

**PENGARUH PENAMBAHAN TEMBAGA DAN KUNINGAN
TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK DAUR
ULANG ALUMINIUM LIMBAH RUMAH TANGGA HASIL
PENGECORAN SENTRIFUGAL**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah satu Syarat
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Jenjang Sastra Satu (S1)
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Ponorogo



AGUNG BUDI SADEWA
19511347

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Agung Budi Sadewa
NIM : 19511347
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Pengaruh penambahan tembaga dan kuningan terhadap kekerasan dan kekuatan tarik daur ulang alumunium limbah rumah tangga hasil pengecoran sentrifugal.

Isi dan formatnya telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat Untuk melengkapi persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.

Ponorogo, 13 Agustus 2024

Menyetujui

Dosen Pembimbing I,



(Ir. Fadelan, M. T.)

NIK. 19610509 199009 12

Dosen Pembimbing II,



(Yoyok Winardi, S.T., M.T.)

NIK. 19860803 201909 13

Dekan Fakultas Teknik,



(Edy Kurniawan, S.T., M.T.)

NIK. 19771026 200810 12

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Mesin,



(Yoyok Winardi, S.T., M.T.)

NIK. 19860803 201909 13

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agung Budi Sadewa
NIM : 19511347
Program Studi : Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul : “Pengaruh penambahan tembaga dan kuningan terhadap kekerasan dan kekuatan tarik daur ulang alumunium limbah rumah tangga hasil pengecoran sentrifugal.” Bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang saya rancang/teliti di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar Pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiatisme, saya bersedia ijazah saya dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarnya.

Ponorogo, 13 Agustus 2024
Mahasiswa,



Agung Budi Sadewa
NIM. 19511347

BERITA ACARA UJIAN

Nama : Agung Budi Sadewa
NIM : 19511347
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Pengaruh penambahan tembaga dan kuningan terhadap kekerasan dan kekuatan tarik daur ulang alumunium limbah rumah tangga hasil pengecoran sentrifugal.

Telah diuji dan dipertahankan dihadapan
Dosen penguji tugas akhir jenjang Strata Satu (S1) pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 13 Agustus 2024
Nilai :

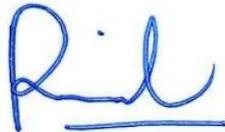
Dosen Penguji,

Ketua Penguji



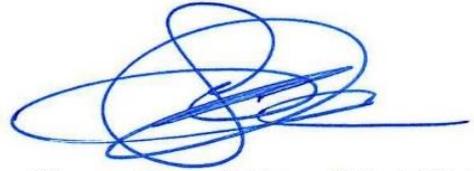
Ir. Fadelan, M.T.
NIK. 19610509 199009 12

Anggota Penguji I



Rizal Arifin, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIK. 19870920 201204 12

Anggota Penguji II



Wawan Trisnadi Putra, S.T., M.T. P. hD
NIK. 19800220 202109 12

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Edy Kurniawan S.T., M.T.
NIK. 19771026 200810 12

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Yoyok Winardi, S.T., M.T.
NIK. 19860803 201909 13

BERITA ACARA

BIMBINGAN SKRIPSI

Nama

Agung Budi Sadewa

NIM

19511347

Judul Skripsi

Pengaruh Penambahan Tembaga dan Kuningan Terhadap Ketahanan dan Kekuatan Tarik Pada Berbagai Alur dan Material

Dosen Pembimbing 1

Ir. Fadelan, M.T.

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	6/6/2023	BAB I	- Penambahan unsur Kuningan pada judul	
2	6/6/2023	BAB I	- Penambahan kelas Material pada bab 2	
3	6/6/2023	BAB I	- Perbandingan Campuran ditambahkan pada Batasan Masalah	
4	6/6/2023	BAB I	ACC BAB I	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	10/11/2023	BAB III	Perubahan Teori pada penelitian Tindakan	
6	10/11/2023	BAB II	Perubahan Teori Upr Tindakan dan Upr Keberhasilan	
7	10/11/2023	BAB III	Perubahan Rumus Upr Keberhasilan dan Upr Tindakan	
8	16/11/2023	BAB II	ACE BAB II	
9	16/11/2023	BAB III	Penelitian diperbaiki dan Diapikan, ACE	
10	12/1/2024	BAB IV	Konsul Data Hasil Regyion	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	21/7/21	BAB <u>III</u>	Ditambahkan Rumus	
12	28/2/21	BAB <u>III</u>	Foto BAB <u>III</u>	
13	30/2/21	BAB <u>III</u>	Pemilihan diagram	
14	24/2/21	BAB <u>III</u>	ACC Pengujian Tank ACC Pengujian Kekerasan	
15	01/7/21	BAB <u>IV</u>	Pembelatan nervasi; Bab <u>IV</u> , <u>V</u>	
16	10/1/2021	BAB <u>V</u>	Acc BAB <u>IV</u> dan <u>V</u> Acc Sidang	

BERITA ACARA

BIMBINGAN SKRIPSI

Nama

Agung Budi Sudawa

NIM

19511347

Judul Skripsi

Pengaruh Pemahaman Tembung dan Koneksi Terhadap Kebasaan dan Tark Dur Uday Atmanin Lela Pamb. Tangga Hasil Pajanan

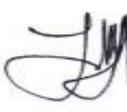
Dosen Pembimbing 2

Xoyok Ktiandi, S.T., M.T. Satryagal

PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	23/10/2023	BAB I	Latih Berkebang de kembang kan Hasil Realisasi Terdahulu	
2	31/10/2023	BAB I	Perubahan Khusus Dur Uday Pada bab I Revisian Masalah	
3	27/11/2023	BAB I	Perubahan Revisian Sebelumnya	
4	23/11/2023	BAB II	Dasar Teori Bahan	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	25/4/2024	BAB II	Dasar teori Pengujian Material	
6	28/4/2024	BAB III	Prosedur Pembuatan Emulsi	
7	29/4/2024	BAB III	* Pengolahan data * Diagram Alir * Daftar Pustaka	
8	29/4/2024	BAB III	Perambatan amplitudo data BAB III	
9	30/4/2024	ACC BAB III	ACC BAB III	
10	12/7/2024	BAB IV	Koment Hasil Pengujian	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	17/7/2024	BAB <u>IV</u>	Pemambahan Jurnal	
12	19/7/2024	BAB <u>IV</u>	Revisi Tank	
13	21/7/2024	BAB <u>IV</u>	Ditambah kan Rumus Pengujian Tank	
14	29/7/24	BAB <u>IV</u>	Revisi Tank Ditambah Foto	
15	30/7/24	BAB <u>IV</u>	Foto ditambakn Pada pengujian Tank	
16	31/7/24	BAB <u>V</u>	Acc	

PENGARUH PENAMBAHAN TEMBAGA DAN KUNINGAN TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK DAUR ULANG ALUMINIUM LIMBAH RUMAH TANGGA HASIL PENGECORAN SENTRIFUGAL

Agung Budi Sadewa, Fadelan, Yoyok Winardi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponotogo

Email : agungsadewa1958@gmail.com

Abstrak

Pengecoran aluminium merupakan proses teknis yang menggabungkan sejumlah komponen kimia untuk menciptakan komposisi ideal guna meningkatkan kekuatan mekanis aluminium. Aluminium dicampur dengan unsur lain seperti tembaga, kuningan, dan aluminium untuk meningkatkan sifat-sifatnya. Metode pengecoran sentrifugal digunakan dalam penelitian ini. Setelah itu, dua pengujian kekuatan tarik dan kekerasan digunakan untuk melakukan penelitian. Penelitian ini memanfaatkan komponen-komponen yang sudah tidak digunakan lagi, seperti panci aluminium yang masih digunakan.. Dari penelitian yang sudah saya lakukan, diperoleh hasil tegangan tarik aluminium variasi kuningan sebesar 160,9 MPa, pada variasi tembaga mendapatkan nilai yaitu sebesar 130,7 MPa. Kekerasan aluminium akan meningkat seiring dengan penambahan unsur kuningan dan tembaga nilai rata-rata aluminium variasi tembaga dan aluminium variasi kuningan meningkat yaitu sebesar 70 BHN. Kenaikan nilai kekerasan dikarenakan paduan serbuk unsur kuningan dan tembaga, sehingga disaat variasi bahan akan dicor ulang menghasilkan kepadatan yang tinggi.

Kata Kunci : Pengecoran, Uji Tarik, Uji Kekerasan

MOTTO

*“Berjalan tak seperti rencana adalah jalan yang sudah biasa dan jalan satu-satunya jalani
sebaik-baiknya.”(FSTVLST).*



HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim

Dengan rahmat Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang dengan ini saya mempersembahkan Skripsi ini untuk:

1. Allah SWT, kusembahkan kepadamu Tuhan yang Maha Agung, Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas takdir-Mu kaujadikan hambamu ini manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani setiap rintangan di kehidupan ini. Terima kasih Tuhan engkau telah memberi kesempatan untuk melewati suatu kehidupan dengan cara seperti ini.
2. Kupersembahkan kepada almarhum kedua Orang tuaku, alm. ibu Suwarti dan alm. bapak Suwanto yang sangat ingin aku banggakan, maafkan anakmu ini yang belum bisa membahagiakanmu.
3. Bapak Ir. Fadelan, M.T. dan Yoyok Winardi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang selalu sabar dan selalu memberi saran serta masukan dalam mengerjakan skripsi ini.
4. Segenap staf pengajar, asisten dosen dan keluarga besar Universitas Muhammadiyah Ponorogo yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Teman-teman Teknik Mesin Kelas A dan B Angkatan 2019 yang sudah membatnu saya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, hidayat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “PENGARUH PENAMBAHAN TEMBAGA DAN KUNINGAN TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK DAUR ULANG ALUMINIUM LIMBAH RUMAH TANGGA HASIL PENGECORAN SENTRIFUGAL”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana jenjang strata satu (S1), pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo. Maka dengan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
3. Ketua Program Studi Strata Satu (S1) Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
4. Bapak Ir. Fadelan, M.T. dan Yoyok Winardi, ST. MT. selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dan memberikan motivasi pada penulis dalam menyusun skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
6. Almarhum Ibu dan Bapak tercinta yang selalu menjadi motivasiku.

Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak. Penulis juga menyadari skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Akhir kata penulis mohon maaf apabila selama penyajian skripsi ini terdapat kesalahan yang kurang berkenan bagi kita semua.

