

Penaruh Penambahan Al-TiB Terhadap Kekuatan & Keuletan Produk Pengecoran Sentrifugal Velg Alumunium A 356

Ali Achmadi (*)

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin STTR Cepu
Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No.1 Mentul Cepu
E-Mail: achmadi4@gmail.com

Abstrak

Salah satu permasalahan yang ada pada industri kecil proses pembuatan velg adalah kualitas produknya masih rendah dibandingkan dengan produk pabrikan. Hasil penelitian terdahulu menyimpulkan bahwa kualitas produk industri kecil dipengaruhi oleh metoda pengecoran yang digunakan yaitu metoda *gravity casting*. Untuk meningkatkan kualitas sifat mekanisnya, maka metoda pengecoran dapat diubah menjadi metoda sentrifugal dan dengan menambahkan master alloy Al-TiB. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan Al-TiB terhadap kekuatan & keuletan pada proses pengecoran sentrifugal serta menentukan berapa prosentase Al-TiB yang dapat menghasilkan velg yang paling optimum. Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metoda *ekperimental*, bahan yang digunakan aluminium A 356 dan ditambahkan Al-TiB sebesar 0%, 0,12%, 0,17%, 0,22% dan 0,27% serta pengecoran dilakukan dengan putaran 400 rpm. Hasil pengujian terlihat perubahan terhadap kekuatan & keuletan akibat variasi penambahan Al-TiB tersebut. Hasil pengamatan terhadap penelitian ini menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan sifat mekanis yaitu kekuatan tarik naik dari 72 Mpa tanpa Al-TiB menjadi 134 Mpa dengan penambahan Al-TiB, dan EL 2,20% tanpa Al-TiB menjadi 6,68% dengan penambahan Al-TiB.

Key words : pengecoran sentrifugal, unsur paduan Al-TiB, sifat mekanis.

1. Pendahuluan

Roda sepeda motor terdiri dari beberapa bagian diantaranya bagian terbesar dari roda sering disebut sebagai *velg*. Jenis dari *velg* yang paling banyak digunakan adalah *velg* hasil produksi pengecoran (*casting wheel*) atau *spoke wheel* yang dihasilkan dengan proses pengerolan plat baja. Pada penelitian ini, *velg* yang akan diteliti adalah *velg* yang dihasilkan dari proses manufaktur pengecoran atau dinamakan *casting wheel*.

Dengan meningkatnya daya beli masyarakat serta kemudahan untuk memiliki sepeda motor, maka keberadaan sepeda motor menjadi sangat banyak. Dampak keberadaan sepeda motor tersebut menarik beberapa perusahaan lokal untuk memproduksi komponen sepeda motor. Salah satu jenis komponen tersebut adalah *velg*. Untuk memenuhi kebutuhan pasar global terhadap produk *velg* aluminium yang berkualitas maka diperlukan kualitas produk yang baik, sehingga dapat bersaing di pasaran, maka produk harus memiliki kualitas yang tinggi baik dari segi fungsi maupun tampilannya. Untuk menghasilkan produk yang berkualitas tinggi tentunya tidak terlepas dari apa dan bagaimana produk tersebut dibuat, mulai dari bahan paduan (komposisi kimia), proses pengecoran, perlakuan panas, sampai pada proses akhir.

Aluminium alloy Al-7%Si (A356) merupakan salah satu paduan yang dipakai untuk bahan baku *velg* sepeda motor. Paduan aluminium ini dipilih karena mempunyai kelebihan yaitu: tahan korosi, ringan, dan warnanya menarik. Sifat mekanik dari material aluminium alloy tergantung

dari beberapa faktor yang mempengaruhi, yaitu jenis material, komposisi kimia (unsur paduan), dan perlakuan panas. Pada penelitian ini langkah yang dilakukan untuk memperbaiki sifat mekaniknya adalah dengan menggunakan metode cetakan sentrifugal dan penambahan unsur inokulan master alloy Al-TiB.

