

UJI MEKANIK KERANGKA TURBIN ULIR ARCHIMEDES UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

Lutfi Nuriman¹, Firman Lukman Sanjaya², Agus Suprihadi³

Email : Lutfi.nuriman1@gmail.com

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

Abstrak

Perkembangan penduduk Indonesia dapat meningkatkan kebutuhan listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pengembangan pembangkit listrik tenaga *mikrohidro*. Hal ini menjadi salah satu solusi terbaik untuk mengatasi krisis energi. Dalam menciptakan turbin perlu memperhatikan ketahanan kerangka terhadap korosi salah satunya baja SS 304. SS 304 merupakan material yang tahan terhadap korosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis material SS pada proses uji tarik, uji kekerasan, dan uji komposisi. Metode pengujian tarik menggunakan alat *Universal Testing Machine*, uji kekerasan menggunakan alat *Brinell hardness Tester*, dan uji komposisi menggunakan alat uji *ARL Optic Emission Spectrometer Switzerland*. Dari hasil pengujian tarik specimen I, II dan III memiliki rata-rata nilai (*Max Stress*) sebesar 587,519 N/mm², (*YP Stress*) sebesar 360,778 N/mm². Disimpulkan bahwa kekuatan tarik terbaik pada specimen I dengan kekuatan tarik sebesar 680,43 N/mm² dan kuat luluh 371,997 N/mm². Pengujian kekerasan hasil titik terkeras pada titik ke III dengan nilai kekerasan 167 HB, sedangkan nilai kekerasan terendah pada titik 1 dan titik 2 dengan nilai kekerasan 165 HB. Pengujian komposisi unsur kandungan SS 304 tertinggi terdapat di *Croom (C)* dan *Nikel (Ni)* dengan kandungan unsur *Croom (C)* = 18,18 %, dan *Nikel (Ni)* = 8,575 %.

Abstract

The development of Indonesia's population can increase the demand for electricity. Therefore, it is necessary to conduct research on the development of micro-hydro power plants. This is one of the best solutions to overcome the energy crisis. In creating a turbine, it is necessary to pay attention to the resistance of the frame to corrosion, one of which is SS 304 steel. SS 304 is a material that is resistant to corrosion. This study aims to determine the mechanical properties of SS material in the process of tensile testing, hardness testing, and composition testing. The tensile test method used the Universal Testing Machine, the hardness test used the Brinell hardness Tester, and the composition test used the ARL Optic Emission Spectrometer Switzerland. From the results of tensile testing specimens I, II and III have an average value (Max Stress) of 587,519 N/mm², (YP Stress) of 360,778 N/mm². It was concluded that the best tensile strength in specimen I with a tensile strength of 680.43 N/mm² and yield strength of 371.997 N/mm². The hardness test results for the hardest point at point III with a hardness value of 167 HB, while the lowest hardness value is at point 1 and point 2 with a hardness value of 165 HB. Testing the elemental composition of the highest SS 304 content was found in Croom (C) and Nickel (Ni) with Croom (C) = 18.18%, and Nickel (Ni) = 8.575 %.

Keywords : Archimedes Turbine, SS 304, Tensile Test, Hardness Test, Composition Test.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dari tahun ke tahun jumlah penduduk di Indonesia dapat meningkatkan kebutuhan listrik untuk memenuhi kegiatan sehari-hari. Namun, semakin tingginya kebutuhan listrik dapat menyebabkan krisis energi karena listrik berasal dari energi fosil. Maka, perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan potensi sumber energi terbarukan di Indonesia salah satunya adalah sungai dan saluran irigasi. Potensi tersebut yang begitu besar dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga *mikrohidro*. Hal ini menjadi salah satu solusi terbaik untuk mengatasi krisis energi. [15]

Energi listrik yang di ubah dari aliran sungai biasa disebut pembangkit tenaga air atau di sebut pembangkit listrik tenaga *mikrohidro*. Turbin *Screw (Archimedean Turbine)* adalah salah satu jenis turbin yang dapat beroperasi pada *head* dan debit rendah. Jika ditinjau dari segi investasi. Dalam pembuatan pembangkit listrik tenaga *mikrohidro* hanya memerlukan biaya yang kecil dan perancangannya juga sederhana dan mudah di bawa. Prinsip kerja turbin *Archimedes screw* ini yaitu, air yang mengalir dari ketinggian (*head*) masuk melalui celah ulir *Archimedes*, yang mana air keluar melalui ujung bawah celah turbin. Sehingga menimbulkan gaya berat air dan beda tekanan *hidrostatik* dalam *bucket* di sepanjang rotor mendorong *blade screw* dan memutar rotor pada sumbunya. Kemudian rotor turbin memutar generator listrik yang disambungkan dengan ujung atas poros turbin *screw* sehingga menghasilkan energi listrik. [6] [9]

