

**ANALISIS KEKERASAN MATERIAL CAMPURAN  
ALUMINIUM (Al), SILIKON (Si), DAN MANGAN (Mn)  
TERHADAP SUDU TURBIN PELTON**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**M FADLAN AKBAR  
178130133**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 23/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)23/7/24

## HALAMAN JUDUL

# ANALISIS KEKERASAN MATERIAL CAMPURAN ALUMINIUM (Al), SILIKON (Si), DAN MANGAN (Mn) TERHADAP SUDU TURBIN PELTON

## SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

Oleh:

**M FADLAN AKBAR**  
**178130133**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**MEDAN**  
**2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

i

Document Accepted 23/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)23/7/24



## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 15 Mei 2024



M Fadlan Akbar

188130133

## HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

### HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M Fadlan Akbar  
NPM : 178130133  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir/ Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Kekerasan Material Aluminium (Al), Silikon (Si), Dan Mangan (Mn) Terhadap Sudu Turbin Pelton.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan

Pada Tanggal: 15 Mei 2024

Yang menyatakan



( M Fadlan Akbar )

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 23/7/24

Access From (repository.uma.ac.id)23/7/24

## ABSTRAK

Kebutuhan akan energi listrik setiap tahun selalu meningkat, karena banyaknya inovasi yang terus bermunculan seiring dengan sadarnya manusia akan menipisnya pasokan gas serta minyak mentah di bumi ini.. Berkembangnya teknologi saat ini, banyak yang mencoba memproduksi turbin air. Salah satu jenis turbin air yang baik digunakan adalah turbin Pelton. Komponen pada turbin Pelton itu sendiri, mempengaruhi spesifikasi cara kerjanya. Adapun komponen yang berpengaruh yaitu dimensi *bucket*, sudut *bucket*, berat *bucket*, jumlah *bucket*, serta *nozzle*, dan jumlah *nozzle*. Karya ini menyajikan teori dan aspek eksperimental dari pemilihan material dan pengujian material yang dipakai pada sudu (*bucket*) pada turbin Pelton. Material yang dipilih untuk membuat bucket ini adalah Aluminium(Al), Silikon(Si), dan Mangan(Mn). Pengecoran melalui proses *casting*, dan pengujian kekerasan dengan metode *Brinell Hardness Test*. Serta untuk melihat kualitas dari proses *casting* perlu di lakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat struktur material pada *bucket* tersebut.

**Kata kunci:** Turbin Pelton, *Bucket* turbin, material, Aluminium, Uji Kekerasan, *Brinell Hardness Test*, Mikrostruktur, *Scanning Elektron Microscopy (SEM)*

## **ABSTRACT**

*The need for electrical energy always increases every year, because of the many innovations that continue to emerge along with human awareness of the dwindling supply of gas and crude oil on this earth. With the development of technology today, many are trying to produce air turbines. One type of air turbine that is good to use is the Pelton turbine. The components of the Pelton turbine itself influence the specifications of how it works. The components that influence are bucket dimensions, bucket angle, bucket weight, number of buckets, and nozzles, and number of nozzles. This work presents the theory and experimental aspects of material selection and testing of materials used in blades (buckets) in Pelton turbines. The materials chosen to make this bucket are Aluminum (Al), Silicon (Si), and Manganese (Mn). Casting through a casting process, and hardness testing using the Brinell Hardness Test method. And to see the quality of the casting process, it is necessary to carry out SEM (Scanning Electron Microscopy) testing to see the material structure of the bucket.*

**Keywords:** *Pelton turbine, Bucket turbine, material, Aluminum, Hardness Test, Brinell Hardness Test, Microstructure, Scanning Electron Microscopy (SEM)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada ALLAH SWT atas segala Rahmat, Hidayah, dan KaruniaNya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Adapun tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah penelitian terhadap sudu (bucket) turbin pleton dengan judul “Analisis Kekerasan Material Campuran Al, Si, Dan Mn Terhadap Sudu Turbin Pleton“

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. H. Darianto, M.Sc selaku pembimbing serta Kaprodi Teknik Mesin Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T. yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada orang tua penulis Sri Asmaini, S.Pd. dan teman teman yang telah membantu penulis selama melaksanakan penulisan skripsi ini, juga termasuk pacar saya Wanda, S.Kep Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh keluarga, dan atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari dalam skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan di lapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut.

Medan, 15 Mei 2024

Penulis



M Fadlan Akbar

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN SEMINAR HASIL .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Hipotesis Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. Turbin Pelton.....	4
2.2. Prinsip Dasar dan Cara Kerja Turbin Pelton .....	5
2.3. Komponen Turbin .....	6
2.4. Aluminium dan Paduannya .....	10
2.5. Pengujian Kekerasan .....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	20
3.2. Bahan dan Alat.....	21
3.3. Metode Penelitian .....	29
3.4. Populasi dan Sampel .....	33
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	36
4.1. Hasil .....	36
4.2. Pembahasan .....	37
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1. Simpulan.....	57
5.2. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA .....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat Fisik Aluminium	12
Tabel 2.2. Karakteristik Aluminium	12
Tabel 2.3. Paduan dan Seri Penamaan	14
Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir	20
Tabel 4.1. Hasil Pengujian <i>Brinell Hardness</i> Pada Spesimen Pendingin Air	38
Tabel 4.2. Hasil Pengujian <i>Brinell Hardness</i> Pada Spesimen Pendingin Udara	42
Tabel 4.3. Hasil Pengujian <i>Brinell Hardness</i> Pada Spesimen Pendingin Oli	46
Tabel 4.4. Hasil Kekerasan 3 Variasi Pendingin	49



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Turbin Pelton	5
Gambar 2.2.	Komponen Turbin Pelton	7
Gambar 2.3.	Nozzle	8
Gambar 2.4.	<i>Runner</i>	9
Gambar 2.5.	Sudu ( <i>bucket</i> )	9
Gambar 2.6.	Rumah Turbin	10
Gambar 2.7.	Unsur Silikon	15
Gambar 2.8.	Unsur Mangan	16
Gambar 2.9.	Tabel Periodik Unsur Kimia	16
Gambar 2.10.	Pengujian <i>Brinell</i>	18
Gambar 2.11.	Pengujian <i>Rockwell</i>	19
Gambar 2.12.	Pengujian <i>Vickers</i>	19
Gambar 3.1.	Aluminium	21
Gambar 3.2.	Bubuk Silikon	22
Gambar 3.3.	Bubuk Mangan	23
Gambar 3.4.	Tungku Peleburan	23
Gambar 3.5.	Krusibel	24
Gambar 3.6.	<i>Burner</i> Pembakaran	24
Gambar 3.7.	Tang Pegangan Krusibel	25
Gambar 3.8.	<i>Blower</i>	25
Gambar 3.9.	<i>Thermo Gun</i>	26
Gambar 3.0.	<i>Stopwatch</i>	27
Gambar 3.11.	Timbangan	27
Gambar 3.12.	Jangka sorong Manual	28
Gambar 3.13.	Mesin Gergaji / Mesin Potong	28
Gambar 3.14.	Mesin Sekrap Horizontal	29
Gambar 3.15.	Peleburan Aluminium dan Paduannya	30
Gambar 3.16.	Cetakan Die Casting	30
Gambar 3.17.	Pemotongan Aluminium	31
Gambar 3.18.	Alat Uji Kekerasan <i>Brinell Hardness Test</i>	32
Gambar 3.19.	Alat Uji <i>Scanning Elektron Microscopy (SEM)</i>	33
Gambar 3.20.	Pengoperasi Alat Uji <i>Brinell Hardness Test</i>	34
Gambar 3.21.	Pengujian <i>Brinell Hardness Test</i>	35
Gambar 3.22.	Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 4.1.	Hasil Prototype Sudu ( <i>Bucket</i> ) Turbin Pelton	38
Gambar 4.2.	Hasil <i>Brinell Hardness Test</i> Pada Spesimen Pendinginan Air	42
Gambar 4.3.	Hasil <i>Brinell Hardness Test</i> Pada Spesimen Pendinginan Udara	45
Gambar 4.4.	Hasil <i>Brinell Hardness Test</i> Pada Spesimen Pendinginan Oli	49
Gambar 4.5.	Diagram Garis Hasil <i>Brinell Hardness Number</i>	50

