

# Extreme Gradient Boosting Machine Learning Modelling of Martensite Start Temperature of Cu-Al-Mn Shape Memory Alloys and The Influence of Quenching Methods on the Phase Transformation of Cu-26.24Al-7.77Mn (at. %) Alloy = Pembelajaran Mesin Extreme Gradient Boosting Dalam Pemodelan Suhu Transformasi Martensite Start Paduan Ingat Bentuk Cu-Al-Mn dan Pengaruh Metode Pencelupan Terhadap Transformasi Fasa Paduan Cu-26,24Al-7,77Mn (at. %)

Gusaimas Matahachiro Hanggoro Himawan Akbar, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920542264&lokasi=lokal>

---

## Abstrak

Paduan ingat bentuk Cu-Al-Mn merupakan material cerdas menjanjikan yang murah biaya; namun, kinerja dan suhu transformasinya sangat sensitif terhadap komposisi paduan. Dalam penelitian ini, pembelajaran mesin Extreme Gradient Boosting (XGBoost) diterapkan untuk memodelkan suhu martensite start ( $M_s$ ) paduan Cu-Al-Mn. Paduan Cu-26,24Al-7,77Mn (at. %) digunakan untuk memvalidasi model dan menyelidiki pengaruh perlakuan panas terhadap struktur mikro dan sifat memori bentuk. Paduan tersebut dibuat dengan pengecoran gravitasi, dihomogenisasi pada suhu 900 °C selama 2 jam, dibetatisasi pada suhu 900 °C selama 30 menit, dan kemudian didinginkan menggunakan metode pencelupan langsung (DQ) dan pencelupan naik (UQ). Model XGBoost yang dikembangkan menghasilkan nilai  $R^2$ , MAE, RMSE sebesar 0,98, 4,82, dan 10,67, memprediksikan  $M_s$  sebesar -174 °C—mendekati suhu aktual (-190 °C) yang diperoleh melalui pengujian resistivitas listrik. Hasil pengamatan mikroskop optik dan elektron bersama dengan analisis difraksi x-ray menunjukkan struktur fasa ganda (L21) + dalam sampel as-cast dan setelah homogenisasi sedangkan fasa (L21) tunggal diamati pada sampel perlakuan DQ dan UQ. Proses perlakuan panas mengakibatkan pertumbuhan butir dan penurunan nilai kekerasan mikrovickers, sesuai dengan persamaan Hell-Petch. Ditemukan bahan pengotor Fe (0,43 at. %) menyebabkan pertumbuhan butir abnormal pada sampel yang diberi perlakuan panas, di mana satu butir abnormal mencapai ukuran hingga ~15 mm. Sampel DQ dan UQ masing-masing mencapai pemulihan regangan 92,1 dan 100%. Perlakuan UQ diperkirakan mengurangi jumlah vakansi yang terperangkap akibat pencelupan dan derajat pinning pada antarmuka martensit.

.....Cu-Al-Mn shape memory alloys show great promise as low-cost smart materials; however, their performance and transformation temperatures are sensitive towards alloy composition. In this study, Extreme Gradient Boosting (XGBoost) machine learning was applied to model the martensite start ( $M_s$ ) temperature of Cu-Al-Mn alloys. Cu-26.24Al-7.77Mn (at. %) alloy was used to validate the model and investigate the influence of heat treatment on microstructure and shape memory properties. The alloy was gravity cast, homogenized at 900 °C for 2 hours, betatized at 900 °C for 30 minutes, and quenched using direct quenching (DQ) and up-quenching (UQ) methods. The refined XGBoost model delivered  $R^2$ , MAE, RMSE scores of 0.98, 4.82, and 10.67, predicting an  $M_s$  of -174 °C—close to the actual -190 °C obtained by electrical resistivity measurements. Optical and electron microscopy along with X-ray diffraction analyses revealed a dual-phase (L21) + structure in as-cast and as-homogenized samples while a single (L21)-phase in DQ and UQ treated samples. The heat treatment process resulted in grain growth of the alloy which also reduced Vickers microhardness values, consistent with the Hell-Petch relation. Notably, Fe (0.43

wt. %) impurity induced abnormal grain growth in heat-treated samples, with an abnormal grain reaching up to ~15  $\mu\text{m}$ . DQ and UQ samples achieved 92.1 and 100% strain recovery, respectively. UQ treatment was thought to reduce the number of quenched-in vacancies and the degree of pinning on the martensite interface.