

Analisis Pengaruh Penambahan Seng (Zn) Terhadap Nilai Kekerasan Dan Fasa Paduan Tembaga-Seng (Cu-Zn) Melalui Proses Pengecoran

Muhammad Halim Asiri

Mechanical Engineering Department

The Muslim University of Indonesia, Makassar, Indonesia.

muhammadhalim.asiri@umi.ac.id

Abstrak

Tembaga banyak digunakan di industri. Tembaga memiliki kekuatan tarik yang tinggi hingga 390 Mpa (N/mm²). Tembaga mempunyai sifat termal dan konduktivitas listrik yang baik, mudah ditempa, dapat didaur ulang, dan tahan korosi. Seng merupakan salah satu logam yang dapat dipadukan dengan tembaga. Seng banyak digunakan untuk coating anoda, memproteksi baja dari korosi, dan pengecoran. Paduan tembaga dan seng adalah kuningan (Cu-Zn). Material kuningan memiliki sifat tahan korosi, kekuatan tinggi, kemampuan mesin yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan seng terhadap kekerasan dan struktur mikro paduan tembaga seng dengan variasi penambahan seng sebesar 32,34,36 dan 38 persen berat (%b). Pengecoran dilakukan dengan meleburkan logam dalam tungku gas pada temperature 1200°C dan waktu penahanan 1 jam. Setelah itu logam cair didinginkan di dalam tungku gas. Pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektroskopi disperse energy sinar - X (EDS/EDX), difraksi sinar-X (XRD), pengujian sifat kekerasan, dan metalografi. Sifat kekerasan paduan Cu-Zn menunjukkan peningkatan seiring penambahan Seng. Pengamatan metalografi menunjukkan struktur mikro fasa alfa dan beta. Semakin bertambahnya seng maka ukuran butir alfa akan mengalami penurunan.

Kata kunci : Tembaga (Cu), Seng (Zn), Pengecoran, Sifat kekerasan, Struktur mikro.

PENDAHULUAN

Proses pengolahan bahan logam harus memperhatikan jenis-jenis dan sifatnya terutama pada proses pembentukan dan perilaku selama penggunaannya seperti, sifat mampu las, mampu bentuk, mampu dikerjakan dengan mesin, stabilitas listrik, ketahanan terhadap korosi, perbaikan dan perawatannya sehingga hasil pengolahan akan lebih berkualitas. Perkembangan teknologi yang sangat pesat dan maju menyebabkan kebutuhan logam di berbagai bidang meningkat pesat [1]

Salah satu logam non ferro yang banyak digunakan dalam konstruksi maupun permesinan adalah tembaga (Cu). Tembaga dan paduan tembaga merupakan salah satu kelompok utama logam komersial.

Logam ini banyak digunakan karena konduktivitas listrik dan termal yang sangat baik mereka, ketahanan yang luar biasa terhadap korosi, mudah difabrikasi, memiliki kekuatan yang baik, tahan terhadap lelah (fatigue), dan tidak bersifat magnetik. Logam tembaga dan paduannya memiliki ketahanan korosi yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk membuat pipa, dan katup yang dialiri fluida [2]

Tembaga memiliki temperatur melting yang tinggi, selain itu harga tembaga relatif mahal, dan fluiditas rendah. Tembaga memiliki sifat yang ulet dan tahan korosi. Seng memiliki sifat fluiditas yang tinggi dan mampu cor yang baik. Oleh karena itu, studi akan membahas tentang pemaduan Cu-Zn

untuk menghasilkan produk yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik [3]

Manufaktur logam yang masih digunakan sampai saat ini adalah Pengecoran. Pengecoran adalah suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan parts dengan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi. Pengecoran logam merupakan proses awal yang paling penting dalam industri logam, teknologi coran [4].

Salah satu manufaktur logam yang banyak digunakan pada tembaga adalah pengecoran. Hasil peleburan logam tembaga dan seng disebut kuningan, yang memiliki kekuatan dan ketahanan korosi yang baik. Beberapa jenis kuningan yang sering ditemui di dunia industri adalah *yellow alpha brass* atau *cartridge alpha brass* yang memiliki kemampuan tarik yang tinggi. Salah satu bahan yang paling banyak dipakai dalam pembuatan komponen-komponen mesin adalah kuningan (CuZn). Kuningan lebih murah dari pada perunggu dan mampu coranya lebih baik dari perunggu.

