

## INTISARI

Kebutuhan akan produk industri dengan spesifikasi dan tujuan tertentu mengharuskan manusia untuk menemukan metode perbaikan sifat logam yang lebih baik. Sifat logam diperbaiki dengan memodifikasi struktur mikro. Logam dengan struktur mikro kolumnar dapat meningkatkan nilai kekerasan, mampu *creep* yang baik serta tahan terhadap beban aksial pada temperatur tinggi. Struktur mikro kolumnar dapat dibentuk dengan pembekuan searah (*unidirection solidification*), dimana dalam proses ini pertumbuhan butir diarahkan searah dengan aliran kalor. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh komposisi Cu pada proses pembekuan searah paduan Al-Si-Cu terhadap pembentukan struktur mikro, sifat mekanis kekerasan, *primary* dan *secondary dendrite arm spacing*.

Sampel paduan Al-Si-Cu dengan konsentrasi Cu 1,17, 1,66, 2,14 dan 2,77wt%Cu dilebur dalam tungku listrik kemudian dicetak dalam cetakan pipa baja tahan karat yang tipis dengan diameter dalam 8,7 mm, diameter luar 9 mm dan panjang 65 mm. Selanjutnya sampel dibekukan dalam tungku listrik yang dilengkapi sistem pembekuan searah secara vertikal melalui pendingin logam yang didinginkan dengan air dan dipasang pada bagian bawah cetakan, dengan laju pendinginan konstan 3,4 dan 9,2  $\mu\text{m}/\text{detik}$  pada gradien suhu 0,01-9,1  $^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ . Termokopel tipe K dipasang pada tiga jarak yang berbeda dari 10-25 mm, 25-40 mm, dan 40-65 mm dari permukaan pendingin logam untuk mengukur temperatur selama pembekuan searah.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa konsentrasi Cu pada paduan Al-Si-Cu berpengaruh terhadap struktur mikro dendrit kolumnar pada pembekuan searah vertikal. Struktur mikro dendrit kolumnar yang lebih halus dan seragam terlihat pada paduan Al-5,29Si-2,77Cu. Pada paduan Al-4,78Si-1,17Cu, Al-5,38Si-1,66Cu, dan Al-5,38Si-2,14Cu *primary* dan *secondary dendrite arm spacing* lebih besar. Konsentrasi Cu juga berpengaruh pada nilai kekerasan. Nilai kekerasan semua paduan meningkat setelah dilakukan proses pembekuan searah. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada paduan Al-5,29Si-2,77Cu, dengan laju pendingin 3,4  $\mu\text{m}/\text{detik}$  dan tebal pendingin 10 mm. Nilai kekerasan paduan Al-5,29Si-2,77Cu meningkat 13,51% dari paduan awal sebesar 77,87 VHN menjadi 90,04 VHN. Nilai terendah *primary* dan *secondary dendrite arm spacing* ini terjadi pada paduan Al-5,29Si-2,77Cu dengan laju pendinginan 3,4  $\mu\text{m}/\text{detik}$  dan tebal pendingin 1 mm. Paduan Al-5,29Si-2,77Cu nilai *primary* adalah 115  $\mu\text{m}$  dan *secondary dendrite arm spacing* 42,2  $\mu\text{m}$ .

**Kata Kunci :** *dendrit, kolumnar, paduan Al-Si-Cu, pembekuan searah, struktur mikro*

## ABSTRACT

A demand of products with certain specifications and purposes requires human efforts to find improvement method of a better metal properties. The properties can be improved by modifying the microstructure. Metals with columnar microstructure can improve the hardness, creep properties and the axial loaded strength at high temperatures. The columnar microstructure can be formed by unidirectional solidification, in which the grain growth is directed in the heat flow direction. This study aims to determine the effects of Cu composition in Al-Si-Cu alloy on the unidirectional solidification of the microstructure formation, the hardness, mechanical properties, and the primary and secondary dendrite arm spacing.

In the research methodology, the samples of Al-Si-Cu alloy with 1.17, 1.66, 2.14 and 2.77wt%Cu were melted in an electric furnace and poured in the thin mold stainless steel pipes with 8.7 mm of inner diameter, 9 mm of outer diameter and 65 mm of length. Furthermore, the samples were solidified in an electric furnace and equipped with vertically unidirectional solidification system through a metal cooling that was cooled by water and mounted on the bottom of the mold with 3.4 and 9.2  $\mu\text{m}/\text{sec}$  constant solidification rates at 0.01 to 9.1  $^{\circ}\text{C}/\text{mm}$  temperature gradient. K-type thermocouples were mounted at distances of 10-25 mm, 25-40 mm, and 40-65 mm from the mold surface to measure the temperatures during the process.

The results show that the Cu concentration in the Al-Si-Cu alloy affects the columnar dendrite microstructure in the vertical unidirectional solidification. The finer and uniform columnar dendrite microstructure is shown in the Al-5.29Si-2.77Cu alloy. The higher primary and secondary dendrite arm spacing are in the Al-4.78Si-1.17Cu, Al-5.38Si-1.66Cu and Al-5.38Si-2.14Cu. The Cu concentration also affects the hardness. Furthermore, the hardness increases after it is treated by the unidirectional solidification. The maximum hardness is obtained in Al-5.29Si-2.77Cu alloy with 3.4  $\mu\text{m}/\text{sec}$  cooling rate and 10 mm cooling thickness. The hardness value of Al-5.29Si-2.77Cu alloy increases up to 13.51% from its initial alloy, i.e. from 77.87 VHN to 90.04 VHN. Meanwhile, the lowest value of the primary and secondary dendrite arm spacing was in Al-5.29Si-2.77Cu alloys with 3.4  $\mu\text{m}/\text{sec}$  solidification rate and 1 mm cooling thickness. Furthermore, Al-5.29Si-2.77Cu alloy has 115  $\mu\text{m}$  and 42.2  $\mu\text{m}$  primary and secondary dendrite arm spacing respectively.

**Keywords:** dendrite, columnar, alloy Al-Si-Cu, unidirectional solidification, micro structure