Dalam menciptakan turbin perlu sekali memperhatikan ketahanan kerangka terhadap korosi salah satunya adalah baja *stainless steel*. Baja *stainless steel* (SS) sangat memiliki peranan yang penting dalam dunia industri di mana banyak rancangan komponen dalam mesin pabrik menggunakan material tersebut. Penggunaan SS yang luas dikarenakan SS memiliki jangka waktu umur pemakaian yang lama dan ketahanan terhadap korosi yang bagus. SS 304L merupakan jenis SS yang paling umum digunakan karena memiliki kombinasi sifat mekanik yang paling bagus dan ketahanan terhadap korosi. Sifat seperti itu dikarenakan memiliki kandungan *molybdenum* untuk mencegah korosi karena unsur klorida. Selain itu kandungan karbon yang rendah dapat meningkatkan ketahanan pada korosi. Hal tersebut membuat SS 304L cocok untuk kerangka pada turbin yang digunakan sebagai aplikasi pembangkit listrik tenaga *mikrohidro*. [8] [13]

Menurut Muharnif dan Septiawan, R (2018) [8] material *stainless steel* dapat dilihat batas kelelahan yang terjadi pada material, di mana

fatigue terjadi akibat adanya pembebanan. Perpatahan terjadi karena ketika material telah mengalami siklus tegangan yang menghasilkan kerusakan permanen sebagai proses perubahan struktur permanen pada satu titik menjadi retak (*crack*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Gunawan, P. H dan Sriyono, (2016) penelitian tentang uji mekanik material struktur aluminium tangki reaktor untuk menentukan keandalan operasionalnya, yaitu untuk mengetahui keandalan bahan struktur dilakukanlah pengujian mekanik antara lain dengan: uji tarik, uji metalografi, dan uji kekerasan (*Brinell*). Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kekuatan bahan aluminium dan menentukan kemampuannya terhadap beban kerja. Rata-rata nilai elongasi pemuluran spesimen aluminium adalah 11,26%. Berdasarkan standar ASTM maka spesimen aluminium masih memenuhi rentang nilai elongasi pemuluran <15%. Berdasarkan hasil metalografi yang dilakukan dapat diketahui bahwa tidak ditemukan adanya cacat pada permukaan, sehingga material masih layak digunakan. Kedua nilai Hb menunjukkan bahwa aluminium yang digunakan masih dalam rentang yang sangat baik. Berdasarkan standar ASTM nilai ini masih dalam rentang > 700 N/mm. Dapat dikatakan bahwa material ini masih cukup layak digunakan sehingga tangki tetap dapat bekerja dengan aman.

Ritonga, D. A dan Idris, M, (2017) penelitian tentang pengujian bahan steel 304 terhadap kekuatan impak benda jatuh bebas, Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai kekuatan impak, serta mengetahui nilai energi yang diserap material stainless steel 304 dengan pembebanan dan tinggi yang bervariasi akibat pembebanan kejut sesuai dengan ASTM E 23. Pada pengujian ini stainless steel 304 diberi beban kejut dengan variasi beban 4 dan 6 kg dengan ketinggian 2, 3 dan 4 meter. Hasil pengujian impak jatuh bebas menunjukkan nilai kekuatan impak stainless steel 304 dengan ketinggian 2 meter diperoleh 401767,21 N/m², ketinggian 3 meter diperoleh 464881,96 N/m², dan ketinggian 4 meter diperoleh 498156,55 N/m². Nilai energi yang diserap stainless steel 304 dengan ketinggian 2 meter diperoleh 4901,56 N, ketinggian 3 meter diperoleh 5671,56 N, dan ketinggian 4 meter diperoleh 6077,51 N.

