

## PENGARUH SiC TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN MIKROSTRUKTUR PADA ALUMINIUM A356 MENGUNAKAN PENGECORAN METODE COOLING SLOPE

Diki Ari Sandi<sup>1\*</sup>, Tugiman<sup>2</sup>, Indra<sup>3</sup>, M. Sabri<sup>4</sup>, Syahrul Abda<sup>5</sup>, Mahadi<sup>6</sup>  
<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara  
 Email: dikiyoe1@gmail.com

### Abstract

Aluminum matrix composite has good mechanical properties compared to aluminum alloys without reinforcement. The type of aluminum used A356 is widely used in engineering. This study aims to determine the effect of the slope angle carried out when casting metal on mechanical properties of hardness, impact, tensile, wear and microstructure. Specimens were made using casting slope cooling methods with variations in slope angle 15°, 30°, 45°, 60°, and 75° with a pour temperature of 680°C and a mixture of SiC 0.5% and 2.5%. The highest average hardness obtained in the 2.5% SiC mixture of 30° slope angle is 55.74 BHN. The highest impact energy was obtained at a mixture of 0.5% with a slope of 75° which was equal to 12.87 Joules and the highest value was 0.156 Joule / mm. The highest impact energy was obtained at a mixture of 0.5% with a slope of 75° which was equal to 12.87 Joules and the highest value was 0.156 Joule / mm. Wear testing is done by pin on disk method with variations in rotation of 150 Rpm, 180 Rpm, 210 Rpm. The highest average tensile stress of Al-SiC material is obtained at 30° slope variation that is equal to 119.91 Mpa. Microstructure results showed an increase in slope angle affecting the microstructure of Al-SiC.

*Keywords:* Aluminum matrix composites, slope angle, Cooling slope, SiC, mechanical properties, microstructure

### Abstrak

Aluminium matrix composite memiliki sifat mekanis yang baik dibandingkan dengan paduan aluminium tanpa penguat. Jenis aluminium yang digunakan A356 yang banyak dipergunakan pada bidang teknik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan yang dilakukan pada saat pengecoran logam terhadap sifat mekanis kekerasan, impak, tarik, keausan dan mikrostruktur. Spesimen dibuat menggunakan pengecoran metode cooling slope dengan diberi variasi sudut kemiringan 15°, 30°, 45°, 60°, dan 75° dengan temperatur tuang 680°C serta campuran SiC 0,5%wt dan 2,5%wt. Kekerasan rata-rata tertinggi diperoleh pada campuran 2,5%wt SiC sudut kemiringan 30° adalah 55,74 BHN. Energi impak tertinggi didapat pada campuran 0,5%wt dengan sudut kemiringan 75° yaitu sebesar 12,87 Joule dan nilai tertinggi sebesar 0,156 Joule/mm. Pengujian keausan dilakukan dengan metode pin on disk dengan variasi putaran 150

Rpm, 180 Rpm, 210 Rpm. Nilai rata-rata tegangan tarik material Al-SiC tertinggi didapat pada variasi kemiringan 30° yaitu sebesar 119,91 Mpa. Hasil mikrostruktur memperlihatkan peningkatan sudut kemiringan berpengaruh terhadap struktur mikro Al-SiC.

*kata kunci : Aluminium matrix composites, sudut kemiringan, Cooling slope, SiC, sifat mekanis, mikrostruktur*

