			Titik 1	200		
			Titik 2	179		
3.	23.6	Kekerasan Brinell	Titik 3	176	HB	- Beban penekanan F = 1840 N - Waktu penekanan 15 detik - Indentor Ø 2.5 mm - Logam Lun
			Rata-rata	185		

Gambar. 8 Tabel hasil uji kekerasan

## 5. Kesimpulan

Pengujian tarik dan kekerasan pada sambungan las pada kerangka turbin *Archimedes* bermaksud untuk mengetahui kekuatan mekanik dari sambungan las tersebut. Spesimen yang digunakan dalam pengujian ini adalah *stainless steel* 304. Hasil pengujian kekuatan tarik sambungan las pada kerangka turbin *Archimedes* adalah beban tarik maksimal (*Max Force*) sebesar 20,1109 Kn, beban luluh (*YP Force*) sebesar 13,6327 Kn, dan kuat tarik (*Max Stress*) sebesar 334,245 N/mm<sup>2</sup> dan kuat luluh (*YP Stress*) sebesar 229,425 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai kekerasan dari sambungan las tersebut adalah 174,44 HB.

## Daftar pustaka

- [1] Afriany, R., Asmadi, Djunaidi, R., & Prasety, C. (2020). Analisa Hasil Pengelasan Gtaw Stainless Steel 304. *Teknika: Jurnal Teknik, Vol. 6 No. 2*, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Iba, Palembang.
- [2] Julian, I. P., & Dkk. (September - Desember 2018). Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir Dan Daya Putar Turbin Ulir Dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol.17 No, 3*.

- [3] Saputra, H., Syarief, A., & Maulana, Y. (2014). Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam Vol. 03 No.2 Pp 91-98*, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, Kalimantan Selatan,.
- [4] Arismunandar, W. dkk. (1997). *Penggerak Mula Turbin*. Bandung: ITB (Institut Teknologi Bandung)
- [5] Dietzel Fritz, S. d. (1996). *Alih Bahasa Dakso Sriyono, Turbin, Pompa, dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga.
- [6] Felani, F. N., Kosjoko, & Finali, A. (Vol. 1 No. 2 Februari 2017). Uji Perbandingan Kekuatan Tarik Pengelasan Stainless Steel Aisi 304 Menggunakan Las Tig Dan Las Mig Dengan Variasi Media Pendingin. *Comparison Tes Of Welding Tensile Strength Stainless Steel Aisi 304 Using Tig (Tungsten Inert Gas)*, 13-16.
- [7] Gunawan P.H. & Sriyono.(2016).Uji Mekanik Material Struktur Aluminium Tangki Reaktoruntuk Menentukan Keandalan Operasionalnya. *Universitas Muhammadiyah Prof.DR.HAMKA.Seminar Nasional TEKNOKA\_FT UHAMKA, 30 Januari 2016*.
- [8] Fitriyanto, M. N. (2014). Penyambungan Stainless Steel Austenitik Seri 316 Dengan Metoda Friction Welding Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro. *Universitas Gadjah Mada*, 69.
- [9] Rapa'i, A., & Dkk. (April 2014). Kajian Eksperimental Pengaruh Panjang Chord Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh). *Jurnal Fema, Volume 2, Nomor 2*, Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- [10] Saefudin, E., & Dkk. (Oktober 2017). Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan. *Jurnal Rekayasa Hijau No.3 | Vol. I*, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung.
- [11] Saputra, M. A., & Dkk. (Januari - April 2019). Eksperimental Pengaruh Variasi

Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedean Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 18, No. 1, , 83-90.

- [12] Sugestian, M. R. (2019). Analisa Kekuatan Sambungan Las Smaw Vertical Horizontal Down Hand Pada Plate Baja Jis 3131sphc Dan. *Institut Teknologi Nasional Malang* , 17.
- [13] Sukamti Sri, A.K. (2013). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro(PLMTH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Elektro Vol.5 No 2 Juni- Desember 2013* , 58-63.
- [14] Syafa'at, I., Purwanto, H., Ilhammudin, M., & Ratnani, R. D. (Oktober 2018). Analisa Kekuatan Sambungan Las Argon Pada Stainless Steel 304 Menggunakan Variasi Kuat Arus. *Universitas Wahid Hasyim Semarang, Indonesia* , Vol. 14, No. 2, Hal. 34-38.