III. LANDASAN TEORI

1. Pengertian PLMTH

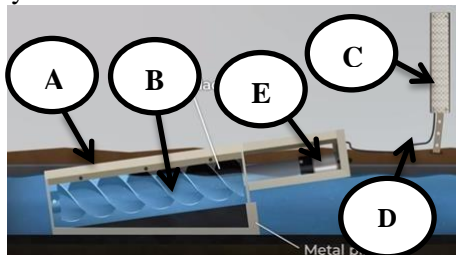
PLTMH adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai media utama untuk penggerak turbin dan generator. Tenaga *mikrohidro*, dengan skala daya yang dapat dibangkitkan 5 kilo watt hingga 50 kilo watt. Pada PLTMH proses perubahan energi kinetic berupa (kecepatan dan tekanan air), yang digunakan untuk menggerakkan turbin air dan generator listrik hingga menghasilkan energi listrik (Sukamta, S dan Adhi, K, 2013) [14].

2. Pengertian Turbin Archimedes Screw

Turbin Ulir atau *Archimedean Screw* merupakan turbin yang sudah ada pada zaman kuno yang dimanfaatkan sebagai pompa air untuk pengairan. Seiring dengan krisis energi dan terbatasnya potensi energi air dengan *head* yang tinggi, maka pada tahun 2007 seorang insinyur memodifikasi pompa *Archimedes* yang dibalik dan membiarkan air mengendalikan pompa dan pada ujung pompa dipasang generator, maka dapat menghasilkan listrik selama generator tersebut tidak terendam air atau terkena air. Turbin ulir ini dapat digunakan pada *head* rendah. Sudut blade pada turbin ulir biasanya ditetapkan pada sudut 220. Turbin ulir memiliki prinsip kerja, dimana tekanan air yang melalui bilah-bilah sudut turbin mengalami penurunan tekanan sejalan dengan penurunan kecepatan air akibat adanya hambatan dari bilah-bilah sudut turbin maka tekanan air akan memutar turbin dan secara bersamaan memutar generator (Made Agus Trisna Saputra, dkk, 2019) [7].

3. Komponen Turbin Archimedes Screw

Adapun komponen turbin *Archimedes Screw* yaitu :



Gambar 1. Komponen Turbin *Archimedes Screw*

Keterangan komponen turbin *Archimedes screw* pada gambar 1.

- Kerangka
- Poros
- Generator
- Kabel
- Lampu

IV. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan mekanik pada kerangka turbin Archimedes dengan melakukan uji tarik, uji kekerasan dan uji komposisi.

Penelitian ini dilakukan di:

- UPTD Laboratorium Perindustrian Kabupaten Tegal.
- CV Prima Logam Kota Tegal

a. Bahan Material *Stainless steel*

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *specimen* maupun pengambilan data yaitu *Stainless Steel* atau baja tahan karat adalah merupakan material paduan yang memiliki karakter yang tidak dimiliki oleh material lain yaitu ketahanan terhadap korosi dan *oksidasi* serta bahan yang nantinya akan diuji.



Gambar 2. Potongan Material *Stainless Steel*

b. Alat Uji Tarik

Proses pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan alat uji *Universal Testing Machine*. Bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik pada benda uji.



Gambar 3. Alat Uji Tarik

c. Alat Uji Kekerasan

Proses pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji *Brinell hardness Tester*. Bertujuan untuk mengetahui kekuatan tekan atau kekerasan pada benda uji.



Gambar 4. Alat Uji Kekerasan

d. Alat Uji Komposisi

Proses pengujian komposisi dilakukan dengan menggunakan alat uji *ARL Optic Emission Spectrometer Switzerland QTD-127*. bertujuan untuk mengetahui presentase kandungan unsur – unsur paduan yang terdapat dalam spesimen uji.



Gambar 5. Alat Uji Komposisi

e. Masin CNC

Mesin CNC yaitu alat untuk membentuk/membuat specimen dengan otomatis melalui program computer atau laptop untuk menghasilkan specimen yang sesuai dan presisi.



