

# Effect of Zirconium on Fe-Phase Formation in Al-Si System under Controlled Cooling Conditions = Pengaruh Zirkonium pada Pembentukan Fase Fe dalam Sistem Al-Si dibawah Kondisi Pendinginan Terkontrol

Untari Dewi Ambarini, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920571228&lokasi=lokal>

---

## Abstrak

The presence of iron (Fe) impurities in aluminum alloys often leads to the formation of brittle intermetallic compounds, particularly -AlFeSi, which severely degrade mechanical performance. This research investigates the influence of zirconium (Zr) additions (0.3%, 0.5%, and 1%) and varying cooling rates ( $<3^{\circ}\text{C}$ ,  $5\text{--}8^{\circ}\text{C}$ , and  $>10^{\circ}\text{C}$ ) on the microstructure and mechanical properties of Al-Si-Fe alloys. Using die casting and controlled cooling, the alloys were fabricated and analyzed through optical microscopy, SEM, EDS, and Vickers hardness testing to assess secondary dendrite arm spacing (SDAS), Fe intermetallic morphology, and hardness. The results show that faster cooling rates significantly refine the microstructure and enhance hardness in all compositions. The addition of 0.5% Zr yielded the most optimal outcome—producing refined, fragmented Fe-rich intermetallics, the lowest SDAS values, and the highest hardness under slow cooling (100.86 HV at  $>10^{\circ}\text{C}$ ). In contrast, 1% Zr led to coarse intermetallic agglomerates under slow cooling, reducing its effectiveness and mechanical stability. EDS and elemental mapping confirmed that excessive Zr caused localized segregation, while 0.5% Zr promoted uniform AlZr precipitation. This study concludes that 0.5% Zr is the ideal composition for enhancing both microstructure and hardness across a range of cooling conditions. It provides a practical guideline for the use of Zr as a grain refiner in aluminum alloys and emphasizes the need for optimizing both alloy composition and processing conditions to achieve superior mechanical performance in industrial applications.

.....Kehadiran besi (Fe) pengotor dalam paduan aluminium sering menyebabkan pembentukan senyawa interlogam yang rapuh, terutama -AlFeSi, yang sangat menurunkan kinerja mekanik. Penelitian ini menyelidiki pengaruh penambahan zirkonium (Zr) (0,3%, 0,5%, dan 1%) dan tingkat pendinginan yang bervariasi ( $<3^{\circ}\text{C}$ ,  $5\text{--}8^{\circ}\text{C}$ , dan  $>10^{\circ}\text{C}$ ) terhadap struktur mikro dan sifat mekanik paduan Al-Si-Fe. Menggunakan die casting dan pendinginan terkontrol, paduan dibuat dan dianalisis melalui mikroskop optik, pengujian kekerasan SEM, EDS, dan Vickers untuk menilai jarak lengan dendrit sekunder (SDAS), morfologi interlogam Fe, dan kekerasan. Hasilnya menunjukkan bahwa laju pendinginan yang lebih cepat secara signifikan menyempurnakan struktur mikro dan meningkatkan kekerasan di semua komposisi. Penambahan Zr 0,5% menghasilkan hasil yang paling optimal—menghasilkan intermetalik kaya Fe yang dimurnikan dan terfragmentasi, nilai SDAS terendah, dan kekerasan tertinggi di bawah pendinginan lambat (100,86 HV pada  $>10^{\circ}\text{C}$ ). Sebaliknya, 1% Zr menyebabkan aglomerat interlogam kasar di bawah pendinginan lambat, mengurangi efektivitas dan stabilitas mekanisnya. EDS dan pemetaan unsur mengkonfirmasi bahwa Zr yang berlebihan menyebabkan pemisahan lokal, sementara 0,5% Zr mempromosikan presipitasi AlZr yang seragam. Studi ini menyimpulkan bahwa 0,5% Zr adalah komposisi ideal untuk meningkatkan struktur mikro dan kekerasan di berbagai kondisi pendinginan. Ini memberikan pedoman praktis untuk penggunaan Zr sebagai penyulingan biji-bijian dalam paduan aluminium dan menekankan perlunya mengoptimalkan komposisi paduan dan kondisi pemrosesan untuk mencapai kinerja

mekanik yang unggul dalam aplikasi industri.