

Analisis Mikrostruktur dan Kekerasan pada Pengecoran Aluminium (AL) Variasi Penambahan Nikel (Ni) dan Media Pendingin

Qurasun Shieldhan Nabil Hasbullah¹, Priyagung Hartono², Ismi Choirotin³

¹Universitas Islam Malang

E-mail

:qurasunnabil95@gmail.com

² Universitas Islam Malang

E-mail :Priyagung@Unisma.ac.id

³Universitas Islam Malang

E-mail : ismi.choirotin@Unisma.ac.id

ABSTRACT

Indonesia is a country that has extraordinarily beautiful natural resources, and has extraordinary natural tourism potential, therefore it encourages sports and special interest tourism in the wild, such as mountain climbing, rock climbing, cave tracing and other outdoor activities. , this is what makes enthusiasts of using outdoor equipment increasingly massive in use by outdoor enthusiasts in the world and especially in Indonesia, therefore the outdoor equipment industry must prioritize safety factors (Safety in use) in the equipment they produce, in order to provide Users feel safe, therefore equipment is needed with materials that are strong, corrosion resistant and light to carry during outdoor activities. Aluminum Alloy 6061 is a popular member of the 6000 series aluminum, which has the main chemical composition of Magnesium (Mg) and Silicon (Si) which is often used in outdoor equipment, automotive, etc. This research uses an experimental method, namely varying the mixture of nickel (Ni) into aluminum castings, and the cooling medium which is the independent variable by calculating the hardness value using the Vickers method and analysis using the ANOVA method. In this study, the aim was to analyze the effect of the percentage of nickel mixture and cooling medium in aluminum alloy 6061 casting on hardness and microstructure values. The results of research analysis and discussions that have been carried out with variations in the percentage of nickel (Ni) mixture and cooling media, in Aluminum alloy 6061 castings regarding hardness values, it is known that the mixture percentage of Nickel (Ni) with variations of 1.5%, 2.5% and 3.5% affects the increase and decrease in hardness values.

Keywords: Metal Casting, Aluminum Alloy 6061, Metal Hardness, Vickers, Anova.

ABSTRAK

Negara Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya alam yang luar biasa indah, dan memiliki potensi pariwisata alam yang luar biasa baik, oleh karena itu penggiat olahraga dan wisata minat khusus di alam bebas, seperti Mendaki gunung, Panjat tebing, Susur Goa dan kegiatan outdoor lainnya, hal ini yang membuat peminat penggunaan peralatan outdoor semakin masif di gunakan oleh para penggiat alam bebas di dunia dan terutama di Indonesia, oleh karena itu para industri peralatan outdoor harus mengutamakan faktor keamanan (Safety in use) pada alat yang di produksinya, agar bisa memberi rasa aman terhadap penggunaanya, oleh karena itu dibutuhkan peralatan dengan bahan yang kuat, tahan korosi dan ringan untuk di bawa dalam berkegiatan outdoor. Aluminium Alloy 6061 merupakan anggota populer dari aluminium seri 6000, yang dimana memiliki komposisi kimia utamanya adalah Magnesium (Mg) dan Silikon (Si) yang sering di gunakan di peralatan outdoor, otomotif, dll. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu memvariasikan campuran nikel (Ni) ke dalam coran Aluminium, dan media pendingin yang merupakan variabel bebasnya dengan perhitungan nilai kekerasan menggunakan metode *Vickers* dan Analisa menggunakan metode ANOVA. Dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh persentase campuran nikel dan media pendingin, pada pengecoran aluminium alloy 6061 terhadap nilai kekerasan dan mikrostruktur. Hasil analisis penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dengan variasi persentase campuran nikel (Ni) dan media pendingin, pada pengecoran Aluminium alloy 6061 terhadap nilai kekerasan, diketahui bahwa campuran persentase Nikel (Ni) dengan variasi 1,5%, 2,5% dan 3,5% mempengaruhi kenaikan dan penurunan nilai kekerasan.

Kata kunci : Metal Casting, Aluminium Alloy 6061, Metal Hardness, *Vickers*, Anova.

