

**PENGARUH PENAMBAHAN INOKULAN MANGAN DAN
TEMPERATUR CETAKAN TERHADAP SIFAT MEKANIK
DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN Cu-AI HASIL PROSES
PENGECORAN**

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

**Irham Murdiyansah
NIM 3334160068**

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN INOKULAN MANGAN DAN
TEMPERATUR CETAKAN TERHADAP SIFAT MEKANIK
DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN Cu-AI HASIL PROSES
PENGECORAN**

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapat gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh :

Pembimbing



Suryana, S.T., M.Si

NIP. 197402162001121001

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH PENAMBAHAN INOKULAN MANGAN DAN
TEMPERATUR CETAKAN TERHADAP SIFAT MEKANIK
DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN Cu-AI HASIL PROSES
PENGECORAN**

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh :

IRHAM MURDIYANSAH

3334160068

Telah disidangkan didepan dewan penguji pada tanggal :

12 Agustus 2022

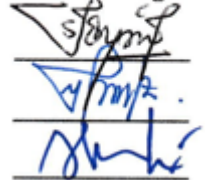
Susunan Dewan Penguji

Penguji I (Ketua Sidang) : Suryana S.T., M.Si

Penguji II : Yeni Muriani, ST., MT

Penguji III : Dr. Tech. Ir. Agus Pramono S.T., M.T.

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Adhitva Trenggono S.T., M.Sc

NIP. 197804102003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pengaruh Penambahan Inokulan Mangan dan Temperatur Cetakan Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Cu-Al Hasil Proses Pengecoran.

Nama Mahasiswa : Irham Murdiyansah

NIM : 3334160068

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.



Irham Murdiyansah
NIM. 3334160068

ABSTRAK

Peralatan elektronik yang semakin cepat tergantikan akan menjadi limbah elektronik terutama dalam bentuk limbah kabel dan kumparan. Dalam proses pengolahan umumnya limbah kabel diolah kembali menjadi komponen elektronik. Berdasarkan klasifikasinya, limbah kabel dan kumparan tergolong ke dalam limbah anorganik. Limbah anorganik sulit untuk terurai secara alami, maka dari itu jika tidak diproses daur ulang akan menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Salah satu limbah elektronik ini adalah tembaga yang dapat diolah kembali menjadi *Copper Alloy* dengan campuran aluminium dan ditambahkan mangan sebagai inokulan, dengan cara melebur tembaga dan aluminium hingga cair lalu memasukan inokulan mangan dan diaduk lalu dituangkan ke dalam cetakan dengan temperatur tertentu. Tujuan dari penambahan inokulan mangan dan temperatur cetakan untuk meningkatkan sifat mekanik dari paduan tembaga dengan variasi penambahan inokulan mangan 0,6%, 0,8%, dan 1,0% lalu variasi temperatur cetakan 300°C, 350°C, dan 400°C. Analisis sifat mekanik dilakukan dengan pengujian kekerasan menggunakan *Hardness Vickers* dan pengujian keausan menggunakan metode *Ogoshi*. Analisis struktur mikro juga dilakukan dengan menggunakan alat mikroskop optik. Hasil yang didapat inokulan mangan dapat meningkatkan sifat mekanik begitu pula dengan semakin kecilnya temperatur cetakan. Data yang didapat menunjukkan kekerasan yang paling tinggi didapat 224,46 HV dan spesifikasi abrasi paling kecil didapat $0,58301 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$.

Kata Kunci : *Copper Alloy*, Inokulan Mangan, temperatur Cetakan, Sifat Mekanik

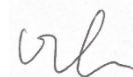
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Adhitya Trenggono, ST., M.Sc. selaku Ketua Jurusan sekaligus Koordinator Skripsi Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Suryana, S.T., M.Si selaku pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan, saran dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Koordinator Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Laboratorium Testing PT.Dirgantara Indonesia, dan laboratorium *Centre For Materials and Processing Failure Analysis* (CMPFA) yang telah mengizinkan penulis menggunakan tempat dan peralatan untuk penelitian.
4. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Juniadi dan Ibu Wiwin Wahyuningsih, keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, kepercayaan dan kasih sayang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kesalahan serta kekurangan didalamnya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran dari pembaca agar skripsi ini menjadi lebih baik.