Gambar 4.6. Perbesaran 500 X, Spesimen Pendinginan Air	51
Gambar 4.7. Perbesaran 3000 X, Spesimen Pendinginan Air	52
Gambar 4.8. Perbesaran 5000 X, Spesimen Pendinginan Air	52
Gambar 4.9. Perbesaran 500 X, Spesimen Pendinginan Udara	53
Gambar 4.10. Perbesaran 3000 X, Spesimen Pendinginan Udara	53
Gambar 4.11. Perbesaran 5000 X, Spesimen Pendinginan Udara	54
Gambar 4.12. Perbesaran 500 X, Spesimen Pendinginan Oli	54
Gambar 4.13. Perbesaran 3000 X, Spesimen Pendinginan Oli	55
Gambar 4.14. Perbesaran 5000 X, Spesimen Pendinginan Oli	56



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan akan energi listrik setiap tahunnya selalu meningkat. Semakin sadarnya manusia akan menipisnya pasokan gas serta minyak mentah dan sumber daya alam di bumi ini, maka berbagai macam inovasi-inovasi terus bermunculan. Jaman dan teknologi yang semakin berkembang juga mempengaruhi banyak orang yang mencoba beralih menggunakan energi alternatif untuk membangkitkan listrik. Beberapa negara - negara maju maupun berkembang saat ini mencoba memanfaatkan potensi air yang ada di daerah mereka untuk dapat membangkitkan listrik. Indonesia termasuk salah satu negara yang kaya akan potensi energi alternatif tersebut. Di Indonesia banyak daerah – daerah yang memanfaatkan sungai untuk membuat kincir air dan turbin air. Salah satu jenis turbin air yang baik digunakan untuk skala micro maupun skala industri adalah turbin Pelton. Turbin Pelton merupakan jenis turbin *impuls* dimana semprotan air yang berkecepatan tinggi mendorong *bucket* (sudu) pada *runner* sehingga menghasilkan energi kinetik pada turbin yang kemudian ikut menggerakkan generator. Turbin Pelton merupakan contoh terbaik dari turbin *impuls* sehingga turbin Pelton adalah salah satu jenis turbin aksi dimana *head* atau volume serta laju aliran air sangat berpengaruh langsung terhadap kinerja dari turbin.

Dari segi komponen turbin Pelton nya itu sendiri, yang mempengaruhi kinerja dari suatu turbin Pelton adalah dimensi *bucket*, sudut *bucket*, diameter, berat *bucket*, jumlah *bucket*, material *bucket*, dan *nozzle*, serta jumlah *nozzle*. Material

yang digunakan pada sudu (*bucket*) pada turbin pelton kebanyakan adalah aluminium dan campuran unsur kimia lain yang bisa mendapatkan material yang lebih kuat dan tahan korosi.

Dari material sudu (*bucket*) tersebut, perlu dilakukan analisis secara teori dan efisien guna mengetahui kekerasan dari material yang akan digunakan pada sudu (*bucket*) melalui pengujian kekerasan dengan metode *Brinell Hardness Test*. Selain itu, untuk melihat kualitas dari struktur dan proses *casting* perlu dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat porositas yang terjadi pada material sudu (*bucket*).

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang di atas maka dapat disimpulkan beberapa rumusan masalah yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini yaitu :

- a) Analisa kekerasan material aluminium campuran dengan melakukan pengujian *Brinell hardness test* pada variasi pendingin udara, air, dan oli.
- b) Analisa struktur mikro material aluminium campuran silikon dan mangan dengan melakukan pengujian SEM ( *Scanning Electron Microscopy* )

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

- a) Untuk mengetahui kekerasan material sudu turbin Pelton dengan melakukan pengujian *Brinell hardness test*

- b) Untuk melihat struktur mikro pada material sudu turbin Pelton menggunakan pengujian SEM ( *Scanning Electron Microscopy* )

#### 1.4 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah:

- a) Adanya perbedaan nilai kekerasan dari masing – masing material dengan variasi pendingin udara, air, dan oli.
- b) Adanya perbedaan struktur mikroskopi pada material dengan variasi pendingin udara, air, dan oli

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Dapat memberikan informasi kepada mahasiswa atau peneliti lainnya yang ingin mengembangkan hasil penelitian ini serma dapat dijadikan sebagai pembandingan dalam pembahasan dalam topik yang sama.
- b) Menambah Referensi yang berhubungan dengan teknologi pembangkit listrik tenaga air *microhydro* pada bidang yang terkait.
- c) Untuk menambah ilmu pengetahuan, pengalaman, pengenalan, dan pemahaman tentang turbin Pelton, agar dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk keperluan masyarakat.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Turbin Pelton

Turbin Pelton ialah bagian dari turbin air yang memanfaatkan potensi air sebagai sumber energi. Turbin Pelton cocok untuk banyak daerah pegunungan di Indonesia, di mana diperlukan *head* yang tinggi serta pengairan rendah. Hal yang mempengaruhi kinerja dari turbin Pelton ialah mulai dari bukaan disetiap *nozzle*, pengaruh pipa yang digunakan, *head* yang dipakai dan sebagainya. Sistem *microhydro* dikembangkan di beberapa negara untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerahnya, *Peltric Set* di Nepal, *Columbian Alternator System* di Kolombia, dan *Pico Power Pack* di Amerika. Ketiga sistem tersebut menggunakan turbin impuls sebagai penggerak (*Maier and Smith, 2001*).

Aliran jet yang dihasilkan oleh *nozzel* dapat mempengaruhi kinerja turbin. Penelitian tentang hal ini dilakukan oleh *Kvicinsky dkk (2002)*, dimana analisis aliran jet pada permukaan sudu turbin dilakukan secara numerik maupun eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas aliran jet berpengaruh pada distribusi tekanan dan medan kecepatan pada permukaan sudu sehingga daya dan efisiensi turbin akan berubah. *Staubli dan Hauser (2004)*. Memvisualisasikan aliran jet keluar *nozzel* berpenampang lingkaran dalam berbagai bentuk divergensi dengan cara memodifikasi dalam berbagai sudut jarum *governor* pada *nozzel*. Divergensi jet ternyata berpengaruh terhadap karakteristik jet pada permukaan sudu. Adapun contoh dari turbin Pelton dapat terlihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1. Turbin Pelton

## 2.2 Prinsip Dasar dan Cara Kerja Turbin Pelton

### 2.2.1 Prinsip Dasar Turbin Pelton

Prinsip kerja dari turbin Pelton ialah mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air. Pancaran air yang keluar dari mulut *nozzel* diterima oleh mangkok - mangkok pada *runner*, sehingga *runner* memutar roda penggerak.. Dari putaran inilah menghasilkan energi mekanik yang memutar poros generator sehingga menghasilkan energi listrik. Pembuatan turbin Pelton ini dimulai dengan melakukan pengenalan, identifikasi, pertimbangan dan melihat berbagai artikel dan gambar perancangan alat turbin Pelton dengan faktor keamanannya untuk dapat menghasilkan rancangan dan alat dengan baik, begitu juga dengan material yang akan digunakan dalam pembuatan turbin Pelton. Dalam merancang dan memilih materialnya, di butuhkan massa jenis atau *density* ( $\rho$ ) untuk dapat menentukan massa jenisnya. Massa jenis merupakan massa suatu benda per satuan volume, sedangkan berat jenis benda adalah berat suatu benda dalam satuan volume

### 2.2.2 Cara Kerja Turbin Pelton

Adapun cara kerja turbin Pelton ini adalah Tahap pertama yang dilakukan adalah menghidupkan saklar motor pompa yang terdapat pada panel listrik yang bertujuan agar pompa berputar dan menghisap air yang berada pada bak penampung. Lalu air mengalir melalui pipa menuju ke *nozzle* penyemprot. Sebelum sampai ke *nozzle* air terlebih dahulu melewati kran dan juga alat ukur *flowmeter*. Dan dari *nozzle*, lalu air disemprotkan ke sudu turbin yang menyebabkan turbin serta As turbin berputar sehingga kita bisa mengukur prestasi turbin. Dan air yang disemprotkan oleh *nozzle* ke sudu itu jatuh kembali pada bak penampungan air

### 2.3 Komponen Turbin Pelton

Komponen utama pada turbin menurut (Nugroho & Sallata, 2015), yaitu :

#### a) Stator

Stator turbin terdiri dari dua bagian, yaitu casing dan sudu diam / tetap (*fixed blade*). *Casing* atau *shell* adalah suatu wadah berbentuk menyerupai sebuah tabung dimana rotor ditempatkan. Di luar *casing* dipasang bantalan yang berfungsi untuk menyangga rotor. Sedangkan Sudu tetap merupakan bagian dari turbin dimana konversi energi terjadi. Sudu terdiri dari bagian akar sudu, badan sudu dan ujung sudu. Sudu kemudian dirangkai sehingga membentuk satu lingkaran penuh.

