

DOI: doi.org/10.21009/03.1201.FA34

VARIASI RAPAT ARUS TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN MORFOLOGI LAPISAN MAGNESIUM AZ31 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ELECTROPHORETIC DEPOSITION* (EPD)

Hafsah Mujahidah^{1, a)}, Bunga Rani Elvira^{2, b)}, Esmar Budi^{1, c)},
Yudi Nugraha Thaha^{2, d)}, Aprilia Erryani^{2, e)}

¹Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka No. 01, Rawamangun 13220, Indonesia

²Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Gedung 720, Kawasan Sains dan Teknologi B.J Habibie, Banten, 15314, Indonesia

Email: ^{a)}hafsamujahidah@gmail.com, ^{b)}bung002@brin.go.id, ^{c)}esmarbudi@unj.ac.id, ^{d)}yudi015@brin.go.id, ^{e)}apri005@brin.go.id

Abstrak

Magnesium AZ31 adalah paduan magnesium yang memiliki kekuatan mekanik tinggi dan densitas rendah. Namun, Magnesium AZ31 mudah terkorosi dan perlu dilapisi dengan lapisan pelindung untuk meningkatkan ketahanannya terhadap korosi. *Electrophoretic Deposition* (EPD) adalah metode koloid dimana partikel bermuatan dalam suspensi dikenakan elektroforesis untuk mencapai deposisi permukaan padat pada elektroda. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan perlakuan variasi rapat arus 0.005 A/mm², 0.0075 A/mm², dan 0.01 A/mm² dengan suspensi yang digunakan adalah ZrO₂. Semakin tinggi rapat arus yang diberikan akan meningkatkan sifat mekanik. Morfologi yang dihasilkan menunjukkan adanya retakan dan persebaran butir yang menjadikan pembentukan gumpalan serta didukung dengan hasil mapping mendapatkan persebaran unsur Mg, O, Na, Si, Al, K, Zr, dan Zn. Nilai kekerasan linear dengan bertambahnya rapat arus yang diberikan 0,005 A/mm², 0,0075 A/mm², dan 0,001 A/mm² berturut-turut menghasilkan 119,42 HV, 121,56 HV, dan 137,88 HV sehingga membuktikan bahwa hasil pelapisan berhasil dilakukan dan juga ditandai dengan adanya kandungan unsur logam Mg, Zr serta ZrO.

Kata-kata kunci: Magnesium AZ31, Electrophoretic Deposition (EPD), Rapat Arus.

Abstract

Magnesium AZ31 is a magnesium alloy that has high mechanical strength and low density. However, Magnesium AZ31 is easily corroded and needs to be coated with a protective layer to improve its corrosion resistance. *Electrophoretic Deposition* (EPD) is a colloidal method where charged particles in suspension are subjected to electrophoresis to achieve solid surface deposition on electrodes. In this study, researchers treated variations in current density of 0.005 A/mm², 0.0075 A/mm², and 0.01 A/mm² with the suspension used is ZrO₂. The higher the current density given will improve mechanical properties. The resulting morphology shows the presence of cracks and grain distribution which makes the formation of clumps and is supported by the results of mapping getting the distribution of elements Mg, O, Na, Si, Al, K, Zr, and Zn. The linear hardness values with increasing current density were given 0,005 A/mm², 0,0075 A/mm², and 0,001 A/mm² respectively resulting in 119,42 HV, 121,56 HV, and

137,88 HV thus proving that the coating result were successful and also characterized by the presence of metal elements Mg, Zr and ZrO.

Keywords: Magnesium AZ31, Electrophoretic Deposition (EPD), Current Density.

PENDAHULUAN

Untuk mengurangi atau mencegah kerusakan struktur logam magnesium akibat korosi, penyesuaian kecepatan korosi magnesium AZ31 diperlukan untuk menjaga struktur dan fungsinya agar dapat digunakan dalam aplikasi biomedis, seperti sebagai material pengganti tulang. Kecepatan korosi magnesium AZ31 menyebabkan penurunan fungsi implan, sehingga diperlukan penyempurnaan untuk menyesuaikan kecepatan korosi dengan pengembalian fungsi tulang [1, 2]. Magnesium AZ31 dapat dilapisi dengan berbagai cara, termasuk anodizing dan elektrodeposisi; namun, dalam studi ini saya menggunakan *Electrophoretic Deposition* (EPD). EPD merupakan metode koloid dimana partikel bermuatan dalam suspensi dikenakan elektroforesis untuk membentuk permukaan padat pada elektroda. Dalam EPD, partikel koloid bermuatan yang tersebar atau tersuspensi dalam media cair tertarik dan diendapkan pada substrat konduktif listrik dengan muatan berlawanan di bawah medan listrik [3]. Menurut penelitian Kajanek et al diketahui bahwa hasil morfologi pada proses *coating* berbeda dalam kondisi rapat arus menghasilkan morfologi lapisan yang berbeda. Pada pelapisan magnesium AZ31, kerapatan arus yang digunakan untuk menghasilkan permukaan yang seragam dan morfologi yang halus [4, 5].