Coran kuningan dipakai untuk bagian-bagian pompa, bantalan, *propeller shaft* (poros propeler), peluru dan sebagainya [5]. Logam kuningan sendiri memiliki sifat yang tahan tarik yang tinggi, tahan korosi, tahan aus, ringan, dan harganya ekonomis dan terjangkau. Sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan selongsong peluru. berfungsi untuk memindahkan atau meneruskan tenaga dari transmisi ke difrential. Material yang digunakan untuk menjadi poros dibutuhkan kekuatan yg tinggi. Pembuatan poros propeller dapat dilakukan dengan pengecoran. Struktur kristal yang dimiliki tembaga murni adalah *face centered cubic* (FCC) ditunjukkan dengan secara luas tembaga digunakan sebagai salah satu bahan teknik, baik dalam keadaan murni maupun paduan. Tembaga memiliki kekuatan tarik hingga 156 N/mm^2 dalam bentuk tembaga tuangan dan dapat ditingkatkan hingga 400 N/mm^2 melalui proses pengerjaan dingin. Tembaga jenis tuangan angka kekerasannya hanya mencapai 47 HB namun

dapat ditingkatkan menjadi 95 HB melalui pengerjaan dingin, dimana dengan proses pengerjaan dingin ini akan mereduksi keuletan, walaupun demikian keuletannya dapat ditingkatkan melalui proses annealing dapat menurunkan angka kekerasan. Tembaga memiliki sifat *thermal* dan *electrical conductivity* nomor dua setelah perak. Tembaga yang digunakan sebagai penghantar listrik. Banyak digunakan dalam keadaan tingkat kemurnian yang tinggi hingga 99,9%. Sifat lain dari tembaga adalah sifat ketahanannya terhadap korosi *atmospheri* serta berbagai serangan media korosi lainnya [6].

Tembaga dan paduan tembaga membentuk satu kelompok utama dari logam komersial. Tembaga berada di urutan ketiga dibelakang baja dan aluminium dalam produksi di dunia industry. Tembaga banyak digunakan pada komponen listrik karena konduktivitas listrik dan termalnya sangat baik, selain itu tembaga juga memiliki ketahanan korosi yang baik, mudah di fabrikasi, memiliki kekuatan dan ketahanan Lelah yang baik [7]. Pada tabel 1 dan Tabel 2 kedua katagori tembaga ini dibagi menjadi beberapa grup yaitu *copper*, *copper alloys*, *brasses*, *copper nickel*, dan *nickel silvers*. Perlakuan panas T6 yang diterapkan pada paduan Aluminium Al-Si-Mg (A356) dengan penambahan modifier meningkatkan kekuatan tarik [8]. Perlakuan panas T6 juga meningkatkan nilai kekerasan [9] [10] dan kekuatan Impak hasil cor. Pada proses solution heat treatment T6 pada paduan Al-Si-Mg temperature pemanasan yang paling baik adalah pada temperatur $480-540^\circ\text{C}$. [12].

Tingkat kekerasan paduan aluminium juga ditentukan oleh prosentase unsur paduan yang ditambahkan. [13]. Proses ini diminimliser terbentuknya *cluster-cluster* penguat selama selama proses pengecoran sehingga diharapkan distribusi penguat akan merata pada matriks aluminium yg memberikan kekuatan pada kualitas material [14]

Temperatur pemanasan pada proses ege hardening yang paling optimum kira-kira pada temperatur 150-200°C. [16]. Melaporkan bahwa temperatur aging yang paling baik untuk paduan Al-Si-Cu adalah pada 225°C. Waktu penahanan yang pendek mempengaruhi nilai kekerasan, nilai kekerasan yg baik dengan rentang waktu 1-2 jam [17].

