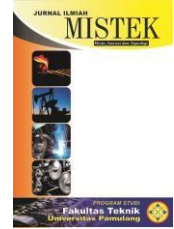




JURNAL MISTEK

# JURNAL TEKNIK MESIN MISTEK

## MESIN INOVASI DAN TEKNOLOGI



### PENGARUH VARIASI BOLA *MILLING* TERHADAP STRUKTUR FASA DAN KEKERASAN PADUAN Mg-Fe-Zn UNTUK *ORTHOPEDIC DEVICES*

Dandra Gusti<sup>1</sup>, Suhendi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: [dandragusti5@gmail.com](mailto:dandragusti5@gmail.com)<sup>1</sup>, [dosen02001@unpam.ac.id](mailto:dosen02001@unpam.ac.id)<sup>2</sup>

Masuk: 15 April 2022

Direvisi: 9 Juni 2022

Disetujui: 11 Juni 2022

**Abstrak:** Paduan logam berbasis magnesium (*magnesium-base-alloy*) merupakan alternatif yang potensial untuk aplikasinya sebagai biomaterial tulang, mengingat sifat mekanik yang menyerupai tulang. Magnesium juga merupakan elemen penting dalam proses pertumbuhan dan pembentukan tulang. Salah satunya aplikasinya biomaterial tulang adalah pembuatan baut tulang (*bone-screw*). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui fasa yang terbentuk terhadap pengaruh variasi berat bola *milling* serta mengetahui nilai pengujian kekerasan menggunakan metode equotip untuk aplikasi *orthopedic devices*. Pengujian yang dilakukan ialah menggunakan metode metalurgi serbuk dengan penggunaan berat bola *milling* 4gr, 8gr, dan 12gr dimana pengujian struktur fasa (*x-ray diffraction*) dan uji kekerasan equotip (*hardness leeb tester*). Hasil analisis fasa dengan bantuan *software* maud menunjukkan penurunan puncak pola intensitas dari masing – masing sampel didominasi oleh unsur Mg, ketiga sampel memiliki peak atau puncak yang sama pada sudut difraksi  $2\theta < 40^\circ$ . Seiring menambahkan variasi berat bola *milling* tidak adanya fasa baru yang muncul selain unsur Mg-Fe-Zn. Pengaruh variasi berat bola *milling* pada paduan Mg-Fe-Zn menyebabkan nilai kekerasan tertinggi pada sampel 1 dengan penggunaan berat bola *milling* 4gr dengan nilai kekerasan 424 HL dan nilai terkecil pada sampel 3 dengan penggunaan berat bola *milling* 12gr dengan nilai kekerasan 346 HL. Nilai kekerasan yang tidak terlalu tinggi cocok untuk diaplikasikan pada perangkat orthopedi, jika nilai kekerasan terlalu tinggi akan dapat merusak permukaan tulang akibat gesekan keduanya.

**Kata kunci:** *Orthopedic devices*, XRD, Kekerasan Equotip, Metalurgi Serbuk.

**Abstract:** *Magnesium-based metal alloy (magnesium-base-alloy) is a potential alternative for its application as a bone biomaterial, considering its mechanical properties similar to that of human bone. Magnesium is also an important element in the process of growth and bone formation. One of the applications of bone biomaterials is the manufacture of bone-screws. The purpose of this study was to determine the phase formed against the influence of variations in the weight of the milling balls and to determine the value of hardness testing using the equotip method for the application of orthopedic devices. The tests carried out were using the powder metallurgy method using milling ball weights of 4gr, 8gr, and 12gr where phase structure testing (x-ray diffraction and equotip hardness test (hardness leeb tester) were carried out. The results of the phase analysis with the help of Maud software showed that the decrease in the peak intensity pattern of each sample was dominated by Mg elements, the three samples had the same peak at a diffraction angle of  $2\theta < 40^\circ$ . As the weight of the ball milling increases, no new phases appear other than the Mg-Fe-Zn elements. The effect of variations in the weight of the milling balls on the Mg-Fe-Zn alloy causes the hardness value to decrease due to variations in particle size which can have an effect on hardness. Where the highest hardness value was in sample 1 using a milling ball weight of 4gr with a hardness value of 424 HL and the smallest value was in sample 3 using a milling ball weight of 12gr with a hardness value of 346 HL. a hardness value that is not too high is suitable for application in orthopedic devices, if the hardness value is too high it will damage the bone surface due to friction between the two.*

