



## **ANALISA PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN BUBUK BESI DAN HOLDING TIME PADA ALUMINIUM 6061 TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN SETELAH PERLAKUAN PANAS T6**

**Mahendra Prabowo, Edi Santoso ST.,M.T**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia  
email: [mahendraprabowo01@gmail.com](mailto:mahendraprabowo01@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Aluminium merupakan material non logam (bukan besi) yang mempunyai keunggulan yaitu berat jenisnya relative ringan dan kekuatannya dapat ditingkatkan dengan cara paduan (alloying) dan memberi perlakuan panas heat treatment. Komposit didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari dua atau lebih unsur campuran yang secara makro memiliki perbedaan dalam suatu perpaduan komposisi yang tidak dapat dipisahkan. Maka disini aluminium digunakan sebagai matriks dan bubuk besi sebagai penguat guna untuk menghasilkan suatu material komposit yang mempunyai sifat fisis yang bagus dan bisa didapatkan dengan biaya yang terjangkau. Penelitian yang akan di lakukan merupakan pembahasan tentang perlakuan panas pada pengecoran aluminium bubuk besi dengan variasi massa 4% 6% 8% dan variasi dari pengaruh holding time. Bertujuan untuk mengetahui perubahan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro. Hasil Uji Kekerasan Al 6061 – Fe diperoleh pada perlakuan panas T6 540°C, nilai kekerasan maksimum yang didapat berada pada penambahan variasi Fe 4% dengan aging 180°C, lama penahanan 3 jam, nilai kekerasan rata – rata 65 HRB sedangkan nilai kekerasan minimum terletak pada penambahan variasi 6% dengan aging 180°C lama penahanan 5 jam, nilai kekerasan rata – rata 51,7 HRB. Hasil Uji Mikro Al 6061 – Fe sebelum mendapat perlakuan panas T6 didapat struktur mikro distribusi Fe terlihat kurang merata. Setelah dilakukan perlakuan panas T6 540°C struktur mikro dengan pendistribusian Fe pada Al (matriks) terlihat tidak merata dan terlihat penggumpalan pada setiap titik tertentu. Hal tersebut dapat mempengaruhi terhadap prosentase nilai kekerasan Al – Fe.

Kata kunci: Aluminium, Komposit, Bubuk besi, Uji kekerasan, Uji mikro.

### **PENDAHULUAN**

Semakin tingginya permintaan, semakin pesat majunya dalam dunia teknologi dan dunia perindustrian, penggunaan aluminium sering sekali terlihat dibutuhkan khususnya dalam berbagai macam bidang perindustrian manufaktur dan dalam bidang dunia otomotif. Selain itu aluminium jika kita padukan dengan beberapa unsur tertentu akan bisa memiliki suatu sifat fisis

dan mekanis yang unggul, dengan seiring berkembangnya kemajuan zaman, sebagaimana disini perlu dilakukan suatu usaha untuk dapat memperbaiki dari sifat-sifat material tersebut, yaitu salah satunya dengan kita merubah pada sifat mekanisnya, dan adapun dari sifat mekanis, dari material antara lain : kekerasan, keuletan, kelelahan dan lain-lain.

Aluminium bisa dikatakan material logam yang bukan besi (non ferro), aluminium termasuk golongan logam yang mempunyai beberapa tingkat keistimewaan diantaranya ialah berat jenisnya yang tergolong ringan dan kekakuannya dapat ditingkatkan dengan cara paduan (alloying) atau juga bisa diberikan perlakuan panas (heat treatment). Aluminium atau logam yang tergolong mempunyai sifat ringan dan tahan dengan korosi yang di gunakan sebagai matrik dan bubuk besi sebagai penguat guna untuk dapat menghasilkan sebuah paduan aluminium komposit yang memiliki sifat mekanik yang bagus dan bisa didapatkan dengan biaya yang sangat terjangkau sehingga dapat bersaing secara luas dengan macam jenis komposit yang lain. Dimana komposit merupakan material yang tersusun atas gabungan dua unsur campuran atau lebih yang berbeda yang mana merupakan suatu bahan gabungan secara makro. Maka dari itu, secara sederhana komposit dapat di definisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari dua atau lebih unsur campuran yang secara makro yang memiliki perbedaan dalam suatu perpaduan komposisi dan tidak dapat dipisahkan.