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Peralatan Penelitian

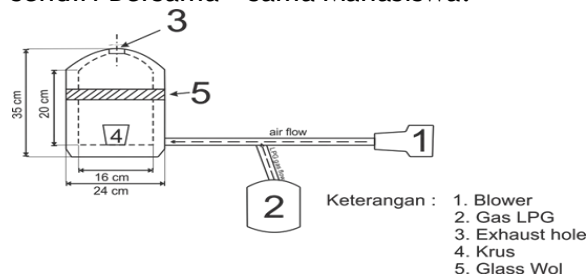
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Tembaga (Cu) murni kadar 95% dalam bentuk Rod di dapatkan dari PT. Sutindo Gambar bahan diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. (a) Seng (Zn) (b) Logam Tembaga (Cu)

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tungku Gas (Gas Furnace) Tungku yang digunakan adalah dibuat sendiri Bersama - sama Mahasiswa.



Gambar 2. Tungku

Krus (crucible)

Krus yang digunakan sebagai cetakan dan wadah paduan Cu + Zn dalam proses peleburan, ditunjukkan (lihat gambar dibawa), **Timbangan** digunakan untuk menimbang massa bahan, **Kertas amplas** didapatkan dari PT. Bahan Bangunan Keputih. Kertas amplas digunakan untuk grinding



Gambar 3. (a) Kertas amplas, (b) Krus (crucible) (c) Timbangan digital

Tabel 1. Kofisien pemuaian termal tembaga

Rentangan Temperatur, ° C	Koefisien Rata - Rata, m/ m.K
20 hingga 100	17,0
20 hingga 200	17,3
20 hingga 300	17,4

Nilai konduktivitas termal tembaga : 391 W/m.K pada 20 ° C

Kapasitas kalor tembaga : 385 J/kg.K pada 20°C

Tabel 2 .Sifat Mekanik

Kemurnian %	Kekuatan tarik yield		Kekuatan Tarik		Elongasi n pada 50 mm %
	MPa	Ksi	MPa	Ksi	
99,99	3656	55	457	67	48
99,95	347	53	380	58	40

Tabel 3. Unsur Pemadu utama Copper Alloy Families

Family	Unsur Pemadu	Solud Solubility Pada (20°C) %
Brasess	Zinc	37
Phosphor bronzes	Tin	9
Aluminium bronzes	Aluminium	19
Silicon bronzes	Silicon	8
Copper nickel silvers	Nickel	100

Tensile strength : 170 Mpa

Hardness : 52 HB (hot rolled), 60 (cold rolled)

Fatigue strength : 28 Mpa pada (cycles)