## 1. Pendahuluan

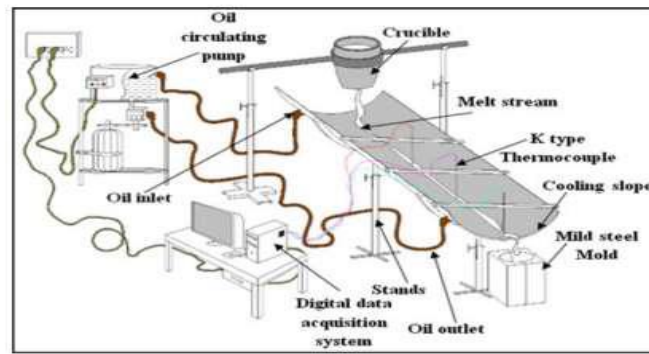
AMC (Aluminum Matrix Composites) adalah jenis material komposit logam dengan aluminium sebagai matrik dan serbuk Si, Mn, Ti dan Cu sebagai penguat. AMC mempunyai prospek pengembangan yang bagus, didasari oleh sifat-sifatnya yang baik, seperti kekerasan dan kekuatan yang tinggi, mampu mesin yang baik, densitas yang rendah, bahan dasar yang mudah didapatkan, dengan harga yang ekonomis dan bersaing dengan material lain. AMC banyak dimanfaatkan pada bidang industri otomotif, penerbangan, dan pertahanan sebagai bahan kendaraan tempur yang membutuhkan performa tinggi. AMC bisa diaplikasi dalam permesinan pesawat terbang, dan aplikasi dalam industri otomotif.

Penelitian mengenai komposit matrik aluminium telah banyak dilakukan, namun dari uraian diatas diketahui bahwa penggunaan cooling slope masih sangat terbatas. Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit menggunakan pengecoran metode cooling slope pada berbagai kemiringan serta mengetahui pengaruh SiC terhadap sifat mekanik, Seperti pengujian kekerasan, mikrostruktur dan laju keausan.

## 2. Bahan dan Metode

Pada penelitian ini digunakan aluminium A356 ditambah 1,5% wt dan 2,5% wt SiC. Proses pencairan aluminium alloy dilakukan menggunakan dapur peleburan berbahan bakar arang kayu laut menggunakan wadah crusibel grafit. Penuangan cairan aluminium alloy diperkuat Si/SiC dilakukan pada suhu 680°C. Penuangan dilakukan ke permukaan pelat cooling slope dengan kemiringan 15, 30, 45, 60 dan 75° sesaat sebelum memasuki cetakan permanen. Cetakan berbentuk silinder dibuat dari bahan mild steel digunakan untuk pembuatan spesimen uji aus, mikrostruktur, dan kekerasan. Pengujian aus dibuat menggunakan metode pin on disc dengan spesimen uji berbentuk pelat, uji aus dilakukan kondisi kering (dry sliding) pada kecepatan sliding 150, 180 dan 210 rpm serta beban 5 N selama 0,5 menit.

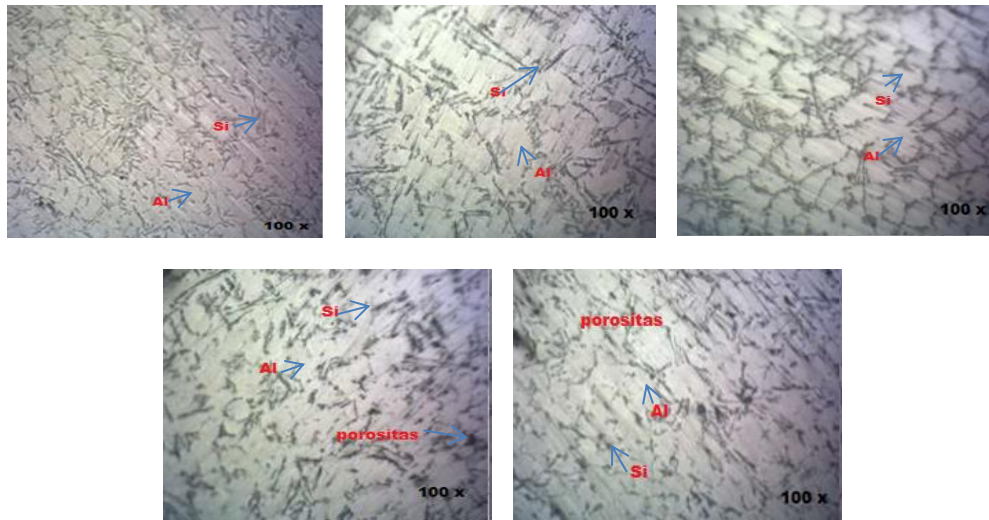
Pada pengecoran kali ini di tambah komponen peralatan yaitu cooling slope. Peralatan ini berfungsi sebagai control cooling rate pada cairan logam sebelum mengisi rongga cetakan. Pada peralatan ini pengaturan dilakukan terhadap kemiringan plat dan panjang lintasan cairan, dimana kedua faktor ini sangat menentukan laju pendinginan cairan sebelum mengisi cetakan. Berikut adalah gambar peralatan cooling slope.