**Keywords:** *Orthopedic devices*, XRD, Equotip Hardness, Powder Metallurgy.

## PENDAHULUAN

Tingkat kebutuhan bahan pengganti tulang (*bone implant*) menyebabkan peneliti material dan kesehatan biomedis terus mengembangkan material maju yang memiliki sifat mekanik menyerupai tulang manusia sekaligus mempunyai sifat *biocompatibility* dan *biodegrable* yang optimum.<sup>[1]</sup>

Paduan logam berbasis magnesium (*magnesium-base-alloy*) merupakan alternatif yang potensial untuk aplikasinya sebagai biomaterial tulang, mengingat sifat mekanik yang menyerupai tulang manusia dan bila terdegradasi, magnesium merupakan unsur yang tidak berbahaya (*non-toxic*) bagi tubuh manusia<sup>[2]</sup>. Magnesium juga merupakan elemen penting dalam proses pertumbuhan dan pembentukan tulang<sup>[3]</sup>. Salah satunya aplikasinya biomaterial tulang adalah pembuatan baut ulang (*bone-screw*) yang sering digunakan dalam proses penyembuhan patah tulang.

Sekitar 60 % dari keseluruhan presentase Magnesium dalam tubuh terletak di dalam tulang<sup>[4]</sup>. Berdasarkan riset yang telah dilakukan, terbukti bahwa tulang yang mengalami defisiensi Magnesium berpotensi sangat besar memicu terjadinya pengeroposan tulang atau osteoporosis.<sup>[5]</sup>

Selanjutnya untuk memperkuat struktur dan memberikan sifat tambahan pada magnesium agar sesuai dengan spesifikasi perlu ada bahan paduan lain yang memiliki sifat mekanis yang lebih bagus dari Mg dan mempunyai sifat korosifitas yang baik, sehingga bisa mengurangi *degradation rate* dari Mg yang besar<sup>[6]</sup>. Pada penelitian *Biodegrable* Mg base dengan paduan Besi (Fe) dan Kalsium (Ca) menggunakan metode *casting* didapatkan hasil bahwa *degradation rate* Mg tinggi dan tidak terdapat *porrous* pada material yang menyebabkan pertumbuhan tulang terhambat<sup>[7]</sup>.

Untuk itulah Besi (Fe) dan Seng (Zn) ditambahkan ke dalam paduan ini. Selain itu, digunakan metode metalurgi serbuk melalui proses *sintering* dengan tujuan terbentuknya *porrous*<sup>[8]</sup>. Dengan variabel berat bola *milling* diharapkan dapat diketahui paduan mana yang memiliki sifat mekanik dan struktur fasa yang sesuai. Selain untuk memperkuat struktur dan memberikan sifat tambahan, Fe dan Zn ditambahkan karena unsur tersebut merupakan bahan yang diperlukan oleh tubuh<sup>[9]</sup>.

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas tersebut penulis akan mengambil judul “Pengaruh Variasi Bola Milling Terhadap Struktur Fasa dan Kekerasan Paduan Mg-Fe-Zn Untuk *Orthopedic Devices*”. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian karakteristik menggunakan XRD dengan bantuan *Software Material Analysis Using Diffraction* (MAUD) dan Pengujian kekerasan menggunakan metode *equotip*.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan serbuk Mg dengan presentase 80% , serbuk Fe 10% dan Zn 10%. Komposisi paduan yang di pilih pada masing masing sampel adalah sebesar Mg = 9,6 , Fe = 1,2 dan Zn = 1,2. Dalam penelitian ini digunakan metode pencampuran kering dengan *horizontal rotating cylinder ball mill* digunakan untuk menghancurkan. Variasi berat bola *milling* yang digunakan ialah 4gr, 8gr, dan 12gr. Waktu pencampuran dilakukan dengan waktu 1jam dengan kecepatan konstan dan pada kondisi temperatur kamar. Kemudian serbuk hasil *milling* ketiga sampel dimasukkan dalam cetakan berbentuk silinder dan ditekan (kompaksi) dengan beban sebesar 20 ton. Selanjutnya material di *sintering* pada temperatur 300°C dengan *holding time* 15 menit. Setelah melalui proses sintering, ketiga sampel kemudian dianalisa dengan pemetaan (*mapping unsure*) menggunakan XRD serta untuk hasil XRD di lakukan analisis menggunakan software maud (*Material Analisis Using Diffraction*) dengan bantuan CIF (*Crystal Information File*) dan perhitungan kekuatan mekanik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