Gambar 6. Mesin CNC

V. Hasil dan Pembahasan

a. Uji Tarik

Berdasarkan hasil pengujian tarik material *stainless steel 304* di UPTD Laboratorium Perindustrian Kabupaten Tegal, specimen di uji menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* menggunakan metode uji JIS Z 2241-2011, dimana hasil pengujian dalam satuan N/mm^2 . Hasil uji tarik material *stainless steel 304* dapat di lihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 1. Dimensi Specimen

No	Specimen	Ketebalan (mm)	Lebar (mm)	Mengukur panjang (mm)
1.	I	4,8000	12,6700	60,0000
2.	II	4,7100	12,8500	60,0000
3.	III	4,7200	12,6700	60,0000
Rata-rata		4,7433	12,73	60,0000

Tabel 2. Hasil Kekuatan Tarik

No	Specimen	Max Force (Kn)	Max Stress (N/mm^2)	YP Force (0,1% FS) (Kn)	YP Stress (0,1% FS) (N/mm^2)
1.	I	41,3812	680,434	22,6234	371,998
2.	II	32,5734	538,195	20,7813	343,358
3.	III	29,9609	543,929	20,2141	366,979
Rata-rata		34,6385	587,519	21,2062	360,778

Hasil pengujian tarik *stainless steel 304* menghasilkan rata-rata nilai beban tarik maksimal (*Max Force*) sebesar 34,6385 Kn, beban luluh (*YP Force*) sebesar 21,2062 Kn, dan kuat tarik (*Max Stress*) sebesar $587,519 N/mm^2$ dan kuat luluh (*YP Stress*) sebesar $360,778 N/mm^2$.

b. Uji Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan material *stainless steel 304* menunjukkan bahwa titik terkeras pada benda uji terdapat di titik ke III dengan nilai kekerasan 167 HB, Sedangkan titik kekerasan dengan nilai terendah terdapat pada titik I dan titik II yaitu 165 HB dan hasil uji kekerasan seluruhnya dari titik 1, 2 dan 3 memiliki rata-rata nilai Kekerasan 165,67 HB. Hasil Pengujian dapat diihat pada gambar sebagai berikut:

DINAS PERINDUSTRIAN DAN TENAGA KERJA
KABUPATEN TEGAL
UPTD LABORATORIUM PERINDUSTRIAN
Komplek LK Takuru Jl. Raya Dampas Km 4 Tegal Telp/Fax : (0283) 353437
Email : labpering@gmail.com website : lab-disperinaker.tegalkab.go.id





LAPORAN UJI KEKERASAN					
Laporan No. :	06/2021.198/11/23	Benda Uji :	Sesuai JIS Z 2243 : 2008		
Pemakai Jasa :	AHMAD SUGHARTONO	Objek uji :	SUS 304 (Raw Material)		
Alamat :	Poltekrik, Harapan Bersama Tegal	Metode Uji :	JIS Z 2243 : 2008		
Suhu :	26 °C	Mesin Uji :	Affi 206 RT		
Tgl. Terima :	9 Juni 2021	Jml. Specimen :	1 Pcs		
Tgl. Pengujian :	9 Juni 2021	Halaman :	1 dari 1		
HASIL UJI :					
No.	Kode Sampel uji	Parameter uji	Hasil uji		Keterangan
			Daerah Uji	Nilai Kekerasan	
1.	23.1	Kekerasan Brinell	Titik 1	165	- Beban penekanan F = 1880 N - Waktu penekanan 15 detik - Indentor Ø 2,5 mm
			Titik 2	165	
			Titik 3	167	
			Rata-rata	165,67	



Gambar 7. Hasil Pengujian Kekerasan

c. Uji Komposisi

Berdasarkan hasil data pengujian komposisi material *stainless steel* 304 di CV Prima Logam Kota Tegal, specimen di uji menggunakan alat uji *ARL Optic Emission Spectrometer Switzerland QTD-127*, dimana hasil pengujian komposisi dapat di lihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Komposisi *Stainless Steel* 304

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	Balance	Balance
C	0,054	-
Si	0,422	-
Mn	1,112	-
P	0,229	-
S	-	-
Cr	18,18	-
Ni	8,575	-
Mo	0,010	-
Cu	0,038	-
Al	0,0050	-
V	0,101	-
W	0,100	-
Co	0,286	-
Nb	0,0050	-
Ti	0,0030	-
Mg	0,0050	-

VI. Kesimpulan

Pengujian tarik, kekerasan dan komposisi pada kerangka turbin *Archimedes* bermaksud untuk mengetahui kekuatan mekanik bahan kerangka tersebut . Specimen yang digunakan dalam pengujian ini adalah material *stainless steel* 304. Pengujian tarik menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* dengan standard metode uji JIS Z 2241-2011, sedangkan pengujian kekerasan menggunakan alat uji *Affri* 206 RT dengan metode uji JIS Z 2243-2008. Hasil pengujian kekuatan tarik kerangka turbin *Archimedes* adalah beban tarik maksimal (*Max Force*) sebesar 34,6385 Kn, beban luluh (*YP Force*) sebesar 21,2062 Kn, dan kuat tarik (*Max Stress*) sebesar 587,519 N/mm² dan kuat luluh (*YP Stress*) sebesar 360,778 N/mm². Sedangkan nilai kekerasan material *stainles steel* 304 sebesar 165,67 HB.