Cilegon, Agustus 2022



Irham Murdiyansah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Rumusan Masalah.....	2
1.3.Tujuan Penelitian.....	3
1.4.Batasan Masalah.....	3
1.5.Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1.Tembaga.....	5
2.2.Alumunium.....	8
2.3.Mangan	11
2.4.Pengecoran	12

2.5. Mekanisme Penguatan ada Logam	14
2.6. Inokulan	15
2.7. Paduan tembaga	17
2.8. Baling-baling	18

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian.....	21
3.2. Alat dan Bahan.....	22
3.2.1. Alat yang Digunakan.....	22
3.2.2. Bahan yang Digunakan.....	23
3.3. Prosedur Penelitian.....	23
3.3.1. Pembuatan Sampel.....	23
3.3.2. Pengujian Sifat Mekanik.....	23
3.3.3. Analisis Struktur Mikro.....	26

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Pengujian Mikroskop Optik.....	28
4.2. Pengujian Kekerasan.....	40
4.3. Pengujian Keausan.....	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran.....	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

a) CONTOH PERHITUNGAN	56
b) HASIL PENELITIAN	58

c) ALAT DAN BAHAN.....66

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas Termal Logam dan Paduannya.....	7
Tabel 2.2 Hasil Uji Unsur Kimia Konduktor Pada Kabel Peralatan Listrik Rumah Tangga.....	8
Tabel 2.3 Standar Spesifikasi <i>Marine Nickel Aluminum Bronze Propeller</i>	20
Tabel 4.1 Ukuran Butir Pada Setiap Sampel.....	35
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan.....	40
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Keausan.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Aliran Proses Pembuatan Coran.....	12
Gambar 2.2 Proses Pengecoran.....	14
Gambar 2.3 <i>Propeller</i>	19
Gambar 2.4 Material <i>Propeller</i>	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Pengambilan sampel pada ingot.....	24
Gambar 3.3 Titik Pengujian Kekerasan.....	24
Gambar 3.4 Ilustrasi Uji Kekerasan.....	25
Gambar 3.5 Ukuran Sampel Pengujian Keausan.....	25
Gambar 3.6 Prinsip Pengujian Keausan Dengan Metode <i>Oghosi</i>	26
Gambar 4.1 Contoh Hasil Pengecoran.....	27
Gambar 4.2 Struktur Mikro <i>Base</i> Cu-Al.....	28
Gambar 4.3 Diagram Fasa Cu-Al.....	29
Gambar 4.4 Struktur Mikro Pada Temperatur Cetakan 300°C Dengan Penambahan Inokulan Serbuk Mangan Sebesar (a) 0,6%, (b) 0,8, dan (c) 1,0%.....	30
Gambar 4.5 Struktur Mikro Pada Temperatur Cetakan 350°C Dengan Penambahan Inokulan Serbuk mangan Sebesar (a) 0,6%, (b) 0,8%, dan (c) 1,0%..	31
Gambar 4.6 Struktur Mikro Pada Temperatur Cetakan 400°C Dengan Penambahan Inokulan Serbuk mangan Sebesar (a) 0,6%, (b) 0,8%, dan (c) 1,0%.....	33