Penelitian yang akan di lakukan merupakan pembahasan tentang perlakuan panas pada pengecoran aluminium bubuk besi dengan variasi massa 4% 6% 8% dan variasi dari pengaruh holding time. Yang bertujuan untuk mengetahui perubahan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro.

### **Aluminium (AL)**

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali di reduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted. Tahun 1825. Secara industry tahun 1886, Paul Heroult di Prancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi Aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan yang kedua setelah besi

dan baja, yang tertinggi di antara logam non ferro. Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton pertahun pada tahun 1981. (Sumber : Surdia dan Saito, 1985)

Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat baik lainnya sebagai logam. Untuk meningkatkan sifat mekaniknya aluminium juga bisa dipadukan dengan unsur lain seperti Cu, Mg, Si, Mn, Ni, dan sebagainya, sehingga bisamemberikan sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus tinggi, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya. Oleh sebab itu material ini sangat banyak dalam penggunaannya, bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, industri otomotif, konstruksi bangunan dan lain-lain. (Sumber : Surdia dan Saito, 1985).

#### **1. Aluminium murni**

Kemurnian dari logam aluminium dapat mencapai 99,85% hingga 99,99%. Ketahanan korosi aluminium berubah menurut kemurniannya. Umumnya terhadap kemurnian 99,0% atau di atasnya digunakan di udara dan akan bertahan dalam waktu beberapa tahun.

Aluminium, suatu logam yang lunak, tahan lama, ringan, dapat ditempa dengan penampilan bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung pada tingkat kekasaran permukaannya.

Aluminium memiliki berat diperkirakan satu pertiga baja, sehingga mudah ditebuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik dan diekstrusi.

#### **2. Aluminium paduan**

Tergolong sebuah paduan aluminium dengan unsur – unsur yang bertujuan guna mendapatkan sifat lain yang diinginkan.

Logam aluminium paduan : salah satu logam paduan yang sangat penting dibidang teknik, diantaranya untuk bahan struktur pesawat terbang, otomotif, kapal dan industri lain.

Logam aluminium didapatkan yang menguntungkan, diantaranya sifat tahan terhadap korosi, ringan, dan kekuatan

mekaniknya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin atau panas, sebagai penghantar panas yang baik, memiliki kegunaan yang sangat luas.

### **Besi (Fe)**

Logam besi atau Ferrum (Fe) merupakan salah satu jenis logam yang paling banyak Dipergunakan untuk kehidupan manusia, mulai dari keperluan rumah, pertanian, permesinan, hingga alat transportasi. Besi adalah salah satu unsur logam pembentuk kerak bumi yaitu sekitar 4,7% -5%. Besi adalah logam yang dihasilkan dari batuan besi, kebanyakan besi terdapat dalam bentuk batuan, pasir dan tanah yang beroksidasi. Kadang besi terdapat sebagai kandungan tanah (residual), namun jarang yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Endapan besi yang ekonomis umumnya berupa magnetite, hematite, limotite dan siderite (M. L. Jensen & Bateman, 1981).

Besi mempunyai unsur kimia dengan simbol Fe atau bahasa latinnya ferrum dan nomor atom 26. Besi tergolong logam pada pentransisi utama. Besi juga tergolong unsur keempat terbesar dipermukaan kerak bumi. Besi banyak diperlukan manusia guna memenuhi sederet keperluan dalam pembuatan pada bangunan karena dipercaya sifat besi yang kuat. Sekarang sudah ada beberapa alat digunakan untuk mengukur kekuatan dan ketahanan besi, sebenarnya bukan untuk mengukur besi saja, akan lagi masih banyak meliputi, batu, baja, logam, kayu dan lain-lain. Fungsi alat ini untuk mengukur seberapa kuat bahan tersebut saat digunakan dalam pekerjaan tahu apakah bahan tersebut safety atau tidak. Alat yang dimaksud merupakan Hardness Tester, yang mana alat ini banyak diperjual belikan di toko-toko ataupun perusahaan. Rekomendasi yang didapat dari sebuah situs yang menjual alat semacam ini ada pada Alat Ukur Indonesia, disana terdapat banyak menjual alat ukur seperti Hardness Tester dengan memiliki kualitas bagus dan garansi serta memiliki harga yang kompetitif.

