

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1. Pengecoran logam

Pengecoran logam adalah proses pembuatan benda dengan mencairkan logam dan menuangkan cairan logam tersebut ke dalam rongga cetakan. Proses ini dapat digunakan untuk membuat benda-benda dengan bentuk rumit. Benda berlubang yang sangat besar dan sangat sulit atau sangat mahal jika dibuat dengan metode lain, dapat diproduksi massal secara ekonomis menggunakan teknik pengecoran yang tepat (Taufikurrahman dan Ella, 2015). Menurut Raharja (2011) pengecoran merupakan sebuah proses untuk membuat komponen atau benda dengan cara menuangkan bahan yang dicairkan dalam *furnance* (dapur kupola) sampai titik cair bahan tersebut kedalam cetakan. Teknik pengecoran dapat dibedakan menjadi dua yaitu, teknik pengecoran tradisional dan teknik pengecoran non-tradisional. Teknik pengecoran tradisional merupakan teknik yang menggunakan cetakan tidak tetap, seperti: *sand casting* (cetakan pasir), *low pressure sand casting*, *shell mold casting*, dan *full mold casting*. Sedangkan teknik pengecoran non-tradisional merupakan teknik yang biasa digunakan untuk produksi massal, dimana teknik penecoran ini menggunakan cetakan tetap atau permanen, sehingga dapat digunakan secara berulang-ulang, contoh pengecoran non-tradisional seperti: *high-pressuse die casting*, *low-pressure die casting*, *permanent-mold casting*, *centrifugal casting*, *plaster-mold*, dan *invesment casting*.



Gambar 2. 1 Pengecoran Logam
(Husnur, 2021)

Pengecoran merupakan suatu cara atau metode yang memanfaatkan logam cair. Logam cair akan dituangkan atau ditekan kedalam cetakan yang memiliki rongga sesuai dengan bentuk yang diinginkan (Ade Sanjaya, 2010). Terdapat beberapa cara atau metode yang dapat digunakan dalam pengecoran logam diantaranya, metode cetakan pasir, *investment casting*, *lost foam casting*, *high pressuse die casting*, *low-pressuse die casting*, *centrifugal casting*, dan *gravity die casting*.

Untuk membuat coran, dilakukan proses-proses seperti: pencairan logam, membuat cetakan, menuang, membongkar dan membersihkan coran. Setelah proses penuangan coran dikeluarkan dari cetakan untuk dibersihkan, bagianbagian yang tidak perlu dibuang dari coran. Kemudian diselesaikan dan dibersihkan dengan disemprot mimis atau semacamnya agar memberikan rupa yang baik (Surdia dan Chijiwa, 2000).

Pada pengecoran, logam memiliki sifat tertentu menurut Amstead dan Oswalt dalam khoerur (2012), berikut adalah sifat logam pada pengecoran.

Tabel 2. 1 Sifat Logam Paduan pada Pengecoran
(Amstead dan Oswalt dalam Khoerur, 2012)

Jenis logam	Kekuatan tarik (Mpa)	Keuletan (%)	Kekerasan (BHN)
Besi dan baja			
Besicor kelabu	110 – 207	0 – 1	100 – 150
Besi cor putih	310	0 – 1	450
Baja	276 – 2070	12 – 15	110 – 500
Buka besi			
Aluminium	83 – 310	10 – 35	20 – 100
Tembaga	345 – 689	5 – 10	50 – 100
Magnesium	83 – 345	9 – 15	30 – 60
Seng	49 – 90	2 – 10	80 – 100
Titan	552 – 1034	-	158 – 266
Nikel	414 – 1103	15 – 40	90 – 250

2.1.2. Aluminium

Aluminium diperoleh dengan mengekstraksi *Alumine* (*Aluminium Oxide*) dari Bauxite melalui proses kimia, kemudian alumina tersebut larut ke dalam elektrolit cair ketika arus listrik mengalir melalui *Alumine*. Hal tersebut

mengakibatkan aluminium metal terkumpul pada katoda. Umumnya, kemurniannya mencapai 99,85%. Dengan mengelektrolisa kembali, maka akan didapat aluminium dengan kemurnian 99,99%. Namun aluminium murni memiliki sifat mekanik yang buruk, sehingga untuk memperbaiki sifat-sifat mekaniknya perlu diberi unsur-unsur tambahan seperti silicon, tembaga, mangan, ferro, magnesium, serta unsur-unsur lain yang dapat memperbaiki sifat aluminium itu sendiri.