Gambar 4.7 Pengaruh Penambahan Inokulan Serbuk Mangan Terhadap Ukuran Butir Fasa α	36
Gambar 4.8 Pengaruh Penambahan Inokulan Serbuk Mangan Terhadap Ukuran Butir Fasa γ_2	37
Gambar 4.9 Pengaruh Temperatur Cetakan Terhadap Ukuran Butir Fasa α	38
Gambar 4.10 Pengaruh Temperatur Cetakan Terhadap Ukuran Butir Fasa γ_2	39
Gambar 4.11 Grafik Pengaruh Penambahan %Wt Serbuk Mangan Terhadap Nilai Kekerasan.....	41
Gambar 4.12 (a) Sampel Mn 0,6% 350°C, (b) Sampel Mn 0,8% 350°C, dan (c) Sampel Mn 1,0% 350°C.....	43
Gambar 4.13 Grafik Pengaruh Temperatur Cetakan Terhadap Nilai Kekerasan...	44
Gambar 4.14 Grafik Pengaruh Inokulan Serbuk Mangan Terhadap Spesifikasi Abrasi.....	46
Gambar 4.15 Grafik Pengaruh Temperatur Cetakan Terhadap Spesifikasi Abrasi.....	48
Gambar C.1 <i>Burner</i>	67
Gambar C.2 Cetakan Besi.....	67
Gambar C.3 <i>Crucible</i>	67
Gambar C.4 Mangan.....	67
Gambar C.5 Tabung Gas.....	67
Gambar C.6 Tembaga.....	67
Gambar C.7 Timbangan Digital.....	68
Gambar C.8 Tungku pelebur.....	68

Gambar C.9 Alat Uji Kekerasan.....	68
Gambar C.10 Alat Uji Keausan.....	68
Gambar C.11 Alat Uji Mikroskop Optik.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sudah 10.000 tahun tembaga digunakan. Mula-mula orang membuat barang dari emas dan tembaga yang diproses dengan ditempa dengan batuan yang keras, tetapi lambat laun pengrajin berlatih untuk mengolah logam dengan cara memanaskannya sampai mencair, lalu loam tersebut dituangkan ke dalam cetakan. Sampai saat ini, tembaga murni dan paduan tembaga masih menjadi salah satu logam komersial, tembaga banyak digunakan karena konduktivitas termal dan listrik yang baik (390 W/m.K), ketahanan korosi, kemudahan fabrikasi, ketahanan *fatigue* dan kekuatan yang baik, serta dapat digunakan sebagai aksesoris karena memiliki warna yang mengkilau jika dilakukan perlakuan yang baik. Selain itu tembaga juga digunakan untuk melapisi logam lain seperti pelapisan pada baja untuk mengontrol laju korosi, hal ini dikarenakan tembaga memiliki laju korosi yang rendah. Tembaga murni digunakan secara luas untuk kabel dan kawat, kontak listrik, dan berbagai macam komponen lain yang diperlukan untuk mengalirkan arus listrik (Davis, 2001).

Berkembangnya dunia industri terutama dalam bidang teknologi perangkat elektronik menyebabkan kecenderungan masyarakat sering berganti-ganti perangkat elektronik mengikuti perkembangan teknologi yang ada. Peralatan elektronik yang semakin cepat tergantikan akan menjadi limbah elektronik terutama dalam bentuk limbah kabel dan kumparan. Dalam proses pengolahan umumnya limbah kabel diolah kembali menjadi komponen elektronik. Berdasarkan

klasifikasinya, limbah kabel dan kumparan tergolong kedalam limbah anorganik. Limbah anorganik sulit untuk terurai secara alami, maka dari itu jika tidak diproses daur ulang akan menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Daur ulang limbah kabel dan kumparan tembaga biasanya dilakukan dengan metode pengecoran dengan penambahan alumunium, karena aluminium dapat meningkatkan nilai kekerasan (Salman, 2018), sehingga dihasilkan paduan tembaga alumunium (paduan Cu-Al). Paduan Cu-Al adalah material yang memiliki sifat mekanik yang baik. Paduan Cu-Al adalah paduan berbasis tembaga di mana aluminium berkisar 14% sebagai elemen paduan utama. Paduan Cu-Al semakin banyak digunakan dalam industri kimia, petrokimia, desalinasi, kelautan, pembangkit listrik, pesawat udara, otomotif, pembuatan besi dan baja, listrik dan bangunan. Produk pengecoran yang dihasilkan dari paduan tersebut adalah impeler, baling-baling, poros, pompa dan katup, kompresor berpendingin air, perkakas non-percikan, dan masih banyak lagi.