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan material saat ini semakin meningkat seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi. Terdapat kebutuhan nyata akan material yang memiliki kombinasi sifat mekanik yang tidak ditemukan pada material umum seperti logam, keramik, polimer. Material terapan memerlukan banyak sifat yang dapat dihadirkan pada material pa2n. Bahan campuran merupakan kombinasi dua faktor bahan atau lebih untuk menemukan sifat yang lebih positif pada bahan (Rusnoto, 2014).

1.2. Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang di dapatkan berdasarkan dari latar belakang di atas:

1. Seperti apa pengaruh penambahan Nikel 1,5% ,2.5% dan 3,5% terhadap kekerasan pengecoran Aluminium ?
2. Seperti apa pengaruh variasi media pendingin *coolant radiator* dan udara terhadap mikrostruktur pada produk sampel pengecoran Aluminium dengan Nikel 1,5% ,2.5% dan 3,5% ?

1.3. Batasan Masalah

Untuk mengurangi kompleksitas permasalahan serta menantukan arah analisis yang lebih baik maka ditentukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Material dalam proses penelitian ini ,menggunakan bahan logam *Aluminium alloy 6061* (Al) dengan Nikel (Ni) .
2. Penambahan nikel sebesar 1,5% , 2.5% dan 3,5% dari coran *Aluminium alloy 6061*.
3. Pendingin menggunakan *catting Coolant radiator* dan udara.
4. Pengujian menggunakan variasi pendingin *Coolant radiator* dan udara.
5. Pengujian mikrostruktur menggunakan aplikasi *IMAGE J*.
6. Uji kekerasan dengan uji kekerasan Vicles.
7. Lapisan berbahan dasar pasir digunakan dalam cetakan.
8. Suhu pada proses pengecoran *Aluminium alloy 6061* dan nikel 800° C

1.4. Tujuan

Bedasarkan dari isi rumusan masalah diatas, maka analisa ini bertujuan untuk mengetahui:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan Nikel (Ni) antara terhadap mikrostruktur cor *Aluminum alloy 6061*.

2. Untuk mengetahui pengaruh fluktuasi pendinginan terhadap nilai kekerasan produk paduan aluminium cor variabel nikel 6061.

1.5. Manfaat

Dari proses penelitian manfaat yang diharapkan dari hasil proses analisis ini adalah:

1. Memberikan gambaran umum tentang paduan aluminium 6061 cast nickel dari awal produksi hingga bahan jadi
2. Memberikan informasi akumulasi nikel
3. Memberikan informasi tentang antarmuka AC yaitu Radiator coolant dan cuaca untuk mengetahui sambungan AC yang dapat menggunakan alumunium alloy casting 6061
4. Bahan evaluasi kami simpan dengan mempertimbangkan cara pembentukannya, karena hasil paduan aluminium nikel 6061. casting jauh lebih pintar.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Aluminium

Aluminium adalah logam lunak berwarna putih keperakan. Aluminium memiliki beberapa sifat dibandingkan logam yang ada. Aluminium relatif lebih mudah dibandingkan baja, tembaga atau kuningan. Komponen lainnya seperti tembaga, magnesium, silikon, mangan dan seng. Paduan aluminium ini biasa disebut paduan aluminium. (Rusnoto, 2014).



Gambar Aluminium alloy 6061

1.1. Sifat sifat Aluminium

Berikut Sifat-sifat Aluminium yang di jelaskan pada tabel berikut.

Tabel 1.1. Sifat Aluminium

Sifat – Sifat Aluminium	
<i>Thermal Conductivity (W/mk)</i>	235
<i>Latent Heat of fusion (kJ/kg)</i>	393.1
<i>Melting Point (oC)</i>	660
<i>Density (g/cm 3)</i>	2.7
<i>Spesific Heat (kJ/kg/oC)</i>	1.005
<i>Thermal Expantion (10-6 oC)</i>	22
<i>Hardness (HV)</i>	25.9

Sumber : (Pichumani dkk, 2018)

Tabel 1.2 Pengkodean Aluminium

Nomor Serial	Elemen Paduan Utama
1xxx	Aluminium Murni
2xxx	Tembaga
3xxx	Mangan
4xxx	Silikon
5xxx	Magnesium
6xxx	Magnesium & Silikon
7xxx	Seng
8xxx	Timah