Ponorogo, 13 Agustus 2024

Agung Budi Sadewa

NIM. 19511347

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	iii
BERITA ACARA UJIAN.....	iv
HALAMAN BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI.....	v
ABSTRAK.....	xi
MOTTO.....	xii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	xiii
KATA PENGANTAR.....	xiv
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batas Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Pengecoran Logam.....	6
2.2.2 Centrifugal Casting.....	8
2.2.3 Alumunium.....	10
2.2.4 Tembaga.....	13
2.2.5 Kuningan.....	15
2.2.6 Pengujian Kekerasan.....	17
2.2.7 Uji Kekuatan Tarik.....	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	22

3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Pembuatan Sampel Penelitian	24
3.4 Pengujian Sampel Penelitian	26
3.5 Diagram Alur Penelitian.....	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil Pengujian Tarik.....	29
4.2 Hasil Pengujian Kekerasan.....	33
4.3 Pembahasan Hasil Uji Tarik.....	35
4.4 Pembahasan Hasil Uji Kekerasan	37
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	43

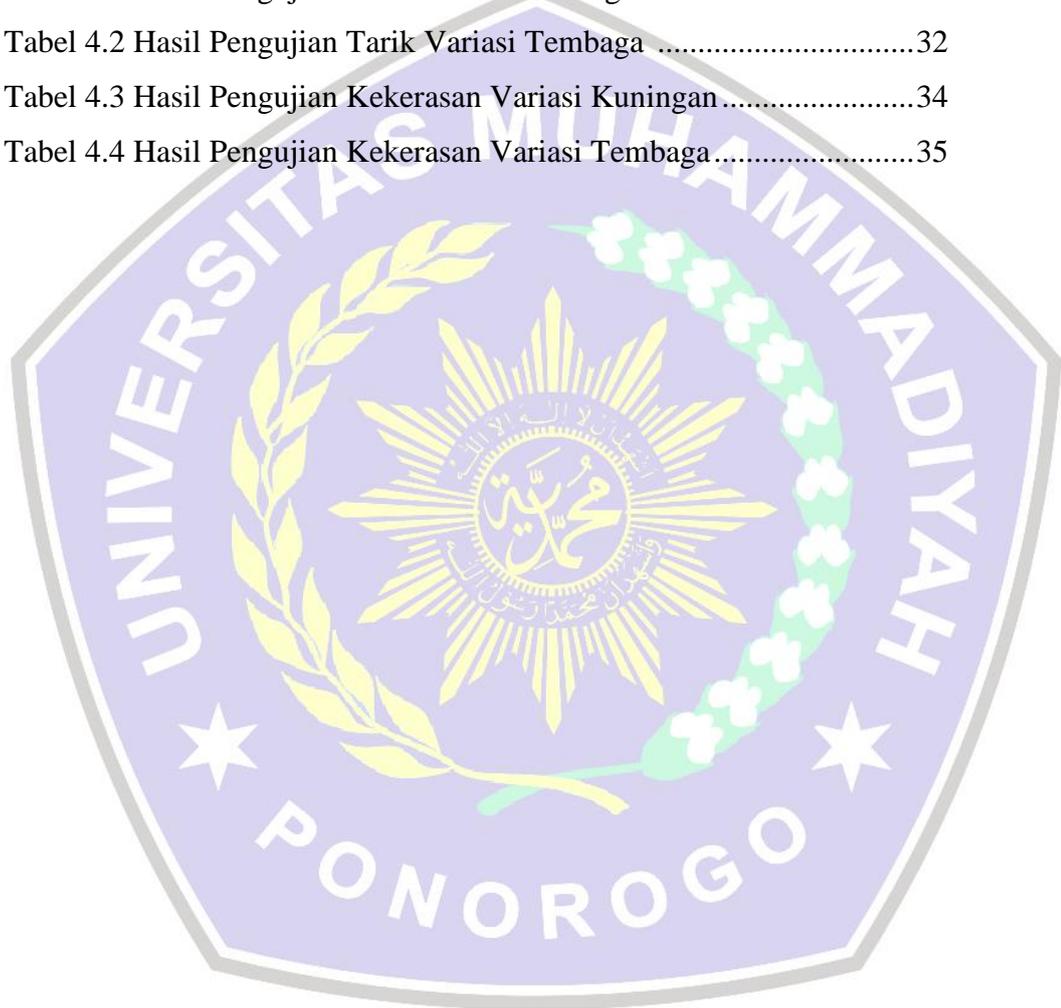


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengecoran Cetakan Permanen	7
Gambar 2.2 Pengecoran Cetakan Pasir	7
Gambar 2.3 Proses Pengecoran Sentrifugal	9
Gambar 2.4 Indentor Brinell	18
Gambar 2.5 Skema Pengujian Tarik	20
Gambar 3.1 Spesimen Uji Kekerasan	25
Gambar 3.2 Spesimen Uji Tarik Alumunium	26
Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Spesimen Al Variasi CuZn Sebelum Uji Tarik.....	29
Gambar 4.2 Spesimen Al Variasi Cu Sebelum Uji Tarik	29
Gambar 4.3 Spesimen Al Variasi CyZn Sesudah Uji Tarik.....	30
Gambar 4.4 Spesimen Al Variasi Cu Sesudah Uji Tarik.....	30
Gambar 4.5 Spesimen Uji Kekerasan	33
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Tarik Variasi Kuningan	36
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Tarik Variasi Tembaga	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Alumunium.....	12
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Alumunium.....	13
Tabel 2.3 Sifat Tembaga	14
Tabel 2.4 Sifat Kuningan	16
Tabel 3.1 Komposisi Bahan	24
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tarik Variasi Kuningan	31
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tarik Variasi Tembaga	32
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekerasan Variasi Kuningan.....	34
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kekerasan Variasi Tembaga.....	35



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Apabila tidak ditangani, aluminium yang terkumpul terbuang sia-sia karena aluminium banyak sekali digunakan dalam kehidupan sehari-hari, kebutuhan rumah tangga, dan produksi komponen material industri akan berdampak pada lingkungan. Oleh karena itu, proses pengecoran dalam tungku crucible harus dicoba dengan limbah aluminium agar dapat diolah menjadi produk dengan harga jual yang lebih tinggi [1].

Alumunium merupakan salah satu logam yang memiliki banyak keuntungan. Salah satu keuntungan tersebut diantaranya memiliki sifat yang ringan, ulet, daya hantar panas, daya listrik yang baik, tidak mudah korosi, dan mudah dibentuk. Sehingga dengan banyaknya keuntungan tersebut, maka aluminium banyak digunakan dalam berbagai macam peralatan.

Alumunium sering kali kita jumpai digunakan sebagai komponen otomotif, komponen elektronik, kemudian konstruksi bangunan (kusen dan pintu), dan perabotan rumah tangga. Khususnya pada peralatan rumah tangga, yaitu dengan pemakaian sehari-hari dan terus menerus serta dalam siklus yang lama maka akan memunculkan limbah. Sebagaimana yang kita ketahui limbah aluminium tidak bisa dimusnahkan, Namun hanya bisa didaur ulang kembali menjadi bentuk yang lain. Limbah rumah tangga khususnya panci sering kali kita jumpai mengalami perubahan bentuk. Salah satu contohnya adalah mudah penyok, hal ini dikarenakan pada saat digunakan untuk memasak sehingga terjadi beberapa peristiwa yang diakibatkan karena siklus pemanasan yang berulang-ulang. Sehingga tidak dapat dipungkiri banyaknya penggunaan aluminium juga dapat menimbulkan masalah terhadap banyaknya limbah aluminium bekas yang dampaknya berbahaya dalam lingkungan, sehingga perlu untuk dilakukannya daur ulang dari limbah aluminium. Yaitu salah satu caranya dengan *centrifugal casting* atau pengecoran sentrifugal.

Aluminium merupakan logam non-ferrous yang selalu dimanfaatkan. Aluminium dipilih karena memiliki berat jenis yang sangat seimbang, Indonesia menghasilkan satu ton aluminium setiap harinya untuk memenuhi berbagai sektor usaha, termasuk keperluan rumah tangga seperti mencari emas karena kebutuhan dan berbagai barang aluminium lainnya. Namun, dengan semakin banyaknya barang aluminium, maka akan menghasilkan banyak pula sampah aluminium. Aluminium berdampak pada iklim. Jika rusak, maka dapat mencemari lingkungan sekitar dan menjadi ancaman bagi makhluk hidup atau manusia, oleh karena itu diperlukan tindakan untuk menanggulangi hal tersebut. Salah satu caranya adalah dengan menerapkan suatu metode penanganan dengan cara mencairkan kembali sampah logam aluminium. [2].

Menurut penelitian B. Hidayanto, aluminium memiliki sifat-sifat yang ringan dan tahan terhadap konsumsi seperti tembaga, mangan, magnesium dan berbagai komponen lainnya.. Meskipun demikian, dalam pemilihan material paduan aluminium yang digunakan dalam sistem penyusunan, sering kali kita temukan bahwa material yang ada saat ini memiliki sifat-sifat yang tidak sesuai dengan asumsi. Misalnya, kekerasan, kekuatan, dan kelenturan. Oleh karena itu, untuk menghasilkan sifat logam paduan aluminium yang sesuai dengan harapan, diperlukan suatu metode untuk meningkatkan kekuatan paduan tersebut, antara lain dengan menambahkan komponen paduan yang tepat [3].

Sigit F dalam penelitiannya, penambahan unsur logam cair seperti tembaga, magnesium, mangan, seng, dan kuningan dapat meningkatkan sifat aluminium sehingga kekuatan mekanik yang diharapkan dapat meningkat. Dengan penambahan unsur tembaga, kekerasan akan meningkat, hambatan erosi akan berkurang, dan berat jenis akan meningkat [4].

Dalam penelitiannya, Juraini Indah menganalisis pengaruh penambahan seng (Zn) terhadap sifat fisik dan mekanik komposit aluminium pada kadar seng 0%, 10%, 30%, dan 40%. Berdasarkan hasil penelitian, peningkatan suhu sintering dan penambahan seng (Zn) sama-sama mengakibatkan peningkatan nilai ketebalan. Pada suhu sintering, komposisi yang mengandung seng (Zn) hingga 10% cenderung mengalami penurunan porositas, sedangkan komposisi

yang mengandung lebih dari 10% cenderung mengalami peningkatan. Nilai ketebalan tertinggi diperoleh pada suhu sintering 650 °C, yaitu sebesar 2,79 gr/cm. Pada kadar seng 10% dan suhu sintering 550 °C, seng (Zn) memperoleh nilai porositas paling rendah, yaitu sebesar 1,14 persen [5].

Dari beberapa literature, kajian ini bertujuan untuk memutuskan dampak penambahan komponen tembaga dan logam terhadap kekerasan dan kekuatan bahan coran aluminium limbah rumah tangga daur ulang dari pengecoran sentrifugal.

1.2 Perumusan Masalah

Untuk memudahkan dalam penulisan penelitian ini, maka perlu dirumuskan masalah yang akan dituangkan dalam pembahasannya, yaitu sebagai berikut ini :

- a. Bagaimana pengaruh penambahan tembaga dan kuningan pada daur ulang aluminium limbah rumah tangga terhadap nilai kekerasan dengan menggunakan pengecoran sentrifugal ?
- b. Bagaimana pengaruh penambahan tembaga dan kuningan pada daur ulang aluminium limbah rumah tangga terhadap uji kekuatan Tarik dengan menggunakan pengecoran sentrifugal ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian atau perancangan ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan tembaga dan kuningan pada daur ulang aluminium limbah rumah tangga terhadap nilai kekerasan dengan menggunakan pengecoran sentrifugal.
- b. Untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan tembaga dan kuningan pada daur ulang aluminium limbah rumah tangga terhadap nilai uji kekuatan tarik dengan menggunakan pengecoran sentrifugal.

1.4 Batasan Masalan

Adapun batasan masalah ini, penulis melihat indentifikasi masalah diatas maka pembahasan ini dirumuskan sebagai berikut :

- a. Pada penelitian ini bahan bakunya adalah limbah rumah tangga berbahan dasar alumunium.
- b. Limbah rumah tangga yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu menggunakan alumunium limah rumah tangga seperti panci berbahan alumunium.
- c. Pengecoran menggunakan *Centrifugal Casting*.
- d. Menggunakan penambahan unsur Kuningan.
- e. Menggunakan penambahan unsur Tembaga.
- f. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan dan uji tarik.

1.5 Manfaat Penelitian

- a. Melatih dan mempraktikkan apa yang telah dipelajari siswa sehingga mereka siap untuk dunia kerja.
- b. Diharapkan mampu membandingkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik variasi penambahan campuran logam pada tahap proses pengecoran sentrifugal.
- c. Untuk mendapatkan hasil yang dapat digunakan sebagai panduan saat membuat produk baru dari limbah bekas aluminium rumah tangga.
- d. Menambah ilmu pengetahuan tentang perbedaan kekerasan dan kekuatan tarik hasil pengecoran centrifugal casting pada pengecoran alumunium bekas daur ulang limbah rumah tangga dengan penambahan tembaga dan kuningan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian yang dilakukan oleh S. Kirono dengan menggunakan metode ogoshi akan menggunakan pengujian seperti pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan Brinell, pengujian keausan (ogoshi), dan pengujian mikrostruktur dilakukan dengan pendekatan ini. Aluminium (76,140%) dan silikon (13,898%) merupakan mayoritas temuan uji komposisi kimia. Blok silinder aluminium dan silikon berada pada fase hipereutektik dengan kandungan silikon kurang dari 12 persen. Selain itu, nilai kekerasan rata-rata sebesar 151,5 HB ditentukan oleh uji kekerasan Brinell. Blok liner silinder menunjukkan sedikit keausan karena memiliki nilai kekerasan yang cukup tinggi. Namun, blok silinder aluminium silikon tidak dapat berukuran lebih besar atau di-ream pada dinding liner blok silinder karena nilai kekerasan yang diperoleh [6].

