

PERBAIKAN SIFAT MEKANIK PADUAN ALUMINIUM A356.0 DENGAN CARA MENAMBAHKAN Cu DAN PERLAKUAN PANAS T5

Suhariyanto^[1], Mahirul Mursid^[2], Eddy Widiyono^[3], Syamsul Hadi^[4], Arino Anzip^[5]
Jurusan Teknik Mesin, ITS Surabaya

Abstrak

Sifat mekanik bahan velg racing mobil 3000 cc, harus disesuaikan dengan Standar JIS H 5202, yaitu : *UTS (Ultimate Tensile Strength)* minimal 25 kg/mm² atau 245,25 Mpa, *Elongation* minimal 5 %, *hardness* 75 s/d 95 HVN dan *Impact Strength (IS)* minimal 5,90 J/cm². Padahal paduan aluminium A356.0 hanya mempunyai *UTS* 160 Mpa dan *hardness* 54,25 HVN, sedang *IS* dan *Elongation* sudah memenuhi standar. Sehingga perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan *UTS* dan *hardness*.

Penelitian dilakukan dengan menambahkan Cu dalam bentuk master alloy Al₂Cu ke dalam paduan dasar Al-7Si, sehingga kandungan Cu yang semula 0,004 %w dirubah menjadi : 0,05 ; 0,10 ; 0,15 dan 0,20 w%. Kemudian masing-masing paduan tersebut diberi perlakuan panas T5. Selanjutnya dilakukan uji sifat mekanik dan struktur mikro.

Hasil Pengujian menunjukkan adanya peningkatan sifat mekanik setelah ditambah dengan Al₂Cu namun belum memenuhi standar. Setelah diberi perlakuan panas T5 maka terjadi perbaikan sifat mekanik yang signifikan sehingga bisa memenuhi Standar JIS 5202. Kandungan Cu sebesar 0,15 %w adalah yang optimum dengan nilai : *UTS* 34,26 kg/mm², *hardness* 93,72 Hv, *Elongation* 7,82 % dan *IS* 6,02 J/cm².

Kata kunci : Sifat mekanik, Al-7Si, Al₂Cu, T5

Abstract

Mechanical properties of car velg racing 3000 cc materials must conform to JIS H 5202, that is, minimum *UTS (ultimate tensile strength)* 25 kg/mm² or 245,25 Mpa, minimum *elongation* 5 %, *hardness* 75 to 95 HVN and minimum *impact strength (IS)* 5,90 J/cm². Infact Aluminium alloy A356.0 has only *UTS* 160 Mpa and *hardness* 54,25 HVN but *IS* and *elongation* have met the standard. For that reason, research must be conducted which is aimed at increasing *UTS* and *hardness*.

This research is conducted by adding Cu which takes the form of Al₂Cu into basic alloy Al-7Si. This addition causes increase of Cu content from 0,004 %w to 0,05 ; 0,10 ; 0,15 and 0,20 %w. Each of the alloy then is heat treated T5. Finally each alloy will be tested to know its mechanical properties and structural microscopic.

Result of the research show that there is an increase of mechanical properties after addition of Al₂Cu but don't meet the standard. Significaut increase in mechanical properties occurs after the alloy being heat treated T5 and the results show that the properties meet the alloy which has Cu content 0,15 %w gives optimum results, that is *UTS* 34,26 kg/mm², *hardness* 94,18 HVN, *elongation* 7,82 % and *IS* 6,02 J/cm².