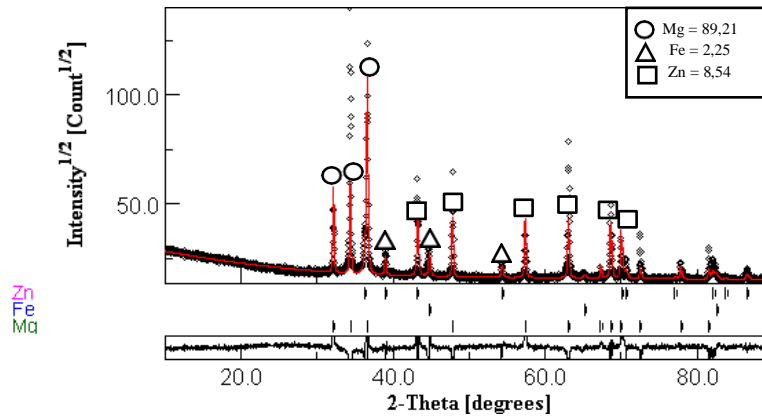
### 1) Hasil Analisis Fasa Paduan Mg-Fe-Zn dengan Berat bola Milling

Pengujian XRD (X-ray Diffraction) yang dilakukan dengan metode pengujian difraksi serbuk menggunakan alat bantu berupa *software Material Analysis Using Diffraction* (MAUD). Bertujuan untuk mengamati hasil fasa yang terbentuk setelah proses metalurgi serbuk. Spesimen yang sudah melalui proses perlakuan panas atau *sintering*, dalam menganalisis struktur kristal yang terbentuk didalam sampel.

- Hasil Data Sampel Penggunaan Berat Bola Milling 4gr.

Hasil data XRD pada pengujian pertama dengan penggunaan berat bola *milling* 4gr pada proses *milling* 1 jam setelah melalui perlakuan *sintering* pada penahanan suhu 300°C selama 15 menit dengan analisis *software* maud dan

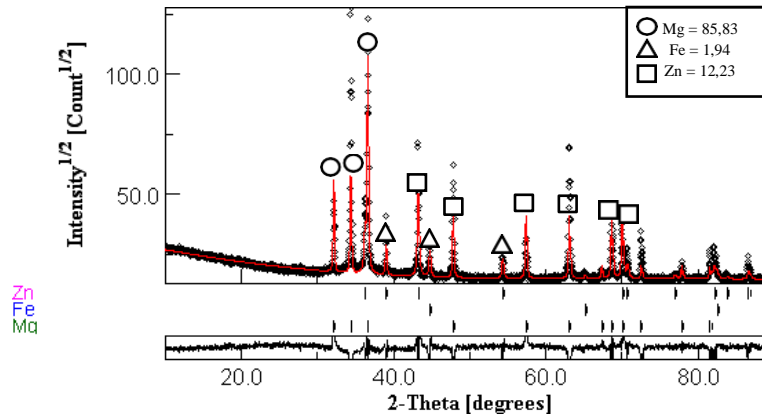
data CIF. Pada paduan Mg-Fe-Zn unsur yang lebih dominan ialah Mg sekitar 89,21% dan terindikasi *peak* atau puncak intensitas melebihi 100 cps pada sudut difraksi  $2\theta < 40^\circ$ . Serta unsur dan intensitas terendah pada unsur Fe dengan 2,25 % dan intensitas  $< 25$  cps pada sudut difraksi  $< 60^\circ$ .



Gambar 2.1 Pola Difraksi Sinar – X Paduan Mg-Fe-Zn Berat Bola Milling 4gr

- Hasil Data Sampel Penggunaan Berat Bola Milling 8gr.