Samhuddin dkk. meneliti tentang pengaruh penambahan abu terbang batu bara terhadap kekerasan dan kekuatan produk akhir dalam suatu penelitian. Penelitian tersebut menggunakan limbah kaleng aluminium dan meleburnya dengan limbah batu bara (abu terbang) dengan perbandingan 60% : 40%, 70% : 30%, dan 80% : 20%. Paduan Al-abu terbang memiliki hasil uji kekerasan terendah ($49,78528 \text{ kg/mm}^2$), sedangkan Paduan Al-abu terbang memiliki hasil uji tertinggi (80:20 yaitu $60,25068 \text{ kg/mm}^2$). Paduan Al-abu terbang 60%:40% memiliki nilai ketangguhan tertinggi dengan nilai $0,612 \text{ J/mm}^2$, sedangkan paduan aluminium 100% memiliki nilai terendah dengan nilai $0,056 \text{ J/mm}^2$ [7].

Dalam penelitian yang dilakukan G. Rifki Eka tentang pengaruh penambahan aluminium, silikon, selanjutnya tembaga dengan pemeriksaan run edge. Bahan baku penelitian ini adalah sprint rim aluminium dan paduan aluminium daur ulang yang terbuat dari aluminium lama yang telah dicairkan dan dicetak dalam wadah tipe dipper. Alat yang digunakan dalam uji ini adalah serpovouse. Sementara alat yang digunakan dalam pengujian kekerasan, mikrostruktur, uji pengaruh, uji komposisi kimia adalah uji impact, uji

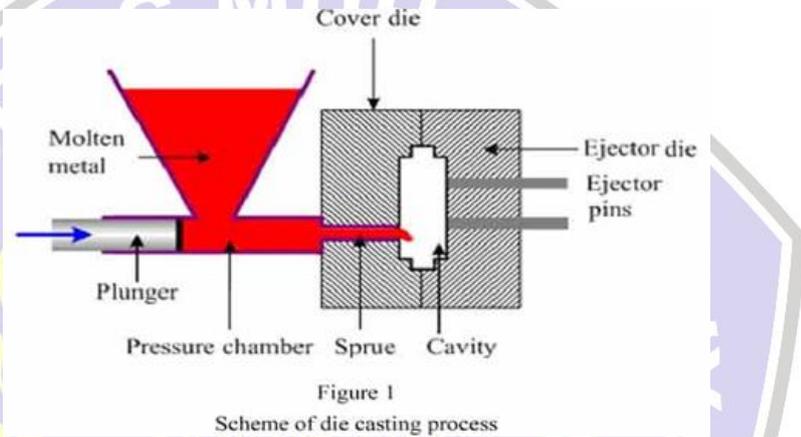
kekerasan Brinell, mikroskop metalurgi dari Olympus, dan spektrometer emisi. Standar ASTM B557 digunakan untuk pengujian tarik, dan tahap ini melibatkan penarikan spesimen hingga putus. Hasil pengujian ini dapat diketahui dan dilihat di komputer. Pengujian impak dengan standar ASTM E23 melibatkan pemukulan spesimen uji dengan bandul hingga putus dan hasilnya dicatat pada indikator; pengujian kekerasan Brinell dengan standar ASTM E10 melibatkan pengamatan spesimen di bawah mikroskop; pengujian mikrostruktur dengan standar ASTM E3 melibatkan peregangan gas argon ke permukaan spesimen; dan pengujian komposisi kimia dengan standar E1251 melibatkan pembacaan hasil uji di komputer. Rata-rata kekuatan tarik coran yang diukur dengan uji aluminium-silikon-tembaga (Cu) adalah 93,8 N/mm². Komposisi kimia aluminium-silikon (Si)-tembaga (Cu) dari hasil pengecoran diperoleh kandungan unsur utama aluminium 87,58 persen, silikon (Si) 7,93 persen, tembaga (Cu) 2,8030%, dan seng (Zn) 0,1894%. Sementara itu, pelek sprint aluminium mendapatkan nilai kuat tarik rata-rata sebesar 171,2 N/mm². Pada pengujian impak energi yang diserap, nilai hasil rata-rata sebesar 2,29 Joule, dan rata-rata impak tipikal sebesar 0,022 J/mm². Komponen utama komposisi kimia pelek sprint aluminium adalah aluminium (87,16 persen), silikon (9,95 persen), seng (0,0369%), dan tembaga (2,0370%) [8].

2.2 Dasar Teori

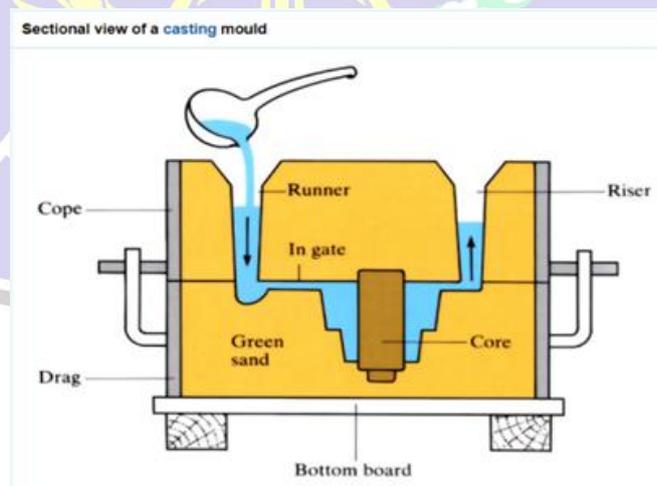
2.2.1 Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan strategi untuk merakit benda-benda di mana logam dipanaskan dalam pemanas, dicairkan hingga lunak, dan kemudian diisi lubang cetakan sesuai dengan keadaan awal benda yang ditonjolkan. Teknik pengecoran logam hadir dalam berbagai gaya, yang masing-masing didasarkan pada cetakannya. Pasir biasanya digunakan dalam pengecoran dengan cetakan sekali pakai atau cetakan yang tidak terlalu tahan lama. Bisnis logam sering kali menggunakan pengecoran logam menggunakan cetakan super tahan lama, yang merupakan teknik pengecoran yang menggunakan cetakan atau bentuk tahan lama yang dapat digunakan untuk beberapa strategi pengecoran. Ada sejumlah keuntungan dan kerugian

dari pengecoran logam. Prosedur pengecoran logam dipisahkan menjadi beberapa jenis berdasarkan bentuknya. Pengecoran dengan cetakan non-super tahan lama atau bentuk sekali pakai umumnya menggunakan pasir dan pasir yang digunakan dalam pengecoran ini adalah pasir silika, pasir zirkon atau pasir hijau. Industri logam sering kali menggunakan pengecoran logam menggunakan cetakan permanen, yang merupakan metode pengecoran yang menggunakan cetakan permanen atau cetakan yang dapat digunakan untuk beberapa pengecoran. Dibawah ini merupakan gambar pengecoran cetakan permanen dan cetakan pasir dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2



Gambar 2.1 Pengecoran Cetakan Permanen



Gambar 2.2 Pengecoran Cetakan Pasir

Proses pengecoran logam memiliki sejumlah keuntungan, termasuk kemampuan untuk bekerja dengan berbagai bentuk, ukuran, dan logam, biaya yang lebih rendah daripada metode manufaktur lainnya, kemampuan untuk mendaur ulang tanpa mengorbankan kualitas, kemampuan untuk mengoptimalkan komponen pengecoran melalui penggunaan berbagai bahan pengecoran, dan kemampuan untuk menghemat bahan melalui pemesinan.

Sementara itu, proses pengecoran memiliki sejumlah kelemahan, termasuk hasil permukaan dan akurasi dimensi yang buruk, sifat mekanis yang buruk, dan risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan dari proses peleburan dan penuangan. Pengecoran aluminium melibatkan penuangan aluminium cair ke dalam cetakan, memasukkannya ke dalam rongga, membiarkannya memadat di sana, dan kemudian mengeluarkannya. Bahan yang digunakan, serta suhu di mana bahan pengecoran dan logam meleleh, serta pengaturan di mana benda kerja dibuat dan cuaca buruk juga memengaruhi hasil pengecoran, semuanya merupakan faktor eksternal dalam proses pengecoran logam aluminium [9].

2.2.2 Centrifugal Casting

A. Raharja pada penelitian yang telah dilakukannya dijelaskan bahwa Metode pengecoran yang dikenal sebagai pengecoran sentrifugal memanfaatkan gaya sentrifugal untuk mendistribusikan material cor ke seluruh rongga cetakan. Pengecoran sentrifugal horizontal (poros horizontal) dan pengecoran sentrifugal vertikal (poros vertikal) adalah dua mekanisme yang digunakan dalam pengecoran sentrifugal. Biasanya, metode ini digunakan untuk membuat objek atau komponen yang lebih murah dengan geometri yang rumit. Bantalan mesin pengecoran sentrifugal vertikal adalah salah satu komponen yang dapat menahan poros di tempatnya sehingga dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Agar poros dan komponen lainnya berfungsi dengan baik, bantalan harus cukup kuat. Bantalan rol bantalan tirus digunakan dalam mesin pengecoran sentrifugal vertikal karena mampu menahan gaya aksial dan radial yang disebabkan oleh beban meja putar dan cetakan pengecoran. Untuk membuat objek cor tabular

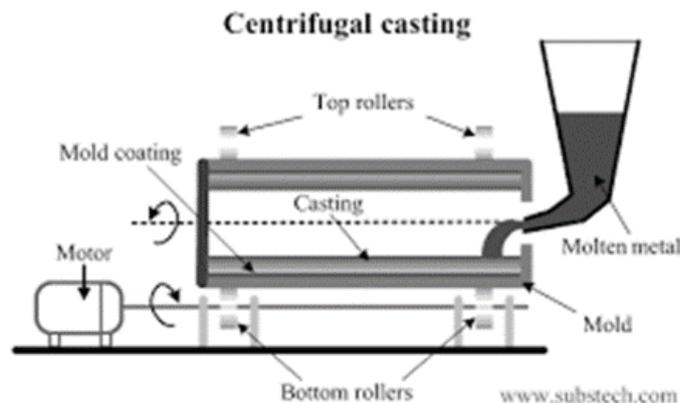
seperti pipa, tabung, dan cincin, logam cair dituangkan ke dalam cetakan berputar dalam pengecoran sentrifugal. Pengecoran sentrifugal memiliki keunggulan yaitu sebagai berikut :

- a. Dapat digunakan untuk ukuran benda cor yang besar.
- b. Permukaannya memiliki pengukuran yang akurat.
- c. Biaya pengerjaan relative lebih rendah.
- d. Tingkat produksi tinggi.
- e. Menghasilkan sifat mekanik yang hebat, karena daya luarnya yang besar, proyeksi dengan strategi ini menghasilkan objek cor dengan butiran halus pada permukaan luar dan memiliki sifat mekanik seperti elastisitas.

Pengecoran sentrifugal juga memiliki keterbatasan maupun kekurangan dalam tahap proses coran yaitu antara lain sebagai berikut :

- a. Memproduksi barang produksi membutuhkan waktu lebih lama.
- b. Karena kecenderungan unsur-unsur yang lebih berat untuk terpisah dari logam yang lebih besar, ada beberapa paduan yang sulit dicetak secara sentrifugal. Keunikan ini dalam banyak kasus disebut isolasi gravitasi.
- c. Terbatas pada coran silinder yang terisi. [10].