Keyword : mechanical properties, Al-7Si, Al₂Cu, T5

PENDAHULUAN

Paduan aluminium A356.0 atau Al-7Si merupakan bahan yang cocok untuk velg-rancing-mobil 3000 cc. Sifat mekanik yang dipersyaratkan disesuaikan dengan standar JIS H 5202. Ternyata paduan aluminium A356.0 sifat mekaniknya (*UTS dan hardness*) belum memenuhi standar tersebut, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan (*UTS dan hardness*) agar bisa memenuhi standar dan aman dipakai. Menurut Standar JIS H 5202 sifat mekanik yang harus dimiliki, adalah : *UTS (Ultimate Tensile Strength)* minimal 25 kg/mm² atau 245,25 Mpa, *Elongation* minimal 5 %, *hardness* 75 s/d 95 HVN dan *IS* = 5,9 J/cm². Paduan Aluminium Al-7Si hanya mempunyai *UTS* 160 Mpa dan *hardness* 54,25 HVN, *Elongation* 10,23

% dan IS 6,34 J/cm². Sehingga perlu diadakan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan *UTS* dan *hardness* dan tidak menurunkan *Elongation* dan *IS* sampai dibawah standard. Sifat mekanik suatu paduan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : komposisi kimia, perlakuan panas (*heat treatment*), proses pengecoran dan proses pengerjaan. Jadi dengan merubah komposisi kimia sampai dengan batas tertentu dan memberikan perlakuan panas dapat merubah sifat mekanik.

Penelitian yang akan dilakukan adalah dengan menambahkan Cu (dalam bentuk master alloy Al₂Cu) pada paduan dasar A356.0 kemudian dilanjutkan dengan perlakuan panas T5. Tembaga (Cu) dipilih sebagai unsur tambahan karena Cu pada paduan Al-Si dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap kelelahan, selain itu Cu tidak menurunkan mampu tuang (*castability*). [5]. Namun keburukan Cu dalam paduan Al-Si dapat menurunkan ketahanan terhadap korosi, oleh karena itu besarnya Cu dibatasi maksimum 0,20 %w. Keburukan lain dari penambahan Cu ini adalah munculnya endapan Al₂Cu, endapan ini bersifat keras dan rapuh sehingga menurunkan sifat mampu mesin (*machinability*) terutama dalam paduan Al-Si *hypoeutectic*. Menurunnya sifat mampu mesin ini dapat dikurangi dengan proses laku panas, karena dengan laku panas endapan Al₂Cu tersebut akan bersifat homogen sehingga tidak keras dan rapuh.

Kemudian dipilihnya perlakuan panas T5 karena perlakuan panas T5 dapat meningkatkan kuat tarik dan kekerasan disamping itu juga T5 memerlukan biaya yang lebih rendah bila dibandingkan dengan T6, sehingga bila dengan T5 sudah dapat memenuhi standar JIS H5020 maka tidak perlu dilakukan dengan T6. [6].

TINJAUAN PUSTAKA

Penambahan Tembaga (Cu).

Sebuah paduan Al-Si-Mg yang paduan dasarnya (*base alloy*) mempunyai komposisi persen berat sebagai berikut : Si = 9,18 %; Fe = 1,01 %; Mg = 0,06 %, Cu = 3,22 %, Mn = 0,16 %, Zn = 2,28 %. Unsur-unsur tersebut secara bergantian divariasikan kandungan Cu dan Zn, kemudian diuji kekerasannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Cu berpengaruh terhadap nilai kekerasan. Mula-mula base alloy mempunyai kekerasan 86 BHN, maka dengan dinaikkannya kandungan Cu sampai menjadi 4,2 %, maka kekerasannya akan meningkat menjadi 93 BHN. Bila ditambahkan Fe peningkatan kekerasannya jauh lebih besar, misalnya kandungan Fe sebesar 1,7 %, kekerasannya meningkat menjadi 98 BHN. Demikian juga bila ditambahkan Mg dan Mn. [1].

Elemen-elemen paduan seperti : Cu, Mg, Mn, dan Zn dengan komposisi tertentu dan perlakuan panas tertentu dapat meningkatkan kekuatan tarik paduan Al. Sebagai contoh paduan Al yang mengandung persen berat : 0,3 % Mn, 0,2 % Zr; dan 0,1 % V, kekuatan tariknya akan naik dengan adanya penambahan elemen Cu. Pada saat Cu = 3 % kekuatan tariknya 230 Mpa, dengan dinaikkannya Cu sebesar 5 % kekuatan tariknya meningkat menjadi 350 Mpa, dan dengan kandungan Cu sebesar 8 % diperoleh kekuatan tarik hampir 450 Mpa. [4].