Hasil Pada gambar 4.2, terlihat pola difraksi sinar – x paduan Mg-Fe-Zn dengan penggunaan berat bola *milling* 8gr. Hasil data XRD pada pengujian kedua pada penggunaan berat bola *milling* 8gr setelah dilakukan perlakuan *sintering* pada penahanan suhu  $300^\circ\text{C}$  selama 15 menit dengan analisis *software* maud dan data CIF. Pada paduan Mg-Fe-Zn unsur yang lebih dominan ialah Mg sekitar 85,83% dan terindikasi *peak* atau puncak intensitas melebihi 100 cps pada sudut difraksi  $2\theta < 40^\circ$ . Serta unsur dan intensitas terendah pada unsur Fe dengan 1,94% dan intensitas  $< 25$  cps pada sudut difraksi  $< 60^\circ$ .

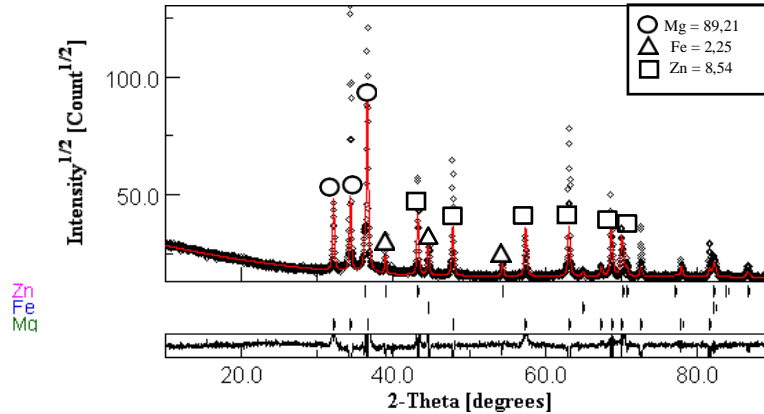


Gambar 2.2 Pola Difraksi Sinar – X Paduan Mg-Fe-Zn Berat Bola Milling 8gr

- Hasil Data Sampel Penggunaan Berat Bola Milling 12gr.

Pada Gambar 4.3, terlihat pola difraksi sinar – x paduan Mg-Fe-Zn dengan penggunaan berat bola *milling* 12gr. Hasil data XRD pada pengujian kedua pada penggunaan berat bola *milling* 12gr setelah dilakukan perlakuan *sintering* pada penahanan suhu  $300^\circ\text{C}$  selama 15 menit dengan analisis *software* maud dan data CIF. Pada paduan Mg-Fe-Zn unsur yang lebih dominan ialah Mg sekitar 89,35% dan terindikasi *peak* atau puncak intensitas  $< 100$  cps pada sudut difraksi

$2\theta < 40^\circ$ . Serta unsur dan intensitas terendah pada unsur Fe dengan 2,61 % dan intensitas  $< 25$  cps pada sudut difraksi  $< 60^\circ$ .

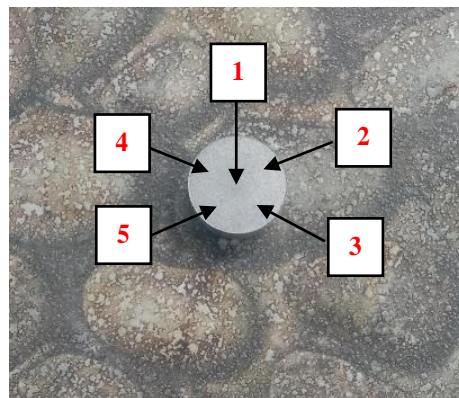


Gambar 2.3 Pola Difraksi Sinar – X Paduan Mg-Fe-Zn Berat Bola Milling 12gr

Hasil penelitian pola difraksi sinar – X (XRD) dengan menggunakan *Software MAUD* sebagai analisis dan data CIF (*Crystal Information File*) pada ketiga sampel memperlihatkan pola yang sama. Dimana teridentifikasi fasa yang terbentuk pada ketiga sampel unsur Mg mendominasi ketiga sampel pada penggunaan variasi berat bola *milling* yang berbeda tetapi untuk nilai intensitas pada ketiga sampel, pada sampel 3 dengan penggunaan berat bola *milling* 12gr nilai intensitas  $< 100$  cps. Selain unsur Mg yang mendominasi, ketiga sampel memiliki *peak* atau puncak yang sama pada sudut difraksi  $2\theta < 40^\circ$ . Serta unsur Fe pada sampel 2 dengan penggunaan berat bola *milling* 8gr menjadi yang terkecil dengan nilai unsur  $< 2\%$ .