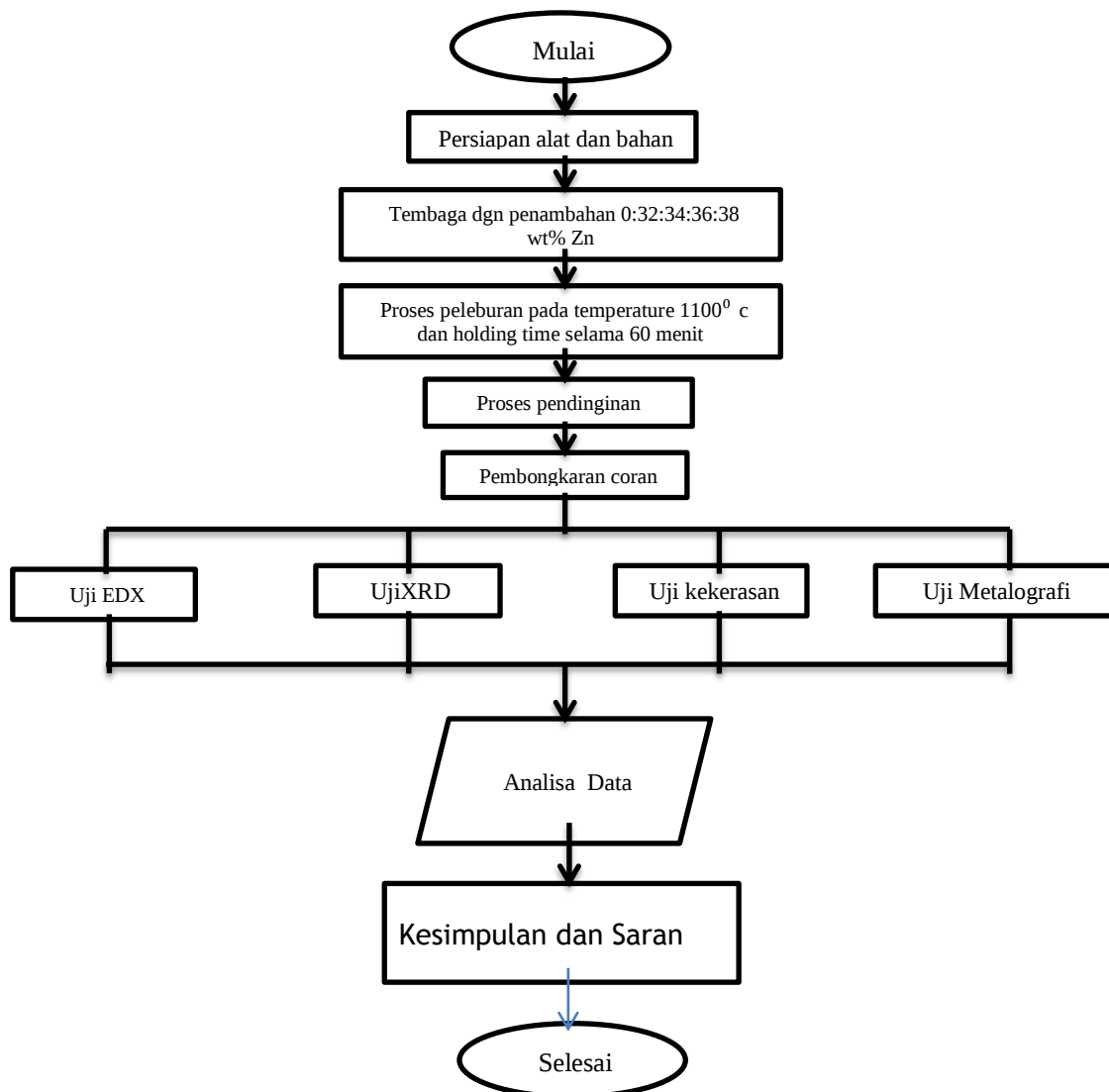
Shear strength : 138 - 152 Mpa
Thermal conductivity : 104,5 W. m/K

Pelaksanaan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tembaga murni (Cu) yang kemudian ditambahkan unsur paduan Seng (Zn) dengan kadar 32,34,36 dan 38 wt% Zn.

1. Kedua bahan disiapkan sebelum digunakan.
2. Menimbang Seng dan Tembaga dengan variasi kadar paduan 32, 34, 36, dan 38 wt% Zn, dan memasukkan ke dalam krus.

3. Memasukkan krus ke dalam furnace dan memanaskan hingga temperatur 1100°C tercapai dan dilakukan *holding* pada temperatur tersebut selama 60 menit.
4. Membuka tungku dan mengaduk paduan cair dengan menggunakan pengaduk selama beberapa saat.
5. Mendinginkan paduan yang masih cair di dalam tungku dalam keadaan tertutup hingga mencapai temperature kamar.
6. Mengeluarkan paduan yang telah padat dari dalam tungku.
7. Mengeluarkan hasil coran dari krus.

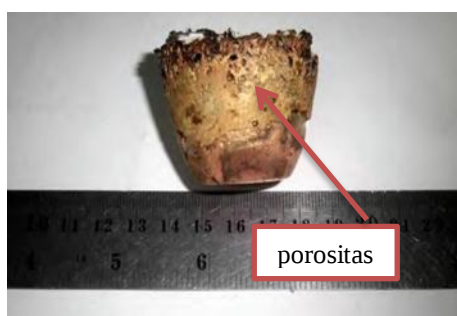


Gambar 4. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Coran Paduan Tembaga-Seng (Cu-Zn)

Paduan kuningan (Cu-Zn) dihasilkan melalui pencampuran seng terhadap tembaga. Paduan Cu-Zn dihasilkan melalui pelelehan di dalam tungku gas. Lelehan paduan didinginkan hingga temperatur kamar di dalam krusibel. Temperatur lebur paduan tembaga-seng (Cu-Zn) adalah 1100°C . Gambar 5 menunjukkan hasil coran paduan Cu-Zn. Coran Cu-Zn yang dihasilkan menunjukkan pelelehan dan pemaduan yang homogen. Coran yang dihasilkan menunjukkan warna kuning cerah. Coran tidak menunjukkan adanya segregasi. Coran menunjukkan adanya porositas.



