

ANALISA PENGARUH BEBAN TERHADAP LAJU KEAUSAN AL-Si ALLOY DENGAN METODE PIN ON DISK TEST

Ikhwansyah Isranuri¹, Suprianto², Wendy Aditya³

^{1,2,3}Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi pembebanan terhadap laju keausan material Al-Si Alloy dengan menggunakan metode pin on disk test standar ASTM G 99-04, pengujian dilakukan pada kondisi kering dengan variasi pembebanan (*load*) 2,5N, 5N, 7,5N, 10N dan 12,5N terhadap aluminium sekrap dan Aluminium Sekrap ditambah Silikon (Al-Si). Hasil uji keausan memperlihatkan laju keausan akan terus meningkat seiring dengan penambahan pembebanan. Kenaikan laju keausan yang paling tinggi terjadi pada beban 12,5N Laju keausan tertinggi pada Aluminium Sekrap 0,308 mm³/s. Laju keausan tertinggi pada Al-Si 3,76% sebesar 0,288 mm³/s dan laju keausan tertinggi pada Al-Si 9,12% sebesar 0,265 mm³/s.

Kata kunci: Al-Si Alloy, Beban, Laju keausan.

1. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam ringan yang banyak digunakan di dalam kehidupan manusia sehari-hari. Pemilihan Aluminium karena mempunyai ketahanan korosi, ringan, hantaran panas dan listrik yang baik Aluminium murni mempunyai sifat mekanik yang kurang baik seperti kekuatan dan kekerasan yang rendah sehingga perlu dilakukan usaha untuk meningkatkan sifat tersebut. Penambahan elemen lain seperti silicon dapat, meningkatkan kekerasan, menurunkan berat jenis, menurunkan koefisien ekspansi panas, menurunkan keuletan, serta meningkatkan ketahanan aus.

Keausan terjadi apabila dua buah benda yang saling menekan dan saling bergesekan. Keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih lunak. Faktor-faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan, tekanan, kekasaran permukaan dan kekerasan material. Semakin besar kecepatan relatif benda yang bergesekan, maka tingkat keausan semakin tinggi. Demikian pula semakin besar tekanan

pada permukaan kontak benda, material akan cepat aus, begitu pula sebaliknya. Keausan didefinisikan sebagai lepasnya atom dari permukaan material dan pengurangan ukuran sebagai akibat dari aksi mekanik (*Khurmi, R.S, dan Gupta J.K. 1982*).

Besarnya tingkat keausan suatu bahan dapat diuji dengan menggunakan alat uji keausan, diantaranya alat uji keausan tipe *pin on disk*. Alat uji keausan harus berdasarkan dengan standar uji. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah material Aluminium Sekrap dan Aluminium Sekrap ditambah Silikon (Al-Si) yang berbentuk *disk*, berdiameter 70 mm dan tebal 6 mm. Pada penelitian ini dianalisa pengaruh besarnya pembebanan terhadap material aluminium dan aluminium yang telah ditambahkan elemen Si dengan jarak lintasan yang konstan

2. TINJAUAN PUSTAKA

Aluminium merupakan logam *non-ferrous* dan merupakan logam

kedua terbesar yang dipergunakan oleh industri komponen setelah baja. Kelebihan dari logam Aluminium adalah memiliki berat sepertiga dari berat baja (ρ : 2,7 g/cm³), memiliki konduktivitas panas dan listrik yang baik, rasio kekuatan dan berat yang tinggi, tahan terhadap korosi, memiliki sifat *formability* yang baik serta mudah dicetak. Aluminium merupakan salah satu material yang sangat banyak dipergunakan dalam bidang teknik, namun sangat jarang dipergunakan dalam kondisi Aluminium murni. Aluminium yang dijumpai dalam bidang teknik kebanyakan dalam bentuk *alloy* dengan unsur penambah utama seperti Silikon, Copper, Magnesium, Iron, Mangan dan Zincum (Nadca, 1997).

Aluminium sekrap yang selama ini memiliki nilai ekonomis yang lebih rendah jika dibandingkan dengan Aluminium murni dikarenakan proses pengecoran yang tidak sempurna. Aluminium sekrap telah digunakan untuk pembuatan sudu *impeller* dan *brake disc* melalui proses pengecoran, dimana hasilnya bagus dengan *casting yield* 73,59% untuk *impeller* dan 85,1% untuk *disc brake* (Abolarin, et al, 2007).