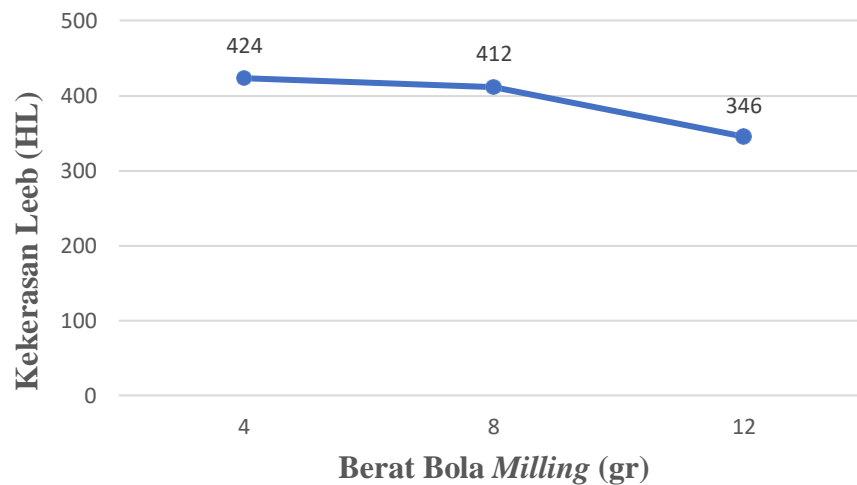
## 2) Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisis sampel paduan Mg-Fe-Zn dengan komposisi (80%, 10%, dan 10%) dengan variasi berat bola *milling* 4gr, 8gr, dan 12gr. Waktu penggunaan *milling* 1 jam. Hasil pengujian kekerasan terhadap variasi penggunaan bola *milling* dilakukan dengan menggunakan alat *Leeb Hardnes Tester (equotip)* yang di lakukan pada 5 titik uji pada setiap sampel.



Gambar 2.4 Sampel Pengujian

- Pengaruh Penggunaan Bola Milling Terhadap Kekerasan



Gambar 2.5 Grafik Diagram Kekerasan Terhadap Berat Bola Milling

Berdasarkan Gambar 2.5 di atas menunjukkan nilai kekerasan menurun ketika dilakukan terhadap penggunaan berat bola *milling* 4 gr, 8 gr, dan 12 gr. Nilai kekerasan tertinggi sebesar 424 HL pada penggunaan berat bola *milling* 4 gr, serta nilai kekerasan terkecil ialah 346 HL pada penggunaan berat bola *milling* 12 gr. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1 dimana puncak intensitas diatas 100 cps dan gambar 4.3 nilai intensitas <100 cps. Kedua hasil tersebut membuktikan nilai kekerasan menurun seiring penurunan intensitas.

Berdasarkan data di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan berat bola *milling* dapat mempengaruhi nilai kekerasan pada sampel seiring penurunan nilai intensitas fasa. Semakin besar penggunaan berat bola *milling* maka nilai kekerasan dimungkinkan akan menurun disebabkan oleh variasi ukuran partikel pada proses *milling*. Nilai kekerasan yang tidak terlalu tinggi cocok untuk diaplikasikan perangkat orthopedi, jika nilai kekerasan terlalu tinggi akan merusak permukaan tulang akibat gesekan keduanya<sup>[10]</sup>.

## KESIMPULAN

1. Hasil analisis fasa dengan bantuan *software* maud menunjukkan penurunan puncak pola intensitas dari masing – masing sampel. Pada ketiga sampel didominasi oleh unsur Mg dengan nilai intensitas tertinggi melebihi 100 cps pada sampel 1 dan <100 cps pada sampel 3. Selain unsur Mg yang mendominasi, ketiga sampel memiliki peak atau puncak yang sama pada sudut difraksi  $2\theta < 40^\circ$ . Seiring bertambahnya variasi berat bola *milling* tidak adanya fasa baru yang muncul selain unsur Mg-Fe-Zn.
2. Pengaruh variasi berat bola *milling* pada paduan Mg-Fe-Zn menyebabkan nilai kekerasan menurun karena adanya variasi ukuran partikel yang dapat memberikan pengaruh kekerasan. Dimana nilai kekerasan tertinggi pada sampel 1 dengan penggunaan berat bola *milling* 4 gr yaitu 424 HL dan nilai terkecil pada sampel 3 dengan penggunaan berat bola *milling* 12 gr yaitu 346 HL. Nilai kekerasan yang tidak terlalu tinggi cocok untuk diaplikasikan pada perangkat orthopedi, jika nilai kekerasan terlalu tinggi akan dapat merusak permukaan tulang akibat gesekan keduanya.