#### b) Rotor

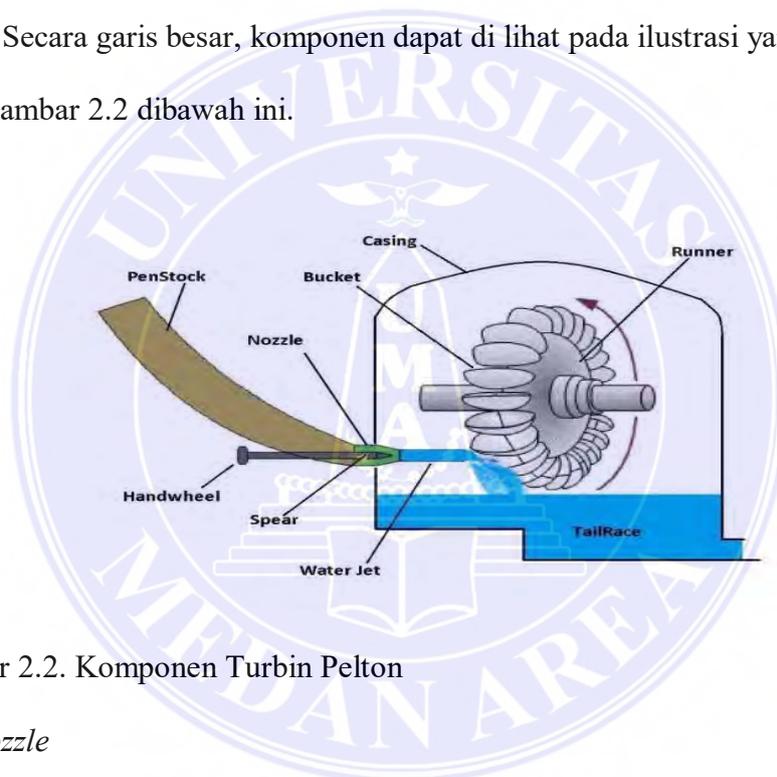
Rotor adalah bagian yang berputar terdiri dari poros dan sudu-sudu gerak yang terpasang mengelilingi rotor. Poros dapat berupa silinder panjang yang *solid* (pejal) atau berongga (*hollow*). Pada umumnya sekarang poros terdiri dari

silinder panjang yang solid. Adapula sudu gerak itu, dipasang disekeliling rotor membentuk piringan

c) Bantalan

Bantalan berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil / lurus pada posisinya didalam *cassing* dan rotor dapat berputar dengan aman dan bebas. Adanya bantalan yang menyangga turbin bermanfaat untuk menjaga rotor turbin tetap pada posisinya.

Secara garis besar, komponen dapat di lihat pada ilustrasi yang ditunjukkan pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2. Komponen Turbin Pelton

d) *Nozzle*

*Nozzle* berfungsi untuk mengubah tekanan air menjadi energi kinetik, mengarahkan pancaran air ke sudu dan mengatur kapasitas air yang akan masuk ke runner turbin. *Nozzel* merupakan bagian dari turbin, didalam *nozzle* tekanan air dirubah menjadi kecepatan. *Nozzle* terdiri atas bagian selubung serupa hidung yang dipasang pada belokan pipa, dan jarum *nozzle* yang bisa digerakkan didalam belokan pipa. Kerucut jarum dan selubung, yang cepat aus, dibuat dari bahan bermutu tinggi serta mudah untuk diganti. Diameter *nozzle*

suatu turbin jugadisesuaikan dengan tinggi jatuh air (*head*) dan kapasitas air yang masuk, untuk turbin dengan tinggi jatuh yang besar dan daya yang besar sistem penyemprotan airnya dibagi lewat beberapa *nozzle*. (*Fritz Dietzel, 1988 : 28*). Gambar 2.3 dibawah ini menunjukkan contoh *Nozzle*



Gambar 2.3. *Nozzle*

e) *Runner*

*Runner* turbin Pelton pada dasarnya terdiri atas piringan dan sejumlah *bucket* atau sudu yang terpasang di sekelilingnya. Sudu dipasang dengan pengunci baut ataupun dapat di las senyawa dengan cakram. Cakram dipasang ke poros dengan sambungan pasak atau dengan pengunci baut. Besarnya *head* jatuh air yang dirancang menentukan ukuran besarnya diameter *runner* yang digunakan, semakin tinggi ataupun besar *head* jatuh air maka ukuran *runner* akan lebih baik jika semakin besar. Pemilihan diameter *runner* tergantung kepada kecepatan spesifik yang telah dirancang untuk turbin. Untuk turbin dengan pemilihan kecepatan putar yang tinggi maka akan di dapat ukuran roda turbin yang kecil, momen yang kecil, dan poros yang kecil. (*Fritz Dietzel, 1988 : 30*). Adapun contoh *Runner* dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4. *Runner*

f) *Sudu (bucket)*

Sudu turbin pelton berbentuk seperti mangkuk dengan bagian dalam yang melengkung ke arah dalam dan bagian atasnya berbentuk runcing. Pemanfaatan tinggi air jatuh (*head*) memiliki hubungan yang erat dengan bentuk sudu turbin. Untuk *head* jatuh air yang tinggi kelengkungan sudu akan lebih tajam semakin tinggi *head* jatuh air bentuk sudu akan semakin melengkung kedalam. Untuk tinggi air jatuh yang rendah kelengkungan sudu tidak terlalu melengkung. Pembuatan sudu dari belahan pipa atau konstruksi las dengan bahan plat baja sama sekali tidak dianjurkan karena kekokohnya kurang dan efisiensinya rendah. Sudu bisa dibuat dari beragam bahan. Gambar 2.5 dibawah ini menunjukkan sudu dari bahan aluminium.



Gambar 2.5. *Sudu (bucket)*

g) Rumah Turbin

Rumah turbin pelton adalah tempat pemasangan *nozzle* dan sekaligus sebagai pelindung turbin terhadap aktivitas kimiadan fisik di sekitarnya, suatu sistem turbin yang dibangun di daerah pegunungan dengan tanpa menggunakan rumah turbin cenderung lebih mudah mengalami korosi pada bagian poros dan bearing suatu turbin, intensitas cahaya matahari mempercepat laju reaksi oksidasi pada bagian-bagian turbin yang berbahan besi ataupun baja. Hal ini akan memperpendek usia pemasangan suatu turbin seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 ini.



Gambar 2.6. Rumah Turbin

## 2.4 Aluminium dan Paduannya

Aluminium adalah jenis logam yang paling banyak terdapat pada kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium yang terdapat pada kerak bumi diperkirakan sebanyak 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi. Produksi tahunan aluminium didunia diperkirakan sebanyak 30.000.000 ton pertahun yang didapat dalam bentuk bauksit serta batuan lain seperti *gibbsite*, *corundum*, *diaspore*, dan lain-lain. Aluminium merupakan

logam yang reaktif sehingga mudah teroksidasi dengan oksigen membentuk lapisan aluminium oksida, alumina ( $Al_2O_3$ ) dan membuatnya tahan korosi yang baik. Namun bila kadar Fe, Cu dan Ni ditambahkan akan menurunkan sifat tahan korosi karena kadar alumina menurun. Penambahan Mg, Mn tidak mempengaruhi sifat tahan korosinya. Aluminium bersifat ulet, mudah dimesin dan dibentuk dengan kekuatan tarik untuk aluminium murni sekitar 4-5 kgf/mm<sup>2</sup>. Bila diproses penguatan regangan seperti dirol dingin kekuatan bisa mencapai  $\pm 15$  kgf/mm<sup>2</sup>.

Kekuatan mekanik pada aluminium dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur padu seperti Cu, Mg, Zn, Mn, dan Ni. Unsur Cu pada paduan Al akan meningkatkan sifat mekanik, yaitu kekerasan maupun kekuatan tariknya namun menurunkan kemampuan coranya. Pemaduan dengan silikon akan memperbaiki tingkat kecairan (*fluidity*) dan menurunkan cacat penyusutan (*Shrinkage*) yang berpengaruh baik terhadap sifat mampu cor (*castability*) dan mampu las (*weldability*). Selain itu silikon akan meningkatkan sifat ketahanan korosi dan kekerasannya.

#### 2.4.1 Sifat - Sifat dan Karakteristik Aluminium

##### 1. Sifat aluminium

Adapun Sifat-sifat penting yang dimiliki aluminium sehingga banyak digunakan sebagai material teknik secara spesifik tertulis pada tabel 2.1 dan 2.2

- a) Massa jenisnya ringan (hanya 0,0027 kg, sedangkan besi  $\pm 0,0081$  kg)
- b) Tahan korosi
- c) Penghantar listrik dan panas yang baik
- d) Mudah di fabrikasi/di bentuk
- e) Kekuatannya rendah tetapi pemaduan (*alloying*) kekuatannya bisa ditingkatkan.