Berikut ini merupakan gambar proses pengecoran sentrifugal dapat dilihat pada gambar 2.3 :



Gambar 2.3 Proses Pengecoran Sentrifugal

2.2.3 Alumunium

Menurut penelitian Supriyanto dijelaskan bahwa alumunium (Al) adalah logam ringan yang tahan terhadap korosi, menghantarkan listrik dengan baik, ringan dan mudah dibentuk, serta memiliki sifat-sifat baik lainnya. Aluminium dapat dikombinasikan atau dicampur dengan sejumlah bahan lain, seperti tembaga (Cu), nikel (Ni), timah (Sn), mangan (Mn), magnesium (Mg), dan seng (Zn), untuk meningkatkan sifat-sifatnya lebih jauh. Aluminium dapat dicampur secara terpisah atau dikombinasikan dengan sejumlah bahan lain. Dengan berat jenis 2,96 gram per meter kubik dan titik leleh 660 derajat Celsius, aluminium sering ditemukan pada barang-barang rumah tangga, mobil, pesawat terbang, pagar, dan bahan konstruksi. Meskipun aluminium murni kurang kuat, aluminium dapat diperkuat dengan menambahkan bahan paduan lain seperti tembaga (Cu), nikel (Ni), magnesium (Mg), mangan (Mn), seng (Zn), dan paduan lainnya. Menurut bahan paduan dan aplikasinya, ada banyak jenis aluminium, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangan yang berbeda. Ada beberapa jenis aluminium, yaitu sebagai berikut:

1. Aluminium absolut 99 persen aluminium, tanpa logam lain yang ditambahkan. Aluminium ini hanya memiliki kekuatan tarik 90 Mpa. Karena dianggap terlalu lunak untuk penggunaan yang luas, maka harus dikombinasikan dengan logam lain.
2. Al-Si, atau paduan aluminium silikon, 15 persen dari paduan aluminium ini terbuat dari silikon. Silikon dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan hingga 525 Mpa. Pembentukan kristal butiran silika dapat secara dramatis meningkatkan tingkat kerapuhan jika paduan silikon lebih besar dari 15%.
3. Aluminium paduan magnesium (Al-Mg) Paduan aluminium ini memiliki kandungan magnesium sekitar 15,35%, yang memungkinkannya memiliki titik leleh yang jauh lebih rendah dari 600 °C hingga 450 °C dan juga memungkinkan logam berfungsi secara efektif pada suhu yang sangat rendah.

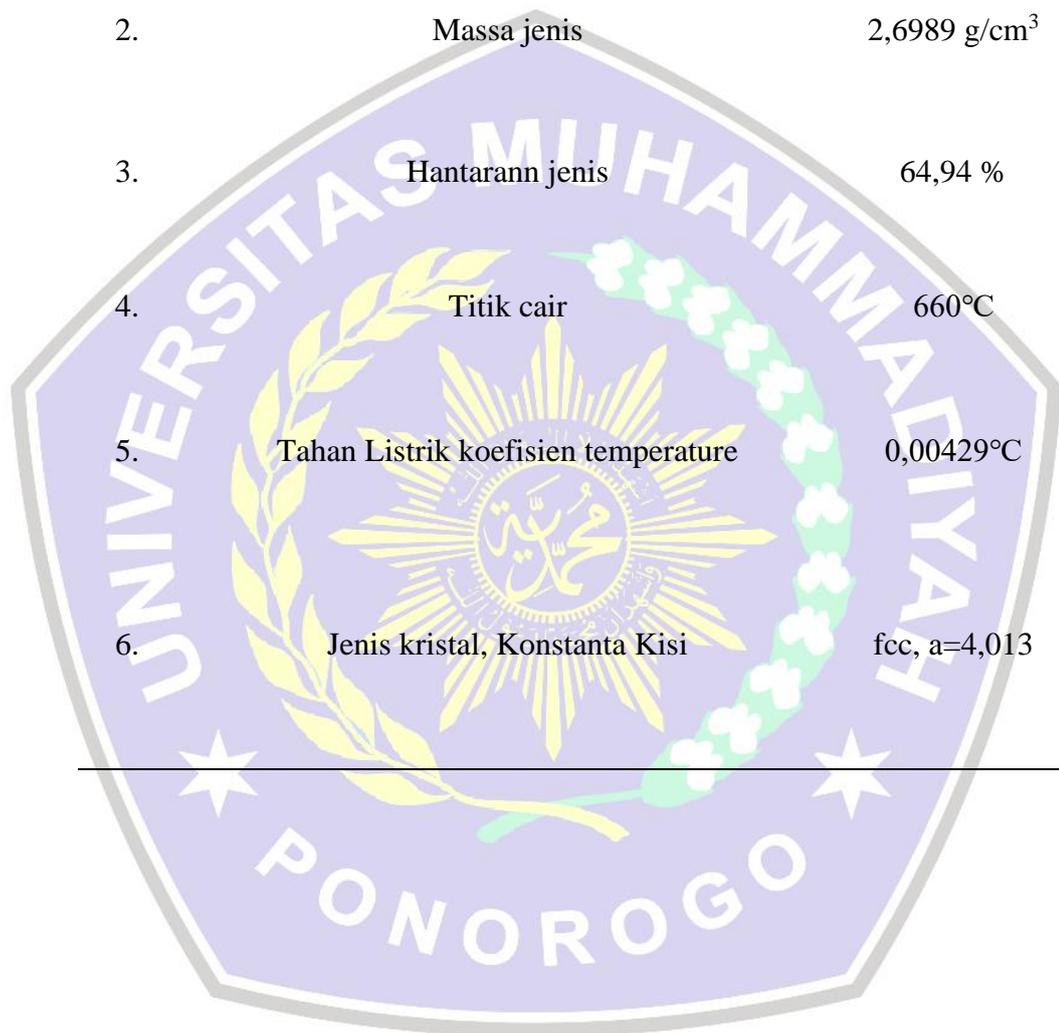
4. Aluminium paduan tembaga (Al-Cu) Sekitar 5,6% tembaga ditambahkan ke paduan aluminium ini. Meskipun kuat dan keras, paduan aluminium-tembaga ini rapuh.
5. Paduan aluminium dan mangan (Al-Mn) Karena paduan ini memiliki kuat tarik yang tinggi tetapi tidak terlalu getas, maka sifat-sifatnya yang dapat dengan mudah mengalami pengerasan regangan akan terpengaruh oleh penambahan mangan ke dalamnya.
6. Paduan seng dari aluminium (Al-Zn) Jika dibandingkan dengan paduan lainnya, paduan aluminium yang mengandung seng ini memiliki kekuatan yang paling tinggi. Dengan menambahkan sekitar 5,5% seng, maka dapat mencapai kuat tarik sebesar 580 Mpa.
7. Paduan litium-aluminium Kepadatan aluminium akan berkurang jika litium ditambahkan, dan kepadatan paduan akan berkurang sekitar 3% jika litium ditambahkan pada konsentrasi satu persen.
8. Paduan aluminium dari Skandium Pemuai paduan akan berkurang jika skandium ditambahkan ke aluminium. Akan tetapi, terdapat banyak paduan yang lebih murah dan lebih sederhana, sehingga paduan ini saat ini jarang ditemukan.
9. Paduan aluminium dan besi Paduan aluminium sering kali mengandung besi (Fe), terutama pada saat pengecoran. Kekuatan tarik aluminium akan berkurang secara signifikan dan kekerasannya hanya akan sedikit meningkat jika besi ditambahkan [11].

Logam aluminium juga pandai menghantarkan panas. Selain peralatan rumah tangga, pesawat terbang, mobil, kapal, dan bahan bangunan semuanya menggunakan bahan ini. Aluminium memiliki sejumlah sifat fisik, termasuk berat jenis antara 2,65 dan 2,8 kg/dm³, konduktivitas listrik dan panas yang baik, ketahanan terhadap korosi, dan titik leleh 658°C pada beberapa bahan. Terjadinya kerusakan logam yang disebabkan oleh reaksi dengan lingkungannya dikenal sebagai korosi. [12].

Dibawah ini merupakan tabel sifat fisik aluminium [13].

Tabel 2.1 Sifat fisik aluminium

No.	Nama	Sifat
1.	Wujud	Padat
2.	Massa jenis	2,6989 g/cm ³
3.	Hantarann jenis	64,94 %
4.	Titik cair	660°C
5.	Tahan Listrik koefisien temperature	0,00429°C
6.	Jenis kristal, Konstanta Kisi	fcc, a=4,013



Alumunium juga mempunyai sifat mekanik seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut [14].

Tabel 2.2 Sifat Mekanik aluminium

No.	Nama	Sifat
1.	Kekuatan Tarik	310 Mpa
2.	Kekerasan Brinell	30 HB
3.	Nilai kekuatan ulur (0,2%) (kg/mm ²)	1,3

2.2.4 Tembaga

Menurut penelitian F. Rachmadi dijelaskan bahwa tembaga merupakan logam dasar besi dan konsentrasi rata-rata dikerak bumi adalah sekitar 50 ppm. Tembaga terjadi secara alami pada spesies hewan dan tumbuhan, karena merupakan elemen penting makhluk hidup. Tembaga merupakan logam mulia, seperti emas dan perak. Logam belapis tembaga memiliki karakteristik warna coklat kemerahan dengan permukaan yang baru memiliki kilau metalik, namun teroksidasi dengan cepat diudara. Tembaga banyak digunakan sebagai konduktor serta tembaga memiliki kekuatan tarik rata-rata dan dapat ditingkatkan dengan menggabungkan seng atau timah menjajdi kuningan dan tembaga. Tembaga memiliki daktilitas yang cukup baik pada suhu kamar maupun pada suhu rendah. Peningkatan suhu akan menurunkan

resesivitas Listrik tembaga pada sekitar 500°C, sifat elastis dari tembaga berkurang sehingga pembentukan dingin atau pembekuan panas pada 800°C hingg 900°C [15]. Berikut ini merupakan tabel sifat tembaga menurut fajriansyah miftahul [16].

Tabel 2.3 Sifat Tembaga

No	Sifat Tembaga	Nilai
1	Nomor	29
2	Massa (g/mol)	63,54
3	Titik leleh (°C)	1083
4	Densitas (g/cm ³)	8,95
5	Konduktivitas Thermal (Wm/K)	391
6	elastisitas (GPa)	117
7	Nilai Kekuatan tarik	200-250 MPa
8	Nilai Kekuatan luluh	40-120 MPa
9	Hardness (HV)	117

2.2.5 Kuningan

Menurut penelitian Bagus Giri dijelaskan bahwa Kuningan adalah logam yang terbuat dari paduan seng (Zn) dan tembaga (Cu). Kuningan umumnya digolongkan sebagai campuran tembaga dengan alasan bahwa bagian utamanya adalah logam tembaga. Bergantung pada seberapa banyak seng yang ada, logam dapat berwarna merah kecokelatan atau kuning muda cemerlang [17].

E. Rahayu menyatakan dalam penelitiannya, logam memiliki titik didih 900°C hingga 1200°C di mana senyawa logam menentukan titik pelunakan. Baja lebih kuat daripada logam, tetapi logam lebih kuat dan lebih keras daripada tembaga. Bergantung pada senyawa tembaga dan seng. Tembaga lebih kuat dan lebih keras daripada kuningan, tetapi baja lebih kuat dan lebih keras. Kuningan merupakan konduktor panas yang baik, mudah dibentuk, dan umumnya tahan terhadap korosi yang disebabkan oleh garam dan air. Karena sifat-sifat ini, logam digunakan untuk membuat komponen transportasi, komponen mesin, barang-barang pengerjaan, dan peralatan rumah tangga. Kuningan dapat diklasifikasikan sebagai :

- a. Logam Alpha-Betha (Muntz) disebut logam dupleks, mengandung 35% hingga 45% seng dan berfungsi baik pada suhu panas.
- b. Alpha Brass bekerja dengan baik pada suhu dingin dan memiliki kandungan seng kurang dari 35%.
- c. Paku keling yang terbuat dari kuningan biasa (mengandung 37% seng) tidak mahal, memiliki sifat pengerjaan dingin yang baik, dan mengandung seng.
- d. Koin yang terbuat dari nikel terdiri dari 70% tembaga, 24,5 persen seng, dan 5,5 persen nikel.
- e. Kartrid Logam mengandung 30% seng yang memiliki sifat kerja hebat pada suhu dingin.
- f. Kuningan Aluminium mengandung aluminium yang menghasilkan sifat peningkatan ketahanan korosi.