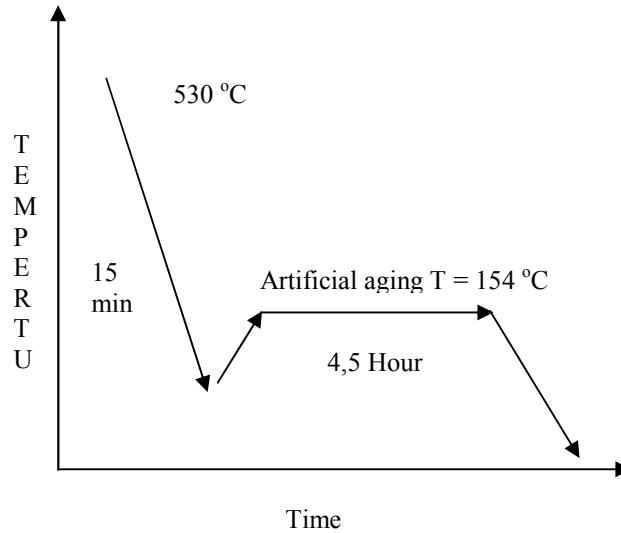
Perlakuan panas / Heat Treatment.

Perlakuan panas atau heat treatment dapat didefinisikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap logam / paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu dan dengan maksud untuk mendapatkan sifat tertentu. Seperti telah dijelaskan di depan bahwa perlakuan panas merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan sifat mekanik paduan. Di bawah ini akan disajikan beberapa penelitian yang berkaitan dengan hal tersebut.

Paduan Al dapat ditingkatkan kekerasannya dengan cara diberi perlakuan panas, sebagai contoh paduan aluminium Al-Si-Mg diberi perlakuan panas T5 (waktu tahan 4 jam dengan suhu yang bervariasi : 25; 125; 180; 200 dan 220 °C). [2] Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa : semula kekerasannya 92 BHN, pada suhu pemanasan 180 °C kekerasan menjadi 117 BHN dan pada suhu pemanasan 200 °C kekerasan menjadi 226 BHN.

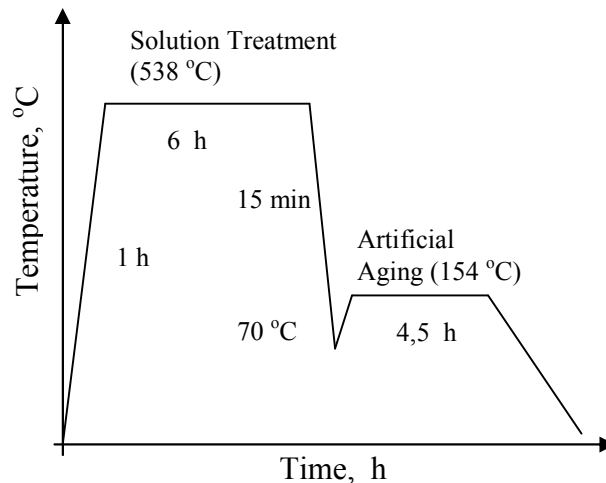
Untuk meningkatkan kekerasan paduan Al-Si-Mg dapat juga dengan perlakuan panas T6 sebagaimana telah dilakukan terhadap paduan aluminium dengan nomor seri AC9B untuk bahan piston [3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi yang dapat dicapai sebesar 75