Tabel 2.1. Sifat Fisik Aluminium

Nama, Simbol, dan Nomor	Aluminium, Al, 13
Wujud	Padat
Massa jenis	0,0027 kg
Massa jenis pada wujud cair	0,002375 kg
Titik lebur	660,32°C
Titik didih	2792 K, 2519°C, 4566°F
Modulus Young	70 Gpa
Modulus geser	26 Gpa

## 2. Karakteristik aluminium

Tabel 2.2. Karakteristik Aluminium

Sifat – sifat	Aluminium murai tinggi
Struktur kristal	Fcc
Densitas pada 20oC (sat. 103kg/m <sup>3</sup> )	2.698
Titik cair oC	660.1
Koefisien mulur panas kawat 20o -100oC (10-6/K)	23.9
Konduktifitas panas 20o – 400oC (w/m K)	238
Tahanan listrik 20oC (10-8 KΩ m)	2.69
Modulus elastisitas (GPa)	70.5
Modulus kekakuan (GPa)	26.0

## 2.4.2 Campuran dan Perpaduan Unsur Terhadap Aluminium

Sebagaimana logam-logam lain, untuk merubah sifat aluminium menjadi lebih kuat, maka dipadu dengan unsur-unsur lain sesuai dengan kebutuhan dan penggunaannya. Paduan aluminium (*aluminium alloy*) banyak di gunakan secara komersial karena mempunyai kekuatan yang lebih dibandingkan aluminium murni. Beberapa jenis logam ditambahkan kedalam aluminium murni dalam bentuk cair untuk menjadikannya lebih kuat dan lebih serbaguna. Unsur – unsur yang biasanya di tambahkan kedalam paduan aluminium adalah Cu, Zn, Mn, Mg, dan Si. Unsur- unsur tersebut jauh lebih tahan terhadap korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya yang disebabkan oleh reaksi dengan oksigen. Kekuatan dari aluminium murni memang tidak sebaik logam-logam lainnya.

### 1. Aluminium murni

Aluminium dapat mencapai kemurnian 99,85%, dengan mengolah kembali dapat mencapai kemurnian 99,99%. Ketahanan korosi dari aluminium berubah menurut kemurniannya. Pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat digunakan di udara dan akan bertahan dalam waktu beberapa tahun. Hantaran listrik Al sekitar 65% hantaran listrik tembaga, tetapi massa jenisnya sekitar sepertiganya sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangannya. Oleh karena itu dapat digunakan untuk kabel dan dibentuk *aluminium foil*.

### 2. Aluminium dan Campurannya

Paduan Al di klasifikasikan dalam berbagai standard oleh berbagai negara di dunia. *Standard Aluminium Association (AA)* di Amerika menggunakan penandaan dengan empat angka seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3. Paduan dan Seri Penamaan

Paduan	Seri Penamaan
Aluminium Murni	1xxx
Aluminium – Tembaga (Al – Cu)	2xxx
Aluminium – Mangan (Al – Mn)	3xxx
Aluminium – Silikon (Al – Si)	4xxx
Aluminium – Magnesium (Al – Mg)	5xxx
Aluminium – Magnesium – Silikon (Al – Mg – Si)	6xxx
Aluminium – Seng (Al - Zn)	7xxx
Aluminium – Paduan Lainnya	8xxx

Sebagai contoh paduan Al-Cu dinyatakan dengan angka 2xxx atau 2000, angka pada tempat kedua menyatakan modifikasi paduan. Jika angka kedua dalam penandaan ini menunjukkan nol, hal ini menyatakan paduan yang orisinal. Urutan angka 1 sampai 9 digunakan untuk menunjukkan modifikasi dari paduan orisinal, untuk paduan percobaan diberi penandaan awalan X.

### 3. Silikon

Silikon adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang mempunyai simbol Si dan nomor atom 14. Senyawa yang dihasilkan bersifat *paramagnetic*. Unsur kimia ini ditemukan oleh Jon Jakob Berzelius. Silikon merupakan unsur metaloid tetravalensi, bersifat semakin tidak reaktif daripada karbon tapi semakin reaktif daripada germanium. Silikon pertama kali dihasilkan pada wujud murninya pada tahun 1824 dengan nama silisium dari bahasa latin (*silicis*) dengan imbuhan belakang -ium yg berarti logam. Karena sifat – sifat fisiknya semakin mirip dengan karbon dan boron, pada tahun 1831 namanya ditukar menjadi silikon sampai sekarang yang kita ketahui.. Silikon paling banyak terdistribusikan pada abu, pasir,

dalam bermacam wujud seperti karbon dioksida atau silikat seperti yang terlihat pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7. Unsur Silikon

#### 4. Mangan

Mangan adalah logam berwarna abu-abu keperakan, merupakan unsur pertama logam golongan VIIB, dengan berat atom 54,94 g/mol, nomor atom 25, berat jenis 7,43 g/cm<sup>3</sup>. Di dalam hubungannya dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan dengan valensi 2, valensi 4, valensi 6. Di dalam sistem air alami dan juga di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi berubah-ubah tergantung derajat keasaman (pH) air. Sistem air alami pada kondisi reduksi, mangan dan juga besi pada umumnya mempunyai valensi dua yang larut dalam air. Oleh karena itu di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi valensi dua tersebut dengan berbagai cara dioksidasi menjadi senyawa yang memiliki valensi yang lebih tinggi yang tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik. Mangan di dalam senyawa MnCO<sub>3</sub>, Mn(OH)<sub>2</sub> mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit larut dalam air. Gambar 2.8 dan 2.9 menunjukkan bentuk unsur mangan dan tabel periodik berbagai unsur kimia



Gambar 2.8. Unsur Mangan

**Periodic Table of the Elements**

1 IA H Hydrogen	2 IIA He Helium																	18 VIIIA He Helium
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon	
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium							13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon					
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton	
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon	
55 Cs Cesium	56 Ba Barium	57-71 Lanthanide Series	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon	
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89-103 Actinide Series	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Uu Ununpentium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson	

Gambar 2.9. Tabel Periodik Unsur Kimia

Logam paduan aluminium-silikon (Al-Si) merupakan bahan penting yang banyak digunakan dalam pembuatan komponen otomotif karena mempunyai kemampuan cor yang baik dan dimensi yang stabil terhadap perubahan suhu. Bahan ini biasanya dipakai sebagai bahan pembuat piston, blok silinder, *velg* dan *disc brake*. Proses pembuatan komponen dengan pengecoran tradisional menggunakan metode *sand casting* dan *gravity casting* banyak dilakukan pada skala industri kecil yang pada umumnya menghasilkan kualitas yang kurang baik. Kekurangan kualitas

ini biasanya ditunjukkan dengan adanya tingkat porositas yang tinggi dan strukturmikro yang tidak homogen dengan butiran yang besar.

Paduan Al-Si adalah paduan yang tidak dapat di perlaku panaskan, hal ini karena paduan Al-Si mempunyai batas kelarutan padat yang sangat kecil, pada hal perlakuan panas penting sekali untuk meningkatkan sifat mekanisnya. Untuk meningkatkan sifat mekanik paduan Al-Si dapat dilakukan dengan menambah Mg, Cu, dan Ni selanjutnya diperbiki dengan perlakuan panas.

## 2.5 Pengujian Kekerasan

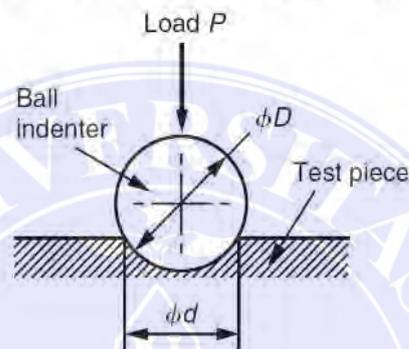
Kekerasan adalah ukuran ketahanan suatu material terhadap deformasi permanen lokal. Dalam istilah awam, ini adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi permukaan seperti lekukan, goresan, dan abrasi. Kekerasan diukur dengan membandingkan ketahanan terhadap gesekan antara bahan yang satu dan yang lainnya dengan melihat goresan sebagai akibat dari gesekan tersebut. Disamping itu ada pula yang melihat reaksi pantulan sebuah bola yang dijatuhkan pada permukaan benda uji. Dari cara tersebut dianggap memenuhi syarat pengujian diharuskan dapat didefinisikan secara fisik secara fisik, jelas dan tidak berubah karena waktu, dan dapat digunakan sebagai pembandingan dimana pun. Dalam pengujian kekerasan material ada tiga metode sebagai berikut:

### 2.5.1 *Brinell Hardness Test*

Metode uji kekerasan yang diajukan oleh *J.A. Brinell* pada tahun 1900 ini merupakan uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuannya (Dieter, 1987). Pengujian *Brinell* merupakan jenis *hardness test* yang dilakukan dengan cara penekanan sebuah bola baja diperkeras (terbuat

dari baja krom) dengan diameter tertentu oleh gaya tekan secara statis pada permukaan spesimen. Permukaan spesimen yang diuji harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan diadadakan dan bola baja dikeluarkan dari bekas lekukan, maka diameter lekukan paling atas diukur guna menentukan kekerasan spesimen yang diuji seperti yang terlihat pada gambar 2.10 berikut.