Pengecoran Aluminium akan berakibat penurunan sifat mekanis (tarik dan impak) dari logam, yang terjadi akibat peningkatan porositas (Purnomo, 2004). Porositas yang terjadi pada saat pengecoran Aluminium dapat dieleminir dengan mengontrol gas/oksigen dan variable pengecoran lainnya seperti, temperatur, laju pembekuan, laju pendinginan (Melo, M.L.N.M., et al., 2005) yang dapat dilakukan dengan tersedianya dapur peleburan yang memadai. Parameter pembekuan sangat dipengaruhi laju pendinginan, keadaan temperatur pada berbagai fasa berubah dengan peningkatan laju pendinginan, peningkatan laju pendinginan secara signifikan meningkatkan temperatur pengintian Aluminium (Dobrzanski, et al, 2006).

Penambahan Si dan Cu pada Aluminium akan meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik Aluminium dan penambahan unsur Ti juga dapat

meningkatkan kekerasan dan menghaluskan butir dari Aluminium. Komposisi paduan dan pemilihan proses pengecoran dapat mempengaruhi struktur mikro dari Aluminium paduan. Struktur mikro dapat dirubah dengan penambahan elemen tertentu pada paduan Aluminium seperti mampu cor, sifat mekanis dan mampu mesin yang baik dapat diperbaiki (Brown, 1999). Aluminium bekas kemasan minuman yang ditambahkan dengan elemen Si juga memperlihatkan kenaikan kekerasan tetapi terjadi penurunan terhadap ketangguhan material tersebut (Suprianto, et al, 2011) serta penambahan 1% silikon terhadap *zinc-based alloys* seperti Zinc-aluminium dan SAE 660 bronze akan meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan dan ketahanan aus tetapi akan menurunkan keuletan (Pürçek et al, 2002).

Kekerasan suatu material sangatlah mempengaruhi ketahanan aus suatu material. Dan laju keausan dipengaruhi oleh pembebanan dan kecepatan sliding dimana aluminium yang diuji keausan menggunakan metode pin on disk test pada putaran disk masing-masing 60 rpm, 90 rpm, 120 rpm, 150 rpm dan 180 rpm memperlihatkan kenaikan laju keausan seiring dengan peningkatan putaran untuk setiap sampel yang diuji dengan keausan maksimum bahan Aluminium 0,361 mm³/s. Laju keausan tertinggi untuk bahan paduan Al-Si 3,76% sebesar 0,351 mm³/s pada putaran 180 rpm (Isranuri, I. et al, 2011).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan terlebih mempersiapkan aluminium hasil coran untuk dilakukan pengujian komposisi dan persiapan sampel yang akan diuji keausan. Sampel ini diambil dari hasil coran aluminium sekrap dan Al-Si dengan komposisi berturut-turut Al-Si 3,76% dan Al-Si 9,12%. Sampel ini kemudian diuji menggunakan alat uji keausan dengan standar ASTM G99-04 tipe *pin on disk*. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Mekanik

Teknik Mesin USU. Adapun prosedur yang dilakukan untuk pengujian keausan (*wear test*) adalah sebagai berikut ; persiapan spesimen untuk uji keausan dengan pertama sekali melakukan proses polishing dengan menggunakan kertas pasir dengan variasi nomor 400, 500, 800, 1000 dan 1200. Kemudian dilakukan pengujian keausan dengan menggunakan Alat Uji Keausan ASTM G99-04 *tipe pin on disk*. Spesimen diikatkan di atas *disk* yang berputar dengan putaran 120 rpm. Pengujian dilakukan dengan waktu yang konstan, yaitu 30 detik dan kemudian diberikan pembebanan dengan variasi beban sebesar 2,5N, 5N, 7,5N, 10N, dan 12,5N. bentuk sampel uji keausan Aluminium ini seperti diperlihatkan pada gambar 1 dibawah ini ;



Gambar 1. Spesimen uji bahan Aluminium sekrap, Al-Si 3,76% dan Al-Si 9,12% sebelum dilakukan uji keausan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Uji Komposisi

Pengujian komposisi material uji menggunakan *Optical Emission Spectrometer* untuk ketiga jenis sampel raw material, AlSi3,76% dan Al-Si 9,12% hasilnya seperti diperlihatkan pada tabel 1 dibawah ini;