Logam besi termasuk pada golongan logam yang harganya juga tergolong sangatlah

murah tapi besi merupakan logam yang mudah berkarat oleh karena itu untuk mencegah besi menjadi berkarat kita melapisinya dengan cat, plastik untuk menyingkirkan air pada permukaan besi. Karena sifat besi yang sangat baik.

Besi juga digunakan sebagai campuran untuk membuat baja, dan ukuran baja jelas lebih kuat dari besi tanpa campuran. Kekuatan baja bisa mencapai 1000 kali lipat dibanding dengan besi yang menjadi bahan campuran pembuatan baja. Sifat –sifat yang dimiliki besi antara lain :

#### **a. Sifat Fisik Besi**

Sifat yang dimiliki besi elastis dan lunak, yang mana elastis yang dimaksud merupakan dapat ditarik tanpa putus, bila mana sedangkan lunak yang dimaksud dapat ditempa dan dibentuk menjadi berbagai pola dan bentuk. Daya hantar listrik yang baik ,juga tinggi dimiliki oleh besi dan besi juga begitu mudah untuk dibengkokkan, digulung, dipotong, dibentuk maupun dicampur dengan logam lainnya. Titik lebur pada besi relative tinggi, besi murni: 1536 C atau 2797 F dan titik didih sebesar 3000 C (5400 F). Besi mempunyai densitas atau kerapatan 7,87 gram/cm<sup>3</sup>.

#### **b. Sifat Kimia Besi**

Besi bersifat sangat aktif, karena besi mudah bereaksi dengan oksigen yang menyebabkan besi menjadi berkarat (oksidasi besi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Besi dapat bereaksi dengan air dan uap yang menghasilkan hidrogen. Besi juga larut pada larutan asam..

### **Heat Treatment**

Heat Treatment (perlakuan panas) adalah salah satu proses yang harus dilakukan guna untuk mengubah suatu susunan pada struktur mikro pada suatu logam atau material, dengan sebuah langkah – langkah yaitu memanaskan logam didalam sebuah mesin oven (pemanas) dengan suhu temperatur yang telah ditetapkan.

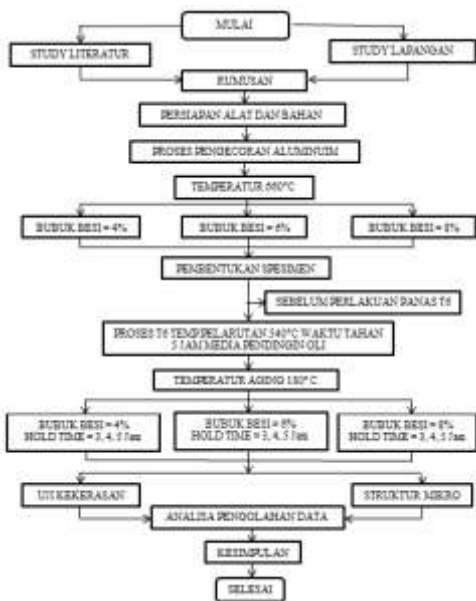
Sifat-sifat logam yang terutama sifat mekanik yang bisa dipengaruhi oleh struktur mikro logam disamping posisi kimianya, contohnya suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda-beda

struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya.

Setelah pemanasan selesai lalu dilakukan pendinginan terhadap logam, menggunakan media udara, air, air garam, dan lain – lain. Dari masing – masing media pendingin kerapatan yang dihasilkan berbeda – beda. Dilakukannya pemanasan maupun pendinginan dengan kecepatan yang relatif cepat, maka suatu logam akan dengan cepat memperlihatkan perubahan pada strukturnya. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperature sangat menentukan guna untuk mendapatkan sifat fisis maupun mekanis yang bagus.

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Alur Penelitian**



**Persiapan Alat Dan Bahan**

Mempersiapkan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan material komposit.