Sumber : (Vladimir, 2013)

Tabel 1.3 Klarifikasi Aluminium

Al paduan untuk mesin	Paduan jenis ini tidak dapat di perlakuan panas (<i>non-heat treatable</i>)	Al murni (seri 1000),Paduan Al-Mn (seri 3000), Paduan Al-Si (seri 4000), Paduan Al-Mg (seri 5000)
	Paduan jenis ini dapat di perlakuan panas (<i>heat-treatable</i>)	Paduan Al-Cu (seri 2000) , Paduan Al-Mg-Si (seri 6000), Paduan Al-Zn (seri 7000)
Al Paduan untuk coran	<i>Non-heat - treatable alloy</i>	Paduan Al-Si (Silumin) Paduan Al-Mg (Hydronarium)
	<i>Heat treatable alloy</i>	Paduan Al-Cu (Lautal) Paduan Al-Si-Mg (Silumin Lo-ex)

Sumber : (Afdal Syarif, 2020)

2. Nikel (Ni)

Nikel merupakan salah satu komponen kimia logam dalam tabel periodik dengan lambang Ni dan nomor molekul 28. Nikel merupakan logam berwarna putih keperakan dengan warna keperakan agak keemasan. Nikel adalah logam jalan yang keras dan kuat.

2.1. Sifat sifat Nikel

Berikut sifat sifat Nikel dijelaskan pada tabel dibawah berikut:

Tabel 2.1 Sifat-sifat Nikel	
Sifat-Sifat Nikel	
<i>Thermal Conductivity</i> (W/mk)	90.6
<i>Latent Heat of fusion</i> (kJ/kg)	309.4
<i>Melting Point</i> (°C)	1450
<i>Density</i> (g/cm 3)	0.89
<i>Spesific Heat</i> (kJ/kg/°C)	5024
<i>Thermal Expantion</i> (10-6 °C)	13
<i>Hardness</i> (HV)	123.6

Sumber : (Wicaksana 2018)

2.2. Pengaruh Nikel pada Paduan

Pengaruh nikel pada pemaduan logam memiliki dampak yang signifikan karena nikel merupakan salah satu komponen utama dalam banyak paduan logam. Berikut adalah beberapa efek utama dari penambahan nikel pada pemaduan :

1. Peningkatan kekuatan

Ketika nikel ditambahkan ke logam dasar, itu dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap deformasi plastis. Hal ini terjadi karena nikel memiliki struktur kristal yang stabil dan kemampuan untuk membentuk larutan padat dengan unsur-unsur lain dalam paduan.

2. Peningkatan Ketahanan Terhadap Korosi

Sifat korosi nikel yang rendah membuatnya menjadi penambahan yang diinginkan dalam paduan logam. Ketika nikel ditambahkan ke logam dasar , dapat meningkatkan ketahanan korosi pada logam paduan.

3. Stabilitas termal

Koefisien perluasan termal nikel yang serupa dengan beberapa logam dasar , seperti baja tahan karat, membuatnya berguna dalam meningkatkan stabilitas dimensi dan ketahanan terhadap perubahan suhu ekstrem ketika ditambahkan ke paduan logam.

4. Ketahanan terhadap suhu tinggi

Nikel memiliki titik leleh yang tinggi dan mempertahankan kekuatan mekaniknya pada suhu yang tinggi. (Davis, 2000

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen,

1. Variabel Penelitian

- Variabel bebas adalah persentase Nikel (1,5% , 2,5% dan 3,5%) dan Media Pendingin (*Coolant* Radiator dan Udara) .
- Variabel Terikat adalah uji kekerasan *Vickers* dan Mikrostruktur .
- Variabel Terkontrol adalah Temperature pengecoran sebesar 800°C.