Proses pengecoran sering dilakukan untuk menghasilkan satu komponen mesin atau peralatan lainnya. Proses pengecoran ini terdiri dari bermacam-macam metoda seperti *gravity casting*, *pressure casting*, *centrifugal casting* dan masih banyak metoda lainnya. Masing-masing metoda mempunyai keunggulan tersendiri. Pada proses pembuatan *velg* yang dilakukan oleh industri kecil, metoda yang digunakan adalah *gravity casting* mengingat metoda ini adalah metoda yang paling sederhana.

Bila dibandingkan antara *gravity casting* dengan *centrifugal casting* maka *centrifugal casting reliability* nya lebih baik serta akan terbebas dari porositas gas dan penyusutan. Gaya sentrifugal pada pengecoran akan meningkatkan sifat-sifat mekanis hasil coran pada kekuatan tarik, *modulus young*, serta nilai regangan Chirita (2006).

Kualitas hasil pengecoran dapat dilihat dari sifat mekanik bahan hasil pengecoran. Beberapa sifat mekanik yang sering diuji pada satu material adalah kekerasan, tegangan tarik, dan kemampuan menahan beban kejut dari luar (impak). Selain itu struktur mikro juga dapat dipakai untuk memprediksi sifat-sifat mekanik dilihat dari bentuk dan ukuran butiran serta fasa yang terjadi.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kajian Pustaka

Santoso dkk (2010), melakukan penelitian tentang pengaruh variasi temperatur cetakan dan inoculan Ti-B terhadap kekuatan mekanis hasil coran aluminium menyimpulkan bahwa penambahan inoculan Ti-B sebesar 0,08 %, serta temperatur cetakan 200°C, dan temperatur tuang 700°C memberikan pengaruh kekuatan mekanik yang signifikan sehingga nilai kekerasannya naik dari 65,28 kgf/mm² menjadi 76,58 kgf/mm², dan nilai kekuatan tariknya dari 81 N/mm² menjadi 176,62 N/mm².

Djamil (2007) meneliti tentang pengaruh grain refiner titanium-boron terhadap sifat mekanik paduan Al-Si, dengan kandungan Si . 9,85 %, ditambahkan dengan unsur TiB, bervariasi 0,03 %, 0,05%, 0,07 %, 0,09%, 0,12 % dan 0,15 %, pada temperatur 740⁰ C, dengan waktu penahanan 5 menit, sebelum penuangan. Dari hasil pengujian didapat kekerasan yang terbesar 78,06 BHN, dengan unsur TiB 0,15%. Kekuatan tarik tertinggi 197,21 N/mm², dan kekuatan luluh tertinggi 117,68 N/mm², dengan unsur TiB 0,09 %. Serta perpanjangan terbesar 4,5 %, dengan unsur TiB 0,07%.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Aluminium

Aluminium merupakan bahan terbesar yang banyak digunakan pada bagian bagian mesin setelah baja (Totten, 2003). Alasan utama penggunaan aluminium pada bagian bagian mesin adalah kombinasi sifat-sifat dari aluminium yang sangat menguntungkan diantaranya ringan, kuat, penghantar listrik dan panas yang baik dan mempunyai sifat reflektifitas yang baik untuk panas dan sinar. Sifat lain dari bahan ini adalah tahan terhadap korosi pada beberapa kondisi. Aluminium dapat dibentuk dengan proses cor, *extrusi*, *drawn* dan roll panas dan dingin.

Aluminium dan paduannya merupakan logam *non ferrous* yang cukup luas penggunaannya. Hal ini disebabkan karena logam ini mempunyai beberapa kelebihan, seperti: ratio terhadap beban yang tinggi, tahan terhadap korosi dari berbagai macam bahan kimia, konduktifitas panas dan listrik tinggi, tidak beracun, memantulkan cahaya, mudah dibentuk dan machining dan tidak bersifat magnet. Sifat mekanik suatu material dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti: komposisi kimia, perlakuan panas, proses pengecoran dan proses pengerjaan. Jadi dengan merubah komposisi kimia sampai batas tertentu, maka sifat mekanik akan berubah sesuai dengan yang diinginkan. Elemen-elemen paduan seperti: Cu, Mg, Mn, dan Zn dengan komposisi tertentu dan perlakuan panas tertentu dapat meningkatkan kekuatan tarik paduan aluminium.

Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (corundum, gibbsite, boehmite, diaspor, dan lain-lain) (USGS). Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Selama 50 tahun terakhir, aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja.

Perkembangan ini didasarkan pada sifat- sifatnya yang ringan, tahan korosi, kekuatan dan *ductility* yang cukup baik (aluminium paduan), mudah diproduksi dan cukup ekonomis (aluminium daur ulang). Yang paling terkenal adalah penggunaan aluminium sebagai bahan pembuat pesawat terbang, yang memanfaatkan sifat ringan dan kuatnya.

2.2.1.1. Aluminium Murni

Aluminium 99% tanpa tambahan logam paduan apapun dan dicetak dalam keadaan biasa, hanya memiliki kekuatan tarik sebesar 49 MPa, terlalu lunak untuk penggunaan yang luas sehingga seringkali aluminium dipadukan dengan logam lain.

Secara umum sifat-sifat aluminium, diantaranya adalah sebagai berikut (Tata Surdia, dan Shinroku Saito, 1999) :

1. Memiliki berat yang relatif ringan dari baja dengan berat jenis sebesar 2,7 g/cm³ atau hampir 1/3 dari berat jenis baja.
2. Kekuatan mekanis dan sifat-sifat fisiknya dapat ditingkatkan dengan cara menambahkan unsur-unsur paduan.
3. Memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap larutan kimia, cuaca, dan berbagai jenis gas.
4. Memiliki reflektivitas yang sangat baik.
5. Memiliki elastisitas yang tinggi, sehingga material ini sering digunakan dalam aplikasi yang melibatkan kondisi beban kejut.
6. Non-magnetik, serta memiliki konduktivitas listrik dan panas hampir sebaik tembaga.
7. Mudah ditempa dan mudah dikerjakan dalam kebanyakan proses manufaktur dan pengubah bentuk.

Tabel 1. Sifat fisis aluminium (Tata Surdia, 1999)

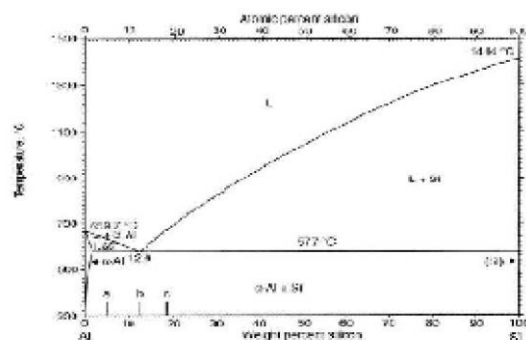
Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (g/cm^3) (20°C)	26,989	2,71
Titik Cair ($^\circ\text{C}$)	660,2	653 - 657
Panas Jenis ($\text{cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran Jerm (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan Listrik Koefisien term ($^\circ\text{C}$)	0,00429	0,0115
Koef Pemuaian ($20-100^\circ\text{C}$) (mm^3)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis Kristal, Konstanta kisi	frr, $n = 4,013$	frr, $n = 4,014$

Tabel 2. Sifat mekanik aluminium (Tata Surdia, 1999)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	75% dirol dingin
Kekuatan tarik (kg/mm^2)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan Mulus (0,2%) (kg/mm^2)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell (BHN)	17	27	23	44

2.2.1.2. Aluminium Paduan

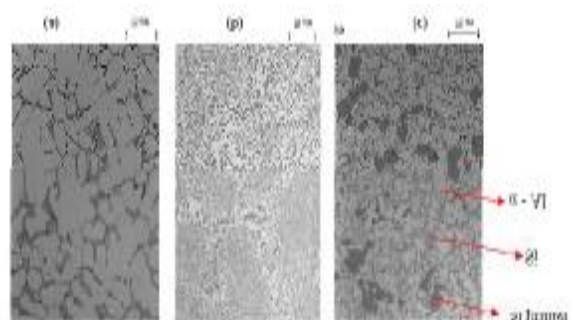
Paduan Al-Si ditemukan oleh A. Pacz tahun 1921. Paduan Al-Si yang telah diperlakukan panas dinamakan Silumin. Sifat – sifat silumin sangat diperbaiki oleh perlakuan panas dan sedikit diperbaiki oleh unsur paduan. Paduan Al-Si umumnya dipakai dengan 0,15% – 0,4% Mn dan 0,5 % Mg. Paduan yang diberi perlakuan pelarutan, *quenching*, dan *aging* dinamakan silumin g, dan yang hanya mendapat perlakuan aging saja dinamakan silumin b.