1. Aluminium 6061
2. Bubuk Besi
3. Kertas gosok #100, #200, #320, #400, #600, #800, #1000, #1200, #1500, #2000
4. AutoSoll
5. Kain Bludru

Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan dalam pembuatan material komposit.

1. Pengayak 200 mesh
2. Timbangan.
3. Tungku.
4. Kowi.
5. Kompor.
6. Solar.
7. Thermocopel.
8. Cetakan pasir
9. Pengaduk.
10. Pembersih terak.
11. Tanur furnace 30400.
12. Sarung tangan
13. Penjepit spesimen.

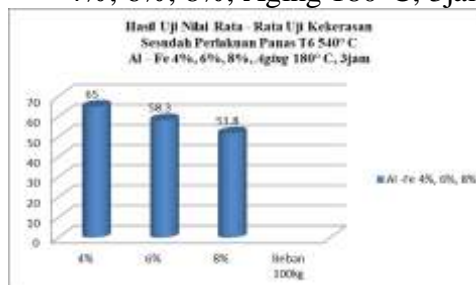
**ANALISA DATA**

Hasil Diagram Rata – Rata Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Panas T6 540°C



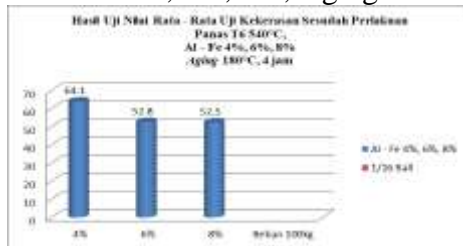
Gambar Grafik 4.1. Nilai Rata – Rata Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Panas T6 540°C

Hasil Diagram Rata – Rata Uji Kekerasan Sesudah Perlakuan Panas T6 540°C, Al - Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180°C, 3jam



Gambar Grafik 4.2. Nilai Rata – Rata Uji Kekerasan Sesudah Perlakuan panas T6 540°C, Al – Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180°C, 3 jam

Hasil Diagram Rata – Rata Uji Kekerasan Sesudah Perlakuan Panas T6 540° C, Al - Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180° C, 4jam



Gambar Grafik 4.3. Nilai Rata – Rata Uji Kekerasan

sesudah perlakuan panas T6 540° C, Al – Fe 4%, 6%, 8%, aging 180° C, 4 jam

Hasil Diagram Rata – Rata Uji Kekerasan Sesudah Perlakuan Panas T6 540° C, Al – Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180° C, 5jam.



Gambar Grafik 4.4. Nilai Rata – Rata Sesudah Perlakuan Panas T6 540° C, Al – Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180° C, 5 jam

### Pembahasan Uji Kekerasan

NO	Waktu Tahan	4%	6%	8%
1	SBLM T6 540° C	52,1	53,2	54,1
2	3 JAM	65	58,3	51,8
3	4 JAM	64,1	52,8	52,8
4	5 JAM	60,3	51,7	53,6

Tabel 4.13 Hasil Nilai Rata – Rata Uji Kekerasan Al – Fe 4% 6% 8%, Aging 140°C, 160°C, 180°C

Dari data tabel maupun gambar grafik Uji Kekerasan diatas bisa dilihat nilai rata – rata pada uji kekerasan. Pada spesimen

sebelum perlakuan panas T6 540° C dengan

Al – Fe 4% kekerasannya = 52,1 HRB, Sedangkan pada spesimen Al – Fe 6% mengalami kenaikan menjadi = 53,2 HRB, kenaikan juga terlihat pada Al – Fe 8% = 54,1 HRB.

Pada Uji Kekerasan sesudah Perlakuan Panas T6 540° C, Aging 180° C, 3 jam dengan Al – Fe 4% memiliki tingkat kekerasan 65 HRB,, tetapi pada Uji Kekerasan sesudah Perlakuan Panas T6 540° C, Aging 180° C, 3 jam dengan Al – Fe 6% terjadi penurunan = 58,3 HRB, begitu juga dengan Al – Fe 8%, Aging 180° C, 3 jam mengalami penurunan menjadi = 51,8 HRB

Pada uji kekerasan sesudah Perlakuan Panas T6 540° C, Aging 180° C, 4 jam dengan Al – Fe 4% memiliki tingkat kekerasan 64,1 HRB,, tetapi pada Uji Kekerasan sesudah perlakuan panas T6 540° C, Aging 180° C, 4 jam dengan

Al – Fe 6% mengalami penurunan = 52,8 HRB, begitu juga pada Uji Kekerasan dengan

Al – Fe 8%, Aging 180° C, 4 jam mengalami penurunan menjadi = 52,5 HRB.