Gambar 5. hasil Coran Cu - Z

Komposisi kimia Coran paduan Tembaga - Seng (Cu - Zn)

komposisi 32 %berat Zn dituliskan dengan notasi Cu-32Zn. Cu- 32Zn memiliki komposisi kimia yang terdiri dari 87,47 %berat Pengujian komposisi kimia coran Cu-Zn dilakukan dengan menggunakan mesin *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS/EDX)*. Tabel menunjukkan komposisi kimia paduan coran. Logam Cu murni memiliki komposisi kimia 94,48 %berat Cu dan 5,52 %berat O. Paduan Cu-Zn dengan Cu, 8,46 %berat Zn, dan 4,07 %berat O. Paduan Cu-Zn dengan penambahan 34% berat Zn menunjukkan peningkatan kadar tembaga, namun menurunkan kadar oksigen. Paduan Cu-Zn dengan penambahan 36% berat Zn mengalami penurunan kadar tembaga, namun kadar oksigen meningkat. Paduan Cu-Zn dengan penambahan 38% berat Zn mengalami peningkatan kadar tembaga

dan oksigen. Komposisi kimia hasil coran berbeda dengan komposisi awal (*feeding*). Komposisi tembaga pada hasil coran berbeda dengan komposisi *feeding*. Komposisi tembaga mengalami peningkatan karena tembaga memiliki kestabilan termal yang lebih tinggi. Komposisi seng pada coran berbeda dengan komposisi awal (*feeding*). Hal ini terjadi karena seng memiliki kestabilan termal yang lebih rendah dan temperatur lebur rendah.

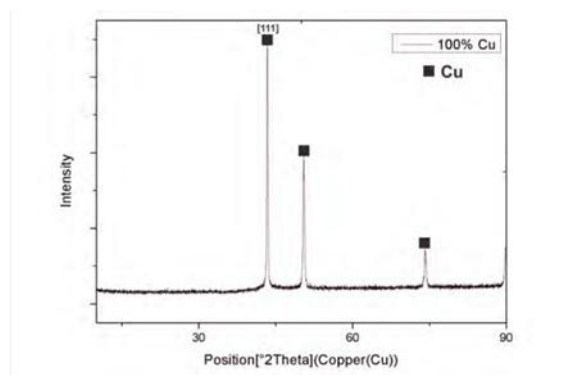
Tabel 4. komposisi kimia coran Cu -

Material	Unsur (% berat)			
	Cu	Zn	O	C
Cu	94,48	0	5,52	0
Cu - 32 Zn	87,47	8,46	4,07	0
Cu 34 Zn	56,46	6,44	6,09	31,01
Cu 36 Zn	84,79	8,47	6,74	0
Cu - 38 Zn	81,84	8,53	9,63	0

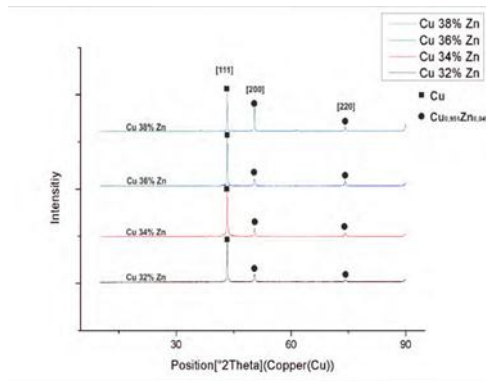
Tabel 5. Sifat Mekanik

Kemurniaan %	Kekuatan tarik yield		Kekuatan Tarik		Elongasion pada 50 mm %
	MPa	Ksi	MPa	Ksi	
99,99	3656	55	457	67	48
99,95	347	53	380	58	40