## Brinell Hardness

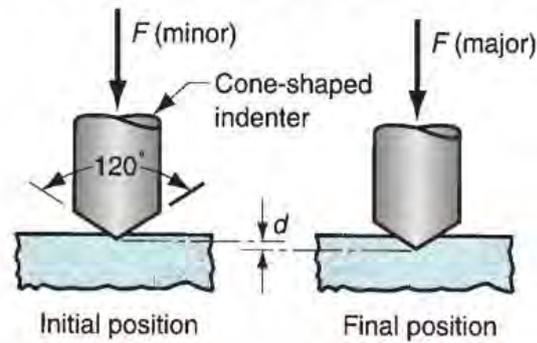


Gambar 2.10. Pengujian *Brinell*

### 2.5.2 *Rockwell Hardness Test*

Pengujian *rockwell* sedikit berbeda dengan *Brinell*, dalam pengujian *rockwell* indenter dan beban yang digunakan lebih kecil sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih halus. *Rocwell* banyak digunakan di industri karena prosedurnya lebih cepat. (Davis, Troxell, dan Wiskocil 1955). Indenter atau penetrator dapat berupa bola baja atau kerucut intan dengan ujung yang sedikit membulat (biasa disebut "*brale*"). Sedangkan untuk diameter bola baja biasanya berukuran 1/16 inchi, tetapi ada juga yang memiliki diameter yang lebih besar yaitu 1/8, 1/4., dan 1/2 inchi untuk bahan yang lebih lunak. Gambar 2.11 menunjukkan ilustrasi pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell*

## Rockwell Hardness

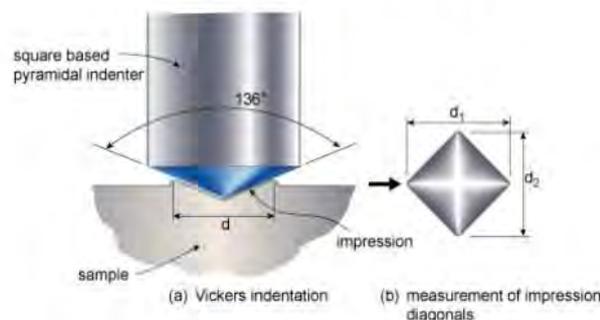


Gambar 2.11. Pengujian *Rockwell*

### 2.5.3 *Vickers Hardness Test*

Metode *Vickers* merupakan penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indenter berupa *pyramid diamond* terbalik dengan sudut puncak 136° ke permukaan logam yang akan diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan secara statis ini kemudian ditiadakan dan *pyramid diamond* dikeluarkan dari bekas yang terjadi, maka diagonal segi empat bekas teratas diukur secara teliti, yang digunakan sebagai kekerasan logam yang akan diuji. Permukaan tekan merupakan segi empat karena *pyramid* merupakan piramida sama sisi. Pengujian *Vickers* dapat terlihat pada ilustrasi gambar 2.12 berikut.

## Vickers Hardness



Gambar 2.12. Pengujian *Vickers*

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan September tahun 2023 dan selesai pada bulan Oktober tahun 2023 dengan rincian waktu seperti yang terlihat pada tabel 3.1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin S1 USU. Untuk proses pengecoran dilakukan di Laboratorium foundri Teknik Mesin S1 USU, dan proses pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin S1 USU. Adapun untuk melakukan pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Penelitian Terpadu USU. Adapun jadwal dari kegiatan tugas akhir yang akan dilakukan ini, dapat terlihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

No	Kegiatan	2023 – 2024									
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	
1.	Studi Literatur	■									
2.	Penyusunan Proposal	■	■								
3.	Pengajuan Proposal		■								
4.	Seminar Proposal			■							
5.	Pengujian Penelitian				■						
6.	Pengumpulan Data Penelitian				■	■					
7.	Analisa Data Penelitian					■	■				
8.	Seminar Hasil							■			
9.	Evaluasi dan Persiapan Sidang								■	■	
10.	Ujian Sidang									■	■

## 3.2 Bahan dan Alat

Adapun bahan dan alat yang diperlukan dalam melakukan penelitian terhadap material campuran ini adalah sebagai berikut :

### 3.2.1 Bahan Pengecoran Aluminium dan Paduannya

#### 1. Aluminium

Aluminium adalah jenis logam yang paling banyak terdapat pada kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium yang terdapat pada kerak bumi diperkirakan sebanyak 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi. Produksi tahunan aluminium di dunia diperkirakan sebanyak 30.000.000 ton pertahun yang didapat dalam bentuk bauksit serta batuan lain seperti *gibbsite*, *corundum*, *diaspore*, *boehemite* dan lain-lain yang ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1. Aluminium

#### 2. Bubuk Silikon

Silikon adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang mempunyai simbol Si dan nomor atom 14. Senyawa yang dihasilkan bersifat *paramagnetic*. Unsur kimia ini ditemukan oleh *Jon Jakob Berzelius*. Silikon merupakan unsur

metalloid tetravalensi, bersifat semakin tidak reaktif daripada karbon tapi semakin reaktif daripada germanium. Silikon pertama kali dihasilkan pada wujud murninya pada tahun 1824 dengan nama silisium dari bahasa latin (*silicis*) dengan imbuhan belakang -ium yg berarti logam. Karena sifat – sifat fisiknya semakin mirip dengan karbon dan boron, pada tahun 1831 namanya ditukar menjadi silikon sampai sekarang yang kita ketahui.. Silikon paling banyak terdistribusikan pada abu, pasir, dalam bermacam wujud seperti karbon dioksida atau silikat. Dalam penelitian ini menggunakan jenis silikon bubuk seperti yang terdapat pada gambar 3.2 ini.



Gambar 3.2. Bubuk Silikon

### 3. Bubuk Mangan

Mangan adalah logam berwarna abu-abu keperakan, merupakan unsur pertama logam golongan VIIB, dengan berat atom 54,94 g/mol, nomor atom 25, berat jenis 7,43 g/cm<sup>3</sup>. Di dalam hubungannya dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan dengan valensi 2, valensi 4, valensi 6. Di dalam sistem air alami dan juga di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi berubah-ubah tergantung derajat keasaman (pH) air. Mangan adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi dan digunakan untuk membuat material dengan paduan yang tahan korosi. Paduan aluminium dengan kandungan

1.2% Mn dan 1% Mg disebut paduan 3003 yang dipergunakan sebagai paduan tahan korosi. Dalam penelitian ini menggunakan jenis mangan bubuk seperti pada gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3. Bubuk Mangan

### 3.2.2 Alat – Alat

#### 1. Tungku Peleburan

Tungku pelebur terbuat dari plat besi yang didalamnya dilapisi dengan semen cor tahan api dan batu tahan api seperti pada gambar 3.4 dibawah. Dapur peleburan pada penelitian ini berfungsi untuk membakar krusibel.



Gambar 3.4. Tungku Peleburan

## 2. Krusibel

krusibel berfungsi sebagai wadah untuk melelehkan paduan aluminium. Krusibel mempunyai batas maksimum penggunaan hingga  $\pm 10$  kali. Pemakaian krusibel harus dengan menghindari kontak langsung dengan air ketika telah selesai dilakukannya peleburan karena dapat mengurangi tingkat ketahanan krusibel diatas tumpukan pasir. Contoh krusibel dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5. Krusibel

## 3. *Burner dan Regulator Gas*

*Burner* berfungsi sebagai sumber pembakaran untuk meleburkan aluminium ditungku peleburan dengan menggunakan gas LPG yang didistribusikan melalui selang gas dan *regulator* gas untuk mengatur pembakaran, gambar 3.6 di bawah menunjukkan proses pembakaran tungku oleh burner



Gambar 3.6. *Burner* Pembakaran

#### 4. Tang Krusibel

Tang atau Pegangan krusibel digunakan untuk mengangkat krusibel ke dalam *furnance* dan mengeluarkannya dari *furnance*. Benda ini terbuat dari bahan besi yang dibentuk seperti gunting atau penjepit agar mampu mencekram krusibel agar tidak jatuh seperti pada gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7. Tang Pegangan Krusibel

#### 5. Blower

*Blower* digunakan pada penelitian ini sebagai alat penyuplai udara agar api dapat menyala dengan baik sehingga panas yang didapatkan dapat dijaga dan diatur sesuai dengan temperatur yang diinginkan untuk mencairkan aluminium. Contoh blower ditunjukkan pada gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8. Blower

## 6. *Thermo Gun*

*Thermo Gun* digunakan untuk mengatur suhu aluminium pada saat dilakukan proses pengecoran. Adapun spesifikasi *Thermo Gun* yang digunakan dapat terlihat pada keterangan dan gambar 3.9 dibawah ini.