Tabel 1. komposisi material Aluminium bekas kemasan minuman

Aluminium		Al + Si (3,76%)		Al + Si (9,12%)	
Unsur	%	Unsur	%	Unsur	%
Si	0.053	Si	3.76	Si	9.12
Fe	0.405	Fe	1.52	Fe	2.19

Cu	0.154	Cu	0.184	Cu	0.169
Mn	0.38	Mn	0.362	Mn	0.377
Mg	2.421	Mg	1.83	Mg	1.87
Zn	0.251	Zn	0.204	Zn	0.297
Ti	0.015	Ti	0.016	Ti	0.014
Cr	0.005	Cr	0.019	Cr	0.046
Ni	0.005	Ni	0.026	Ni	0.005
Pb	0.002	Pb	0.01	Pb	0.002
Sn	0.01	Sn	0.029	Sn	0.01
Al	96.314	Al	92.04	Al	85.9

Hasil pengujian spectrometer pada tabel 1 memperlihatkan bahwa Aluminium bekas kemasan minuman ini memiliki kandungan Aluminium 96,314% pada bagian tutupnya dan unsur *alloy* penambah utama yang terdapat pada paduan ini merupakan Mg (Magnesium). Penambahan Magnesium ke dalam aluminium akan menghasilkan *moderate-to-high-strength work-hardenable alloy*. Magnesium lebih efektif dibandingkan dengan mangan sebagai peneras 0.8% Mg sama dengan 1.25% Mn, dan Mg ini dapat ditambahkan dalam jumlah yang besar. Alloy jenis ini memiliki sifat lasan yang baik dan ketahanan korosi dilingkungan laut (Jack W. Bray, 1990).

4.2. Hasil Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan seperti diperlihatkan pada gambar 2 dibawah ini ;



Gambar 2. Grafik Kekerasan Vs % Si pada bahan Aluminium

Dari gambar 2 diatas memperlihatkan kenaikan nilai kekerasan pada tiap-tiap penambahan Si, penambahan silikon meningkatkan kekerasan dari Aluminium coran tetapi tidak secara signifikan. Hal ini terlihat dari peningkatan kekerasan pada grafik dan Penambahan silikon yang relatif tinggi akan meningkatkan ketahanan aus dari *alloy* Al-Si juga kekerasan dari *alloy* tersebut (Ye,2002). Tetapi kekerasan dapat meningkat juga dikarenakan oleh bertambahnya unsur Fe di dalam coran Aluminium sebagaimana diperlihatkan dari hasil uji komposisi untuk 9,12% Si terdapat 2,19% Fe yang tentunya sangat tinggi untuk ukuran paduan Aluminium.

Bekas injakan pin ini diukur dengan menggunakan *Reflected Metallurgical Microscope* dengan *type Rax Vision No.545491, MM-10A, 230V-50Hz* hasilnya seperti diperlihatkan seperti gambar 4 berikut ini ;

4.2. Hasil Uji Keausan

Material yang sudah diuji keausan akan diperoleh bekas injakan pin yang berbentuk lintasan melingkar seperti diperlihatkan pada gambar 3 berikut ;

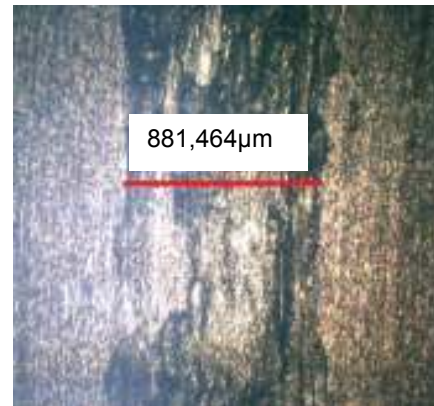


Gambar 3. Spesimen uji bahan a) Aluminium sekrap, b) Al-Si 3,76% , c)Al-Si 9,12% setelah dilakukan uji keausan

Untuk memperoleh bekas injakan yang lebih presisi maka perlu diperhatikan getaran yang terjadi pada alat pin on disk test. Karena getaran yang terlalu tinggi akan menyebabkan sudut kontak antara pin dan disk tidak sempurna untuk semua posisi.



a)



b)



c)