HRB, ketika diberi perlakuan panas T6 (temperatur tahan 200 °C dengan waktu tahan 4 jam). Pada penelitian ini dipakai perlakuan panas T5, karena T5 membutuhkan waktu yang lebih singkat dan biaya yang lebih murah. Pada perlakuan panas T5 tidak diperlukan pemanasan pelarutan sampai suhu sekitar 530 °C dan holding time 6 jam. Seperti pada T6 (ini yang memerlukan biaya tinggi). Untuk perlakuan panas T5 , langsung Velg-racing dari hasil cor, suhunya ditunggu sampai sekitar 530 °C. Setelah suhu mencapai 530 °C baru dilakukan quenching sampai suhu 70 °C dalam waktu 15 menit, secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema proses perlakuan panas T5 pada paduan Al-7Si

Bila dibandingkan dengan perlakuan panas T6, kelihatan bahwa T5 memerlukan waktu dan biaya yang lebih kecil , karena tidak ada panas pelarutan dan holding time. Skema perlakuan panas T6 dapat dilihat pada Gambar 2. Proses perlakuan panas T6 terhadap paduan A356.0 dilakukan melalui metode penguatan dengan terbentuk endapan (*Precipitation hardening*) yang secara garis besar ada 3 langkah yaitu : panas pelarutan, (solution heat treatment), pendinginan cepat (quenching) dan penuaan buatan (artificial aging).



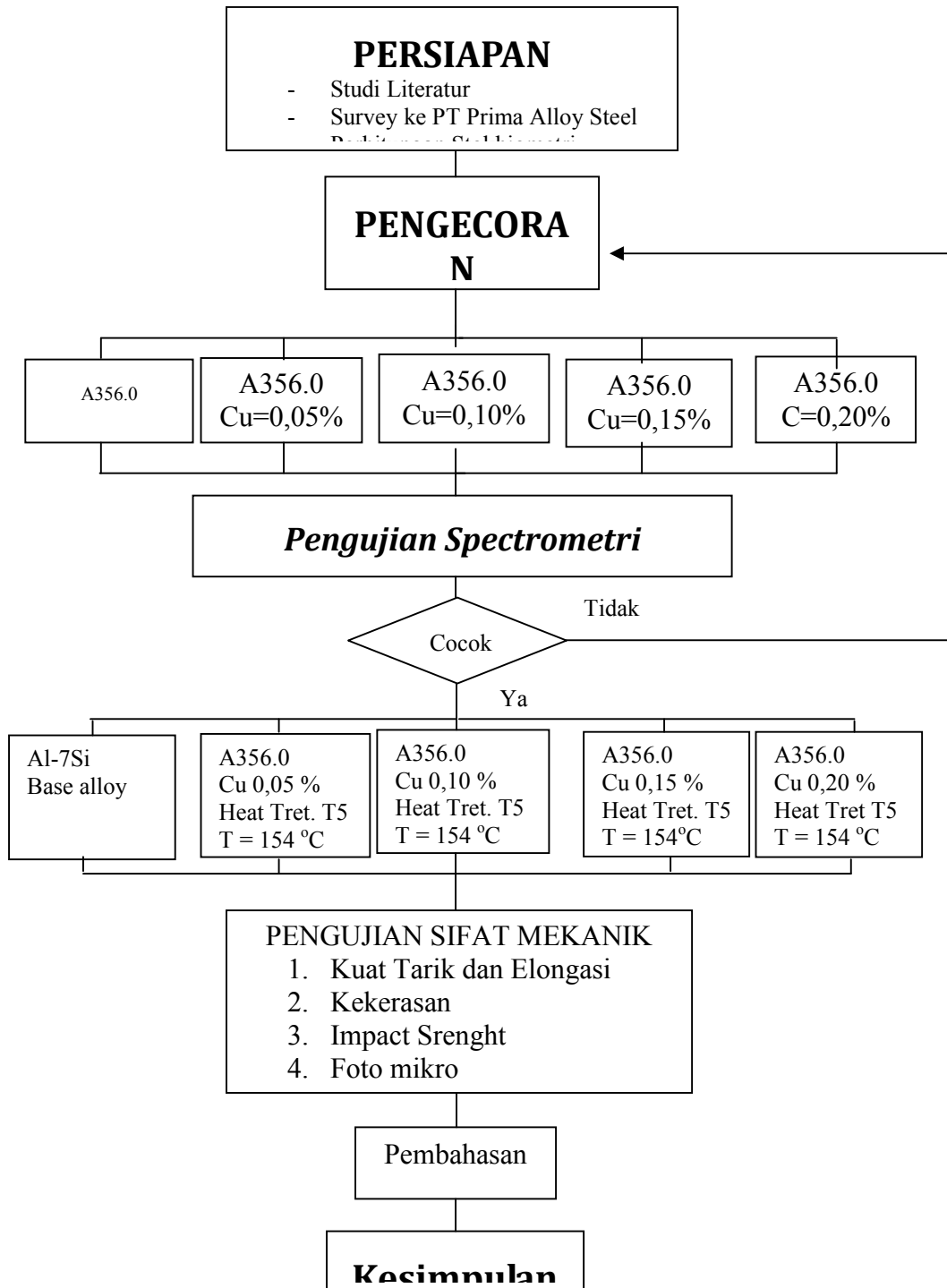
Gambar 2. Skema proses perlakuan panas T6