Dimensi : 150 x 94 x 40 mm

Berat : 0,108 kg.

*Up to* : 800°C -900°C



Gambar 3.9. *Thermo Gun*

## 7. *Stopwatch*

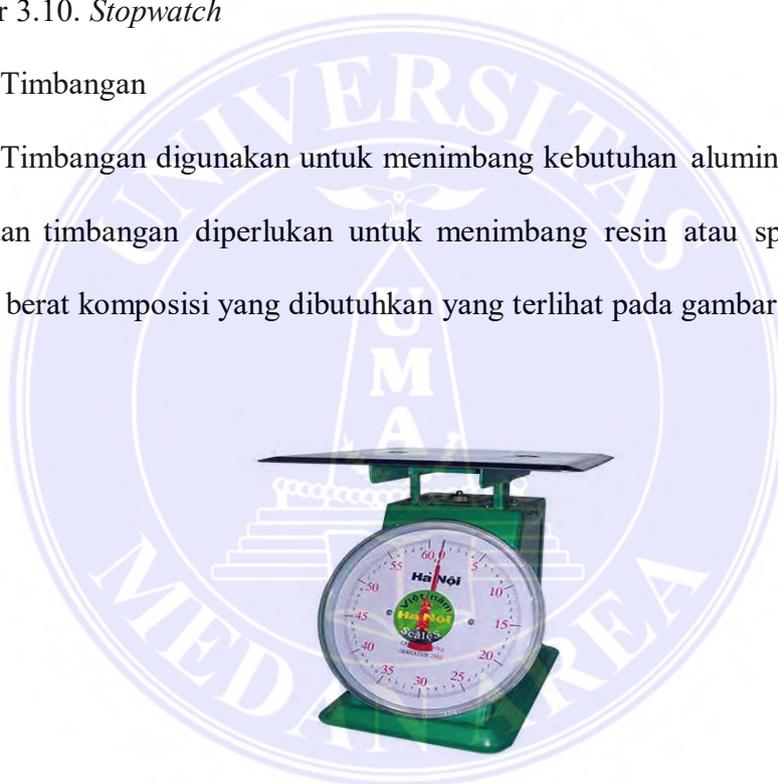
*Stopwatch* digunakan untuk menghitung waktu atau lama proses pengecoran. Menghitung waktu titik leleh pada spesimen. Dan menghitung waktu penguangan. Adapun contoh stopwatch yang digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10. Stopwatch

#### 8. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang kebutuhan aluminium yang akan dicor dan timbangan diperlukan untuk menimbang resin atau spesimen sesuai dengan berat komposisi yang dibutuhkan yang terlihat pada gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11. Timbangan

#### 9. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat ukur. Dalam penelitian ini, jangka sorong diperlukan untuk mengukur dimensi spesimen dan hasil dari coran yg telah di lebur.

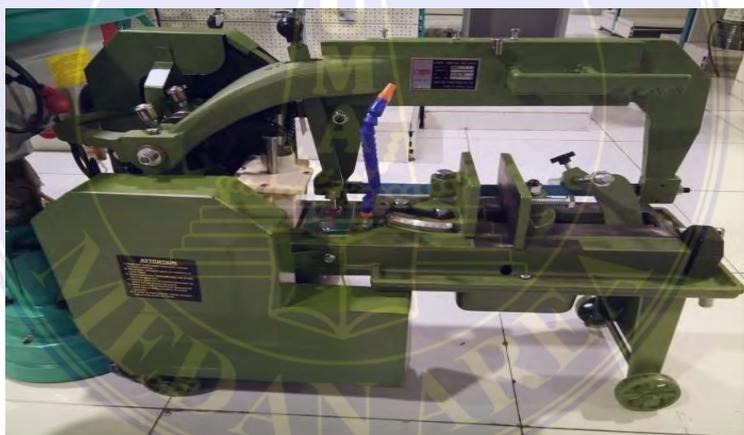
Gambar 3.12 berikut memperlihatkan contoh jangka sorong yang dapat digunakan.



Gambar 3.12. Jangka sorong Manual

#### 10. Mesin Gergaji / Mesin Potong

Mesin gergaji yang terlihat pada gambar 3.13 dibawah adalah alat potong multifungsi. Mesin gergaji diperlukan untuk memotong suatu spesimen atau material sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan



Gambar 3.13. Mesin Gergaji / Mesin Potong

#### 11. Mesin Sekrap Horizontal

Mesin sekrap digunakan untuk membuat dan membentuk spesimen uji mikro struktur dan spesimen uji kekerasan *Brinell* dengan standarisasi pengujian yang digunakan, seperti yang terlihat pada gambar 3.14 berikut ini.



Gambar 3.14. Mesin Sekrap Horizontal

### 3.3 Metode Penelitian

#### 3.3.1 Proses Pengecoran Aluminium dan Paduannya

Adapun proses produksi aluminium yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan memotong logam aluminium batangan menggunakan mesin gergaji. Timbang bahan baku Aluminium sesuai dengan variasi tebal spesimen yang diinginkan, untuk tebal 30 mm, yaitu 500 gr. Kemudian masukan potongan aluminium ke krusibel. Masukkan krusibel ke dalam dapur peleburan, dan biarkan aluminium terlebur hingga sesuai dengan suhu yang diinginkan.

Campurkan aluminium dengan bubuk silikon dan mangan. Setelah terlebur rata, buka dapur peleburan untuk melihat apakah ada ampas atau kotoran, lalu bersihkan dan angkat ampas ataupun kotoran yang terlihat pada cairan aluminium. Lakukan pengecekan suhu yang terdapat pada krusibel dengan menggunakan *thermo gun*. Setelah mencapai suhu tuang pada  $1200^{\circ}\text{C}$  -  $1300^{\circ}$ , kemudian angkat krusibel dan tuangkan ke cetakan. Lakukan kembali prosedur yang sama sehingga variasi spesimen yang diinginkan terpenuhi. Seperti yang ditunjukkan gambar 3.15 berikut ini.



Gambar 3.15. Peleburan Aluminium dan Paduannya

### 3.3.2 Proses Pencetakan Aluminium

Adapun tahapan yang dilakukan pada proses pembuatan cetakan penelitian ini adalah dengan menyiapkan cetakan *die casting* sesuai ukuran dari pengujian seperti pada gambar 3.16 dibawah ini. Adapun caranya adalah memasukkan spesimen material yang sudah di timbang kedalam wadah pengaduk lalu kemudian campur spesimen tersebut. Setelah tercampurnya spesimen maka dilakukan pendinginan dengan tiga variasi pendingin yaitu air, udara, oli.



Gambar 3.16. Cetakan *Die Casting*

### 3.3.3 Proses Pemotongan

Pemotongan logam menggunakan gergaji mesin dan gerinda tangan dengan ukuran spesimen yang sudah ditentukan. Setelah dilakukan pemotongan sesuai dengan dimensi yang diinginkan, kemudian masuk ke tahap *machining* untuk menjadi spesimen pengujian material sesuai standar ASTM seperti yang terlihat pada gambar 3.17 dibawah ini.