Pada Uji Kekerasan sesudah Perlakuan Panas T6 540° C, Aging 180° C, 5jam dengan Al – Fe 4% memiliki tingkat kekerasan 60,3 HRB,, tetapi pada kekerasan sesudah Perlakuan Panas T6 540° C, Aging 180° C, 4 jam dengan

Al – Fe 8% mengalami penurunan = 53,6 HRB, tetapi pada Uji Kekerasan dengan Al – Fe 6%, aging 180° C, 4 jam juga mengalami penurunan menjadi = 51,7 HRB.

### Hasil Uji Struktur Mikro

Hasil Uji Struktur Mikro Sebelum Perlakuan Panas T6 540° C



Sebelum T6, 4% Sebelum T6, 6%



Sebelum T6, 8%

Gambar 4.5. Hasil Uji Mikro Sebelum T6540° C.

Jadi dapat disimpulkan pada Uji Mikro dengan penambahan Fe dengan variasi 4%, 6%, 8% terlihat tidak merata pada setiap spesimen uji yang belum mengalami proses pemanasan T6 540°C, dapat dilihat dalam spesiemen Uji Mikro Fe 4%, 6%, dan 8% terjadi penggumpalan pada setiap titik tertentu Al (sebagai matriks). Distribusi paling sedikit terlihat pada variasi Fe 4% dan distribusi terbanyak terdapat pada penambahan variasi Fe 8%. Oleh sebab itu kekerasan yang didapat relative tidak merata. Hal ini dikibatkan oleh proses pencampuran kurang sempurna dengan pengadukan manual.

Hasil Uji Struktur Mikro Sesudah Perlakuan panas T6 540.° C

Al – Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180°C, 3 Jam.



4% 3 jam 6% 3 jam



8% 3 jam

Gambar 4.6. Hasil Uji Mikro Sesudah Perlakuan Panas T6 540 C

Al – Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180 C, 3 Jam.

Jadi dapat disimpulkan pada Uji Mikro dengan penambahan Fe dengan variasi 4%, 6%, 8% terlihat tidak merata pada setiap spesimen uji yang telah mengalami aging pada temperature 180°C dengan waktu penahanan 3 jam, dapat dilihat dalam spesiemn uji mikro Fe 4%, 6%, dan 8% terjadi penggumpalan pada setiap titik tertentu Al (sebagai matriks). Distribusi paling sedikit terlihat pada variasi Fe 6%, dan distribusi terbanyak terdapat pada penambahan variasi Fe 4%. Oleh sebab itu

kekerasan yang didapat relative tidak merata. Hal ini dikibatkan oleh proses pencampuran kurang sempurna dengan pengadukan manual.

Hasil Uji Struktur Mikro Sesudah Perlakuan panas T6 540.

Al – Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180°C, 4 jam.



6%, 4 jam 4%, 4 jam



8%, 4 jam

Gambar 4.7. Hasil Uji Mikro Sesudah Perlakuan Panas T6 540° C

Al – Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180°C, 4 Jam.

Jadi dapat disimpulkan pada Uji Mikro dengan penambahan Fe dengan variasi 4%, 6%, 8% terlihat tidak merata pada setiap spesimen uji yang telah mengalami aging pada temperature 180°C dengan waktu penahanan 4 jam, didalam spesiemen Uji Mikro dapat dilihat, dalam spesiemn Uji Mikro Fe 4%, 6, 8% terjadi penggumpalan pada setiap titik tertentu Al (sebagai matriks) distribusi terbanyak terdapat pada penambahan variasi Fe 4%. Oleh sebab itu kekerasan yang didapat relative tidak merata. Hal ini dikibatkan oleh proses pencampuran kurang sempurna dengan pengadukan manual.