Gambar 1. Diagram fasa Al-Si (ASM International, 2004)

Pada diagram fasa Al-Si (Gambar 1) dapat dibagi tiga daerah yaitu: (1) Daerah hipoeutektik, pada daerah ini terdapat kandungan silikon < 11,7% dimana struktur mikro akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah fasa α – aluminium

dan eutektik (gelap) yang kaya aluminium yang memiliki kekerasan 90 HB, struktur mikro hipoeutektik diperlihatkan pada Gambar 2.a, (2) Daerah eutektik, komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari fase cair ke padat). Kandungan silikon yang terkandung didalamnya sekitar 11.7% sampai 12.2% untuk struktur mikro eutektik bisa dilihat pada gambar 2.b. Material ini memiliki kekerasan 105 HB dan uji tarik 248 MPa sehingga banyak diaplikasikan pada komponen dengan tekanan yang tinggi, seperti: *crank case*, *wheel* hubungan, *cylinder barrel*. (ASM Handbook vol 15, 1998), dan (3) Daerah hypereutectic, Struktur mikro hypereutectic pada Gambar 2.c menunjukkan komposisi silikon di atas 12.2% sehingga kaya akan silikon dengan fasa eutektik sebagai fasa tambahan dan memiliki kekerasan 110 HB.



Gambar 2. Struktur mikro paduan Al-si (ASM International, 2004)

3. Metode Penelitian

3.1. Proses pembuatan velg

Peleburan bahan dengan variasi komposisi master alloy Al-TiB 0%, 0,12%, 0,17%, 0,22% dan 0,27% pada tungku peleburan dengan suhu 750°C .

Penuangan ke dalam cetakan dengan metode sentrifugal pada putaran 400 rpm. Sebelumnya cetakan dipanaskan pada suhu 250°C .

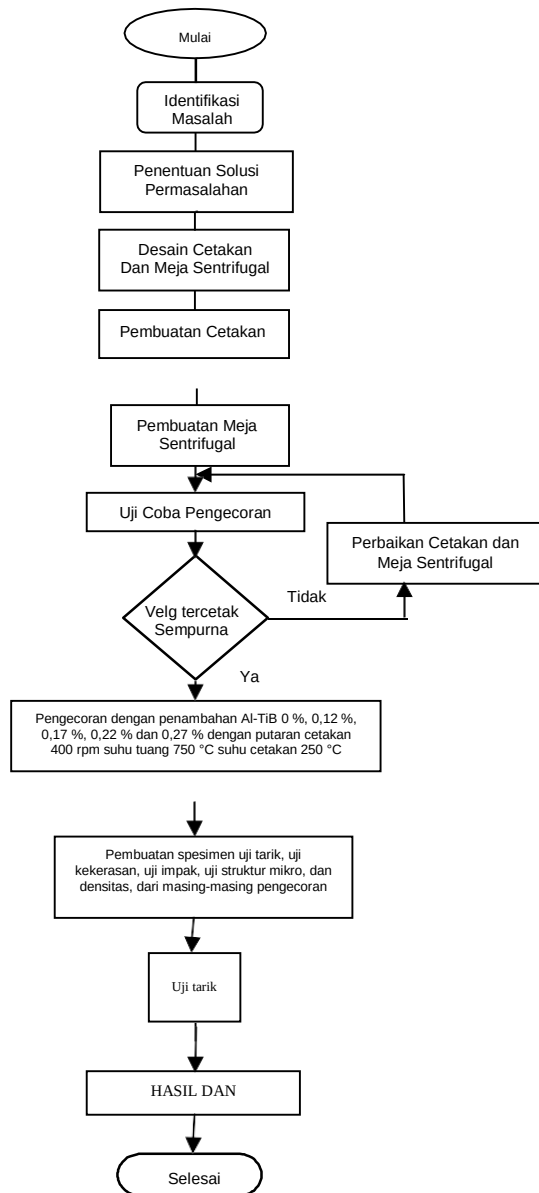
3.2. Persiapan Spesimen

Pembuatan benda uji tarik dari velg hasil pengecoran dengan penambahan *master alloy* Al-TiB 0,12%, 0,17%, 0,22% dan 0,27%, masing-masing 3 buah.