Gambar 3.17. Pemotongan Aluminium

### 3.3.4 Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan pada spesimen ini dilakukan dengan metode *Brinell Hardness Test*. Dimana pembentukan lekukan pada permukaan logam dengan memakai bola baja berdiameter 5 mm dan diberi beban 125 kg untuk logam *nonferro*, dan untuk logam *ferro* 1.500 kg. Beban diterapkan selama waktu tertentu, biasanya mencapai waktu dari 15 sampai dengan 30 detik, dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop gaya rendah, setengah beban tersebut dihilangkan. Kemudian dicari harga rata-rata dari 3 sampai 5 kali pengukuran diameter pada jejak yang berarah pada tegak lurus. Pada permukaan dimana lekukan akan dibuat harus relatif halus, bebas dari debu atau kerak Alat uji *Brinell* ini ditunjukkan pada gambar 3.18 berikut



Gambar 3.18. Alat Uji Kekerasan *Brinell Hardness Test*

### 3.3.5 Pengujian Struktur Morfologi

*Scanning Elektron Microscopy* (SEM) adalah alat yang digunakan untuk mengkaji struktur morfologi permukaan dan *cross section* suatu bahan dengan perbesaran hingga 1.000.000 X. *Scanning Elektron Microscopy* (SEM) merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran permukaan suatu sampel. Prinsip kerja alat SEM adalah dengan memanfaatkan hamburan balik elektron (*electron beam*) pada permukaan objek dan mengambil gambar dengan mendeteksi elektron yang muncul pada permukaan objek (Setyaningsih & Septiano, 2019). Kemajuan dalam penggunaan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) memungkinkan pemindaian area yang luas dan mengumpulkan sejumlah besar data untuk mendapatkan karakteristik sampel, diantaranya adalah menghitung objek dan mengumpulkan statistik objek tersebut, salah satunya mendapatkan citra morfologi ukuran untuk menentukan distribusi ukuran (Kharin, 2020). Pengujian *Scanning Electrom Microscopy* (SEM)

memungkinkan mendapatkan hasil citra morfologi dan konsentrasi dari campuran bahan (Septiano et al., 2021). Gambar 3.19 dibawah ini menunjukkan alat uji SEM yang akan digunakan.



Gambar 3.19. Alat Uji *Scanning Elektron Microscopy (SEM)*

### 3.4 Populasi dan Sampel

Material aluminium campuran yang telah melalui tahan pengecoran, pencetakan, pendinginan, dan pemotongan, sudah dapat dikatakan sebagai spesimen uji. Pengujian yang akan dilakukan terhadap spesimen uji ini adalah untuk menilai angka kekerasannya dan untuk melihat struktur mikroskopis pada materialnya. Pengambilan data nilai dari kekerasan material spesimen uji ini menggunakan metode *Brinell Hardness Test*. Dan untuk melihat bentuk strukturnya menggunakan alat uji *Scanning Elektron Microscopy (SEM)*.

Pada gambar 3.20 dan 3.21 memperlihatkan cara pengoprasian alat uji *Brinell* dan pengambilan data kekerasan pada sampel uji.



Gambar 3.20. Pengoperasian Alat Uji *Brinell Hardness Test*

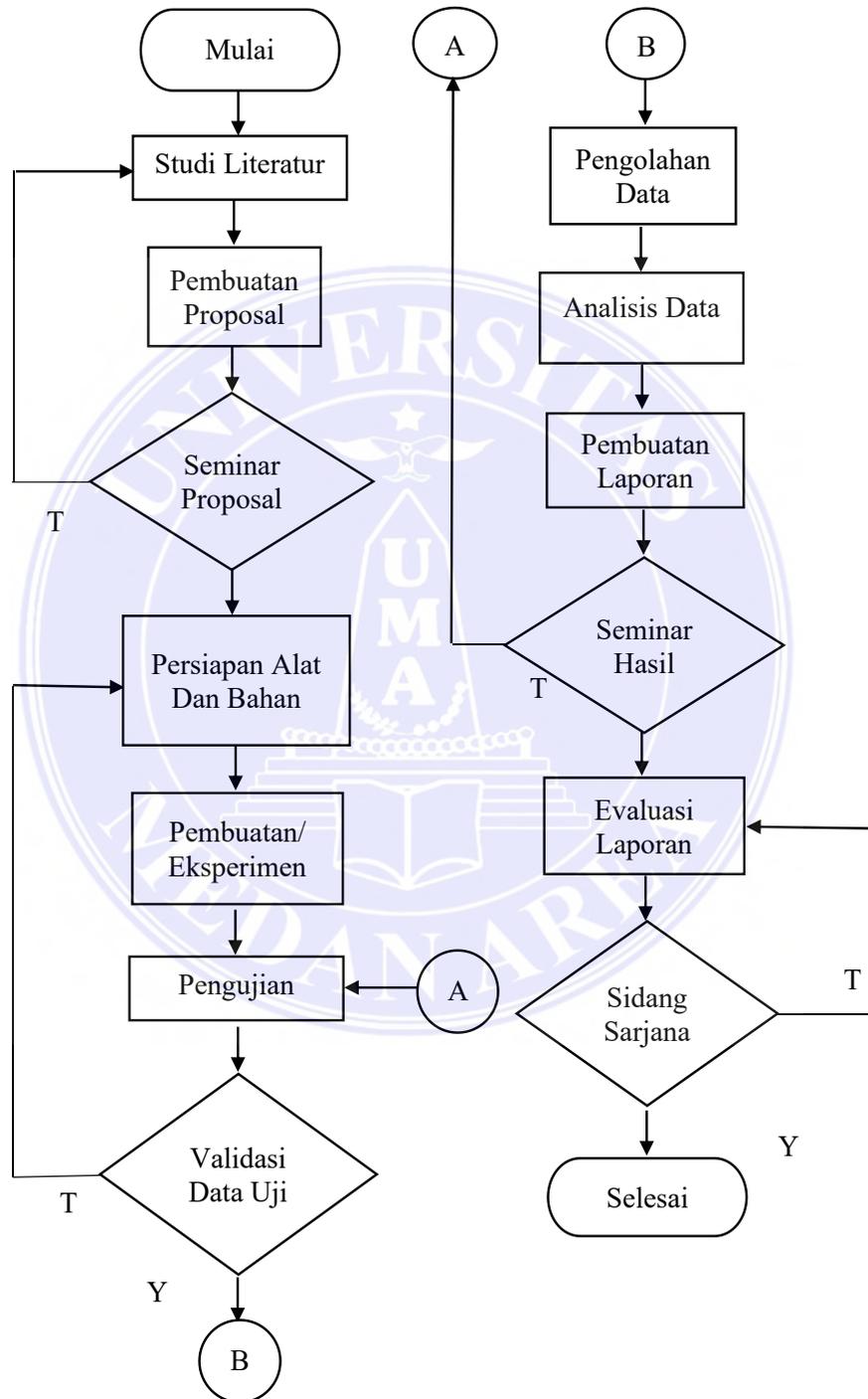
Spesimen uji diletakkan ditengah meja yang terdapat pada alat uji. Setelah posisinya pas. Kemudian tuas akan dipompa agar hidrolik yang ada pada alat uji *Brinell* bergerak menekan spesimen uji. Penekanan biasanya dilakukan antara 15 – 20 detik. setelah selesai ditekan, katub pada hidrolik dibuka untuk menghentikan tekanan pada spesimen. Untuk mendapatkan nilai dari kekerasan spesimen uji ini, diameter lubang yang tercipta dari penekanan bola terhadap permukaan spesimen harus di ukur terlebih dahulu dengan alat ukur seperti teropong yang ada pada gambar dibawah ini



Gambar 3.21. Pengujian *Brinell Hardness Test*

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun proses daripada pengerjaan tugas akhir ini dapat terlihat pada diagram alir yang ada pada gambar 3.22 dibawah ini.



Gambar 3.22. Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah saya lakukan tentang Analisis Kekerasan Material Sudu (*Bucket*) pada turbin pelton dengan variasi pendinginan air, udara, oli. Bahwa saya melakukan beberapa pengujian, yaitu pengujian kekerasan dengan metode *Brinell Hardness Test* dan pengujian struktur morfologi dengan metode *SEM (Scanning Electron Microscopy)*, maka dapat disimpulkan:

- a) Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan sebanyak 15 kali. Setiap spesimen dengan variasi pendinginan air, udara, dan oli masing-masing dilakukan sebanyak 5 kali. Dimana dalam pengujian ini, didapatkan diameter indentasi pada spesimen uji yang beragam yaitu, 0,0014 m, 0,0015 m, 0,0016 m, 0,0017 m, dan 0,0018 m. Dan untuk diameter Indentasi yang lebih baik adalah diameter yg lebih kecil.
- b) Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai dari *Brinell Hardness Number (BHN)* pada setiap spesimen, ditemukan hasil nilai kekerasan dari spesimen dengan pendinginan air 662.724,56, pendinginan udara 668.725,88, dan pendinginan Oli 688.750,04. Dari hasil ini, nilai kekerasan spesimen yang paling optimal yaitu pada pendinginan oli dengan 688.750,04 dan terendah terdapat pada pendingin air yaitu 662.724,56
- c) Dari penelitian ini, hasil *Scanning Elektron Microscopy (SEM)* yang dilakukan perbesaran yang dengan variasi berbeda yaitu 500 X , 3000 X , 5000 X.

Struktur dan porositas yang ada pada spesimen oli sedikit terlihat pada perbesaran 500 X daripada perbesaran 3000 X dan 5000 X.

- d) Dalam penelitian ini, pengujian porositas dan struktur spesimen dengan pendinginan air lebih terlihat banyak daripada pendinginan udara dan oli. Dan pendinginan air mempunyai kualitas yang lebih rendah karena banyaknya porositas yang terlihat.