Gambar 2.1. Skema peralatan cooling rate

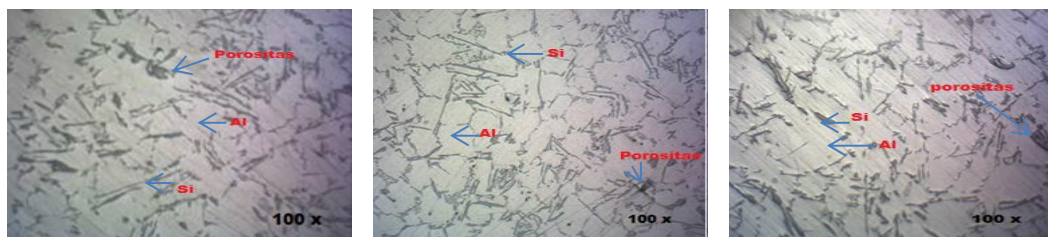
### 3. Hasil dan Pembahasan

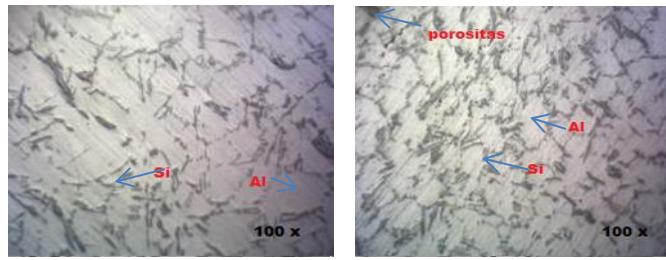
#### 3.1 Hasil pengujian mikrostruktur



Gambar 3.1 foto mikrostruktur kemiringan (a)15° (b)30° (c)45° (d)60° dan (e)75° dengan komposisi 0,5% wt SiC.

Pada gambar 3.1 (a)-(e) terlihat struktur mikro yang terbentuk dengan pembesaran 100x, menunjukkan struktur acircular -Al (berwarna terang) dan Strukur eutectic silicon (berwarna gelap). pada penelitian ini juga ditemukan porositas ( tanda panah biru ) yang tentunya dapat menurunkan kekuatan bahan. hal tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor laju pendinginan.pada struktur ini menunjukkan kerapatan butiran SiC yang dapat meningkatkan kekerasan.





Gambar 3.2 foto mikrostruktur kemiringan (a)15° (b)30° (c)45° (d)60° dan (e)75° dengan komposisi 2,5% wt SiC.

Gambar diatas memperlihatkan struktur mikro aluminium pada kemiringan cooling slope 30° terdiri dari dua area dengan warna yang berbeda. -Al berwarna cerah berperan sebagai matrik dengan ukuran cukup besar  $\pm 100-200 \mu\text{m}$ . Sementara partikel-partikel Si/SiC yang memiliki melting point lebih tinggi cenderung terdispersi diantara matrik tersebut, hal ini dikarenakan kedua elemen Al dan Si/SiC memiliki perbedaan titik cair yang sangat berbeda menyebabkan sulit terbentuk solid solution pada suhu ruang sehingga penguatan yang terjadi melalui mekanisme dispersion strengthening.