Hasil Pengamatan XRD Coran Cu - Zn



Gambar 6. pola XRD Cu



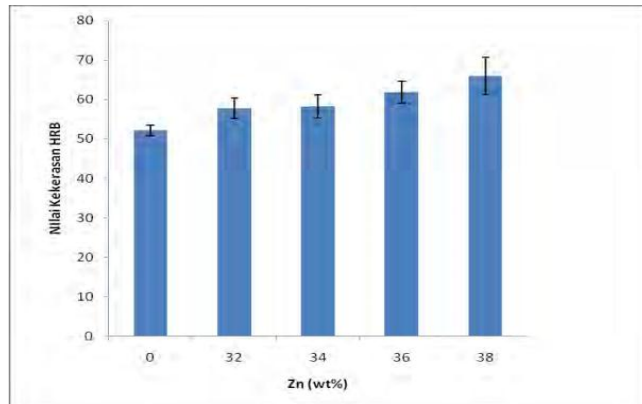
Gambar 7. Pola XRD Paduan Coran Cu (a) 32 wt% Zn (b) 34 wt% Zn (c) 36 wt% Zn (d) 38 wt% Zn

terdapat perubahan pada tinggi puncak dan timbulnya *peak* baru. Berdasarkan hasil uji XRD diatas tampak bahwa terjadi perubahan tinggi *peak* akibat

adanya penambahan komposisi seng. Secara umum kelima sampel masih terlihat memiliki pola difraksi yang sama atau belum terjadi perubahan yang signifikan. Namun jika diamati lebih lanjut dengan *single peak analysis* terdapat kecenderungan terbentuk fasa baru dengan penambahan komposisi seng. Hal ini terbukti dari adanya perbedaan tinggi puncak pada setiap variasi penambahan tembaga sehingga dapat Pada paduan Cu-Zn diberikan variasi komposisi seng 32%, 34%, 36%, dan 38% yang menghasilkan *peak* hasil XRD pada gambar 8 Jika grafik XRD antara Cu tanpa penambahan seng dengan Cu dengan variasi komposisi seng.

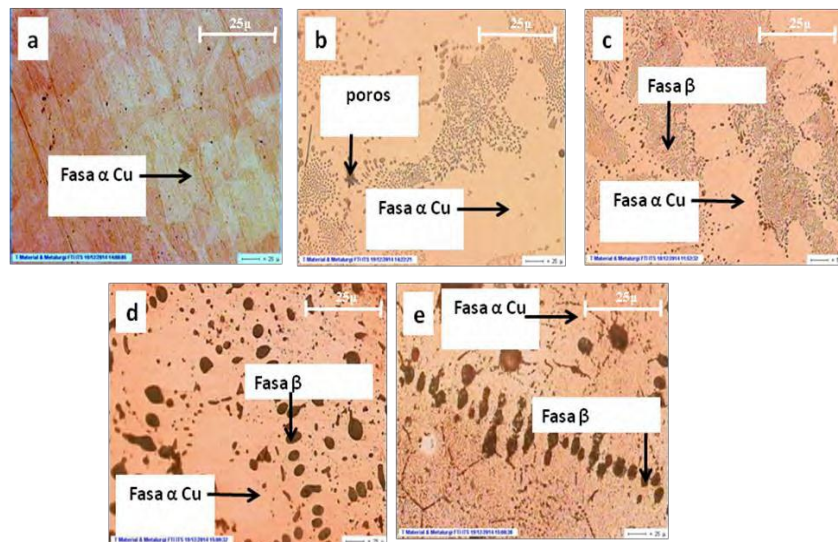
Tabel 6. HRB 2 Nilai

No	Spesimen	Titik	HRB	Rata-Rata
1	Cu 0% Zn	1	53	53,8
		2	54	
		3	55	
		4	53	
		5	54	
2	Cu 32 % Zn	1	65	61,8
		2	60	
		3	59	
		4	62	
		5	63	
3	Cu 34 % Zn	1	66	62,2
		2	61	
		3	60	
		4	62	
		5	64	
4	Cu 36 % Zn	1	67	64,2
		2	62	
		3	63	
		4	64	
		5	65	
5	Cu 38 % Zn	1	75	69,8
		2	67	
		3	66	
		4	68	
		5	73	