Logam dapat dilarutkan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan memanfaatkan pemanas atau tungku. Sifat muatan adalah tungku itu sendiri. Pemanas sangat memengaruhi jenis pemanas yang akan digunakan dalam proses pelarutan logam. Perkembangan logam cair dan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gas hidrogen mengembang, oksidasi, dan hilangnya komponen penting dalam logam cair meskipun porositas. Ketika material telah meleleh, fluks harus disemprotkan untuk mencegah oksidasi dan penyerapan gas selama peleburan, permukaan harus ditutupi dengan fluks, dan cairan harus diaduk selama jangka waktu tertentu untuk mencegah agresi. Ini akan menghemat peleburan dan mengurangi hilangnya elemen paduan karena oksidasi.

Titik larut barang yang kuat adalah suhu di mana barang tersebut akan berubah struktur menjadi cairan, pada logam ia memiliki titik pelunakan yang berfluktuasi bergantung pada 15 ukuran pembuatan senyawa bahan Cu dan Zn. Logam juga memiliki sifat penghalang dan kekuatan daripada tembaga, tetapi bukan area kekuatan yang serius untuk baja atau baja yang ditempa. Kuningan dapat diaplikasikan pada berbagai bentuk dengan mudah. Termasuk juga kedalam konduktor panas yang baik [18]. Berikut ini adalah tabel sifat kuningan :

Tabel 2.4 Sifat Kuningan

No	Sifat Kuningan	Nilai
1	Titik Lebur	900°C
2	Nilai Kekuatan Tarik	186 Mpa
3	Titik Cair	1080-1.200°C

2.2.6 Pengujian Kekerasan

Menurut penelitian N. B. Maulana dijelaskan bahwa terdapat tiga pengujian yakni kekerasan lekukan, pantulan, dan goresan adalah tiga jenis kekerasan yang dapat digunakan. Dengan membandingkan kekuatan suatu benda dengan gaya tekan yang akan diberikan oleh penekan, teknik pengujian kekerasan lekukan cara melihat besarnya gaya beban dan besarnya indentasi. Teknik pengujian kekerasan pantulan yakni dengan cara menghitung besaran energi impact oleh indenter yang dijatuhkan ke permukaan spesimen. Teknik pengujian kekerasan goresan yakni dengan cara material uji diberikan goresan pada spesimen. Beberapa teknik yang dapat digunakan untuk mengetahui atau menguji kekerasan logam yaitu: Brinell, Rockwell, Vickers, dan berbagai metode lainnya.

Pada dasarnya pengujian kekerasan dilakukan dengan cara menekan indenter yang lebih keras dari bahan uji dengan beban dan waktu tertentu, cacat regangan pada lapisan luar bahan uji akan diukur untuk menentukan nilai kekerasan dengan membagi gaya regangan dengan luas penampang tanda regangan. Selain itu, ada juga pengujian yang nilai kekerasannya dapat

langsung diamati pada dial indicator. Ada beberapa teknik yang digunakan dalam pengujian kekerasan logam yaitu:

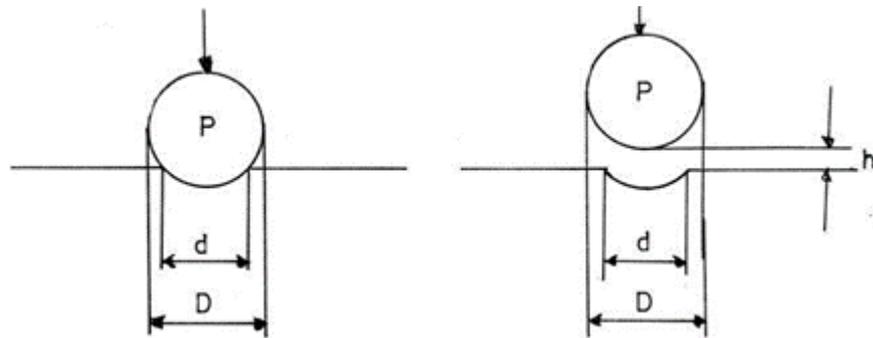
- a. Teknik Kekerasan Brinell.
- b. Kekerasan Vickers.
- c. Kekerasan Rockwell.
- d. Metode kekerasan superfisial Rockwell.
- e. Teknik Kekerasan Knoop.
- f. Metode Kekerasan Shore Scleroscope.

Bagaimanapun, dari sembilan teknik pengujian kekerasan, hanya tiga strategi yang sering digunakan dalam pengujian logam, khususnya :

- a. Teknik Kekerasan Brinell.
- b. Kekerasan Vickers.
- c. Teknik Kekerasan Rockwell.

Dalam ulasan ini, untuk pengujian kekerasan menggunakan menggunakan metode pengujian kekerasan Brinell. Uji kekerasan ini mempunyai keunggulan yakni hasil penekanannya yang besar sehingga nilai normal suatu material non homogen yang belum sepenuhnya mengendap. Serta kekurangan dari pengujian ini yakni sampel tidak bisa digunakan lagi dikarenakan besarnya tekanan pada benda [19].

Pengujian strategi Brinell hanya dapat menguji material hingga 400 HBN, apabila material tersebut dirasa melampaui nilai tersebut, maka disarankan untuk menggunakan teknik pengujian lain seperti Rockwell atau Vickers. Untuk pengujian kekerasan metode Brinell digunakan bola baja indenter dengan ukuran dan waktu yang disesuaikan dengan material yang diuji. Dengan P = bola indenter atau beban yang diberikan, D = ukuran bola indenter, d = lebar lintasan. Jarak antara bola baja dan beban yang diberikan diubah sesuai dengan jenis material uji dan ketebalan material uji. Pada gambar 2.4 merupakan indenter brinell.



Gambar 2.4 Indentor Brinell

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui suatu sifat mekanis yakni dari nilai kekuatan dan kekuatan tarik. Nilai kekerasan suatu material juga dapat digunakan untuk menentukan kualitasnya, konsep atau metode yang digunakan dalam pengujian kekerasan bergantung pada metode tersebut. Dalam pengecoran logam, kemampuan menahan penetrasi atau lekukan disebut sebagai nilai kekerasan.. Ada beberapa metode yang diterapkan untuk menguji kekerasan. Yakni dengan menggunakan metode Brinell, dengan cara diameter diukur dengan mikroskop untuk menentukan nilai kekerasan. Adapun persamaan yang digunakan Metode kekerasan brinell dapat dilihat dibawah ini. Dimana :

$$\text{BHN} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2)}$$

BHN = Angka kekerasan Brinell (BHN)

P = Pembebanan (Kg)

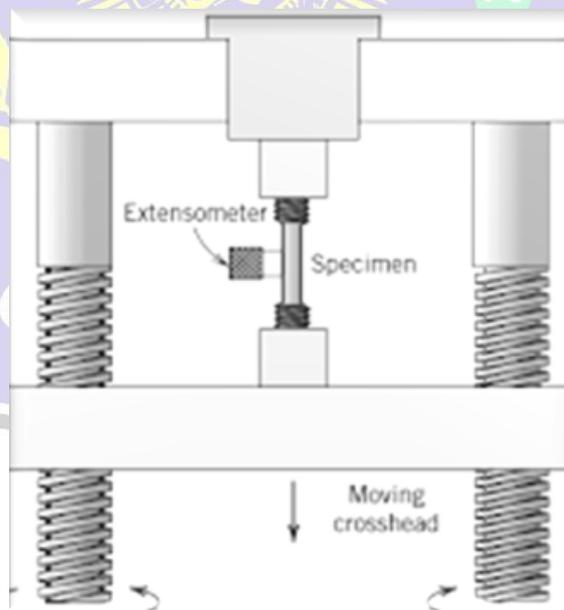
D = Diameter indenter (mm)

d = Diameter lekukan (mm)

2.2.7 Uji Kekuatan Tarik

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui nilai suatu material adalah uji tarik. seberapa kuat suatu benda dengan dengan teknik menambahkan beban gaya sesumbu dan bertambah secara kelanjutan lalu kemudian dilakukan pengamatan terhadap panjang yang didapatkan oleh pengamatan material tersebut. Metode pengujian ini merupakan teknik yang paking sederhana dan yang paling dasar. Pengujian tarik memiliki standar uji internasional yaitu Amerika, ASTM E8 dan Jepang JIS 2241.

Uji tarik ini bertujuan untuk melihat sejauh mana spesimen bertambah panjang. Specimen uji tarik mempunyai cengkaman sangat kuat dan tingkat kekerasan yang kuat. Alat pengujian tarik mempunyai banyak bagian yakni cekam mekanik sampel, system penarik dan pengukur, kerangka. Hasil pengujian tarik tersebut akan menghasilkan data gaya dan perpanjangan serta akan dianalisi guna menentukan tegangan dan regangan secara akurat. Perihal itu sangatlah dibutuhkan untuk menganalisa Teknik serta desain benda karena akan mendapatkan data nilai kekuata sebuah benda [20]. Berikut ini pada gambar 2.3 merupakan gambar skema pengujian tarik.



Gambar 2.5 Sekema pengujian Tarik

Tekanan dari uji lentur ini dapat diperoleh dengan mengisolasi tumpukan dengan luas penampang melintang benda uji yang mendasarinya. Namun, regangan dapat dihitung dengan membagi panjang akhir benda uji dengan panjang awalnya sebelum pengujian. Kemudian, pada saat itu, diperkenalkan sebagai tekukan. Bentuk dan besarnya tekukan tegangan logam dapat dipengaruhi oleh struktur, perlakuan panas, dan cacat plastik yang telah terjadi. Batasan yang digunakan dalam menggambar tekukan regangan tekanan logam adalah elastisitas, kekuatan luluh, tingkat peregangan, dan penurunan luas. Hasil akhir dari uji lentur ini dapat diketahui:

- a. Kekuatan tarik maksimum atau kapasitas beban benda uji atau logam tarik.
- b. Modulus fleksibilitas adalah proporsi kekuatan material terhadap fleksibilitasnya.
- c. Kekuatan material atau pembatasan kapasitas material untuk menahan beban pada titik regangan plastis tanpa putus.
- d. Kekuatan luluh atau batas luluh material adalah titik yang menunjukkan sejauh mana pembatasan plastis material tersebut.

Tegangan yakni suatu reaksi yang terjadi pada semua bagian dari suatu benda dalam bertahan dari kekuatan yang ditambahkan. Hasil tersebut merupakan merupakan perbandingan dari beban maksimal (F) yang diberikan terhadap luas penampang (A). Tegangan dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots \text{Persamaan (1)}$$

Keterangan :

σ = Tegangan (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas (mm²)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Waktu pengujian dan penelitian spesimen penelitian skripsi ini dilaksanakan pada bulan September 2023-12 Juli 2024.