### 3.2 Hasil pengujian Kekerasan

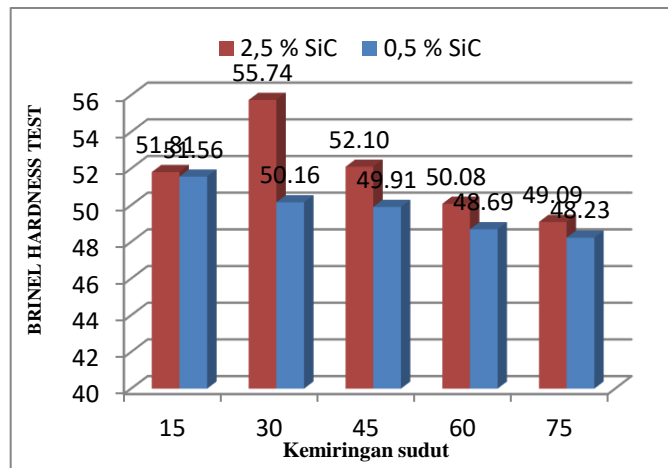
Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan standart pengujian E10-01. menggunakan metode pengujian Brinell dengan beban sebesar 500 kg selama 5 detik.

Tabel nilai rata-rata BHN 2,5% wt SiC dan 0,5% wt SiC

variasi sudut	BHN Rata-rata	
	A356	
	2,5 % SiC	0,5 % SiC
15	51,81	51,56
30	55,74	50,16
45	52,10	49,91
60	50,08	48,69
75	49,09	48,23

Tabel 4.3 menunjukan nilai Brinell Hardness Number (BHN) dari hasil Pengujian kekerasan Nilai rata-rata BHN dengan perbandinga komposisi SiC 2,5% wt dan 0,5% wt. dengan perbedaan komposisi SiC ini dapat mengetahui komposisi campuran SiC yang terbaik dan kemiringan slope yang terbaik .

Gambar 3.3 memperlihatkan bahwa pengaruh komposisi pada pembuatan Aluminium matrik komposit dapat meningkatkan nilai kekerasan (BHN).pada pengecoran ini nilai rata-rata maksimum di capai pada sample kemiringan slope 30 derajat dan campuran SiC 2,5% wt yaitu sebesar 55,74 BHN.sedangkan nilai kekerasan terendah pada kemiringan slope 75 derajat dengan komposisi SiC 2.5% wt yaitu sebesar 49,09 BHN. kemiringan slope dapat mempengaruhi nilai kekerasan. Laju logam cair pada kemiringan hingga jatuh ke cetakan sangat berpengaruh.



Gambar 3.3 Grafik Kekerasan nilai rata-rata 2,5% wt dan 0,5% wt SiC

Hasil pengujian kekerasan brinnel terhadap dua jenis sampel dengan komposisi partikel SiC yang berbeda, penambahan partikel tersebut berhasil meningkatkan kekerasan bahan. Terlihat pada komposisi 0,5%wt SiC nilai kekerasan tertinggi 51,81 BHN ,sedangkan pada komposisi 2,5%wt SiC nilai kekerasan tertinggi yaitu 55,74 BHN ,hal ini menunjukkan keberhasilan peningkatan komposisi SiC dapat meningkatkan kekerasan.Penggunaan pengecoran gravitasi memiliki kelemahan dalam hal mencapai kehomogenan yang baik .

### 3.3 Hasil pengujian Impact

Pengujian impact dilakukan pada sampel uji menggunakan metode charpy dan menggunakan standart pengujian dari Annual book of ASTM Vol.14.01E23M-00a dengan panjang 55 mm tinggi 10 mm dan lebar 10 mm.