Baling-baling pertama ditemukan oleh Hooke pada tahun 1681 (Carlton, 2012), baling-baling merupakan trasnmisi penggerak yang menghasilkan gaya dorong. Baling-baling atau yang sering disebut *propeller* biasanya terbuat dari campuran beberapa material, pada tembaga seperti mangan alumunium tembaga (MAB), nikel alumunium tembaga (NAB) dan lain-lain. Pada penelitian ini diharapkan terciptanya *propeller* dengan material yang sama namun dengan kandungan mangan yang berbeda, dengan memanfaatkan limbah tembaga dan diharapkan menghasilkan spesifikasi yang sesuai.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh penambahan Inokulan mangan dan temperatur cetakan pada peleburan tembaga-aluminum terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari paduan tembaga-aluminum.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini secara umum adalah adalah untuk mendapatkan tembaga-aluminum cor yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan. Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengamati pengaruh penambahan Inokulan Mangan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari paduan tembaga
2. Untuk mengamati pengaruh temperatur cetakan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari paduan tembaga.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Variabel tetap pada penelitian ini adalah volume cetakan $67,5 \text{ cm}^3$, berat tembaga yang digunakan adalah 544,5 gram dan berat aluminium yang digunakan adalah 60,5 gram, dan temperatur peleburan 1200°C .
- 2) Variabel bebas pada penelitian ini adalah persentase mangan yang digunakan yaitu 0,6%, 0,8%, dan 1,0%, serta temperatur cetakan yang digunakan yaitu 300°C , 350°C , dan 400°C .

- 3) Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- 4) Untuk mengetahui nilai kekerasan dilakukan pengujian Kekerasan menggunakan alat uji *Hardness Vickers* dan untuk mengetahui struktur mikro yang terbentuk dilakukan pengamatan dengan mikroskop optik yang dilakukan di Laboratorium PT. Dirgantara Indonesia.
- 5) Untuk mengetahui nilai spesifikasi abrasi pengujian ketahanan aus menggunakan metode *Ogoshi* yang dilakukan di Laboratorium *Center for Materials Processing and Failure Analysis* Universitas Indonesia.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab dan daftar pustaka. Pada Bab I menjelaskan mengenai latar belakang penelitian yang berisi daur ulang dan pemanfaatan limbah tembaga, perumusan masalah terdiri dari beberapa variasi penelitian yaitu penambahan inokulan Mangan dan temperatur cetakan, tujuan penelitian berisikan tujuan penambahan inokulan Mangan dan temperatur cetakan, ruang lingkup penelitian, hipotesis awal pada penelitian, dan sistematika penulisan proposal penelitian. Bab II menjelaskan mengenai teori-teori pendukung variabel dan variasi penelitian seperti tembaga, aluminium, Mangan, paduan tembaga, pengecoran dan *propeller*. Bab III menjelaskan mengenai metode penelitian yang akan dilakukan meliputi diagram alir penelitian, alat dan bahan yang akan digunakan, dan prosedur penelitian yang akan dilakukan. Bab IV menjelaskan hasil dan pembahasan. Bab V menjelaskan kesimpulan dan saran dari penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Askeland, D.R. (1985). *The Science and Engineering of Publ., Material*, PWS, Boston, MA. USA
- ASM Handbook. (2008). Volume 15 Casting. ASM International.
- Andi Hendrawan. (2019). *Analisa Penyebab Keausan Poros Baling-Baling Kapal*. Program Studi Teknika Akademi Maritim Nusantara. Cilacap
- Basuki Arif. (1986). *Pembuatan Besi Cor Nodular dan Metoda Optimasinya*. Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung
- Beatty Richard. (2001). *The Elements of Copper*. Benchmark books Johanson Paula "Copper". The Rosen Publishing Group. New York
- Colini Lucca. (2012). *Copper Alloys Early Applications And Current Performance Enhancing Process*. Intech. Croatia
- Daryanto. (1985). *Mekanika Teknik Mesin*. PT.Bina Aksara. jakarta
- Hartomo, A. J. (1992). *Komposit Metal*. Andi Offset. Yogyakarta
- Helmy Purwanto, Suyitno, Prio Tri Iswanto. (2011). *Pengaruh Temperatur Cetakan Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Alminium Daur Ulang (Al-6,4%Si-1,93%Fe)*. Prosgaram Studi teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim. Semarang
- Hera Setiawan. (2013). *Pengujian Kekuatan tarik, Dan Struktur Mikro Produk Cor Propeller Kuningan*. Program Studi Teknik Mesin. Universitas Muria Kudus.