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat ketahanan korosi yang baik. Material ini digunakan dalam bidang yang luas bukan hanya untuk peralatan rumah tangga saja tetapi juga dipakai untuk kepentingan industri, misalnya untuk industri pesawat terbang, otomotif, kapal laut dan konstruksi-konstruksi yang lain. Berikut adalah unsur-unsur paduan dalam aluminium yang umum digunakan:

1. Aluminium-silikon (Al-Si): Paduan ini digunakan dalam pembuatan komponen mesin dan alat transportasi karena memiliki kekuatan tinggi dan daya tahan yang baik terhadap pengkerutan dan retakan.
2. Aluminium-magnesium (Al-Mg): Paduan ini digunakan dalam pembuatan komponen aeronautika dan konstruksi karena memiliki kekuatan tinggi dan daya tahan yang baik terhadap pengkerutan dan retakan.
3. Aluminium-kobalt (Al-Co): Paduan ini digunakan dalam aplikasi elektronik karena memiliki konduktivitas listrik yang baik dan daya tahan yang baik terhadap pengkerutan dan retakan.
4. Aluminium-berlian (Al-C): Paduan ini digunakan dalam aplikasi cutting tool karena memiliki kekerasan tinggi.
5. Aluminium-lithium (Al-Li): Paduan ini digunakan dalam aplikasi aerospace dan aerospace karena memiliki ringan, kekuatan tinggi dan kestabilan dimensi yang baik.
6. Aluminium-beryllium (Al-Be): Paduan ini digunakan dalam aplikasi aerospace dan aerospace karena memiliki kekuatan tinggi dan modulus yang tinggi. (Surdia dan Saito, 1999).

2.1.3. Sifat-sifat aluminium

Sifat intrinsik Aluminium membuatnya sangat populer untuk berbagai aplikasi. Sifat-sifat tersebut, diantaranya yaitu:

1. Ringan: Berat jenisnya adalah $2,7 \text{ g/cm}^3$, atau sepertiga dari baja. Dalam kendaraan, aluminium mengurangi berat dan konsumsi bahan bakar.
2. Kuat: Kekuatan Aluminium dapat disesuaikan dengan aplikasi yang berbeda dengan mengubah komposisi paduannya. Paduan tertentu sekuat baja.
3. Tahan korosi: Aluminium secara alami menghasilkan lapisan oksida pelindung, membuatnya sangat berguna untuk perlindungan dan konservasi.
4. Konduktif: Berdasarkan berat, aluminium dua kali lebih baik sebagai konduktor panas dan listrik dibandingkan tembaga, dan memainkan peran utama dalam saluran transmisi listrik.
5. Elastis Sifat formabilitasnya yang sangat baik memungkinkan pembuatan bentuk yang ditarik dalam dan / atau kompleks seperti kaleng atau bagian tubuh mobil.
6. Reflektif: Sebagai reflektor panas dan cahaya, aluminium sangat cocok untuk aplikasi seperti teknologi surya dan selimut penyelamat. Atap aluminium yang dilapisi dengan benar dapat memantulkan hingga 95% dari energi matahari yang menyerang mereka, secara dramatis meningkatkan efisiensi energi.
7. Kedap dan tidak berbau: Melepaskan rasa atau racun, aluminium sangat ideal untuk makanan dan kemasan farmasi. Aluminium foil menyediakan penghalang lengkap untuk cahaya, oksigen, kelembaban, dan bakteri.
8. Dapat didaur ulang: Aluminium adalah 100% dan dapat didaur ulang tanpa mengurangi kualitas.
9. Tahan percikan: Tidak seperti kawat baja, aluminium kaku tidak memicu dan tidak akan berkarat, menjadikannya pilihan yang lebih aman untuk aplikasi listrik di tambang batu bara, elevator biji-bijian, dan kilang. (Surdia dan Saito, 1999).