Gambar 4.4 Spesimen impact sebelum dan sesudah di uji

Tabel Hasil uji impact nilai impact

sudut	Daerah		Daerah		Nilai Impact (Joule/mm <sup>2</sup> )	
	0.5%SiC		2.5%SiC		Nilai rata-rata	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	A356+0.5%SiC	A356+2.5%SiC
15	0,070	0,090	0,097	0,083	0,080	0,090
30	0,104	0,090	0,059	0,080	0,097	0,070
45	0,104	0,090	0,108	0,084	0,097	0,096



60	0,106	0,120	0,123	0,081	0,113	0,102
75	0,142	0,170	0,125	0,121	0,156	0,123

Dari tabel 4.5 menunjukkan bahwa hasil uji impak pada kedua sample 0,5% wt dan 2,5% wt SiC . Maka nilai impak sample uji tersebut dapat dibuat dalam grafik akan terlihat seperti gambar 4.8. menunjukkan nilai impak tertinggi pada komposisi 0,5% wt SiC pada sudut kemiringan 75° yaitu 0,156 (J/mm<sup>2</sup>) dan nilai terendah pada kemiringan 15° yaitu 0,080 (J/mm<sup>2</sup>). sehingga dapat dilihat dari patahan uji sample gambar 4.9 sampai 4.14 merupakan patah getas.

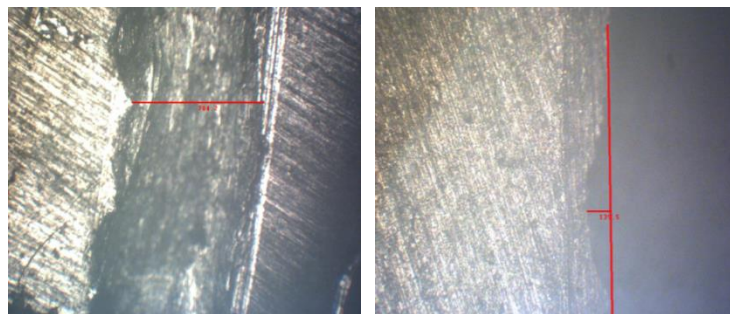
### 3.4 Hasil pengujian Aus

Pengujian keausan dilakukan dengan metode pin on disk standart ASTM G99-04 dengan variasi beban dan kecepatan putaran. Keausan yang terjadi pada pengujian ini adalah keausan abrasive (Abrasive wear). Pada pengujian keausan ini kecepatan putaran di variasikan ( $n$ ) =150,180 dan 210 rpm waktu ( $t$ ) = 30s dan pembebanan 5N adalah konstan. Berikut spesimen uji keausan dapat dilihat pada gambar.



Gambar 3.5 uji aus metode pin on disk (a) sebelum di uji, (b) setelah pengujian

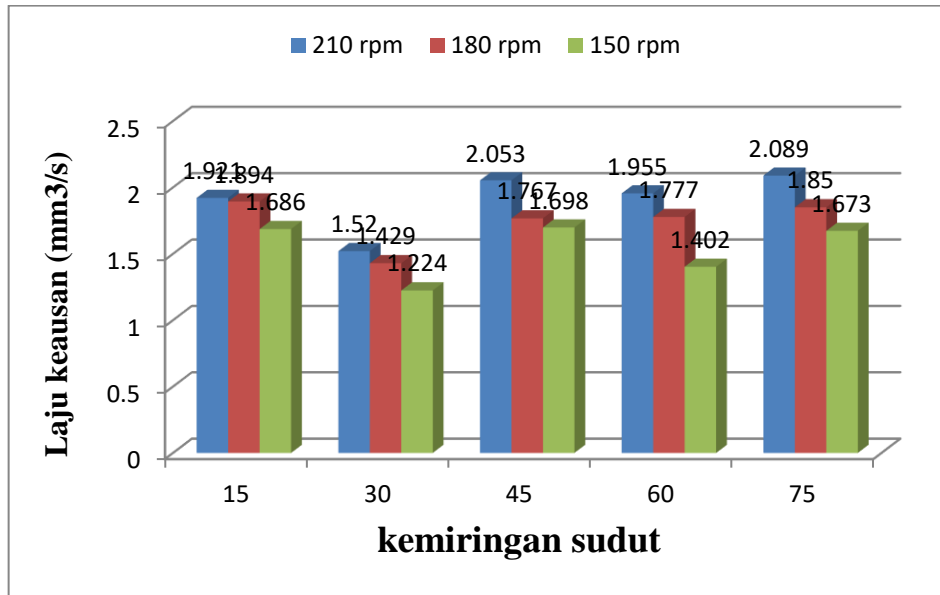
Foto sampel lebar jejak dan kedalaman uji keausan diperlihatkan pada gambar berikut ini :



