

PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP DENSITAS, STRUKTUR KRISTAL DAN KEKERASAN PADA PADUAN $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ DENGAN METODE METALURGI SERBUK

¹Suryo Abadi, ²Budiarto ³Emaia Sugitha Br Ginting

¹Program Studi Teknik Mesin, FT, Universitas Kristen Indonesia
suryo.abadi@uki.ac.id

²Program Studi Teknik Mesin, FT, Universitas Kristen Indonesia
budidamaz@gmail.com

²Program Studi Teknik Mesin, FT, Universitas Kristen Indonesia
emaiasugithaginting@gmail.com

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk menggunakan Teknologi Metalurgi Serbuk dalam produksi komposit yang terdiri dari matriks logam $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$. Proses ini melibatkan kompaksi serbuk menggunakan tekanan 10 *Metric Ton* dan *sintering* pada suhu tertentu. Metode eksperimen dengan desain "*one-shot case study*" digunakan, di mana variasi temperatur *sintering* diamati terhadap struktur kristal, densitas, dan porositas paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$. Setelah proses *quenching* dengan oli, kekerasan material mengalami penurunan dari 60 HB menjadi 47,3 HB, tetapi kembali tidak signifikan setelah proses *aging*. Ukuran kristal mengecil setelah proses *aging* selama 60 menit yakni 0,751 (nm) ke 0,563 (nm). Nilai kerapatan dislokasi meningkat setelah proses *aging* yaitu dari 2,238 (garis/mm²) ke 5,929 (garis/mm²), begitu juga dengan kenaikan regangan mikro setelah proses *tempering* selama 60 menit yaitu dari 0,1166 (ε) ke 0,1724 (ε). Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi media *quenching* yang berbeda, temperatur *hardening* dan *tempering* yang lebih tinggi, serta waktu penahanan yang lebih lama untuk memperoleh informasi yang lebih akurat mengenai perubahan struktur kristal, kerapatan dislokasi, dan regangan mikro.

Kata Kunci: *Tempering*, *Aging*, Kekerasan, Kekuatan Tarik, Struktur Kristal

1. PENDAHULUAN

Teknologi Metalurgi Serbuk, yang bisa juga disebut sebagai *Powder Metallurgy*, merupakan suatu bentuk teknologi pengolahan logam yang telah mengalami banyak perkembangan dan penerapan di sektor manufaktur saat ini. Teknologi ini digunakan secara luas untuk pembuatan komponen-komponen dari bahan logam *ferrous* dan *non-ferrous*. Proses pembuatan serbuk logam ini melibatkan penggunaan metode fabrikasi mekanis, atomisasi, dan reaksi kimia (Baihaqi, 2017).

Biasanya, dalam proses *Powder Metallurgy* (metalurgi serbuk), sejumlah serbuk bahan murni atau paduan digunakan dan kemudian dikompaksi dalam cetakan. Selanjutnya, serbuk tersebut mengalami proses *sintering* atau dipanaskan dalam sebuah tungku (*furnace*) pada suhu tertentu. Selama proses ini, partikel serbuk saling berikatan satu sama lain. Teknologi metalurgi serbuk memiliki beberapa

keuntungan, antara lain menghilangkan atau mengurangi kebutuhan proses permesinan yang menghasilkan limbah material, memberikan ketelitian dan kehalusan permukaan yang tinggi, meningkatkan kekuatan dan ketahanan aus, serta memungkinkan pembuatan produk dengan bentuk yang kompleks (Baihaqi, 2017).

Metode metalurgi serbuk digunakan untuk memproduksi komposit yang terdiri dari matriks logam $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$. Dalam proses ini, terdapat dua tahapan utama yang harus dilalui, yakni kompaksi dan *sintering*. Pada tahap kompaksi, tekanan sebesar 10 *Metric Ton* digunakan. Sedangkan pada tahap *sintering*, sifat akhir dari material paduan akan dipengaruhi oleh variasi temperatur dan durasi *sintering* yang digunakan.

Dalam proses *sintering*, temperatur yang lebih tinggi akan menyebabkan pengecilan (*shrinkage*) yang lebih besar yang menunjukkan penurunan porositas. Waktu tahan *sintering* juga akan mempengaruhi pertumbuhan butir dan

ikatan antar partikel. Dengan penurunan porositas dan peningkatan ukuran butir, komposit dengan matriks logam akan menunjukkan peningkatan sifat mekanik. Maka, penelitian ini menggunakan variasi temperatur *sintering* sebesar 250°C dan waktu tahan *sintering* selama 30 menit dan 60 menit (Febriantoko, Hariyanto, Agus 2009).