2.1.4. Aluminium paduan tembaga

Aluminium paduan tembaga (Cu-Al) adalah paduan logam yang terdiri dari aluminium dan tembaga. Paduan ini dapat memiliki komposisi yang berbeda, dengan kandungan aluminium dan tembaga yang dapat bervariasi sesuai dengan kebutuhan. Aluminium paduan tembaga memiliki beberapa keunggulan seperti:

1. Tahan Korosi: Aluminium paduan tembaga memiliki tingkat tahan korosi yang baik, membuat paduan ini cocok untuk digunakan pada lingkungan yang memiliki tingkat korosi yang tinggi.
2. Tahan Panas: Aluminium paduan tembaga memiliki tingkat tahan panas yang baik, membuat paduan ini cocok untuk digunakan pada aplikasi yang membutuhkan tingkat tahan panas tinggi.
3. Kelembaban Tinggi: Aluminium paduan tembaga memiliki tingkat kelembaban yang tinggi, membuat paduan ini cocok untuk digunakan pada aplikasi yang membutuhkan tingkat kelembaban tinggi.
4. Kekuatan: Aluminium paduan tembaga memiliki tingkat kekuatan yang baik, membuat paduan ini cocok untuk digunakan pada aplikasi yang membutuhkan tingkat kekuatan tinggi.
5. Konduktivitas: Aluminium paduan tembaga memiliki tingkat konduktivitas yang baik, membuat paduan ini cocok untuk digunakan pada aplikasi yang membutuhkan tingkat konduktivitas tinggi.

Aplikasi utama dari aluminium paduan tembaga adalah sebagai bahan konstruksi, seperti pembuatan bahan elektrokimia, bahan pendingin, dan komponen listrik. Paduan ini juga sering digunakan dalam aplikasi pembuatan alat pengangkat, seperti *pulley* dan rol. (Surdia dan Saito, 1999).

2.1.5. Pulley

Pulley merupakan suatu alat berbentuk lingkaran yang sisi-sisinya dilingkari tali, sabuk, hingga rantai untuk mewujudkan pergerakan rotasional (berputar) dengan tujuan meringankan beban, mengubah arah, dan mendapatkan manfaat mekanikal lainnya.

Adapun beberapa jenis *pulley* yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, diantaranya:

1. *Pulley Simple*: *pulley simple* adalah *pulley* sederhana yang terdiri dari poros atau as dan cincin. *pulley simple* ini hanya dapat memindahkan beban dalam satu arah.
2. *Pulley Block*: *pulley block* adalah *pulley* dengan lebih dari satu cincin. *Pulley block* ini dapat memindahkan beban dalam dua arah.
3. *Pulley V-Belt*: *pulley V-Belt* adalah *pulley* yang dirancang khusus untuk digunakan dengan tali *V-Belt*. *Pulley V-Belt* memiliki bentuk yang mirip huruf V untuk membantu menjaga tali *V-Belt* tetap berada pada posisi yang tepat.
4. *Pulley Flange*: *pulley flange* adalah *pulley* dengan bagian luar yang berbentuk *flange*. *Pulley flange* ini memiliki lubang untuk memasang poros dan dapat digunakan untuk memindahkan beban dengan gaya yang lebih besar.
5. *Pulley Taper-Lock*: *pulley Taper-Lock* adalah *pulley* yang memiliki sistem pengunci tirus untuk memasang *pulley* pada poros. *pulley Taper-Lock* ini memudahkan proses pemasangan dan pemindahan *pulley*.
6. *Pulley Timing*: *pulley timing* adalah *pulley* yang digunakan pada sistem transmisi untuk memastikan beban bergerak dengan kecepatan yang sama. *Pulley timing* ini memiliki poros yang berbentuk melengkung dan membantu memastikan roda bergerak dengan kecepatan yang sama.
7. *Pulley Idler*: *pulley idler* adalah *pulley* yang digunakan untuk membantu memindahkan beban tanpa mengubah arah beban. *Pulley idler* ini digunakan pada sistem transmisi untuk membantu memastikan tali atau rantai tetap berada pada posisi yang tepat.

Semua jenis *pulley* memiliki fungsi yang berbeda dan dapat digunakan untuk berbagai aplikasi. Penting untuk memastikan *pulley* yang digunakan sesuai dengan aplikasi dan memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan untuk memastikan *pulley* berfungsi dengan baik dan aman.