Hasil Uji Struktur Mikro Sesudah Perlakuan panas T6 540°C

Al – Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180°C, 5 jam



4%, 5 jam 8%, 5 jam



6%, 5jam

Gambar 4.8. Hasil Uji Mikro Sesudah Perlakuan Panas T6 540°C

Al – Fe 4%, 6%, 8%, Aging 180°C, 5 Jam.

Jadi dapat disimpulkan pada Uji Mikro dengan penambahan Fe dengan variasi 4%, 6%, 8% terlihat tidak merata pada setiap spesimen uji yang telah mengalami aging pada temperature 180°C dengan waktu penahanan 5 jam. Di dalam spesimen Uji Mikro 4%, 6%, 8% terjadi penggumpalan pada setiap titik tertentu Al ( sebagai matriks) distribusi terbanyak terdapat pada penambahan variasi Fe 4% Oleh sebab itu kekerasan yang didapat relative tidak merata. Hal ini dikibatkan oleh proses percampuran kurang sempurna dengan pengadukan manual

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

Dilihat dari hasil Uji Kekerasan Al 6061 – Fe diatas dapat disimpulkan bahwa :

- 1.Pada Uji Kekerasan sebelum perlakuan panas T6 540°C, terjadi kenaikan pada setiap penambahan variasi Fe.
- 2.Setelah perlakuan panas T6 540°C nilai kekerasan maksimum (tertinggi) berada pada penambahan variasi Fe 4% dengan aging 180°C, lama penahanan 3 jam. Dengan nilai kekerasan rata – rata 65 HRB
- 3.Setelah perlakuan panas T6 540°C nilai kekerasan minimum (terendah) terletak pada penambahan variasi 6% dengan aging 180°C lama penahanan 5 jam. Dengan nilai kekerasan rata – rata 51,7 HRB

Dilihat dari hasil Uji Mikro Al 6061 – Fe diatas dapat disimpulkan bahwa :

- 1.Pada spesimen uji sebelum mendapat perlakuan panas T6 didapat struktur mikro distribusi Fe terlihat kurang merata.
- 2.Pada spesimen Uji Mikro yang telah mengalami perlakuan panas T6 540°C struktur mikro dengan pendistribusian Fe pada Al (matriks) terlihat tidak merata pada setiap penambahan dan terlihat penggumpal pada setiap titik tertentu. Hal tersebut dapat mempengaruhi terhadap prosentase nilai kekerasan Al – Fe

#### Saran

Untuk penelitian selanjutnya cermatilah kalau melakukan pengujian guna untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal dan lebih spesifik, perhatikan juga kalibrasi pada alat uji.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anam., Syaful., sulardjaka, Dr, ST, MT (2013), Kekerasan Dan Kekuatan Bending Komposit Aluminium Yang Diperkuat Serbuk Besi Produk Stir Casting, Undergraduate Thesis, Mechanical Engineering Dept., Undip
- Akovali Güneri, 2001, Handbook Of Composite Fabrication., RAPRA Technology LTD, Ankara
- Bateman, A.M., Jensen, M.L., 1981. Economic Mineral Deposit, 3rd, John Wiley & Sons, New York.
- K. Kaw Autar., 2006, Mechanics Of Composite Materials:, 2nd ed., Taylor & Francis Group, LLC, New York.
- Kroschwitz, J. I., Grestle, F. P., (1987), Encyclopedia of Polymer Science and Rifki Ifan Diyanto., Sulardjaka., Kekerasan Dan Struktur Mikro Komposit Aluminium Yang Diperkuat Serbuk Besi Yang Mengalami Perlakuan Panas, Teknik Mesin, Undip
- Salahuddin Junus., Anne Zulfia., Melisa., Lilis Mariani., Pengaruh Waktu Aging Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Komposit Al-Si-Mg/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dengan Metode Stir Casting, Teknik Mesin, Universitas Jember, Vol.7/No.2 (November 2014)
- Surdia T., Kenji Chijilwa., (2013), Teknik Pengetahuan Logam, Jakarta : PT. Balai Pustaka
- Surdia T., Shinroku S., (2013), Pengetahuan Bahan Teknik, Jakarta: PT. Balai Pustaka