Gambar 3.6 foto sample lebar dan kedalam Uji Aus.

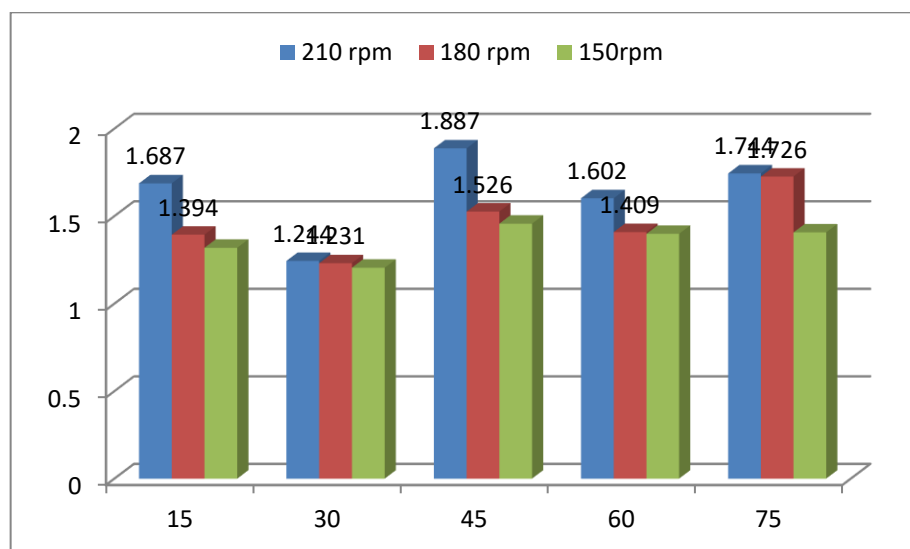
Laju keausan bahan sangat dipengaruhi oleh kecepatan sliding disk serta jenis bahan yang diuji. Gambar 3.7 memperlihatkan untuk hampir semua kemiringan cooling slope peningkatan kecepatan akan meningkatkan laju keausan bahan. Laju keausan tertinggi diperoleh pada 210 rpm untuk bahan dengan kemiringan slope 75°. Sebaliknya laju

keausan terendah diperoleh pada bahan dengan kemiringan sudut 30° kecepatan sliding 150 rpm.



Gambar 3.7 Laju keausan bahan alumunium-0.5%wt. SiC pada berbagai kecepatan sliding

Gambar 3.8 memperlihatkan laju keausan tertinggi bahan diperoleh pada putaran 210 rpm dengan kemiringan slope 45°, dan sebaliknya laju keausan terendah secara umum diperoleh pada putaran 150 rpm dengan kemiringan slope 15°. grafik diatas juga memperlihatkan adanya ketidakstabilan laju keausan dengan kemiringan slope, hal ini sangat erat kaitan dengan kekerasan masing-masing sampel uji. Disamping hal tersebut, pada pengujian metode pin on disk terjadinya vibrasi saat sliding sangat dihindarkan karena vibrasi yang berlebihan akan menyebabkan lebar lintasan pengaus akan tidak konsisten sehingga dapat mempengaruhi laju keausan.