Menurut penjelasan *German* dalam bukunya tentang *Sintering Theory and Practice*, temperatur dan waktu tahan *sintering* memiliki pengaruh terhadap struktur mikro yang selanjutnya mempengaruhi sifat mekanik material. Dalam proses *sintering* untuk menghasilkan produk peluru *frangible* yang optimal, digunakan variasi temperatur dan waktu tahan yang sesuai (Baihaqi, 2017).

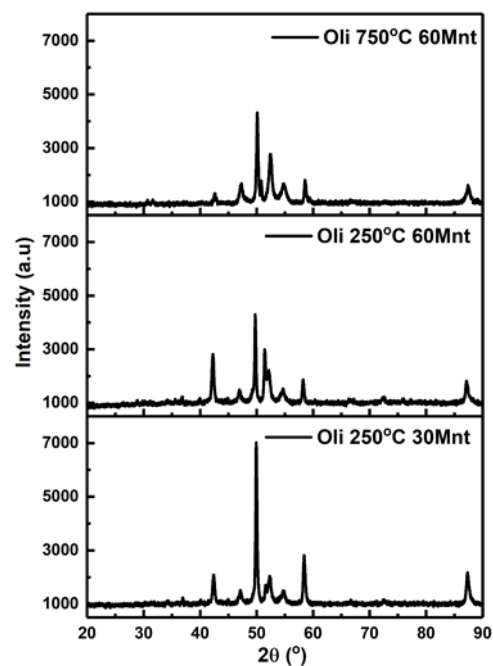
2. METODE

Pelaksanaan awal dengan pembuatan sampel yang diperoleh dari laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia, Jakarta Selanjutnya, pengujian struktur kristal dan pengujian kekerasan dilakukan di Pusat Terpadu Laboratorium Universitas Indonesia. Pengerjaan sampel material dimulai dengan Menyiapkan Alat dan Bahan Cu: 20,75 gr ; Al: 3,5 gr ; Zn: 0,75 gr. Selanjutnya, melakukan proses pencampuran atau *mixing* paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ secara homogen untuk memastikan distribusi yang merata. Setelah proses pencampuran, dilakukan *cold compaction* dengan menerapkan tekanan 10 Ton pada suhu kamar. Tekanan ini bertujuan untuk membentuk paduan menjadi bentuk yang diinginkan. Setelah *cold compaction*, diperoleh sampel paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ dengan bentuk yang sudah diinginkan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Lalu, untuk dilakukan proses *quenching* dan *aging*. *Quenching* dilaksanakan pada temperatur 750°C dengan waktu penahanan 1 jam. Sediakan media pendingin sesuai dengan kebutuhan, air yang digunakan adalah air yang telah disediakan, untuk media pendingin oli digunakan oli SAE 20W-50. Setelah mencapai suhu 750°C dan penahanan selama 1 jam, ambil material uji dari dalam *furnace* menggunakan penjepit. Dinginkan material uji dengan menggunakan media pendingin, yaitu air. Suhu media pendingin harus sesuai dengan suhu ruangan. Setelah suhu material uji kembali normal, rendam sampel ke dalam oli SAE 20W-50. Kemudian, lakukan

proses *aging* pada suhu 250°C dengan durasi penahanan yang berbeda, yaitu 30 menit dan 60 menit. Setelah proses *aging* selesai, biarkan pendinginan terjadi secara alami dengan menggunakan udara. Fasilitas *heat treatment* yang digunakan adalah tungku listrik dengan temperatur maksimal 1000°C. Selanjutnya spesimen dibawa ke lab universitas Indonesia dan puslafor polri untuk mengetahui struktur kristal dengan metode XRD.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, hasil pengujian terhadap spesimen uji sifat mekanik menghasilkan difraktogram yang memberikan data penting seperti ukuran kristal, kerapatan dislokasi, dan regangan kisi mikro. Data ini dijelaskan melalui tabel yang menggambarkan hasil dari difraktogram yang diperoleh dari uji spesimen. Tabel tersebut memberikan informasi tentang ukuran kristal, kerapatan dislokasi, dan regangan kisi mikro yang dihasilkan melalui proses heat treatment pada material paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ menggunakan metode difraksi sinar-X (XRD). Difraktogram tersebut memberikan gambaran mengenai sifat mekanik spesimen uji, dan tabel yang menyertainya menjelaskan hasil analisis data dari difraktogram tersebut.