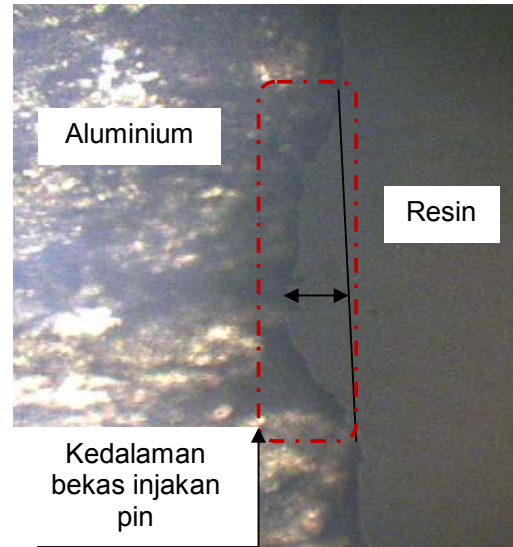
d)



e)

gambar 4. Lebar jejak bahan Aluminium Sekrap dengan varias beban a)2,5N,b)5N,c)7,5N,d)10N,e)12,5N (pembesaran 50x)

Dari gambar diatas terlihat bahwa untuk raw material (aluminium sekrap) semakin besar beban yang diberikan maka akan menghasilkan bekas injakan yang semakin besar pula. Kedalaman bekas injakan material ini juga dapat di ukur menggunakan mikroskop optic seperti diperlihatkan gambar 5 berikut ;



Gambar 5. Kedalam bekas injakan Pin pada material Aluminium sekrap.

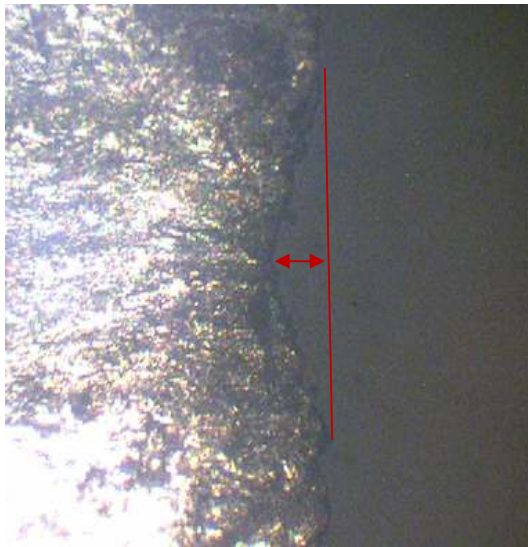
Hasil pengukuran kedalaman bekas injakan pin seperti diperlihatkan pada tabel 2 berikut ini ;

Tabel 2. Kedalaman bekas injakan untuk aluminium sekrap sebelum ditambah Si

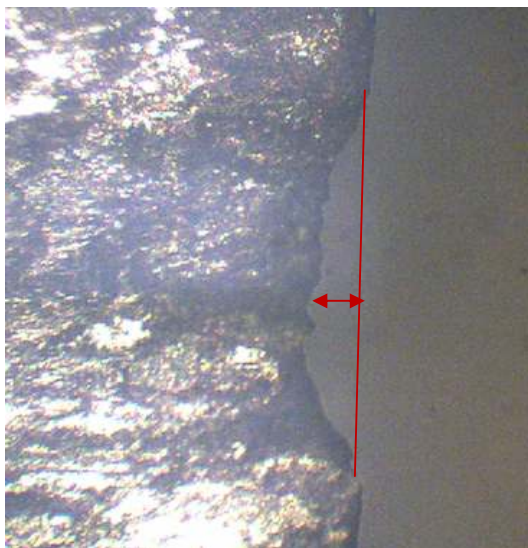
Sample	\bar{b} (μm)
a	23,126
b	33,257
c	39,835
d	47,793
e	52,796

Tabel 2 diatas memperlihatkan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka penetrasi pin ke permukaan aluminium semakin dalam yang tentunya hal ini akan sangat berkaitan dengan laju keausan.