2.1.6. Pengujian *impact*

Pengujian *impact* adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat. Pengujian ini merupakan pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Pada pengujian ini terjadi proses penyerapan energi yang sangat besar ketika beban menumbuk benda uji. Energi yang diserap benda uji dihitung menggunakan prinsip perbedaan energi potensial. Dalam pengujian impact, sampel material ditembakkan oleh benda uji, yang dapat berupa benda bulat atau batang, pada kecepatan tertentu. Saat benda uji menabrak sampel, kekuatan dan energi dari benturan dicatat dan dianalisis untuk menentukan kinerja material dalam kondisi tersebut. Hasil dari pengujian ini dapat memberikan informasi tentang sifat-sifat material seperti kekuatan, ketangguhan, dan keuletan, yang penting dalam menentukan apakah material tersebut cocok untuk digunakan dalam aplikasi tertentu. Standar ASTM yang mengatur tentang pengujian impact ialah STM E23 - *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*. (Murtiyoso, 2017)

$$\text{Rumus pengujian Impact : } HI = \frac{E_{\text{serap}}}{A} \quad (2.1)$$

$$E = W L (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (2.2)$$

Dimana :

- HI = Harga impact (J/mm²)
- Eserap = Energi yang diserap (J)
- W = Berat bandul (N)
- L = Panjang lengan bandul (m)
- cos α = Sudut awal
- cos β = Sudut akhir

2.1.7. Pengujian kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik dari suatu material. Kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi atau penekanan (Purnomo, 2017). Uji kekerasan merupakan kemampuan suatu benda terhadap pembebanan yang tepat, sehingga ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji akan mengalami deformasi pada benda tersebut. Terdapat tiga jenis umum mengenai ukuran kekerasan, yang tergantung pada cara melakukan pengujian, ketiga jenis tersebut adalah kekerasan goresan (*scratch hardness*), kekerasan lekukan (*indentation hardness*) dan kekerasan pantulan (*rebound*) atau kekerasan dinamik (*dynamic hardness*). Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa.

Korelasi antara kekerasan yang diperoleh dengan berbagai cara pengujian kekerasan menjadi permasalahan, tidak ada cara lain kecuali mendapat hubungan tersebut secara eksperimen. Jadi kekerasan yang diperoleh dengan berbagai cara ditulis sebagai tabel konvensi kekerasan dibawah ini.

Tabel 2. 2 Nilai Konversi Kekerasan
(ASTM E 140)

<i>Approximat Hardness Conversion tables for Non-Austenitic Steels (Rockwell B Hardness Range)</i>		
<i>Rockwell B Hardness Number, 100 kgf</i>	<i>Vickers Hardness Number (VHN)</i>	<i>Brinell Hardness Number, 3000 kgf</i>
72	130	130
71	127	127
70	125	125
69	123	123
68	121	121
67	119	119
65	117	117
64	116	116
63	114	114
62	112	112
61	110	110

Ada beberapa standar ASTM yang mengatur tentang pengujian kekerasan yaitu :

1. ASTM E140 - *Standar Nomor Hardness Conversion* untuk Metals. Standar ini menyediakan konversi dari satuan kekerasan yang berbeda untuk logam
2. ASTM E10 (standar pengujian kekerasan Brinell untuk material logam).
3. ASTM E18 - *Standar Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials*. Standar ini menyediakan metode pengujian kekerasan Rockwell untuk material logam.
4. ASTM E384 - *Standar Test Method for Knoop and Vickers Hardness of Materials*. Standar ini menyediakan metode pengujian kekerasan Knoop dan Vickers untuk material logam.