METODOLOGI PENELITIAN

Komposisi kimia paduan A356.0 adalah : Al = 92,48 %; Si=6,95 % Mg = 0,25 % ; Sr = 0,13 % ; Zn = 0,0098 % ; Cu = 0,004% ; Ti = 0,13 %, Sn = 0,002, Ni = 0,005 %. (*Standar JIS*). Komposisi kimia master alloy Al₂Cu atau H2132 adalah : Cu = 33% ; Si = 0,20; Fe = 0,30 ; C = 0,15 ; others each 0,15 sisanya adalah Aluminium. [*Sumber : <http://www.Anglo Black Weill.Com>.*]

Melalui perhitungan Stokhiometri selanjutnya dilakukan pengecoran untuk membuat sampel dari paduan dasar A356.0 yang semula mengandung Cu 0,004 %w dinaikkan menjadi Cu = 0,05 ; 0,10 , 0,15 dan 0,20 %w : hal ini didasarkan pada maximum solid solubility Cu pada paduan A356 sebesar 0,20 %w pada suhu 660 °C. [5].

Masing-masing sampel (termasuk material awal) diberi perlakuan panas T5. Kemudian terhadap semua sampel dilakukan pengujian sifat mekanik: kuat tarik dan elongasi (JIS Z 2201), kekerasan (JIS Z 2244), impact strenght (JIS 2253) dan struktur mikro. dilakukan pembahasan dan terakhir kesimpulan. Untuk lebih jelasnya urutan-urutan tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