Hasil uji keausan untuk material aluminium yang telah ditambahkan 3,76% dan 9,12% Si memperlihatkan kedalaman bekas injakan seperti yang diperlihatkan pada gambar 6 berikut ini ;



a)



b)

Gambar 6. Kedalaman bekas injakan hasil uji aus bahan aluminium dengan a)3,76%Si , b) 9,12% Si (pembesaran 50x)

Hasil pengukuran kedalaman dan lebar material yang aus diambil rata-rata seperti yang diperlihatkan pada tabel 3 berikut ini ;

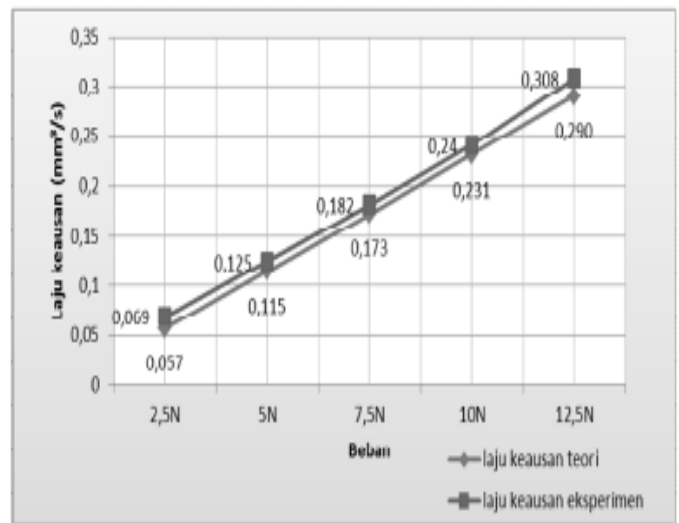
Tabel 3. Hasil pengukuran keausan aluminium yang telah ditambah 3,76% dan 9,12% Si

Notasi	3,76%Si		9,12%Si	
	$\bar{a}(\mu\text{m})$	$\bar{b}(\mu\text{m})$	$\bar{a}(\mu\text{m})$	$\bar{b}(\mu\text{m})$
a	882,0203	17,235	938,425	15,172

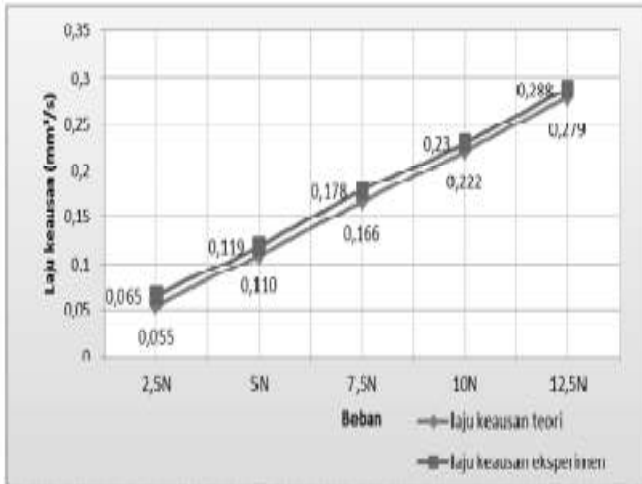
b	1049,366	26,542	1095,181	23,246
c	1183,779	35,034	1213,832	30,573
d	1269,623	42,113	1389,231	35,274
e	1506,146	44,117	1591,912	38,278

Not;notasi. a)2,5N,b)5N,c)7,5N,d)10N,e)12,5 N (pembesaran 50x)

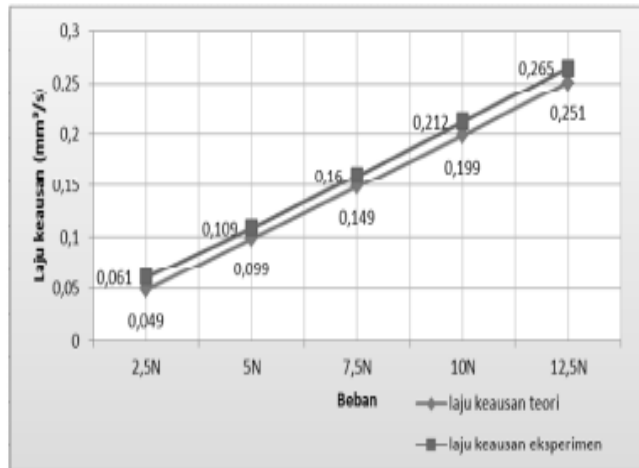
Dari pengukuran dengan menggunakan mikroskop maka akan diperoleh lebar jejak bekas injakan pin yang digunakan untuk menghitung panjang lintasan keausan pada hukum Archard, sehingga didapatkan volume keausan dari bahan tersebut. Sedangkan kedalaman jejak tersebut digunakan untuk menghitung volume keausan berdasarkan eksperimen. Berdasarkan hukum keausan Archard tentang hukum keausan (*wear law*) bahwa untuk menentukan laju keausan terlebih dahulu dihitung volume keausannya. Laju keausan yang terjadi pada material seperti diperlihatkan pada gambar 7,8,9 berikut ini ;