1. Kekerasan *brinell*

(ASTM E 10, 2018) Uji kekerasan Brinell menggunakan *indenter* bola dengan bahan baja atau *tungsten carbide*. *Indenter* tersebut berdiameter 10 mm (0,394 in). Mirip dengan uji Rockwell, pada uji Brinell *indenter* bola menekan permukaan benda uji sehingga terbentuk lekukan (*indentasi*). Uji Brinell menggunakan beban standar antara 500 sampai 3000 kg. Besar kenaikan beban tersebut adalah 500 kg. Selama pengujian, beban dijaga agar selalu konstan untuk beberapa saat (antara 10 sampai 30 detik). Semakin keras bahan yang diuji, maka akan semakin besar pula beban yang diterapkan. Angka kekerasan *Brinell* (BHN) dinyatakan sebagai beban (P) dibagi luas permukaan lekukan. Perhitungan rumus kekerasan brinell dapat dihitung melalui rumus:

$$BHN = \frac{P}{\left(\frac{\pi D}{2}\right)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{P}{\pi D t} \quad (2.3)$$

Keterangan: P = beban yang diterapkan (kg)

D = diameter bola (mm)

d = diameter lekukan (mm)

t = kedalaman jejak (mm)



Gambar 2. 2 Pengujian *Brinell*

2.2 Kajian Pustaka

Dalam penelitian tugas akhir dibutuhkan suatu penelitian terlebih dahulu, untuk dijadikan sebuah referensi untuk diobservasi. Berikut ini merupakan beberapa referensi yang berkaitan:

Menurut Fitri Alfiana, et all. (2019) dalam pengaruh variasi penambahan tembaga terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pada remelting piston. Penelitian ini, bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan tembaga terhadap sifat mekanik dan fisis dari paduan aluminium. Hasil material dari penelitian ini juga diharapkan dapat diaplikasikan sebagai bahan baku teknik pembuatan paku keling yang memerlukan kekerasan cukup tinggi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu dengan piston dilebur terlebih dahulu dalam tungku pembakaran kemudian dituang kedalam cetakan pasir sehingga menjadi sebuah ingot. Ingot tersebut dilebur kembali dengan dilakukan penambahan variasi tembaga sebesar 3% dan 6%. Kemudian dilakukan uji kekerasan dan struktur mikro. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa tembaga dapat meningkatkan sifat mekanik. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada 6% Cu yaitu 300,66 VHN, dan nilai terendah terdapat pada 0% Cu yaitu 112,6 VHN. Semakin bertambahnya komposisi Cu maka Al_2Cu yang terbentuk juga semakin besar sehingga fasa kristal Al semakin tegang, dengan semakin tegang fasa kristal Al inilah yang menyebabkan semakin tinggi nilai kekerasan dengan naiknya persentase Cu.

Menurut Willy Anderson, et all. (2018) dalam penelitiannya yang berjudul pengaruh komposisi Cu terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari pengecoran Al-Si, Pada penelitian ini dilakukan paduan aluminium (Al-Si) dan tembaga (Cu). Proses pengecoran dilakukan pada suhu 800°C dengan lama *hold time* selama 1 jam. Proses pengecoran dilakukan dengan menggunakan alat induksi *heating* dengan *maximum* suhu pemanasan 1000°C. Adapun metode yang digunakan adalah metode pengecoran *sand casting*. Proses pengujian material yang telah di-*alloying* menggunakan metode pengecoran meliputi pengujian mekanis berupa *tensile*, *impact* dan *rockwell*. Pengujian karakterisasi menggunakan pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*). Dimensi dari pengujian *tensile* mengikuti standar ASTM E8 dan pengukuran nilai kekerasan menggunakan alat uji Mitutoya HR-112 *rockwell hardness testing machines* dengan *load* yang diberikan sebesar 100 kgf dan *indenter* 1/16" *steel ball*. Tujuan paduan tersebut adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi tembaga (Cu) terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari pengecoran Al-Si menggunakan variabel 0,5 wt%, 1 wt%, 3 wt%, 5 wt%. Tembaga (Cu) ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan material tersebut, makin tinggi kadar tembaga maka makin banyak fasa yang terbentuk, sehingga kekerasan dan kekuatan paduan akan meningkat. Selain itu, peningkatan komposisi tembaga di dalam paduan Al-Si-Cu dapat juga meningkatkan sifat ketahanan korosi dan sifat ketahanan aus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi tembaga terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari pengecoran Al-Si. Hasil uji *hardness rockwell* menunjukkan bahwa semakin banyak unsur Cu yang ditambahkan pada paduan Al-Si maka semakin besar nilai kekerasan dan kekuatan paduan. Hasil pengujian *impact charpy* didapat nilai *impact* pada sampel 1 yaitu 0,0307 J/mm² dan sampel 2 yaitu 0,0129 J/mm². Hasil pengujian tensile kekuatan tarik sampel 1 yaitu 93.50 N/mm², sampel 2 yaitu 39.39 N/mm², dan sampel 3 yaitu 33.60 N/mm².