Hasil pengujian komposisi yang di lakukan di CV Prima Logam Kota Tegal menggunakan mesin *ARL Optic Emission Spectrometer Switzerland QTD-127* disimpulkan bahwa unsur kandungan *stainless steel* 304 paling tinggi terdapat di *Croom* (C) dan Nikel (Ni) dengan kandungan unsur *Croom* (C) = 18,18 %, dan Nikel (Ni) = 8,575 %.

VII. Daftar Pustaka

- [1] Budianto, A. (2012). Pengaruh Perlakuan Pendinginan Pada Proses Pengelasan Smaw (*Shielded Metal Arc Welding*) *Stainless Steel Austenite* Aisi 201 Terhadap Uji Komposisi Kimia, Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan Dan Uji Tarik. *Naskah Publikasi*, 1-20.
- [2] Dieter. (1988). *Mechanical metallurgy*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- [3] Fitriyanto, M. N. (2014). Penyambungan *Stainless Steel* Austenitik Seri 316 Dengan Metoda *Friction Welding* Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro. *Tugas Akhir*, 1-55.
- [4] Gunawan, P. H., & Sriyono. (2016). Uji Mekanik Material Struktur Aluminium Tangki Reaktor untuk Menentukan Keandalan Operasionalnya. *Seminar Nasional TEKNOKA_FT UHAMKA*, 149-160.
- [5] Hendrawan, A. (2015). Pengaruh Proses Sepuh Terhadap Kekerasan Mata Kapak Hasil Pandai Besi Di Kabupaten Hulu Sungai Selatan Kalimantan Selatan. *Jurnal POROS TEKNIK, Volume 7, No. 1*, 1-53.
- [6] I Gede Widnyana Putra, dkk. (2018). Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin *Archimedes Screw*. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 17, No. 3*, 385-392.
- [7] Made Agus Trisna Saputra, dkk. (2019). Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (*Archimedean Screw*) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* Dengan Head Rendah. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 18, No. 1*, 83-90.
- [8] Muharnif dan Septiawan, R. (2018). Analisa Pengujian Lelah Material *Stainless Steel* 304 Dengan Menggunakan *Rotary Bending Fatigue Machine*. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, Vol. 1, No. 1*, 64-73.
- [9] Nugroho, A. D dan Dwi Aries, H. (2017). Kajian Teoritik Pengaruh Geometri Dan Sudut Kemiringan Terhadap Kinerja Turbin *Archimedes Screw*. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK)*, 57-59.
- [10] Putra, A. A. (2009). Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* Menggunakan Turbin Pelton. *Tugas Akhir*, 1-66.
- [11] Ritonga, D. A., & M. Idris. (2017). Karakteristik Bahan *Steel* 304 Terhadap Kekuatan Impak Benda Jatuh Bebas.

- [12] Setiawan, D. (2012). Karakteristik Ketahanan Korosi Baja SS 304 pada Larutan Anomia. *Tugas Akhir*, 1-62.
- [13] Setyowati, V. A., & Restu Widodo, E. (2017). Analisis Kekuatan Tarik dan Karakteristik Xrd Pada Material Stainless Steel dengan Kadar Karbon Yang Berbeda. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V ISBN 978-602-98569-1-0*, 57-62., 57-62.
- [14] Sukamta, S., & Kusmantoro, A. (2013). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Elektro Vol. 5 No. 2*, 58-62.
- [15] Tineke Saroinsong, dkk. (2017). Desain Dan Pembuatan Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *Prosiding Sentrinov Volume 3 - ISSN: 2477 - 2097*, 159-169.
- [16] Utomo, Y. B. (2019). Studi Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Sambungan *Butt Joint* Pada Material Baja Karbon Dengan Las Listrik. *Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1-27.