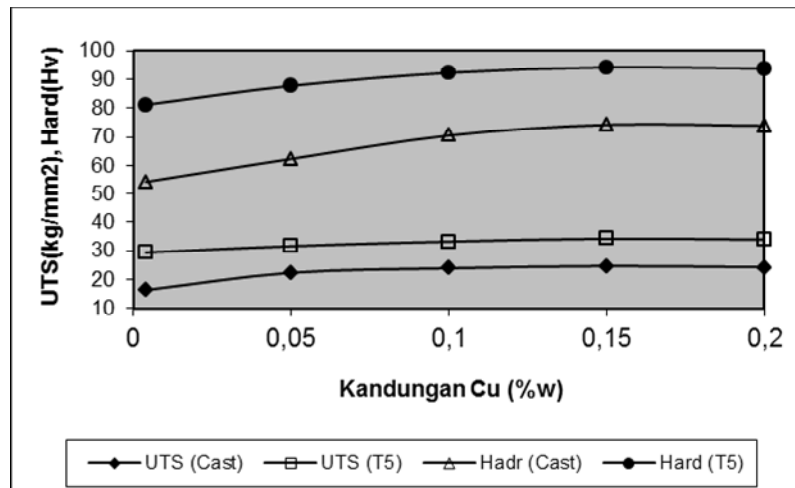
a. Hasil Pengujian Sifat Mekanik

Hasil pengujian sifat mekanik : UTS, hardness, Elongation dan IS, baik pada kondisi cast maupun perlakuan panas (T5) dapat dilihat pada table dan gambar di bawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian sifat mekanik (Pengaruh kandungan Cu dan perlakuan panas T5 terhadap sifat mekanik).

NO	Cu (%w)	UTS (kg/mm ²)		ϵ (%)		HVN		IS (J/cm ²)	
		Cast	T5	Cast	T5	Cast	T5	Cast	T5
1	0,004	16,36	29,38	10,23	10,07	54,25	81,22	7,34	6,64
2	0,05	22,32	31,59	9,85	9,41	62,32	87,74	7,24	6,42
3	0,10	23,88	33,23	9,35	8,83	70,52	92,27	7,12	6,14
4	0,15	24,66	34,26	8,71	7,82	74,28	94,18	7,97	6,02
5	0,20	24,23	33,91	8,43	7,34	73,96	93,72	7,94	5,93

Berdasarkan hasil pengujian tersebut terlihat bahwa dengan ditambahkan Cu maka terjadi perbaikan sifat mekanik terutama pada UTS dan hardness, namun belum ada yang memenuhi standar JIS H5202. Setelah diberi perlakuan panas T5 terjadi lagi perbaikan sifat mekanik sampai bisa memenuhi standar JIS H5202, sifat mekanik yang optimum dimiliki oleh paduan A 356.0 yang kandungan Cu nya sebesar 0,15 %w.



Gambar 4. Pengaruh kandungan Cu terhadap UTS dan hardness pada kondisi as cast dan heat treatment T5.

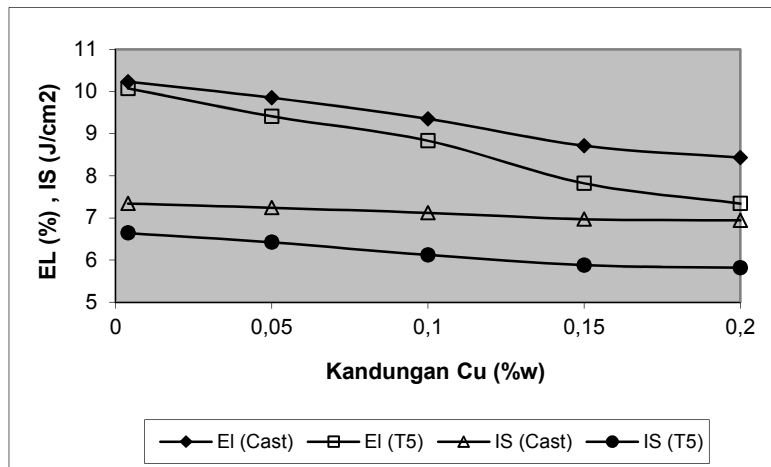
Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan dinaikkannya kandungan Cu, maka UTS dan hardness cenderung semakin naik baik pada kondisi as cast maupun kondisi sesudah diberi perlakuan panas. Kenaikan UTS dan hardness ini disebabkan karena , dengan semakin banyaknya Cu maka akan terbentuk Al₂Cu yang semakin banyak. Al₂Cu yang terbentuk ini memasuki tempat diantara atom-atom Aluminium (latice kristal) sehingga susunan atom menjadi semakin rapat dan menimbulkan ikatan yang semakin kuat. Hal ini membuat kemungkinan untuk terjadinya dislokasi semakin kecil, sehingga gaya yang diperlukan untuk menimbulkan dislokasi semakin besar. Atau gaya yang diperlukan untuk menarik atau untuk mendeformasi semakin besar. Ini berarti bahwa UTS dan hardness semakin besar.