- Ichsan Salman. (2018). Pengaruh Penambahan Unsur Aluminum (Al) Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Paduan Tembaga-Aluminum-Nikel (Cu-Al-Ni) Pada Aplikasi Propeller Kapal. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Iwan Setyadi. (2015). Pengembangan Pengecoran Berbahan Baku Paduan *Manganese Bronze* Untuk *Propeller* Kapal Yang Berbasis Bahan *Scrap*. Pusat Teknologi Industri Proses, BPPT. Tangerang
- J.R. Davis and Davis and Associates. (2001). *Copper and Copper Alloys*. United States of America
- J.S Carlton. (2012). *Marine Propellers and Propulsion, Third Edition*. Published by Elsevier Ltd.
- J. Yang. (2016). *Effects of grain refinement on the structure and properties of a CuAlMn shape memory alloy*. Key Laboratory for New Type of Functional Materials in Hebei Province, School of Materials Science and Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300130. Republic of China
- M Ali Shaik, Brahma Raju Golla. (2019). *Development of highly wear resistant Cu - Al alloys processed via powder metallurgy*. Metallurgical and Materials Engineering Department, National Institute of Technology, Warangal, 506 004, India
- Marhaendra Ali. (2019). *Casting Process of Electrical Cable Conductor Material From Copper Deposit and Scrap*. Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik, Vol 9 No. 2 hal 63-68.
- Norman Anton. (2010). Pengendalian Struktur Austenit Terhadap Nukleasi Ferit Pada Proses Canai Panas Baja C-Mn. Fakultas Teknik Program Studi teknik

Metalurgi dan Material. Universitas Indonesia.

Nwaeju Cynthia, Okoubulu Augustine, Edo Ziuono. (2017). *Effect of manganese and niobium macro-additions on the structure and mechanical properties of aluminum bronze (Cu-10%Al) alloy*. International Journal of Research in Engineering and Innovation (IJREI). Nigeria

Q. Zheng, C. Yang, S. Wang, A. Yu, H. Chen, Y. He. (2014). *Effect of compound inoculants Ti and Zr on as cast microstructure and mechanical properties of Al-Cu alloy*. National Defence Key Discipline Laboratory of Light Alloy Processing Science and Technology, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China

Ronald N Caron. (2017). *Copper Alloys: Properties and Applications*. Olin Corporation, New Haven, CT, United States

Rumitang Ruslinda Panjaitan. (2011). *Kajian Pemanfaatan Batu Mangan/Senyawa Mangan Dalam Industri*. Baristand Industri. Surabaya

Samsul, Arif. (2013). *Pengaruh Ukuran Butir terhadap Pororsitas dan Distribusi Kekerasan pada Bushing Powder Metallurgy Duralumin*. Universitas Brawijaya. Malang

Surdia, Tata, Saito, S. 2006. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Edisi kesembilan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta

Surdia, Tata, Saito, S. 1976. *Teknik Pengecoran Logam*, Edisi ke-2, Cetakan ke-7. PT. Pradnya Paramita. Jakarta

Teguh Raharjo, Wayan Sujana. (2010). *Analisis Pengaruh Temperatur Penuangan Dan Temperatur Cetakan Terhadap Sifat Mekanis Bahan Paduan Al-Zn*.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Malang.

Wahyuni Nur, Moh. Adnan. (2016). Ketahanan Aus dan Kekerasan Komposit Matrik Aluminium (AMCS) Paduan Aluminium Al-Si Ditambah Penguat SiC Dengan Metode *Stir Casting*. Politeknik Negeri Ujung. Padang.

Wiwekananda. (2020). Pengaruh Proses Austempering Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Tekan Komponen Batang Torak. Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti.

Zulfandy Dicky. (2019). Analisa Uji Kekerasan Pada Material Baja ST37 Setelah Mengalami Perlakuan Panas *Annealing*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.