3.3. Proses Pengujian

Pengujian tarik *velg* produk pengecoran dilakukan dengan menggunakan standar JIS Z2201

3.4. Diagram Alir Penelitian



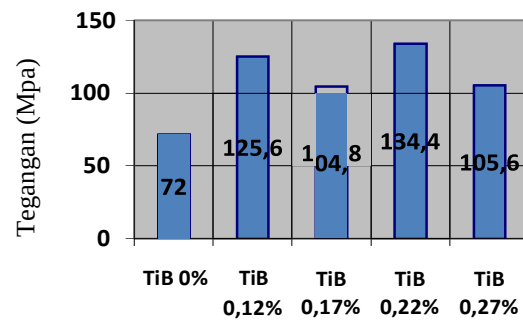
Gambar 3. diagram alir penelitian

4. Pembahasan

Pengujian tarik adalah salah satu uji mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik dan spesimen uji tarik menggunakan standard pengujian JIS Z2201.

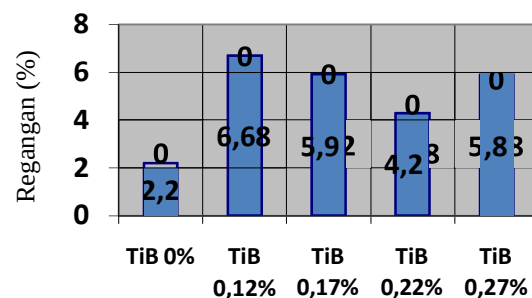
Tabel 3 Hasil uji tarik

No.	Jenis Material	UTS (MPa)	Regangan (EL) %
1.	Al + TiB 0%	72.00	2.20
2.	Al + TiB 0,12%	125.6	6.68
3.	Al + TiB 0,17%	104.8	5.92
4.	Al + TiB 0,22%	134.4	4.28
5.	Al + TiB 0,27%	105.6	5.88



Hasil pengecoran

Gambar 4. Grafik kekuatan uji tarik



Hasil pengecoran

Gambar 5. Grafik regangan uji tarik

Hasil uji tarik menunjukkan ada kenaikan nilai tegangan maksimum dari hasil pengecoran tanpa penambahan Al-TiB sebesar 72.00 MPa hingga 134,4 Mpa hasil dari pengecoran dengan penambahan Al-TiB. Dan nilai tegangan tertinggi di dapat pada pengecoran sentrifugal dengan penambahan master alloy Al-TiB sebesar 0,22%. Hasil uji tarik ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Untuk regangan dan keuletan juga mengalami peningkatan dari hasil pengecoran tanpa penambahan Al-TiB sebesar 2,2%, menjadi 6,68% yang dengan penambahan Al-TiB dan nilai tertinggi diperoleh pada penambahan Al-TiB sebesar 0,12% dengan nilai regangan sebesar 6,68%.

Tanpa penambahan Al-TiB memiliki sifat mekanis yang paling rendah yaitu 72 Mpa dan 2,2 % EL. Dengan penambahan Al-TiB dapat meningkatkan sifat mekanisnya dan lebih baik bila dibandingkan dengan produk lokal dan tanpa penambahan AL-TiB.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa:

1. Penambahan Al-TiB 0,12%, meningkatkan kekuatan tarik dengan nilai sebesar EL 6,68%.

2. Kekuatan tarik tertinggi terjadi pada penambahan Al-TiB 0,22%, sebesar 134,4 Mpa.
3. Regangan tertinggi terjadi pada penambahan
4. Kekuatan tarik terendah terjadi pada penambahan Al-TiB 0%, sebesar 72 Mpa.
5. Regangan terendah terjadi pada penambahan Al-TiB 0%, dengan nilai sebesar EL 2,20%.