2. Tempat Penelitian

- a. Pengujian tarik pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- b. Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Logam Ceper Politeknik Manufaktur Ceper.
- c. Proses pembuatan sampel uji kekerasan dan uji tarik pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan dalam pelaksanaan proses penelitian ini maka diperlukan alat dan bahan sebagai berikut :

Alat :

a. Tungku peleburan

Tungku peleburan sebagai tempat peleburan aluminium baik sebelum dan sesudah ditambahkan variasi tembaga dan kuningan.

b. Mesin sentrifugal casting

Mesin sentrifugal casting sebagai tempat cetakan penuangan logam cair. Mesin ini mampu mencetak hasil pengecoran dengan berat 1 Kg dengan panjang cetakan yakni 12 cm.

c. Amplas

Amplas sebagai alat untuk menghaluskan spesimen uji kekerasan sebelum dilakukan pengujian kekerasan.

d. Kamera digital

Kamera digital pada penelitian ini menggunakan kamera handpone digunakan sebagai dokumentasi saat melakukan proses pengecoran maupun penelitian.

e. Gerinda potong

Gerinda berfungsi untuk memotong sampel maupun alumunium bekas sebelum dilakukan proses peleburan.

f. Tang potong

Yakni berfungsi untuk memotong alumunium bekas menjadi ukuran yang lebih kecil sehingga alumunium dapat dimasukkan ke dalam tungku untuk dilakukan peleburan.

g. Alat uji tarik

Alat uji tarik yang digunakan pada saat proses penelitian ini yakni menggunakan merk VTS WAW 300 E.

h. Alat uji kekerasan

Alat uji kekerasan yang digunakan pada saat proses penelitian ini yakni menggunakan *Portable Hardness (Brinell)*.

i. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan sebagai alat untuk mengukur sampel sesudah dicor maupun saat sudah menjadi bentuk sampel uji tarik dan kekerasan.

j. Thermometer gun

Thermometer gun pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui suhu pada saat proses peleburan berlangsung.

k. Tabung gas

Tabung gas digunakan sebagai proses perapian untuk peleburan pada saat pengecoran.

l. Timbangan digital

Timbangan digunakan sebagai alat untuk menimbang berat alumunium sebelum maupun sesudah dicor ulang.

Bahan :

- a. Panci alumunium bekas limbah rumah tangga yang sudah tidak terpakai.
- b. Serbuk kuningan.
- c. Serbuk tembaga.

3.3 Pembuatan Sampel Penelitian

Adapun beberapa tahapan pembuatan sampel dalam penelitian ini, termasuk yang sebagai berikut ini :

a. Komposisi bahan

Komposisi bahan yang digunakan untuk penyusunan material dalam pembuatan specimen pada penelitian ini yaitu menggunakan total 8 sampel. 3 sampel uji tarik alumunium variasi kuningan, 3 sampel uji tarik alumunium variasi tembaga, 1 sampel uji tarik alumunium variasi kuningan, 1 sampel uji kekerasan alumunium variasi tembaga, komposisi bahan dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Komposisi Bahan

No	Nilai % Al	Nilai % Cu dan CuZn	Jumlah Sampel Uji Tarik	Jumlah Sampel Uji Kekerasan
1.	Al 98% (490 Gram)	CuZn 2% (10 Gram)	3	1
2.	Al 97% (485 Gram)	Cu 3% (15 Gram)	3	1

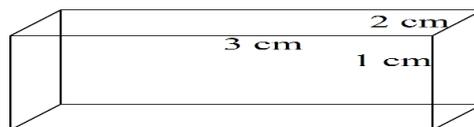
b. Proses pengecoran

Proses pengecoran diawali dengan mempersiapkan alat tungku pengecoran serta alat perlengkapannya, kemudian panci bahan alumunium libah rumah tangga dipotong sedemikian rupa supaya dapat dimasukkan kedalam tungku peleburan. Adapun tahapan proses pengecoran yang harus dilakukan, antara lain :

1. Alat pengapian dimasukkan ke dalam tungku pengecoran.
2. Ukur dan pastikan suhu dengan thermometer gun didalam tungku telah mencapai 900 °C.
3. Masukkan panci, serbuk tembaga, dan serbuk kuningin ke dalam tungku peleburan.
4. Tunggu kurang lebih sekitar 30 menit hingga benar-benar sudah mencair.
5. Bersihkan dan ambil kotoran dengan ledel agar paduan tercampur, dan juga sudah tuang ke dalam cetakan.

c. Sampel pengujian kekerasan

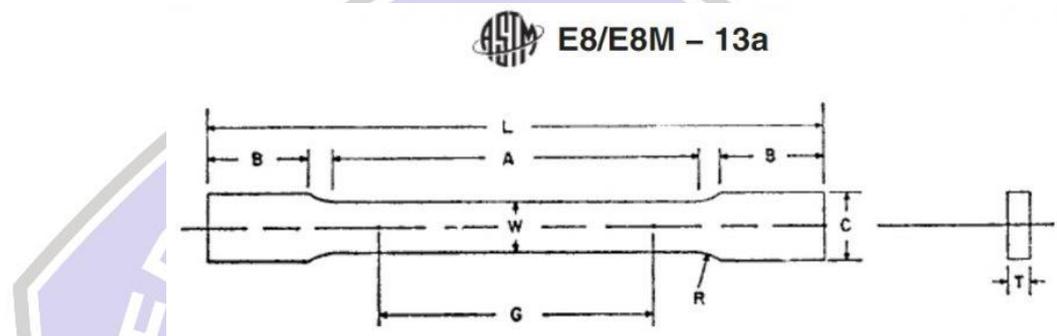
Pembuatan spesimen pengujian kekerasan ini adalah dengan cara melakukan pengecoran dengan menggunakan panci bekas sesuai campuran yang sudah ditimbangan menggunakan alat timbang digital. Spesimen uji ini digunakan untuk pengujian kekerasan dengan metode uji kekerasan brinell pembuatan spesimen uji kekerasan ini berbentuk persegi dengan ukuran panjang 3 cm × lebar 2cm × tinggi 1 cm. sebelum melakukan pengujian kekrasan permukaan spesimen harus dihaluskan terlebih dahulu supaya memudahkan dalam melakukan pengujian spesimen.



Gambar 3.1 Spesimen Uji Kekerasan

d. Sampel pengujian tarik

Pada proses setelah bahan baku dicor ulang dan kemudian diputar hingga menghasilkan bentuk dan ukuran seperti pada Gambar 3.2 dengan informasi sebagai berikut: $L = 100$ mm, $A = 32$ mm, $B = 30$ mm, $W = 6$ mm, $G = 25$ mm, $R = 6$ mm, $C = 10$ mm, $T = 6$ mm, maka standar ASTM E8/E8M digunakan untuk memproduksi spesimen uji tarik berdasarkan hasil pengecoran studi ini.



Gambar 3.2 Spesimen Uji Tarik Alumunium

3.4 Pengujian Sampel Penelitian

Adapun prosen pengujian spesimen uji penelitian ini yakni sebagai berikut ini :

a. Uji kekerasan

Uji kekerasan bertujuan untuk mengetahui ketahanan spesimen dari deformasi atau perubahan bentuk yaitu dengan cara menekan indentor kepada permukaan spesimen. Berikut ini adalah langkan pengujian specimen uji kekerasan :

1. Mempersiapkan peralatan antara lain adalah spesimen dan alat uji kekerasan brinell.
2. Menyiapkan permukaan benda kerja.
3. Letakkan spesime diatas alat uji.
4. Tekan tombol start pada alat uji.

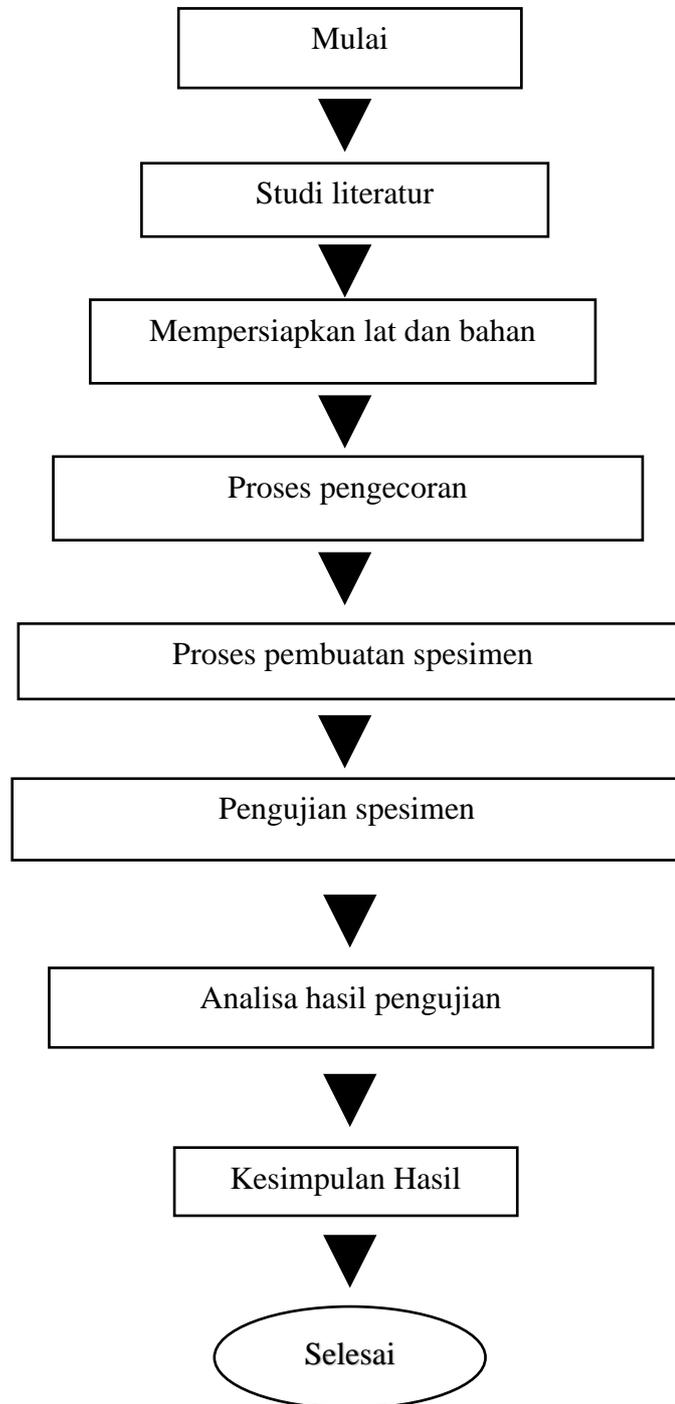
5. Indentor alat uji kekerasan brinell akan menekan dan akan menghasilkan bekas.
6. Pengujian kekerasan akan menggunakan 5 titik pada setiap sampel spesimen.
7. Setelah selesai spesimen dilepas dari alat uji.
8. Bekas dari tekanan indentor uji kekerasan selanjutnya akan dianalisa.

b. Uji Tarik

Pengujian tarik yaitu dengan memasang spesimen uji tarik pada alat uji, dengan menjepitkan dengan menjepitkan dua ujung specimen uji pada grip lalu memulai pengujian dan dilakukan pengamatan. Berikut merupakan prosedur pengujian tarik :

1. Menyiapkan spesimen uji tarik.
2. Siapkan penitik dan tandai setiap specimen uji agar mudah membedakan variasi campuran setiap spesimen uji tarik.
3. Pengukuran specimen uji tarik.
4. Spesimen dijapit pada bagian atas dan bawah di tempat cekam.
5. Pengujian tarik selanjutnya akan dilakukan hingga spesimen mengalami patah.
6. Hasil pengujian tarik selanjutnya akan muncul di komputer dan ambil data hasil pengujian tarik.

3.5 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Tarik

Penelitian pengujian Tarik ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan standart ASTM E8 dan menggunakan alat uji VTS WAW 300 E. Berikut ini merupakan spesimen uji tarik alumunium variasi tembaga dan alumunium variasi kuningan sebelum dan sesudah di lakukan pengujian tarik seperti gambar berikut.



Gambar 4.1 Spesimen Al Variasi CuZn Sebelum Uji Tarik.



Gambar 4.2 Spesimen Al Variasi Cu Sebelum Uji Tarik.



Gambar 4.3 Spesimen Al Variasi CiiZn Sesudah Uji Tarik.