2. Model Peralatan

2.1. Alat dan Bahan

- Alat Uji berupa uji *Vickres* dan Mikroskop



Gambar 3.22 Alat Uji Kekerasan Vickers



Gambar 3.23 Mikroskop

2.1.2. Bahan Penelitian

- Aluminium Alloy 6061 (Al)
- Nikel (Ni)
- Coolant Radiator
- Udara
- Pasir
- Tungku peleburan
- Kowi
- Tang penjepit
- Timbangan digital
- Ayakan pasir
- Sekop
- Sampel cetakan
- Bubuk batu kapur
- Tetes tebu
- Teko ukur
- Kerangka cetakan
- Thermometer Gun
- Stopwatsh
- Gelas ukur
- Tang jepit
- Mesin bubut
- Gerinda

3. Prosedur pengujian

Pengujian ini di lakukan pada bulan oktober 2023 Di Laboraturium Perlakuan dan Pengujian Bahan Teknik Politeknik Negeri Malang. Adapun prosedur dan metode pengujian sebanyak 2 kali. Berikut beberapa prosedur dalam pengujian sebagai berikut :

- Uji Kekerasan *Vickers*
- Uji Microstruktur

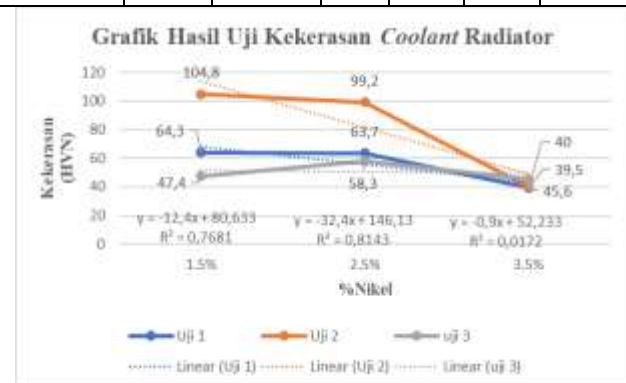
HASIL DAN PEMBASAN

1. Data Hasil uji Kekerasan *Vickers*

1.1. Tabel hasil uji kekerasan *Vickers*

Table 4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Media pendingin	Nikel	Indentor	Kekerasan (HV)				
			Uji 1	Uji 2	Uji 3	Jumlah	Rata - rata
Coolant Radiator	1,5%	50 gf	64,3	104,8	47,4	216,5	72,1
	2,5%		63,7	99,2	58,3	248,2	82,7
	3,5%		39,5	40	45,6	125,1	41,7
Udara	1,5%	50 gf	57,1	101,7	55,5	2143	71,4
	2,5 %		52,8	62,2	52	167	55,6
	3,5%		74,2	86	64,8	225	75



Gambar 4.1 Grafik Data Hasil Kekerasan *Coolant Radiator*

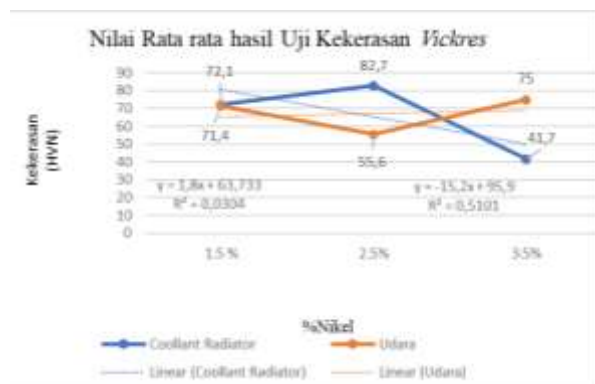
Berdasarkan grafik 4.1. diatas hasil pengujian kekerasan *Vickres* dari ketiga varian presentase campuran nikel , nilai kekerasan tertinggi terdapat pada campuran 1,5% dengan nilai 104,8 HVN sedangkan pada presentase 2,5% terdapat nilai tertinggi 99,2 HVN dan pada presentase 3,5% terdapat nilai tertinggi 45,6 HVN. Sedangkan nilai kekerasan paling rendah pada campuran persentase 1,5% dengan nilai 47,4 HVN sedangkan pada

persentase 2,5% dengan nilai 58,3 HVN dan pada persentase 3,5% dengan nilai 39,5 HVN. Secara teoritis nikel mencair sempurna pada suhu minimal 900°C sedangkan pada saat proses pengecoran menggunakan suhu 800°C , hal ini menyebabkan nikel tidak mencair sempurna , dan akhirnya menyebabkan nilai hasil uji kekerasan pada titik uji 1 2 3 nilainya sangat jauh.