Gambar 1 Difraktogram Sinar-X Dari Material Baja Proses *Hardening* Dan *Aging*
Sumber: Laboratorium Universitas Indonesia

Tabel 1 Data Hasil Uji XRD Paduan

No	Pos. (2θ)	FWHM β (rad)	Ukuran Kristal (nm)	Kerapatan Dislokasi (garis/mm ²)	Regangan Kisi
1	43.98	0.42	0.387	6.66207194	0.26
2	50.98	0.10	1.607	0.38719764	0.05
3	53.98	0.90	0.188	28.2608754	0.44
4	59.99	0.14	1.244	0.64618799	0.06
5	89.99	0.08	2.664	0.1408417	0.02
Rata – rata			1.218	7.21944143	0.168

Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03}, *Quenching* Temperatur 750°C, Waktu Penahanan 60 Menit

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

No	Pos. (2θ)	FWHM β (rad)	Ukuran Kristal (nm)	Kerapatan Dislokasi (garis/mm ²)	Regangan Kisi
1	43.98	0.346	0.469	4.53175585	0.21
2	50.98	0.1732	0.964	1.07389493	0.09
3	53.89	0.173	0.977	1.04663768	0.08
4	59.95	0.238	0.731	1.86905293	0.10
5	89.36	0.346	0.612	2.66879730	0.08
Rata – rata			0.751	2.23802774	0.116

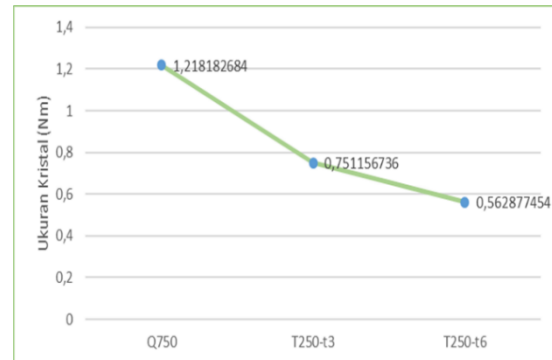
Tabel 2 Data Hasil Uji XRD Paduan Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03}, *Aging* Temperatur 250°C, Waktu Penahanan 30 Menit

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

No	Pos. (2θ)	FWHM β (rad)	Ukuran Kristal (nm)	Kerapatan Dislokasi (garis/mm ²)	Regangan Kisi
1	43.15	0.2	0.081	1.51909123	0.127
2	50.00	0.24	0.694	2.07559190	0.128
3	53.58	0.74	0.228	19.1732431	0.368
4	59.43	0.31	0.560	3.18099226	0.135
5	89.90	0.41	0.519	3.70014813	0.102
Rata – rata			0.563	5.92981333	0.172

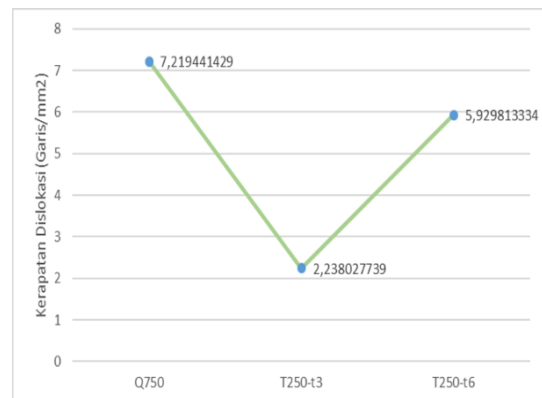
Tabel 3 Data Hasil Uji XRD Paduan Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03}, *Aging* Temperatur 250°C, Waktu Penahanan 60 Menit

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



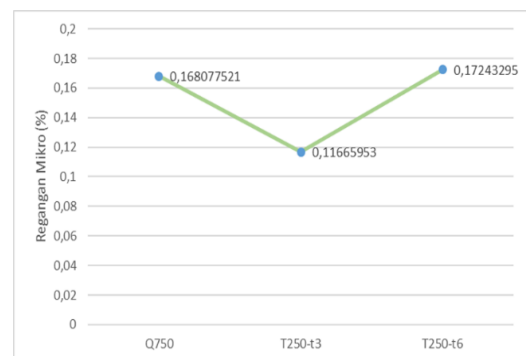
Gambar 2 Grafik Perbandingan Perubahan Ukuran Kristal