Gambar 3.8 Laju keausan bahan alumunium-2.5%wt SiC pada berbagai kecepatan sliding

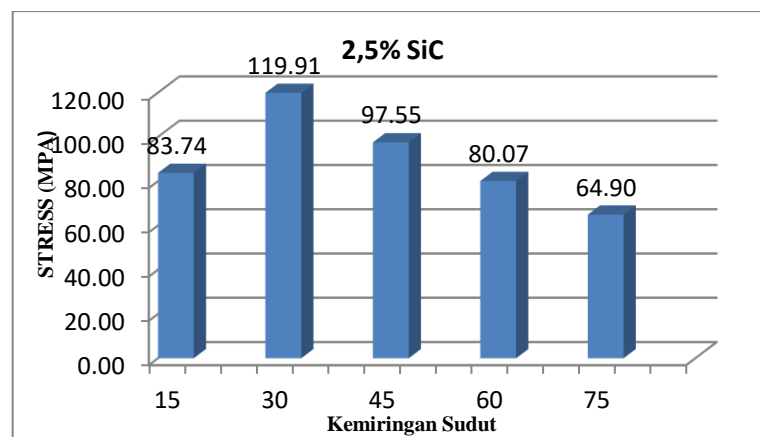
### 3.5 Hasil pengujian Tensile

Bentuk dari spesimen pengujian tarik sudah mempunyai standar dengan menggunakan standar dari Annual book of ASTM Vol.3 E8M-00b. Foto sampel uji tensile terlihat pada gambar 4.44 pada alumunium matriks komposit A356 dengan komposisi 2,5% wt dan 0,5% wt SiC. Standar yang digunakan untuk tarik ini adalah ASTM E8M-00b Panjang awal spesimen uji (Lo) adalah 60 mm, lebar awal (Wo) adalah 12,5 mm, dan panjang keseluruhan spesimen uji adalah 200 mm.



Gambar 3.9 Spesimen Uji tarik sebelum

#### a. Tegangan tarik A356 - 2,5% wt SiC



Gambar 3.10 Ultimate tensile strength (UTS) alumunium-SiC 2,5%

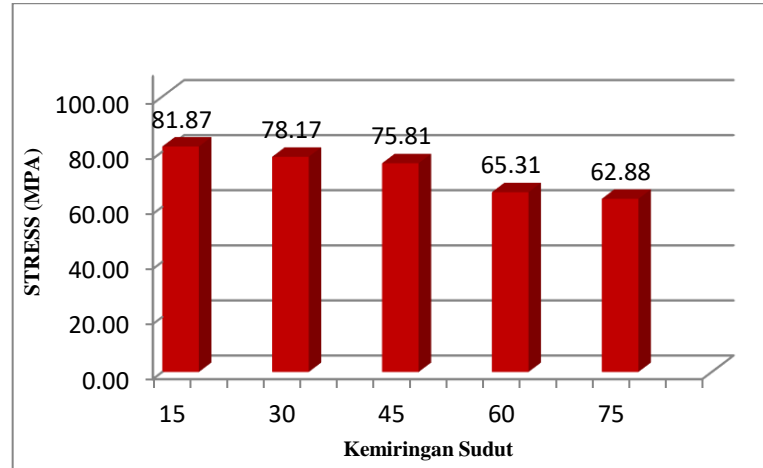
Dari Gambar 3.10 hasil pengujian tensile dengan komposisi 2,5% wt SiC dapat dilihat nilai tegangan Tertinggi yaitu pada sudut kemiringan slope 30° dengan 119,91 MPa sedangkan untuk nilai tegangan tarik terendah pada kemiringan slope 75° dengan nilai 64,90 Mpa. Terlihat pada sudut 75° memiliki tegangan tarik paling rendah .meningkatnya nilai tegangan tarik juga di pengaruhi dari penambahan SiC dari 0,5% wt menjadi 2,5% wt .pengaruh SiC dapat dilihat dari grafik bahwa nilai tegangan maksimum pada 0,5% wt adalah 81,87 Mpa dan untuk 2,5% wt SiC adalah 119,91 Mpa .dapat dilihat bahwa pengaruh kemiringan juga dapat menurunkan nilai tegangan pada spesimen.