Gambar 4.2 Grafik Data Hasil Kekerasan Udara

Berdasarkan grafik 4.2 diatas hasil pengujian kekerasan *Vickres* dari ketiga varian presentase campuran nikel , nilai kekerasan tertinggi terdapat pada campuran 1,5% dengan nilai 101,7 HVN sedangkan pada presentase 2,5% terdapat nilai tertinggi 62,2 HVN dan pada presentase 3,5% terdapat nilai tertinggi 74,2 HVN. Sedangkan nilai kekerasan paling rendah pada campuran persentase 1,5% dengan nilai terendah 55,5 HVN sedangkan pada persentase 2,5% dengan nilai terendah 52,0 HVN dan persentase 3,5% dengan nilai terendah 64,8 HVN. Secara teoritis nikel mencair sempurna pada suhu minimal 900°C sedangkan pada saat proses pengecoran menggunakan suhu 800°C , hal ini menyebabkan nikel tidak mencair sempurna , dan akhirnya menyebabkan nilai hasil uji kekerasan pada titik uji 1 2 3 nilainya sangat jauh.



Gambar 4.3 Grafik Data Nilai Rata-rata uji *Vickres*

Berdasarkan grafik 4.3 diatas hasil pengujian kekerasan *Vickres* dari ketiga varian presentase

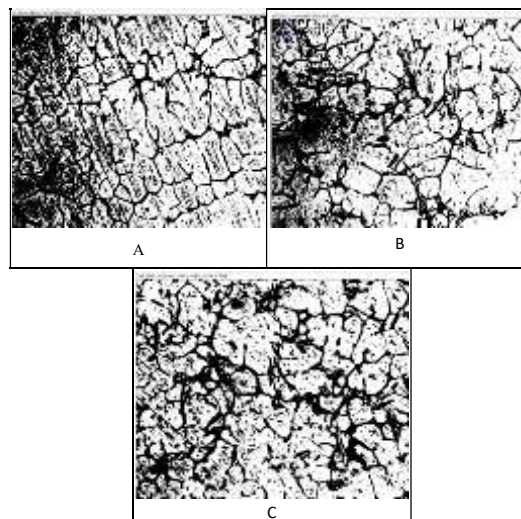
campuran nikel. Pada coran Aluminium alloy 6061 dengan persentase campuran nikel 1,5% berpendingin coolant radiator dengan nilai rata rata 72,1 HVN dan pada persentase 2,5% dengan nilai rata rata 82,7 HVN dan pada persentase 3,5% dengan nilai rata rata 41,7 HVN. Sedangkan untuk pengecoran Aluminium alloy 6061 dengan campuran nikel berpendingin udara , untuk persentase campuran Ni 1,5% dengan nilai rata rata 71,4 HVN sedangkan persentase campuran Ni 2,5% dengan nilai rata rata 55,6 HVN dan persentase campuran Ni 3,5% dengan nilai rata rata 75 HVN. Secara teoritis nikel mencair sempurna pada suhu minimal 900°C sedangkan pada saat proses pengecoran menggunakan suhu 800° C , hal ini menyebabkan nikel tidak mencair sempurna , dan akhirnya menyebabkan nilai hasil uji kekerasan pada titik uji 1 2 3 nilainya sangat jauh.

2. Data Pengujian Mikrostruktur

Pengujian kekerasan material menggunakan teknik mikrostruktur merupakan salah satu metode penelitian kekerasan yang banyak digunakan. Uji kekerasan dilakukan dengan kaca pembesar optik. Penekanan lekukan berupa bola baja yang mengeras akan menghasilkan tanda berbentuk bola atau lekukan pada bagian bawah sampel. Diameter tanda kemudian diukur di bawah mikroskop untuk mengetahui angka kekerasan bahan yang diteliti.