Sumber: Laboratorium Universitas Indonesia



Gambar 3 Grafik Perbandingan Kerapatan Dislokasi

Sumber: Laboratorium Universitas Indonesia



Gambar 4 Grafik Perbandingan Perubahan Regangan Kisi

Sumber: Laboratorium Universitas Indonesia

Berdasarkan data yang diberikan, terlihat bahwa terjadi perubahan ukuran kristal pada paduan Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03} setelah mengalami

perlakuan panas *Aging*. Pada gambar 2, data menunjukkan bahwa terjadi peningkatan ukuran kristal setelah paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ mengalami proses *Aging* pada suhu 250°C selama 30 menit dengan menggunakan media *quenching* oli. Perubahan ini kemungkinan disebabkan oleh rekristalisasi dan pertumbuhan butir selama proses penuaan. Regangan mikro kisi pada paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ mengalami rotasi pada kisi kristal, yang menghasilkan pembentukan kristalit yang lebih besar.

Selanjutnya, pada gambar 4.5, 4.6, dan 4.7 terlihat grafik yang menunjukkan penyempitan puncak difraksi dan penurunan nilai FWHM (*Full Width at Half Maximum*) seiring peningkatan waktu penahanan pada perlakuan panas *Aging*. Hal ini mengindikasikan pertumbuhan butir pada material, yang ditandai dengan peningkatan kerapatan dislokasi. Penambahan kerapatan dislokasi mengakibatkan peningkatan tegangan sisa pada material, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kekuatan luluh material.

Dengan demikian, data menunjukkan bahwa perlakuan panas *Aging* pada paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ pada suhu dan waktu yang tepat dapat mempengaruhi ukuran kristal, kerapatan dislokasi, dan kekuatan luluh material.

Pengaruh media *quenching* dan waktu tempering terhadap kekerasan dan kuat tarik adalah sebagai berikut:

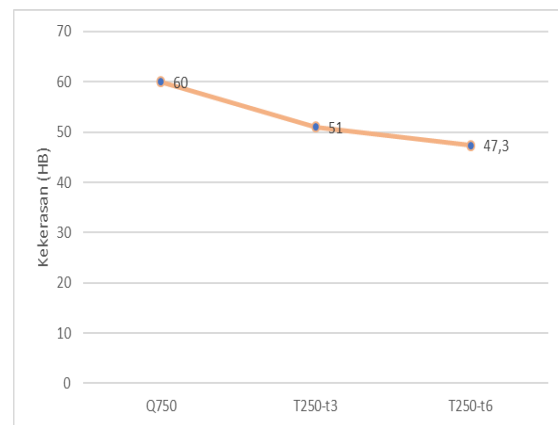
Berdasarkan data yang sudah dikumpulkan, dapat diamati bahwa ada perubahan dalam kekerasan spesimen paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ setelah dilakukan proses *Aging* pada suhu 250°C selama 30 dan 60 menit.

Spesimen yang tidak mengalami proses *Aging* memiliki kekerasan tertinggi sebesar 60 HB. Namun, setelah proses *Aging* pada suhu 250°C selama 30 menit, kekerasan spesimen menurun menjadi 51 HB. Kemudian, setelah proses *Aging* pada suhu yang sama 250°C selama 60 menit, kekerasan spesimen lebih lanjut menurun menjadi 47,3 HB.

Penurunan kekerasan pada spesimen setelah proses *Aging* dapat disebabkan oleh perubahan struktur mikro dalam material akibat penuaan. Proses *Aging* pada suhu dan waktu tertentu dapat menyebabkan perubahan fasa dan redistribusi partikel dalam paduan, yang pada gilirannya mempengaruhi kekerasan material.

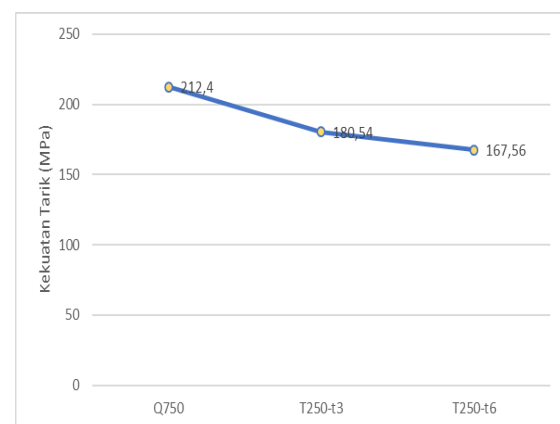
Dalam konteks ini, nilai kekerasan *Brinell* yang lebih rendah menunjukkan bahwa material paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ setelah dilakukan proses *Aging* menjadi lebih lembut atau kurang tahan terhadap gaya penekanan. Namun, penting untuk dicatat bahwa interpretasi lebih lanjut dari data ini membutuhkan analisis yang lebih mendalam dan pertimbangan terhadap faktor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi kekerasan material.