6. Daftar Pustaka

- Aluminum-silicon alloy with Al-Ti-B grain refiners, 2003 *Materials Science and Engineering A349* : 197 – 206.
- American Society for Metal Handbook Committee., 1972, *Metal Handbook Ninth edition*, Volume 4 Metallography and Microstructure.
- American Society for Metal Handbook Committee. 1972, *Metal Handbook Ninth edition*, Volume 9 Metallography and Microstructure.
- Askeland, R., 1996, *The Science and Engineering of Materials*, Chapman and Hall.
- ASM International 2004, *Aluminum-Silicon Casting Alloys: Atlas of microfractographs*, Introduction to Aluminum-Silicon Casting Alloys.
- ASM., 1998, *Annual Book of ASTM Standards*, Section 3, Volume 03.01, ASTM.
- C. Limmaneevichtir, W. Eidhed, Jr., William, 2002, *Material Science and Engineering An introduction*, Fading Mechanism of grain refinement of Callister John Wiley & Sons, Inc.
- Chirita, G., Soares, D., Silva, S., 2006, *Advantages of the centrifugal casting technique for the production of structural components with Al-Si alloys*, Journal Material and Design 29 (2008) 20–27.
- Davis, J.R, 1993, *Aluminum and Aluminum Alloys*, USA: ASM International.
- Dieter, G., Sriati, D., 1996, *Metalurgi Mekanik Jilid 1*, Penerbit Erlangga.
- Dieter, G., Sriati, D., 1996, *Metalurgi Mekanik Jilid 2*, Penerbit Erlangga.
- Fuad Abdillah, 2010, *Perlakuan Panas Paduan Al-Si Pada Prototipe Piston Bekas Material Piston Bekas*, Program Studi Magister Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Groover, 2010, *Fundamentals of Modern Manufacturing, 4 th Edition*, John Wiley and sons, inc.
- Iwan Setyadi 2008, *Analisis penambahan grain refiner terhadap kualitas produk cor aluminium*, Peneliti Pusat Teknologi Industri Proses Bidang Teknologi Industri Logam, Deputi Teknologi Industri Rancang Bangun dan Rekayasa BPPT.
- JIS Z2201, 1998, *Japanese Standards Association, Japan*.
- Kuncahyo, 2010, *Sifat Fisis Dan Mekanis Velg Kendaraan Roda Dua 14” Produksi Lokal dan Produksi Pabrik*, Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.
- Santoso, N., Iswanto, P., Suyitno, 2010, *Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan dan inokulan Ti-B terhadap Kekuatan Mekanik Hasil Coran Aluminium*. Seminar Nasional Universitas Gajah Mada.
- Schonmetz, A, dan Guber, K, 1990, *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*, Angkasa, Bandung.
- Smith, F. William, 1995, *Material Science and Engineering, second edition*,. New York: Mc Graw- Hill inc.
- Suharyanto, 2006, *Perbaikan Sifat Mekanik Paduan Aluminium (A356,0) dengan menambahkan TiC*, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- Surdia, T. Dan Cijjiwa K, 1999, *Teknik Pengecoran Logam*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, Tata & Saito, Shinroku, 1992, *Pengetahuan Bahan Teknik, edisi ke dua*, Jakarta, Pradnya Paramita.
- Totten, G, Mac-Kenzie, C, 2003, *Handbook of Aluminum, Marcel dekker, INC. Science*, Indiana Institute of Technology- Bombay, metalwebnews.
- Udiana bambang, 2010, *Pengaruh Kecepatan Putar Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada Centrifugal Casting Aluminium Alloy Velg Sepeda Motor*.
- Waluyo Musiono Bintoro, 2011, *Pengaruh Temperatur Cetakan, Bentuk Produk, dan Inokulan Al-Ti-B pada Proses Pengecoran Sentrifugal Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Paduan Aluminium*, Program Magister Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Yusel birol, 2009, *A novel Al-Ti-B alloy for grain refining Al-Si foundry alloy*, Material Institute, Marmara Research Center, Gebze, 41470 Kocaeli, Turkey.