Gambar 4.4 Spesimen Al Variasi Cu Sesudah Uji Tarik.

Nilai data hasil pengujian digunakan untuk menghitung kekuatan tarik dapat dihitung menggunakan rumus persamaan :

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Nilai hasil tegangan pengujian tarik spesimen alumunium variasi kuningan dan tembaga dapatt dilihat sebagai berikut ini :

1.) Paduan alumunium variasi kuningan

$$\sigma = \frac{F}{A_o} = \frac{5.898 N}{36 mm^2} = 163,8 MPa/mm^2$$

2.) Paduan alumunium vsriasi tembaga

$$\sigma = \frac{F}{A_o} = \frac{4.609 N}{36 mm^2} = 128 MPa/mm^2$$

Nilai hasil pengujian spesimen pengujian tarik dapat ditunjukkan pada tabel 4.1 dan 4.2 berikut ini:

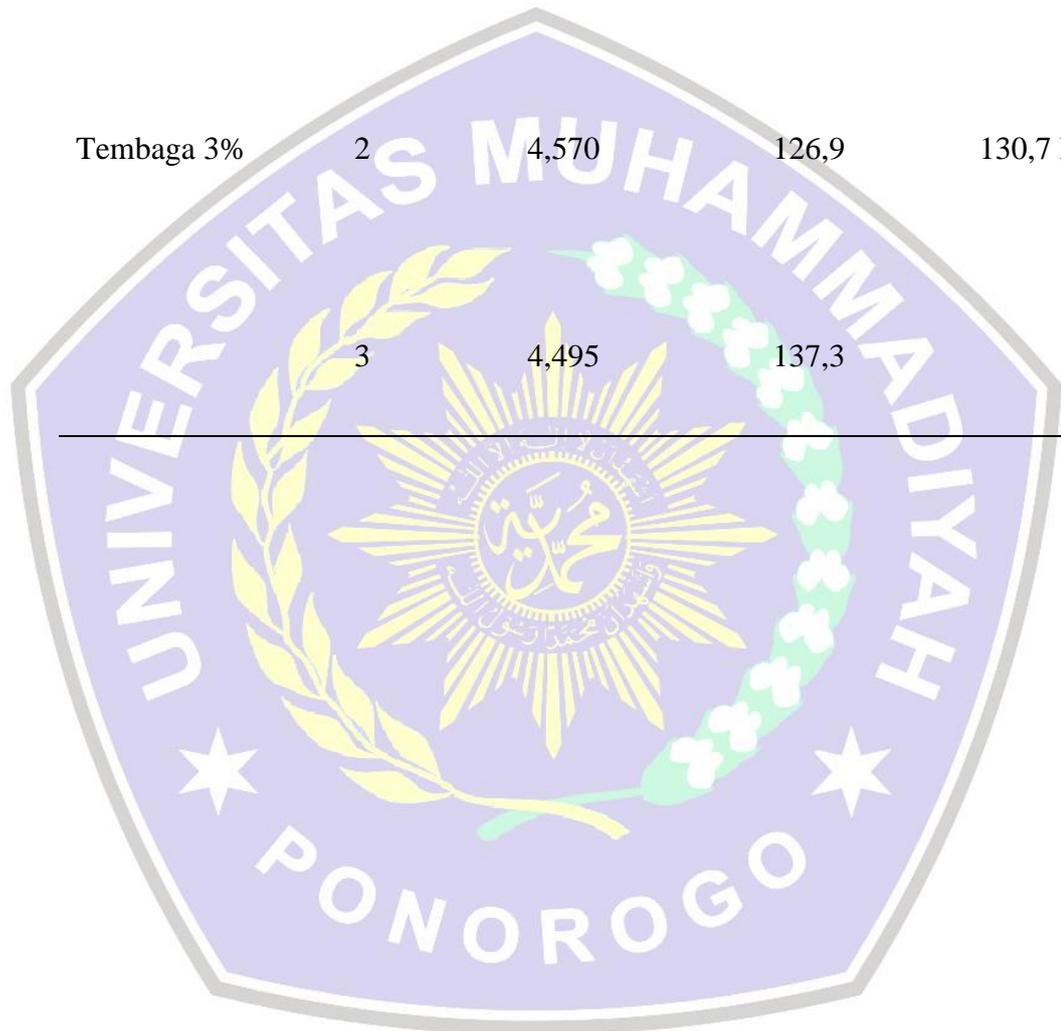
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tarik Variasi Kuningan 2%

Paduan	Spesimen	Gaya Max (kN)	Tegangan max (MPa)	Rata-rata
Kuningan 2%	1	5,898	163,8	160,9 MPa
	2	5,488	152,4	
	3	6,000	166,6	

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tarik Variasi Tembaga 3%

Paduan	Spesimen	Gaya Max (kN)	Tegangan max (MPa)	Rata-rata
--------	----------	---------------	--------------------	-----------

	1	4,609	128	
Tembaga 3%	2	4,570	126,9	130,7 Mpa



4.2 Hasil Pengujian Kekerasan

Menggunakan alat uji kekerasan portabel (Brinell) dengan beban 3000 kg dan penetrator 10 mm, penelitian pengujian kekerasan ini dilakukan di Laboratorium Politeknik Manufaktur Ceper. Sebelum dan sesudah dicor ulang dengan kuningan dan tembaga, aluminium bekas limbah rumah tangga dikenai pengujian kekerasan untuk mengetahui tingkat kekerasannya. Gambar 4.5 berikut menggambarkan sampel setelah dilakukan uji kekerasan.



Gambar 4.5 Spesimen Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan ini menggunakan metode Brinell yakni dengan parameter sebagai berikut ini :

Metode pengujian : Pengujian Kekerasan (Brinell)
Diameter indentor : 3.00 mm
Beban : 3000 Kg
Penetrator : 10 mm
Jumlah titik pengujian : 5 titik (1 sampel uji)
Jumlah Sampel : 2 Sampel

Adapun hasil dari pengujian kekerasan ini dapat ditunjukkan pada tabel 4.3 dan 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian kekerasan Variasi Kuningan 2%

Uji	1	2	3	4	5	Rata-rata
Nilai Kekerasan Brinell (BHN)	70	70	70	70	70	70 BHN

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kekerasan Variasi Tembaga 3%

Uji	1	2	3	4	5	Rata-rata
Nilai Kekerasan Brinell (BHN)	70	70	70	70	70	70 BHN

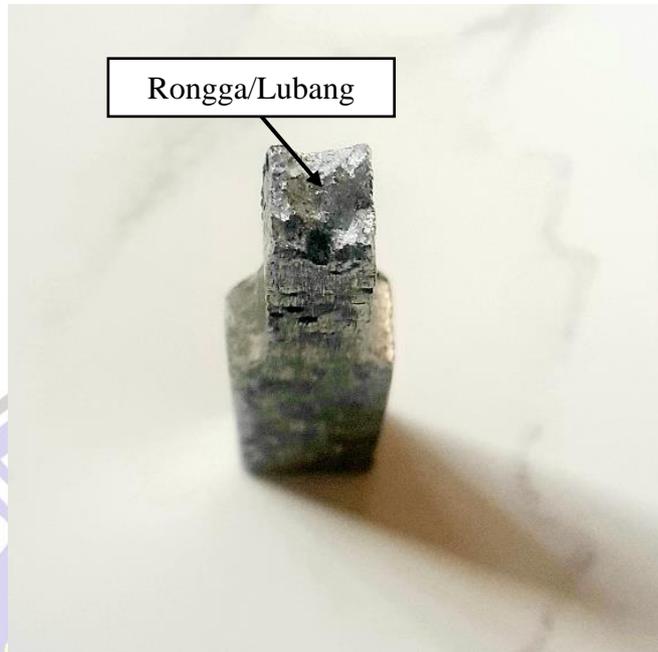
4.3 Pembahasan Hasil Uji Tarik

Berdasarkan tabel pengujian maka dapat disimpulkan nilai untuk setiap spesimen secara keseluruhan. Setiap varian pengujian tarik memiliki karakteristik yang berbeda.. Pada pengujian tarik alumunium variasi kuningan 2% hasil uji tarik didapatkan dengan nilai hasil rata-rata 160,9 MPa. Sedangkan pada pengujian tarik alumunium variasi tembaga 3% mengalami penurunan dengan nilai hasil rata-rata 130,7 MPa.

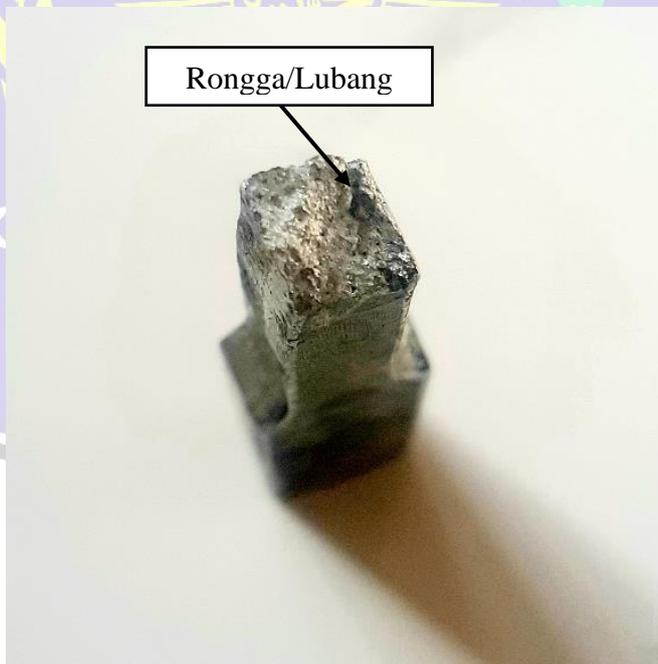
Sehingga dapat disimpulkan bahwa alumunium dengan variasi kuningan 3% mempunyai sifat elastisitas yang lebih baik dibandingkan aluminium variasi tembaga 2%. Pengujian penelitian uji tarik ini dibandingkan dengan hasil uji tarik alumunium 6061 mengalami penurunan. Nilai hasil penelitian uji tarik alumunium 6061 yakni dengan sebesar 310 MPa [14].

Salah satu penyebab yang mempengaruhi kekuatan tarik dari suatu material adalah adanya cacat coran dari setiap variasi campuran. Hal ini biasanya terjadi pada proses pengecoran ataupun ventilasi cetakan tidak ada ventilasi pembuangan udara maupun kurangnya lubang ventilasi udara pada cetakan coran yang menyebabkan udara terjebak didalam cetakan yang menyebabkan adanya rongga pada hasil pengecoran logam. Adanya rongga pada hasil

pegecoran dapat mempengaruhi hasil dari suatu material coran [21]. Seperti pada gambar 4.6 dan 4.7 berikut ini.



Gambar 4.6 Hasil Pengujian Tarik Variasi Kuningan.



Gambar 4.7 Hasil Pengujian Tarik Variasi Tembaga.

4.4 Pembahasan Hasil Uji Kekerasan

Nilai hasil uji kekerasan dapat dilihat pada tabel di atas dari hasil nilai rata-rata masing-masing spesimen. Dari hasil data yang diperoleh terdapat kesamaan tingkat kekerasan dari setiap variasi spesimen material alumunium yakni pada alumunium variasi kuningan 2% memperoleh hasil nilai dengan rata-rata 70 BHN. Sedangkan pada pengujian kekerasan alumunium variasi tembaga 3% juga memperoleh hasil nilai dengan rata-rata 70 BHN.

Dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata setiap variasi campuran pengujian kekerasan ini konversi *Hardness Brinell* yakni sebesar 70 BHN. Hasil pengujian ini mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai uji kekerasan alumunium murni dengan nilai kekerasan 30 BHN [14].