Gambar 7. Grafik laju keausan vs beban bahan Aluminium sebelum ditambah Si



Gambar 8. Grafik laju keausan vs beban bahan Aluminium sebelum ditambah 3,76%Si



Gambar 9. Grafik laju keausan vs beban bahan Aluminium sebelum ditambah 9,12%Si

Gambar 7,8 dan 9 memperlihatkan hubungan antara kenaikan beban dengan laju keausan tiga buah material. Hasilnya memperlihatkan bahwa untuk semua material laju keausan paling tinggi terjadi pada beban yang paling besar yaitu 12,5N masing-masing untuk raw material 0,308 mm³/s , 0,288 mm³/s untuk 3,76%Si dan 0,265 mm³/s pada 9,12%Si. Hal ini dapat dikatakan bahwa penambahan Si pada komposisi tertentu dapat meningkatkan ketahanan aus aluminium.

5. KESIMPULAN

Dari Hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh pembebanan terhadap laju keausan. Semakin bertambah pembebanan pada alat uji keausan tipe *pin on disk* maka semakin besar pula laju keausan yang terjadi. Kenaikan laju keausan tertinggi terjadi pada pembebanan maksimum 12,5N. Laju keausan tertinggi pada Aluminium Sekrap secara teori (0,290 mm³/s) dan secara eksperimen meningkat 6,207% yaitu (0,308 mm³/s). Laju keausan tertinggi pada Al-Si 3,76% secara teori (0,279 mm³/s) dan secara eksperimen meningkat 3,226% yaitu (0,288 mm³/s). Dan Laju keausan tertinggi pada Al-Si 9,12% secara teori (0,251 mm³/s) dan secara eksperimen meningkat 5,577% yaitu (0,265 mm³/s).

DAFTAR PUSTAKA

Abolarin, M., S, Olugboji, O., A dan Ogunwole, O., A, 2007, "Casting of Brake Disc and Impeller from aluminium scrap Using Silica Sand", Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, ISSN 1583-1078, p.145-150

ASTM G99-04 Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on Disk Apparatus. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.

Brown, J.R., 1999, "Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook", Butterworth Heinemann, Eleventh Edition, Oxford.

Dobrzanski, L.A., Maniara, R., dan Sokolowski, J.H., 2006, "The effect of cast Al-Si-Cu alloy solidification rate on alloy thermal characteristics", Journal of Achievements in materials and manufacturing engineering, Vol.17, Issue 1-2.

- Isranuri, I., Jamil, Suprianto, 2011, "Pengaruh Putaran Terhadap Laju Keausan Al-Si Alloy Menggunakan Metode Pin On Disk Test", Jurnal Dinamis, Volume II, No.8.
- Jack W. Bray, 1990, "Aluminum Mill and Engineered Wrought Products", Non ferrous Alloy and Special-purpose material, ASM Metal Handbook, Vol.2.
- Khurmi, R.S., dan Gupta J.K, 1982, "A Text Book Of Machine Design", Ramnagar, New Dehli.
- Melo, M.L.N.M., Rizzo, E.M.S., Santos, R.G., 2005, "Numerical Simulation Application in Microporosity Prevision in Aluminium Alloy Casting", Revista Brasileira de Aplicacoes de Vacuo, V.24, n. 36-40
- Nadca, 1997, "Alloy data ; Aluminium Die Casting Alloys", NADCA Product Specification Standards for Die Casting, Sec.3.
- Pürçek, G., Savaskan, T., Küçükömeroğlu, T., Murphy, S., 2002, "Dry sliding friction and wear properties of zinc-based alloys", Elsevier, Wear 252 894-901
- Purnomo. 2004, "Pengaruh pengecoran ulang terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak pada paduan Aluminium tuang 320", Proceedings, Komputer dan system intelijen, Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Suprianto, Isranuri, I., Tugiman, Tanjung, H.G., 2011, "Studi Sifat Mekanis Limbah Aluminium Dengan Penambahan Si", Proceeding The 6th Regional Seminar on Materials, Energy, and Structure (Maestruct).
- Ye, H., 2002, "An Overview of the Development of Al-Si-Alloy Based Material for Engine Application",

JMEPEG, 12-288-297, ASM International.