Gambar 8. Grafik pengujian kekerasan

Hasil pengamatan struktur mikro HRB



Gambar 9. Struktur Mikro Paduan (a) Cu -0% Zn (b) Cu -32% Zn (c) Cu -34% Zn (d) Cu -36% Zn (e) Cu -38% Zn

Pada gambar a terlihat jelas bahwa hasil metalografi tembaga murni 100%Cu menghasilkan fase alfa (α). Fase ini memiliki mempunyai striktur *fcc* yang memiliki sifat yang lebih ulet dan kekerasannya lebih rendah. Selain itu struktur ini memiliki sifat yang lunak dan *formability* yang baik. Untuk semua fase tunggal paduan alfa (α), pembekuan dimulai dengan pembentukan dendrit ketika mulai proses pendinginan di bawah temperatur likuidus. Seiring menurunnya temperatur maka morfologi struktur mikro akan mengalami perubahan.

Pada gambar b Cu-32% Zn terdapat poros yang terbentuk setelah terjadi proses pendinginan pada hasil pengecoran. Fase yang terbentuk adalah fase α . Pada perbesaran 200 kali fase α ditunjukkan dengan warna yang lebih cerah, sedangkan poros ditunjukkan dengan bentuk lubang hitam pada permukaan spesimen. Fase α memiliki struktur kristal *fcc* dimana sifatnya adalah lunak. Poros yang terbentuk hanya sedikit dan terletak hanya pada titik tertentu.

Pada gambar c paduan Cu-34% Zn (gambar c) fase yang muncul adalah alfa dan beta. Pada gambar ini jumlah fase

α terlihat sedikit mengalami penurunan sedangkan fase B mengalami peningkatan. Komposisi seng yang meningkat pada diagram Cu-Zn akan mengurangi daerah yang membentuk fase α dan sebaliknya dengan fase B akan mengalami sedikit peningkatan. Struktur B merupakan fase penguat sehingga paduan ini memiliki nilai kekerasan yang lebih jika dibandingkan dengan komposisi seng yang lebih rendah.

Pada gambar d Cu-36% Zn fasa yang muncul adalah fasa α , dan fase B. Namun pada gambar ini akan terlihat perbedaan bahwa terjadi penurunan jumlah fase B sedangkan jumlah fase α mengalami kenaikan. Hasil ini berbanding terbalik dengan hasil sebelumnya. Hal yang mungkin menyebabkan ini terjadi saat pengambilan dan pemotongan spesimen uji, permukaan yang akan dimetalografi memiliki struktur α dan B yang kurang merata akibatnya pada sisi tertentu jumlah α banyak namun ada ada juga yang persebarannya sedikit. Pengambilan struktur mikro pada permukaan spesimen yang lebih lebar dan pada banyak sisi akan memungkinkan mendapatkan hasil yang lebih baik. Hasil identifikasi fasa dari beberapa foto struktur dapat dibandingkan untuk menentukan perbedaan yang muncul pada spesimen uji. Pada komposisi paduan Cu-38% Zn gambar b terlihat jelas fasa yang terbentuk adalah masih fasa α , dan fasa B. Dari gambar di atas dapat diidentifikasi perbedaan struktur mikro jika dibandingkan dengan paduan dengan komposisi seng yang lebih rendah. Jumlah fase B mengalami peningkatan dan fase α mengalami. Fasa B yang muncul semakin banyak dan mulai tersebar pada struktur mikro paduan. Pada kondisi ini sifat kekerasan dari paduan akan mengalami peningkatan seiring semakin banyaknya pertumbuhan butir fase B. Jumlah B yang semakin banyak akan mempengaruhi sifat kekerasan spesimen. Dari hasil nilai kekerasan sebelumnya terbukti pada komposisi 38% Zn memiliki nilai kekerasan tertinggi.

KESIMPULAN

Pengaruh penambahan seng pada kekerasan dan struktur mikro dari paduan Cu-Zn telah diteliti. Kesimpulan dari peneliti adalah sebagai berikut Penambahan Seng pada paduan Cu-Zn menaikkan nilai kekerasan. Hasil coran, menunjukkan kekerasan tertinggi pada komposisi 38% berat Zn sebesar 69 HRB. Fasa yang terbentuk pada coran Cu-38Zn adalah alfa Cu dengan struktur kristal FCC.