## 5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat digunakan untuk melanjutkan penelitian ini kedepannya, diantaranya :

- a) Untuk memperoleh hasil spesimen dari pengecoran yang optimal pada penelitian ini, maka menggunakan penambahan bubuk silikon (Si) dan bubuk mangan (Mn) lebih banyak
- b) Untuk pengujian kekerasan, maka lebih baik menggunakan metode lain seperti *Rockwell* dan *vickers*. Karena metode *Rockwell*, indenter dan beban yang digunakan lebih kecil sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih halus. Keuntungan dari uji *Vickers* adalah skala kekerasannya yang berlanjut untuk rentang yang lebih luas. Dari yang sangat lunak maupun material yang sangat keras, karena indenter intannya yang sangat keras.
- c) Agar dapat melihat hasil struktur mikro yang lebih jelas, lebih baik menggunakan perbesaran 500 X atau lebih kecil dari perbesaran 1000 X .

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus S., Rohmad S., Bandriyana, Arbi D. . (2015). Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, 44-50.
- Andika W., Chirtian S. . (2018). Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Paduan Aluminium Dengan Variabel Suhu Cetakan Logam (Dies) 450 Dan 500 Derajat Celcius Untuk Manufaktur Poros Berulir (Screw). *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 159-165.
- Budha M., Lia P., Rijalus S. . (2018). Pengaruh Kekerasan Brinell Pada Reducer Swing Elbow Dengan Metode Pengelasan Gtaw. *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*, 224-228.
- Istana, B., Ridwan A., Rilnanda A. (2017, Oktober ). Optimasi Tungku Peleburan Logam Aluminium Kapasitas 10 Kg Berbahan Bakar Oli Bekas Skala Laboratorium. *Jurnal Photon, Vol. 8 No. 1*, 167-173.
- Muttaqin I., Noor I. (2019, Juni). Analisa Mikrostruktur Dan Uji Kekerasan Brinell Pada Aluminium Scrap Dengan Menggunakan Media Pendingin. *JURNAL JIEOM, Vol. 2, No. 1*(ISSN: 2620-8184), 17-20.
- Niharman, Antonius FA S., Een T., Occa C. . (2021). Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Dengan Tekanan Konstan. *Jurnal TEKNOSIA*, 36-42.
- Septiano, A.F., Susilo, & Setyaningsih, N.E. (2021). Analisis Citra Hasil Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray (SEM EDX) Komposit Resin Timbal dengan Metode Contrast to Noise Ratio (CNR). *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 44(2), 81-85.
- Setiawan, R. (2018). Rancang Bangun Alat Peraga Sederhana Sistem Turbin Pelton Dengan Mengaplikasikan CAD/CAM Dan 3D Printing. *Tugas Akhir*, 1-64.
- Simamora, M. S. (2020). Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton. *Jurnal perancangan alat uji prestasi turbin pelton*, 1-9.
- Suminta, S., B. Bandriyana. (2008). Karakterisasi Bahan Paduan Al-Si Hasil Proses Queue Casting. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 272-277.
- Valuby, A. H., Shalahudin Y, YumonoF., Rizal R.F. (2022, Juli 2). Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika, Vol. 4*(e-ISSN: 2809-7742), 100-111.
- Joko Prihartono, Irsan Nurdiansyah. (2022, Januari). Perancangan Alat Uji Kekerasan Metode Brinell Dan Rockwell Berdasarkan VDI 2221. *Jurnal Teknik Mesin, Perancangan Alat Uji Kekerasan, Vol 24, No 1*.
- Ratih Ponco K.S., Erwin Siahaan dan Steven Darmawan. (2016, Mei 1). Pengaruh Unsur Silikon Pada Aluminium Alloy (Al – Si) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. *Jurnal Teknik Poros, Volume 14 Nomor 1, Mei 2016*, 49 – 56.
- Much Ahsanul Muttakin dan Heri Sunyoto. (2020). Pengaruh Temperatur Tuang Dan Penambahan Silikon Terhadap Kekerasan, Cacat Coran Dan Struktur Mikro Hasil Pengecoran Aluminium Dengan Cetakan Pasir. *Jurnal Kompetensi Teknik Vol. 12*,
- Callister Jr, William D, 2007, Material Science and Engineering An Introduction, 7th Edition, New Jersey : Jhon Wiley & Sons, Inc, Hoboken
- Junaidi, Ade Irawan. (2019). Analisa Pengujian Kekerasan Material Baja Karbon Rendah Dan Besi Menggunakan Metode Uji Brinell. *Jurnal Teknik Mesin dan Teknik Komputer, Vol. 7, No. 2, Tahun 2019*, 57-61
- Tanoyo, S., Priyowasito, B., & Wijoyo, W. (2017). Kajian Jumlah Saluran Masuk 9Ingate) terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Pengecoran Al-11Si dengan Cetakan Pasir Flywheel. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1).

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
**UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**LABORATORIUM METALURGI**  
 Jalan Almamater Kampus USU Medan, 20155  
 Telp; (061) 8211236, 8212090 Fax; (061) 8213250  
 Website; <http://dtm.usu.id> e-mail; [ft\\_usu@usu.ac.id](mailto:ft_usu@usu.ac.id)

**HASIL PENGUJIAN KEKERASAN BRINNEL**

Nama : M. Fadlan Akbar  
 NPM : 178130133  
 Jurusan : Teknik Mesin  
 Asal Kampus : Universitas Medan Area

**1. Aluminium**

**a. Variasi Media Pendingin Udara**

Variasi	Spesimen	Diameter Indentasi (mm)	Beban Penekanan (kgf)	Waktu Penahanan (detik)	Angka kekerasan Brinell	Rata-rata
Udara	1	1,5	125	15	69,4	68,98
	2	1,4			79,6	
	3	1,5			69,4	
	4	1,8			46,9	
	5	1,4			79,6	

**b. Variasi Media Pendingin Air**

Variasi	Spesimen	Diameter Indentasi (mm)	Beban Penekanan (kgf)	Waktu Penahanan (detik)	Angka kekerasan Brinell	Rata-rata
Air	1	1,4	125	15	79,6	68,18
	2	1,5			69,4	
	3	1,6			59,2	
	4	1,4			79,6	
	5	1,7			53,1	

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM METALURGI

Jalan Almamater Kampus USU Medan, 20155  
Telp; (061) 8211236, 8212090 Fax; (061) 8213250  
Website; <http://dtm.usu.id> e-mail; [ft\\_usu@usu.ac.id](mailto:ft_usu@usu.ac.id)



c. Variasi Media Pendingin Oli

Variasi	Spesimen	Diameter Indentasi (mm)	Beban Penekanan (kgf)	Waktu Penahanan (detik)	Angka kekerasan Brinell	Rata-rata
Oli	1	1,5	125	15	69,4	71,44
	2	1,4			79,6	
	3	1,4			79,6	
	4	1,5			69,4	
	5	1,6			59,2	

Medan, 13 November 2023

Plt. Laboran

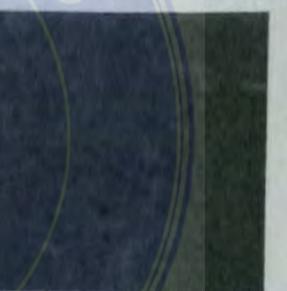


 **UNIT PELAKSANA TEKNIS**  
**LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU**  
**UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**  
Jalan Triharma, Kampus USU Medan 20155  
Laman: lpterpadu.usu.ac.id Email: lpterpadu@usu.ac.id

 **Laboratorium**  
**Penelitian Terpadu**

Halaman: 2 dari 2  
Page

Lampiran Hasil Uji No. Laporan: /UNS.4.4.1/KPM/2023:

 HL 00.1 x4000 200 um USU	 HL 01.5 x4500 30 um USU	 HL 01.5 x4500 30 um USU
 HL 00.1 x4000 200 um USU	 HL 01.1 x4500 30 um USU	 HL 01.1 x4500 30 um USU
 HL 00.1 x4000 200 um USU	 HL 00.2 x4500 30 um USU	 HL 00.2 x4500 30 um USU

Kepala UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu  
Universitas Sumatera Utara

  
Dr. Ir. Rahmi Carolina, ST., MT., IPM., GP  
NIP. 198203182008122001

Certified  
ISO 9001:2015  
by GCI

Laporan Hasil Uji ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan hanya untuk nama/jenis contoh di atas.  
Report of Analysis valid since the date issued, to the name/kind of sample (s) above only.  
Dilarang memperbanyak atau mempublikasikan sertifikat ini tanpa persetujuan tertulis dari UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu USU.  
Do not reproduce this certificate without a valid written approval from UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu USU.