Pengujian dilakukan pada 3 buah sampel sama seperti yang dilakukan pada pengujian kekerasan namun dengan dikalikan dengan koefisien yang ada pada rumus diatas agar dapat mengetahui nilai kekuatan tarik material baja paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan panas. Berikut data hasil kekuatan tarik menggunakan konversi dari kekerasan *brinell* (HB):



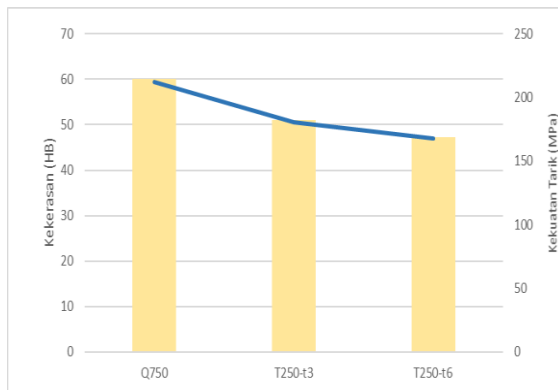
Gambar 5 Grafik Pengaruh Media *Aging* Terhadap Kekerasan

Sumber: Laboratorium Universitas Indonesia



Gambar 6 Grafik Pengaruh Media *Aging* Terhadap Kekuatan Tarik

Sumber: Laboratorium Universitas Indonesia



Gambar 7 Distribusi Kekuatan Tarik Dan Kekerasan *Brinell*

Sumber: Laboratorium Universitas Indonesia

Dalam penelitian tersebut, perlakuan panas yang berbeda diberikan pada spesimen material paduan dengan komposisi kimia yang sama. Perlakuan panas termasuk *Sintering*, *Quenching*, dan *Aging*, yang masing-masing dilakukan pada suhu 250°C. Proses perlakuan panas ini menghasilkan perubahan pada struktur kristal spesimen, yang pada gilirannya mempengaruhi sifat mekaniknya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan beberapa pengujian yang telah dilakukan oleh penulis dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Terjadi perubahan sifat fisik yaitu ukuran kristal, kerapatan diskolasi dan regangan mikro serta kekuatan luluhnya pada baja paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ setelah dilakukan proses perlakuan panas (*Aging*). Penurunan ukuran kristal terjadi setelah proses *Aging* pada suhu 250°C (30 menit) ke 250°C (60 menit) dari 0,751 nm ke 0,563 nm. Terjadi kenaikan nilai kerapatan diskolasi setelah *Aging* pada suhu 250°C (30 menit) ke 250°C (60 menit) dari 2,238 (garis/mm²) ke 5,929 (garis/mm²) begitu pula kenaikan regangan mikro setelah proses *Aging* pada suhu 250°C (30 menit) ke 250°C (60 menit) dari 0,1166 (ϵ) ke 0,1724 (ϵ).
- b. Terjadi perubahan sifat mekanik yaitu kekerasan dan kekuatan tarik pada baja paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ setelah dilakukan proses perlakuan panas. Kekerasan material mengalami

peurunan kekerasan setelah proses *Aging* yaitu dari 60 HB ke 47,3 HB pada suhu 250°C dengan waktu 30 menit dan 60 menit. Hal ini merupakan perbaikan sifat material agar tidak getas.. Begitu pula dengan penurunan kekuatan tarik material paduan rendah ini berbanding lurus atau sama seperti grafik kekerasan.

DAFTAR PUSTAKA

Baihaqi, (2017). Pengaruh Penambahan Unsur Seng (Zn) Terhadap Sifat Kekerasan Paduan Cu-Zn Untuk Aplikasi Elektroda Las. (Bab 1)

Febriantoko, Hariyanto, Agus (2009). Pengaruh Penambahan *Rotating Disk* Pada Proses Gas Atomisasi Baja Terhadap Efisiensi Dan Karakteristik Serbuk Baja. (Bab 1)