a. Foto Mikrostruktur Menggunakan Pendingin Coolant Radiator

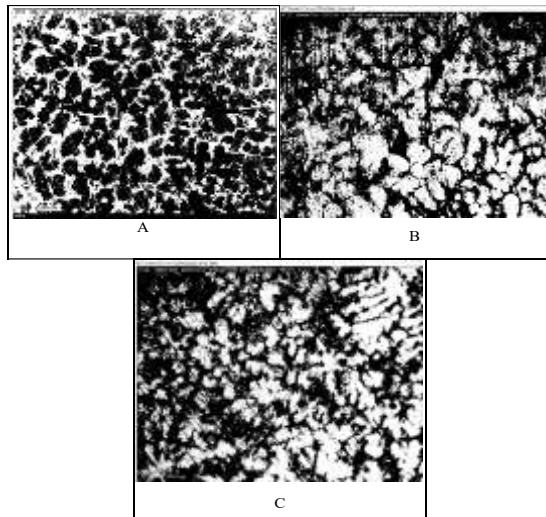
Pengujian menggunakan mikroskop logam, kemudian pengamatan struktur mikro pada coran aluminium alloy 6061 dengan paduan dan melalui proses variasi komposisi Nikel 1,5% ,2,5%,3,5% dan hasil yang di dapatkan sebagai berikut:



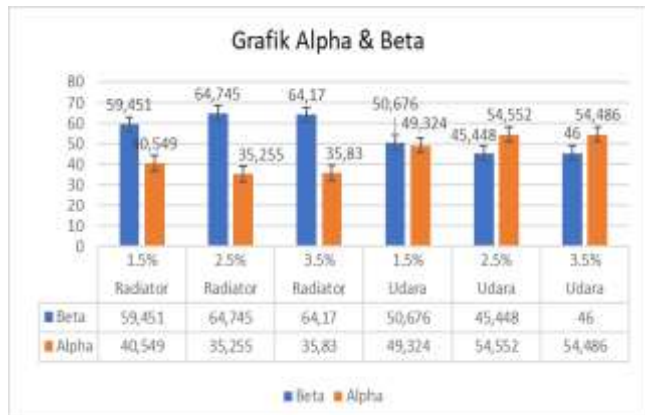
Gambar 4.4. Struktur Mikro a. 1,5% b. 2,5% c. 3,5%

b. Foto Mikrostruktur Menggunakan Pendingin Udara

Pengujian menggunakan mikroskop logam , kemudian pengamatan struktur mikro pada logam coran Aluminium alloy 6061 dengan paduan dan melalui proses variasi komposisi campuran Nikel 1,5% ,2,5%, 3,5% dan hasil yang di dapatkan sebagai berikut:



Gambar 4.5. Srtuktur Mikro a.1,5% b.2,5% c. 3,5%



Gambar 4.12 Grafik Data perhitungan Alpha & Beta

Berdasarkan grafik 4.1.4 diatas hasil Analisa Alpha dan Beta , nilai beta pada Spesimen dengan pendingin *Coolant* Radiator lebih besar dari pada nilai alpha, pada Spesimen pendingin *Coolant* Radiator nilai beta dapat dilihat sebagai berikut, persentase 1,5% diketahui dengan nilai 59.451 μm dan persentase 2,5% diketahui dengan nilai 64.745 μm dan persentase 3,5% diketahui dengan nilai 64,17 μm , Sedangkan untuk nilai alpha nya sebagai berikut, persentase 1,5% diketahui dengan nilai 40,549 μm dan persentase 2,5% diketahui dengan nilai 35,255 μm dan persentase 3,5% diketahui dengan nilai 35,83 μm , hal ini dipengaruhi oleh percepatan proses pendinginan pada Spesimen, yang mana pendinginan menggunakan *Coolant* Radiator lebih cepat dingin yang menyebabkan butiran-butiran logam lebih rapat. Sedangkan pada Spesimen dengan pendingin udara nilai beta nya lebih kecil dari pada nilai alpha nya , pada data Spesimen pendingin udara dapat di lihat pada nilai beta persentase 1,5% diketahui dengan nilai 50,676 μm dan persentase 2,5% diketahui dengan nilai 45,448 μm dan persentase 3,5% 46,00 μm , Sedangkan untuk nilai Alpha nya sebagai berikut, persentase 1,5% diketahui dengan nilai 49,552 μm dan persentase 2,5% diketahui dengan nilai 54,552 μm dan persentase 3,5% diketahui dengan nilai 54,486 μm , Hal ini dipengaruhi oleh percepatan proses pendinginan Spesimen , yang pendinginan menggunakan udara lebih lambat dingin hal ini.