Bila dikaitkan dengan Standar JIS H5202 maka kondisi as-cast ini belum ada yang memenuhi. UTS yang tercapai maksimum 24,23 kg/mm² dengan hardness sebesar 73,96 Hv.

Padahal persyaratannya UTS 25 kg/mm² dan hardness 75 s/d 95 Hv.

Setelah diberi perlakuan panas T5, UTS dan hardness mengalami kenaikan yang signifikan, kenaikan yang tertinggi terjadi pada paduan dasar (Cu = 0,004 %w), Nilai UTS dari 16,36 kg/mm² menjadi 29,38 kg/mm² sedang hardness dari 54,25 Hv menjadi 81,22 Hv. Nilai UTS dan hardness yang tertinggi terjadi pada paduan dengan kandungan Cu sebesar 0,15 %w, dengan nilai UTS 34,26 kg/mm² dan nilai hardness 94,18 Hv

Peningkatan ini disebabkan karena dengan adanya perlakuan panas T5, maka akan semakin besar laju difusi senyawa Al₂Cu masuk ke dalam matrik α -Al. sehingga efek penguatannya akan semakin besar. Presipitat (pengendapan) yang dihasilkan akan menyebabkan terjadinya tegangan pada kisi kristal α -Al, akibatnya UTS dan hardness akan naik. yaitu : UTS (*Ultimate Tensile Strength*) minimal 25 kg/mm² atau 245,25 Mpa, Elongation minimal 5%, hardness 75 s/d 95 HVN dan Impact Strength (IS) minimal 5,90 J/cm².



Gambar 4. Pengaruh kandungan Cu terhadap elongation dan IS pada kondisi as cast dan heat tretment T5.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin bertambah kandungan Cu maka nilai elongation dan IS semakin turun sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 4, namun dengan penurunan yang sangat kecil, sehingga masih memenuhi Standar JIS H5202, kecuali pada kandungan Cu 0,20 %w sudah di bawah standar.

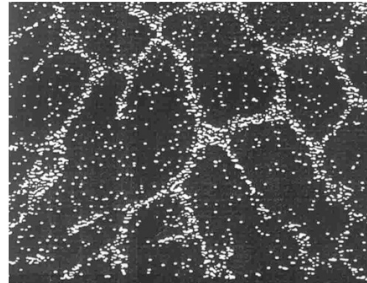
Akibat bertambahnya Cu pada paduan, UTS dan hardness memang naik, namun kemampuan material untuk memanjang terlebih dahulu sebelum putus menjadi berkurang dan material menjadi lebih getas, hal inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan elongation dan IS. Akibat perlakuan panas T5 juga menurunkan elongation dan IS, hal ini disebabkan karena akibat perlakuan panas, bentuk butiran semakin mendekati bulat. Bentuk butiran yang lebih bulat ini menyebabkan material tidak mudah memanjang terlebih dulu bila diberi deformasi, sehingga elongation dan IS menjadi turun.

b. Hasil Pengujian Struktur Mikro

Untuk melihat peranan Cu dalam paduan A356.0, maka dilakukan pengujian struktur mikro dengan menggunakan SEM-EDAX untuk melihat penyebaran / mapping unsur Cu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa unsur Cu sebagai elemen paduan tersebar merata, baik di dalam matrik (α -Al) maupun di batas butir. Penyebaran Cu pada paduan A356.0 ditunjukkan oleh Gambar 6c sedangkan penyebaran ketika kadungan Cu = 0,20 %w ditunjukkan oleh Gambar 6d).