#### b. Tegangan tarik A356 - 0,5% wt SiC

Hasil pengujian seperti diperlihatkan pada gambar 3.11. pada gambar memperlihatkan kekuatan tegangan tarik maksimum untuk paduan al-SiC diperoleh sebesar 81,87 Mpa



pada kemiringan slope 15<sup>0</sup> dengan komposisi 0,5% wt SiC. Sebaliknya kekuatan terendah di peroleh pada kemiringan slope 75<sup>0</sup> dengan nilai tarik maksimum sebesar 62,88 Mpa. Hal ini dikarenakan saat pengadukan tidak merata dapat menyebabkan porositas sehingga menurunkan kekuatan tarik pada spesimen yang di uji.



Gambar 3.11 Ultimate tensile strength (UTS) alumunium-SiC 0,5% wt

#### 4. Kesimpulan

1. Penambahan SiC (0,5%wt) dan (2,5%wt) terhadap sifat mekanik A356 pada nilai kekerasan dapat meningkatkan kekerasan dimana nilai kekerasan tertinggi pada campuran SiC 2,5%wt dengan nilai 55,74 BHN pada sudut 30<sup>0</sup>, namun pada nilai impak penambahan SiC 0,5%wt menjadi 2,5%wt untuk uji impak nilai energi yang di serap semakin menurun, untuk hasil pengujian tarik semakin bertambahnya variasi SiC dari 0,5%wt menjadi 2,5%wt maka kekuatan tariknya semakin meningkat. Dimana hasil variasi 2,5%wt kekuatan tarik maksimum sebesar 119,91 Mpa pada kemiringan slope 30<sup>0</sup>.

2. Laju keausan bahan meningkat seiring dengan kecepatan sliding disk serta jenis bahan yang diuji. Semakin keras bahan yang di uji maka laju keausan nya semakin rendah, laju keausan tertinggi dari komposisi 0,5% SiC diperoleh pada putaran 210 rpm dengan kemiringan slope 45<sup>0</sup>, dan sebaliknya laju keausan terendah secara umum diperoleh pada putaran 150 rpm dengan kemiringan slope 15<sup>0</sup>. Laju keausan juga berhubungan dengan nilai kekerasan benda yang di uji.

#### Referensi

- [1]. Suyanto, 2015, "*Analisa Ketangguhan Komposit Alumunium Berpenguat Serbuk SiC*". Teknik Bangunan Kapal, Akademi Teknik Perkapalan (ATP), Veteran Semarang.
- [2]. Tugiman, dkk, 2017, "*The effect of cooling slope on mechanical properties of aluminum-8.5wt.%Si alloy produced by gravity casting*". Departemen Teknik, Jurusan Teknik mesin, Universitas Sumatra Utara.
- [3]. Monir. A, Mahmod.T.S, dkk, "*Optimization of the cooling slope casting parameters for producing aa7075 wrought aluminum alloy thixotropic*

*feedstock*” . Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Benha University, Cairo.

- [4]. Sahini, D., Mandal, A., Chakraborty, M. 2014. *Cooling Slope Casting Process of Semi – solid Aluminum Alloys: A Review*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). Vol. 3 Issue 7, July – 2014.
- [5]. Tugiman, T.Awaludin, A.Farida, B.S. Tulus, Suhandi, Rizki. 2018 “*The effect of cooling slope on mechanical properties of alumunium 8,5wt % Si alloy produced by gravity casting*”. Journal of The 2<sup>nd</sup> ACIEVE 2018.