Menurut I Made Pasek Kimiartha dan Hosta Ardhyanta. (2015), dalam penelitiannya yang berjudul pengaruh penambahan tembaga (Cu) terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada paduan aluminium-silikon (Al-Si) melalui proses pengecoran, pemakaian aluminium khususnya pada industri otomotif seperti

pembuatan piston, blok mesin, cylinder head, valve dan sebagainya dituntut memiliki kekuatan dan termal stress yang baik. Paduan Al-Si merupakan paduan yang cocok untuk dijadikan bahan untuk pembuatan piston motor karena memiliki sifat tahan terhadap korosi serta kekuatan yang baik dan juga sangat ringan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penambahan tembaga terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada paduan Al-Si-Cu. Paduan tersebut nantinya akan dipadukan dengan variasi prosentase tembaga sebesar 0, 1, 2, 3, 4 wt%. Dilebur didalam tungku dan dibiarkan membeku dalam krusibel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tembaga menaikkan sifat mekanik. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada 4 wt% Cu yaitu 92,2 HB, dan nilai terendah terdapat pada 0 wt% Cu yaitu 83 HB. Koefisien ekspansi termal menurun dengan penambahan tembaga. Nilai terendah terdapat pada paduan dengan 4 wt% Cu yaitu $205,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, dan nilai tertinggi terdapat pada paduan dengan 2 wt% Cu yaitu $230 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

Menurut Muhammad Nur Saiful. (2021), dalam penelitiannya yang berjudul pengaruh variasi konsentrasi tembaga terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tarik pada pengecoran aluminium a1100, hasil dari penelitian yang dilakukan ialah data pengujian tarik dan kekerasan. Pada pengujian tarik, nilai tegangan tertinggi dicapai pada penambahan tembaga sebesar 6,5% yaitu 91,76 MPa. Sedangkan nilai terendah dicapai pada penambahan tembaga sebesar 0% yaitu 66,40 MPa. Nilai regangan tertinggi diperoleh dengan konsentrasi tembaga sebesar 4,5% yaitu 0,039%. Sedangkan yang terendah terdapat pada penambahan tembaga sebesar 6,5% yaitu 0,017 %. Pada pengujian kekerasan *Rockwell*, nilai kekerasan tertinggi diperoleh dengan penambahan tembaga sebesar 6,5% yaitu 69,1 HRB. Sedangkan nilai kekerasan terendah diperoleh dengan penambahan tembaga sebesar 0% yaitu 57,03 HRB.

Menurut Soleh Setyawan. (2006) dalam penelitiannya yang berjudul pengaruh variasi penambahan tembaga (Cu) dan jenis cetakan pada proses pengecoran terhadap tingkat kekerasan paduan aluminium silikon (Al-Si), Di dalam penelitian in menyelidiki pengaruh variasi penambahan tembaga (Cu) dan jenis cetakan pada proses pengecoran terhadap tingkat kekerasan paduan aluminium silikon (Al-Si). Dengan variasi penambahan tembaga (Cu) maka akan

mempengaruhi tingkat kekerasan paduan alumunium silikon (Al-Si) pada setiap jenis cetakan yang berbeda. Tingkat kekerasan yang optimal untuk paduan alumunium silikon (Al-Si) yaitu pada penambahan tembaga 8% dengan jenis cetakan logam. Dari penelitian ini dapat dijadikan dasar pengembangan penelitian selanjutnya, yang relevan dengan masalah yang dibahas dalam penelitian ini. Disamping itu, sebagai bukti tingkat kekerasan logam paduan alumunium silikon (Al-Si) dipengaruhi oleh variasi penambahan tembaga (Cu) dan jenis cetakan pada proses pengecoran. Dan juga masih banyak dipengaruhi variasi penambahan tembaga (Cu) dan jenis cetakan pada proses pengecoran terhadap variabel-variabel yang lain.