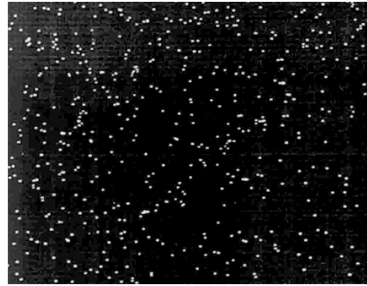
(a). Mapping Al (putih)



(b). Mapping Si (putih)



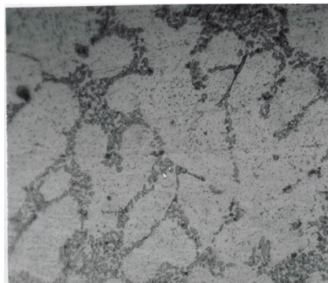
(c). Mapping Cu (putih) , Cu = 0,10%w



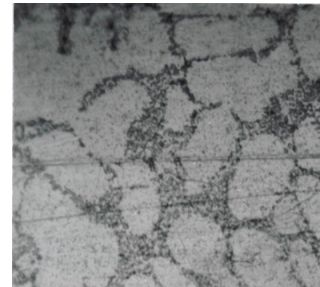
(d). Mapping Cu (putih) , Cu = 3,0 %w

Gambar 6. Hasil pengujian struktur mikro untuk melihat penyebaran (mapping) elemen paduan dengan menggunakan SEM-EDAX dengan pembesaran 500 X (warna putih menunjukkan unsur yang dimaping)

Pengaruh perlakuan panas T5 terhadap bentuk butir dapat dilihat pada Gambar 7, pada kondisi as-cast bentuk butirannya lonjong, setelah diberi perlakuan panas T5 bentuk butirannya bulat atau mendekati bulat, dengan bentuk yang bulat ini maka gaya yang diperlukan untuk mendeformasi atau merusak susunan atom menjadi lebih besar.



(a). Paduan A356.0 kondisi as-cast



(b). Paduan A356.0 treatment T5

Gambar 7. Perbandingan bentuk butiran sebelum dan sesudah diberi perlakuan panas T5, dengan pembesaran 500 X.

KESIMPULAN

1. Semakin besar kandungan Cu sampai dengan 0,20 %w, maka kuat tarik dan kekerasan akan semakin naik, sedang elongation dan IS semakin turun.
2. Elemen paduan Cu tersebar merata dalam paduan A356.0, baik pada matriknya (α -Al) maupun pada batas butirnya, sedangkan perlakuan panas T5 merubah bentuk butiran yang lonjong menjadi bulat.
3. Sifat mekanik pada kondisi *as-cast* belum ada yang bisa memenuhi standar JIS H5202, tetapi setelah diberi perlakuan panas T5, standar JIS H5202 bisa terpenuhi.

4. Kandungan Cu yang optimum sebesar 0,15 %w dengan sifat mekanik : UTS 34,26 kg/mm² , Elongation 7,82 % , Kekerasan 94,18 Hv dan IS 6,02 J/cm²

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A.M.Samuel, F.H. Samuel , 1995 : *Effect of alloying element and DAS on the microstructure and hardness of Al-Si-Mg aluminium die casting alloy* . Journal of Mat.Sci, vol 30 . (1313-1319).
- [2]. A.M.Samuel, F.H. Samuel , 1996 : *Effect of magnesium content on the ageing behaviour of water-chilled Al-Si-Mg alloy casting*. Journal of Mat.Sci, vol 30 . (2531-2540).
- [3]. Elvis S , 1997 : *Pengaruh perlakuan panas terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada paduan Al-Si-Mg untuk piston motor*. PPS Materials UI , Jakarta.
- [4]. H.W. Pollack, 1998 : *Materials Science and Metallurgy*, second edition, A Prectice Hall Company Virginia.
- [5]. John E.Hatch , 1995 : *Aluminium, Properties and Physical Metallurgy*. American Sociaty for Metals, Ohio.
- [6]. Zalensas D L, 1998 : *Aluminium Casting Technology*, 2nd edition, American Foundrymen's, Inc. , Illinois.

- halaman ini sengaja dikosongkan -