Penyebab kesamaan meningkatnya nilai uji kekerasan alumunium campuran variasi kuningan dan tembaga dikarenakan paduan serbuk unsur kuningan dan tembaga, sehingga disaat variasi bahan akan dicor ulang menghasilkan kepadatan yang tinggi. Pada hasil uji kekerasan diatas yang ditunjukan table 4.3 dan 4.4 sehingga dapat diketahui adanya peningkatan nilai kekerasan kedua unsur pada variasi kuningan 2 % dan Tembaga 3% meningkatnya unsur tembaga dan kuningan dapat mempengaruhi nilai kekerasan pada material logam alumunium [21].

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Riset ini guna menyelidiki penambahan unsur tembaga serta kuningan pada pengecoran daur ulang alumunium limbah rumah tangga. Berdasarkan data hasil riset ini dapat disimpulkan sebagai berikut ini :

1. Pada analisa pengamatan pada tabel 4.1 dan 4.2 hasil pada pengujian ini terdapat perbedaan hasil dari nilai setiap sampel uji tarik. Nilai sampel uji tarik alumunium variasi campuran kuningan 2% mendapatkan rata-rata nilai 160,9 MPa, dan pada sampel uji tarik alumunium variasi campuran tembaga 3% mengalami penurunan menjadi 130,7 MPa. Pada penelitian pengujian ini terdapat penurunan nilai kekuatan dibandingkan alumunium murni, yakni dengan kekuatan tarik sebesar 310 MPa.
2. Pada hasil pengujian kekerasan alumunium terjadi adanya peningkatan nilai kekerasan yang sama antara kedua variasi campuran dikarenakan adanya penambahan unsur kuningan (CuZn) dan tembaga (Cu). Berdasarkan pengamatan penelitian nilai kekerasan alumunium variasi campuran kuningan 2% mendapatkan rata-rata nilai kekerasan yakni sebesar 70 BHN. Serta pada variasi alumunium campuran tembaga 3% mendapatkan rata-rata nilai kekerasan yang sama yaitu sebesar 70 BHN. Pada penelitian ini pengujian kekerasan terjadi peningkatan dibandingkan alumunium murni yang sebelumnya yakni memiliki tingkat kekerasan sebesar 30 BHN.

5.2 Saran

Adapun masukan yang bisa dapat dibagikan guna riset berikutnya supaya bisa lebih baik lagi, antara lain sebagai berikut ini :

1. Disaat melakukan pengecoran proses pengadukan harus lebih kerap supaya bahan tercampur secara menyeluruh.
2. Tingkat suhu panas saat melakukan pengecoran harus sangatlah maksimal, serta alumunium dalam saat penuangan ke dalam cetakan harus benar-

benar dalam kondisi cair supaya tidak terjadi pembekuan hasil coran alumunium saat dilakukan penuangan ke dalam cetakan.

3. Pada proses pengecoran sebaiknya dilakukan saat cuaca cerah supaya proses pengecoran berjalan dengan baik.

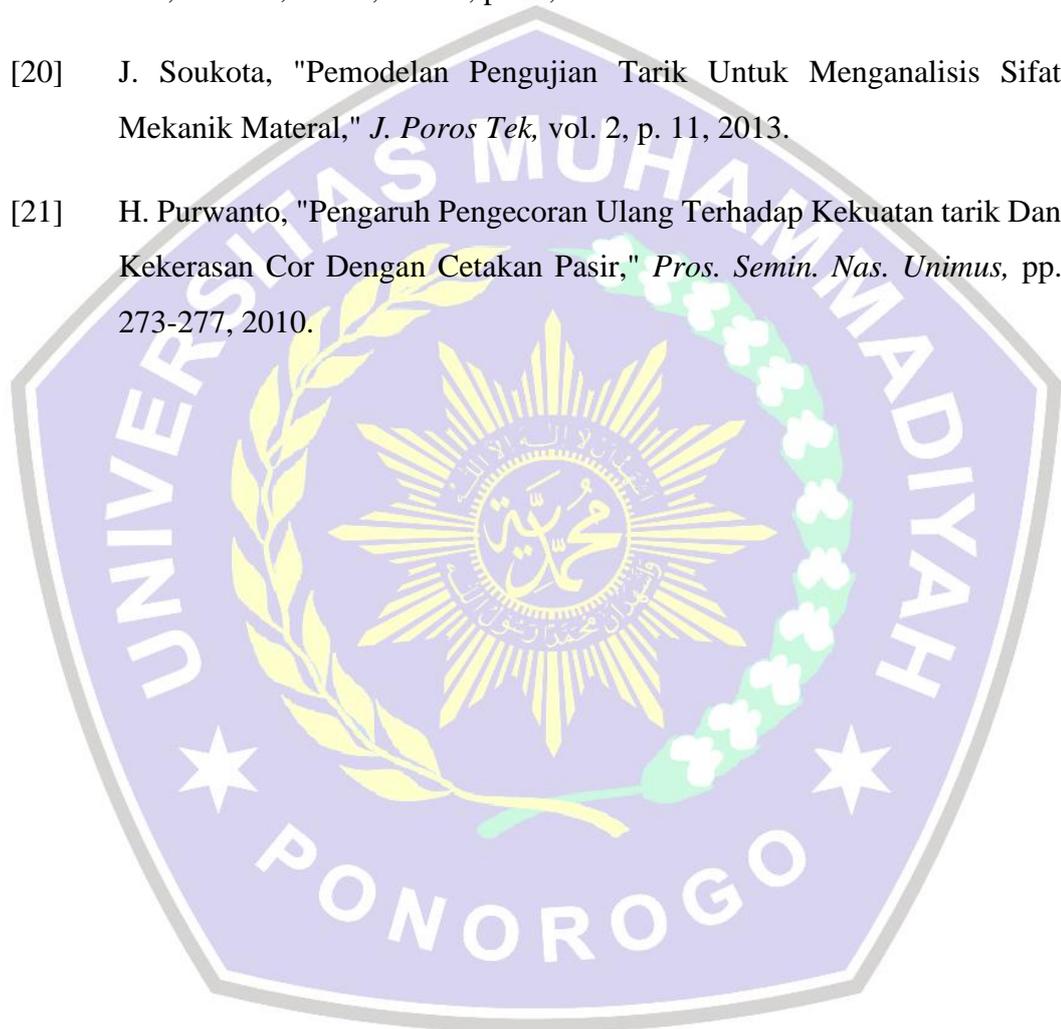


DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Siswanto, "Pengaruh Temperatur Tuang Dengan Jenis Material Paduan Al Rongsok (Kampas Rem Panci) Terhadap Porositas, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Hasil Pengecoran Evaporative," *Sjme Kinematika*, vol. 01, no. 1, pp. 87-94, 2019.
- [2] W. Suprpto, "Pengaruh Temperatur Cetakan Terhadap Kekuatan Kejut Dan Mikrostruktur Handle Rem Material Daur Ulang Piston Dengan Penambahan Magnesium," *Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*, vol. 16, no. 1, p. 83, 2019.
- [3] B. Hidayanto, "Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Pasda Pengecoran Daur Ulang Al-Si Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Dengan Pola Lost Foam," *J. Tek. Mesin Untirta*, vol. IV, no. 1, pp. 45-49, 2018.
- [4] F. Sigit, "Pengaruh Kadar Tembaga Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Paduan Al-Si," pp. 1-38, 2006.
- [5] S. G. Bahagiarni, "Analisis Perilaku Beresiko Pada Pekerja Pengecoran Di Jalan Mahkamah," *J. Pembang. Wil. Kota*, vol. 1, no. 3, pp. 82-91, 2012.
- [6] S. Kirono, "Analisa Sifat Dan Karakteristik Blok Silinder Liner Bahan Aluminium Silikon," *J. Tek Mesin Univ. Muhammadiyah Jakarta*, no. 1, pp. 1-3, 2014.
- [7] B. Samhuddin, "Studi Pemanfaatan Limbah Abu Terbang Batubara (Fly Ash) Dan Kaleng Minum Soft Drink Sebagai Pengganti Material Baja Ringan," *J. Tek Mesin Univ. Halu Oleo*, vol. 2, no. 3, pp. 1-7, 2017.
- [8] G. R. Eka, "Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Paduan Aluminium Silikon (Al-Si) Dan Tembaga (Cu) Dengan Perbaningan Velg Sprint," 2012.

- [9] R. M. A. Maulana, "Analisa Sifat Fisik Dan Mekanik Hasil Pengecoran Alumunium Limbah Otomotif," <http://eprints.umpo.ac.id>, pp. 1-12, 2021.
- [10] Raharja, "Perancangan Bearing Pada Mesin Vertical Centrifugal Casting," <https://journal.diglib.uns.ac.id>, pp. 1-10, 2017.
- [11] Supriyanto, "Eksperimen Variasi Ukuuran Butir Dan Tekanan Kompaksi Campuran Al-Si Terhadap Densitas Dan Porositas Metode Metalurgi Serbuk," <https://jurnal.sttw.ac.id>, vol. 3, no. 1, pp. 1-6, 2017.
- [12] B. S. Majanasastra, "Analisi Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Aluminium Al 6063," <http://ejournal-unisma.net>, vol. 4, no. 2, pp. 18-19, 2016.
- [13] M. W. Gordon, *Neuronal plasticity and Memory*, vol. 39, no. 4, 2003.
- [14] I. B. Anggoro, "Karakteristik Proses Pengelasan TIG Pada Alumunium 5052 Dan Alumunium 6061 Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Untuk Aplikasi Rangka Pelindung (Roll Cage) Pada Mobil Balap Rally," *Phys. Rev. E*, p. 1, 2020.
- [15] F. Rachmadi, "Pengaruh Variasi Kuningan Terhadap Porositas Dan Uji Impak Pada Hasil Pengecoran Limbah Piston 2 Tak," *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang*, pp. 1-12, 2021.
- [16] F. M. Falah, "Pengaruh Jenis Polimer Dan WT% Tembaga Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Material Komposit Tembaga/Polimer Sebagai Kandidat Material Peluru Frangible," *Jurnal Departemen Teknik Material FTI-ITS*, pp. 1-23, 2018.
- [17] I. B. G. Asmara, "Pengaruh Temperatur Penuangan Terhadap Fluiditas dan Struktur Mikro Logam Kuningan Pada Metode Evaporative Casting," *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, no. 2, pp. 1-6, 2015.

- [18] E. Rahayu, "Pengaruh Komposisi Kuningan Terhadap Kekuatan Impact, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Hasil Pengecoran Alumunium Dengan Menggunakan Tungku Listrik," *Jurnal Teknik Mesin Unnes*, 2018.
- [19] N. B. Maulana, "Pengaruh Variasi Beban Indentor Vickers Hardness Tester Terhadap Hasil Uji Kekerasan Material Alumunium Dan Besi Cor," *Mer-C*, vol. 1, no. 10, p. 12, 2018.
- [20] J. Soukota, "Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Materal," *J. Poros Tek*, vol. 2, p. 11, 2013.
- [21] H. Purwanto, "Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Kekuatan tarik Dan Kekerasan Cor Dengan Cetakan Pasir," *Pros. Semin. Nas. Unimus*, pp. 273-277, 2010.



LAMPIRAN











LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 196.2/UJI/HBP/VI/2024 Jenis Pengujian : Kekerasan
 Pelanggan : Agung Budi Sadewa Metode Pengujian : Manual Hand Book
 NIM 19511347 Tanggal Diterima : 10 Juni 2024
 Tanggal Pengujian : 13 Juni 2024

Ket. Sampel: 3% Tembaga

Hasil :

SAMPel	KEKERASAN HB					Rata-rata HB
696	>3,00	>3,00	>3,00	>3,00	>3,00	>3,00
Diameter (mm)	>3,00	>3,00	>3,00	>3,00	>3,00	>3,00
Konversi HB	<70	<70	<70	<70	<70	<70

Keterangan : Portable Hardness (Brinell)
 Beban : 3000 kg
 Penetrator : 10 mm

Laporan ini tidak boleh dipinjamkan sebagian
 Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji



Klaten, 13 Juni 2024

Manajer Teknik

 Lutiyahni, ST., MT.