Tabel 4.9 Presentase Alfa (α) dan Beta (β)

No	Media Pendingin	Presentase Campuran Nikel	Nilai Struktur Mikro	
			189 $\times$	
			Alpha (α)	Beta (β)
1	Coolant Radiator	1,5%	40,549 μm	59,451 μm
2		2,5%	35,255 μm	64,745 μm
3		3,5%	35,83 μm	64,170 μm
4	Udara	1,5%	49.324 μm	50.676 μm
5		2,5%	54,552 μm	45,448 μm
6		3,5%	54,486 μm	45,414 μm

Grafik 4.2 grafik Alpha & Beta

1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian analisis kekerasan pengecoran Aluminium alloy 6061 dan Nikel dengan variasi pendingin . maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan nikel pada pengecoran Aluminium alloy 6061 akan meningkatkan kekerasan. Kekerasan pada media pendingin *Coolant* Radiator memiliki nilai tertinggi pada paduan nikel 1,5% yaitu 104,8 HV sedangkan pada media pendingin udara nilai tertinggi didapatkan pada paduan nikel 1,5% yaitu 101,7 HV.

2. Dari hasil variasi media pendingin menghasilkan tingkat kekerasan yang tertinggi pada media pendingin *Coolant* Radiator dengan nilai sebesar 104,8 HVN . hal ini dapat terjadi karena , pendingin *Coolant* radiator dan udara memiliki tingkat laju pendinginan yang berbeda , dikarenakan laju pendingina Collant Radiator lebih cepat dari pada Udara.

3. Pada hasil uji mikrostruktur menunjukan penambahan nikel akan meningkatkan jumlah beta (β) . sehingga akan meningkatkan kekerasan pendinginan dengan Coolant Radiator juga mengasilkan struktur (β) lebih besar.

2. Saran .

1. Jarak waktu pembongkaran coran sampai dimasukan ke media pendingin harusnya di standartkan/disamakan.

2. Dipertimbangkan lagi metode (pemilihan temperature) pengecoran sehingga aluminium tidak overheat dan nikel sudah mencair sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

1. Muhammad Nurhamsyah ,Ir.Ismail, M.Sc (2018). Analisa Kekuatan Carabiner Bahan Aluminium 6061 dengan Beberapa Variasi Desain
2. Paulindra M.Pangaribuan (2016). Pengaruh penambahan nikel (Ni) terhadap sifat elektrik dan kekerasan paduan Tembaga-Nikel untuk termokopel.
3. Ahmad Saifulah (2015). Pengaruh penambahan Nikel (Ni) terhadap sifat kekerasan dan Struktur Mikro pada Aluminium Silikon (Al-Si) melalui proses pengecoran.
4. Sudarmanto (2016). Pengaruh penambahan Nikel terhadap kekuatan Tarik dan kekerasan pada besi tuang nodular 50.
5. Arya Mahendra Sakti (2021). Pengaruh variasi waktu pelapisan Nikel-krom pada aluminium terhadap nilai kekerasan impact.
6. Sindu Baskoro (2009). Pengaruh temperature pemanasan logam aluminium terhadap tingkat kekerasan hasil pengecoran.
7. Susri Mizhar, Suherman dan Rahmad Fauzi (2016). Kekerasan, kekuatan impak dan akumulasi mikrostruktur magnesium pada paduan aluminium (Al-Si) dari Lost Foam Casting..
8. Wikipedia (2022). Sifat Sifat Nikel
9. Afdal Syarif (2020). Analisis Struktur Mikro Al-Alloy pada Pengecoran Menggunakan Cetakan Pasir dengan Variasi Temperatur Tuang .
10. Wicaksana (2018). Sifat-sifat Nikel
11. Anita Kartika sari, Sri Rahayu, Wulandari Harjanti, Mochamad Choifin, dan T. W.(2021) Metodologi Penelitian. Mengubah Alam Semesta
12. (ASM Metal Handbook vol.2, 1992). Pengaruh Penambahan Nikel (Ni) Terhadap Sifat kekerasan dan Struktur Mikro pada Aluminium Silikon (Al-Si) melalui proses pengecoran.