---

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hermawan, H (2019). Pengenalan pada *biomaterial*. 1-8. <https://doi.org/10.312227/osf.io/v3z5t.1/8>.
- [2] Tan, J. (2021). *Applied sciences Applications of Magnesium and Its Alloys : A Review*.
- [3] Hermanto, A, Burhanuddin, Y., & Sukmana: I. (2017). Peluang dan tantangan aplikasi baut tulang mampu luruh terdegradasi berbasis logam magnesium. *December*.
- [4] Pratama, Jalinus, N., Sari, N.R., & Arafat (2019a). *Analisis Struktur Dan Fase Paduan Seng Mampu Terserap Tubuh Untuk Aplikasi Implan Biomedis*. 798-804.
- [5] Kurniawan, I. B. (2017). *Pengaruh Penambahan Zn Dan Tekanan Kompaksi Terhadap Struktur Mikro, Sifat Mekanik, Dan Laju Peluruhan Paduan Mg-Zn Untuk Aplikasi Orthopedic Devices Dengan Metode Metalurgi Serbuk*.
- [6] Sofyan, B, & Ariati M (2017). *Magnesium Dan Paduannya Sebagai Biomaterial. Sebuah Kajian Literatur. December*, 1-16.
- [7] Sukmana, I, Hermanto, A., & Burhanuddin, Y. (2017). *Aplikasi Logam Magnesium dan Paduannya Sebagai Material Baut Mampu Luruh. SNTTM XV*, 5-6.
- [8] Gunawan, H. (2018). *Magnesium dan Paduannya*. 6-34.
- [9] Erryani, A. (2019). Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Paduan Magnesium Berpori Dengan Variasi Komposisi Agen Pengembang Dan Temperatur Sinter Untuk Aplikasi Implan Mampu Luruh Metalurgi, 34 (2), 61. <https://doi.org/10.14203/metalurgi.v34i2.469>.
- [10] Aminatun, A. Supardi, Z. I. Nisa, D. Hikmawati, and Siswanto, "Synthesis of Nanohydroxyapatite from Cuttlefish Bone (*Sepia sp.*) Using Milling Method," *Int J Biomater*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/1831208.
- [11] Y. G. E. Correa, A. A. Z. A. Valencia, E. D. Calderon, and L. T. P. Chacón, "Improved Mg – Al – Zn Magnesium Alloys Produced by High Energy Milling and Hot Sintering," *Metals and Materials International*, no. 0123456789, 2019, doi: 10.1007/s12540-019-00490-1.
- [12] M. S. Yafiedan and Widyastuti, "sintering," Pengaruh Variasi Temperatur *Sintering* dan Waktu Tahan *Sintering* Terhadap Densitas dan Kekerasan pada Mmc W-Cu Melalui Proses Metalurgi Serbuk, 2018.
- [13] H. Nurrohman, "Pengaruh variasi temperatur dan waktu  *Holding Sintering* terhadap Sifat Mekanik dan Morfologi  *Biodegradable* Material Mg-Fe-Zn dengan Metode Metalurgi Serbuk untuk Aplikasi  *Orthopedic Devices*," p. 107, 2017.
- [14] V. Bhaskara Sardi, S. Jokosisworo, and H. Yudo, "Pengaruh  *Normalizing* dengan Variasi Waktu Penahanan Panas ( *Holding Time*) Baja ST 46 terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi,"  *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 6, no. 1, p. 142, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [15] L. A. Didik, "PENENTUAN UKURAN BUTIR KRISTAL CuCr 0,98 Ni 0,02 O 2 DENGAN MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION (XRD) DAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM),"  *Indoensian Physical Review*, vol. 3, no. 1, pp. 6–14, 2020, doi: 10.29303/ip.