REFERENCE

- [1] **Astika, I Made. 2010.** Pengaruh jenis pasir cetak dengan Zat pengikat bentonit terhadap sifat permeabilitas dan kekuatan tekan basah cetakan pasir (*sand casting*)
- [2] **Atsumi, Haruhiko., 2011.** *Fabrication and properties of High Strength Extruded Brass Using Elemental Mixture of Cu 4% Zn Alloy Powder and Mg particle.* Graduate School of Engineering Osaka University, 2-1. Yamadaoka Suita, Osaka Jepang.
- [3] **Fan, C.H. 2010.** *Effects of the casting temperature on microstructure and mechanical properties of the Squeezecast Al,Zn,Mg,Cu alloy.* College of materials Science and Engineering, humen University Changsha, PR China.
- [4] **Mojaver, Reza, 2011.** Relations between Cooling rate, Microstructure features and wear behavior in and - chill cast Zn - 27% Al alloy containing more than 2 % Cu. Tarbiat modares University, Departement of materials Engineering Iran.
- [5] **Nugroho, Untung. 2010.** Pengaruh Struktur Mikro dan kandungan karbon Pada kekerasan Coran Kuningan. Universitas Gunadarma.
- [6] **Situmeang, Saut. 2010.** Perancangan dan Pembuatan Alat Pemanas pada dapur Crucible untuk peleburan Al paduan dengan kapasitas 30 Kg. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [7] **Syaputra Herryan, 2011.** Pembuatan Kelongsong Peluru menggunakan Cu-Zn 65 %-35%. Melalui metalurgi seerbuk dengan variasi temperatut sentering dan waktu tahan sentering terhadap modulus elastisitas sebagai metode alternative dari proses deep drowing. Teknik material dan metalurgi ITS.

- [8] **Triharyo Wijaya, 2010.** Analisis struktur paduan akibat pengaruh temperature pemanasan dan pendinginan terhadap sifat mekanik dan Espansi termal paduan Cu-Pb-Sn sebagai Bassing, FMIPA USU, Medan.
- [9] **Wibisono, Mirza., 2009.** Studi Pengaruh Temperatur dan Waktu pemanasan proses anil cepat terhadap besar butir, Mampuh bentuk plat, Difraksi sinar X dan kekasaran Plat kuningan 70/30. Teknik Metalurgi Universitas Indonesia Jakarta. (UI
- [10] **Hua dkk, 2011 dan Wei dkk, 2012,** Perlakuan panas T6 yang diterapkan pada paduan Aluminium Al- -Mg (A356) dengan penambahan modifier meningkatkan kekuatan Tarik.
- [11] **Wei dkk, 2012 dan Wahab dkk, 2013.** Perlakuan panas T6 juga meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan Impak hasil cor.
- [12] **Muhammad & Samuel, 2012.** Pada proses solution heat treatment T6 pada paduan Al-Si-Mg, temperature pemanasan yang paling baik adalah pada temperatur 480 - 540°C.
- [13] **Setiawan dkk,2012.** Tingkat kekerasan paduan aluminium juga ditentukan oleh persentase unsur paduan yang ditambahkan.
- [14] **Barnawal & mathur, 2013.** Proses ini dapat diminimaliser terbentuknya cluster-cluster partikel penguat selama proses pengecoran karna dilakukan proses pengadukan sehingga penguat akan merata pada matriks aluminium yg memberi pengaruh kuat.
- [15] **Hurtalova dkk, 2012.** Temperatur pemanasan pada proses age hardening yang paling optimum kira- kira pada temperature 150-200°C.
- [16] **Hosain dan Kurny (2013).** Melaporkan bahwa temperatur aging yang paling baik untuk paduan Al-Si-Cu adalah pada 225°C.
- [17] **Eidhed dan Widoonpun, 2015.** Waktu penahanan yang pendek mempengaruhi nilai kekerasan yang baik dengan rentang waktu 1 - 2 jam.