Faktor internal yang mempengaruhi ketahanan korosi pada logam yaitu struktur mikro, regangan, dan kekerasan permukaan. Proses *coating* dapat mengubah sifat mekanik, perubahan kekerasan terjadi pada permukaan atas ke bawah bagian dalam [6, 7]. Pengujian kekerasan Vickers adalah metode umum yang digunakan untuk mengevaluasi kekerasan material, termasuk paduan magnesium. Peningkatan kekerasan Vickers berhubungan dengan dosis ion, variasi parameter kisi, dan ukuran kristal [8]. Variasi rapat arus yang dilakukan 0.005 A/mm², 0.0075 A/mm², and 0.01 A/mm², karena rapat arus yang terlalu rendah tidak mampu membentuk lapisan sedangkan rapat arus yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan tidak melekat erat dan rapuh [9]. Pengujian morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur permukaan dan pengujian kekerasan dengan alat uji Vickers untuk mendapatkan nilai kekerasan.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan magnesium AZ31 sebagai katoda dan plat platina sebagai anoda. Rapat arus digunakan sebesar 0.005 A/mm², 0.0075 A/mm², and 0.01 A/mm² dan komposisi larutan yang dipakai adalah Na₂SiO₃ 2gr, NaOH 0.7gr, KF 0.7gr, NaF 0.7gr, ZrO₂ 0.3gr, dan Na₂HPO₄ 0.1gr dalam 50 ml aquades. Mounting magnesium menggunakan resin untuk mempermudah menghaluskan permukaan sebelum melakukan *coating*. Amplas substrat dari p800 hingga p5000 hingga permukaan halus dan setelahnya dibersihkan menggunakan ultrasonic cleaner selama 15 menit. Proses *coating* dilakukan setelah bahan terlarut secara merata menggunakan stirrer, lalu *coating* dilakukan selama 30 menit. Selanjutnya dilakukan karakterisasi morfologi menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk mengetahui struktur permukaan dan pengujian kekerasan dengan alat uji Vickers untuk mendapatkan nilai kekerasan. Penggunaan SEM dapat menghasilkan gambar sampel dengan memindai permukaan dengan sinar elektron yang terfokus dengan perbesaran hingga skala tertentu [10]. Penekan pengujian kekerasan vickers memiliki konfigurasi geometri berbentuk piramida persegi yang terbuat dari intan. Kemudian intan tersebut ditekan pada benda uji dengan suatu gaya tertentu, maka pada benda uji terdapat bekas injakan dari intan. Bekas injakan akan lebih besar apabila benda uji tersebut semakin lunak dan bila beban penekanan bertambah berat [11].

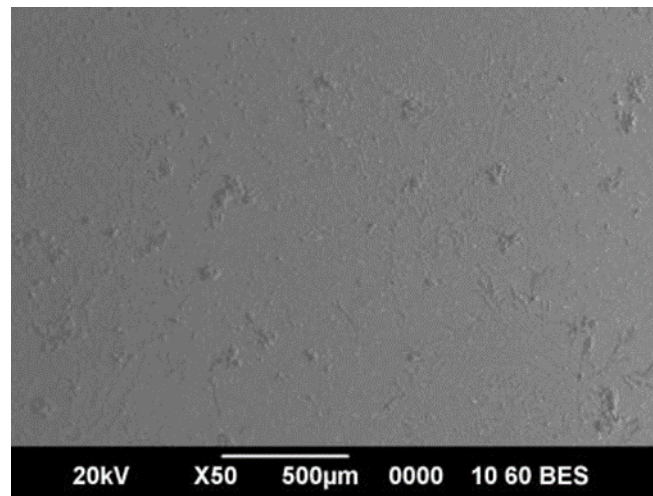


GAMBAR 1. Proses *Electrophoretic Deposition* (EPD) pada substrat Magnesium AZ31

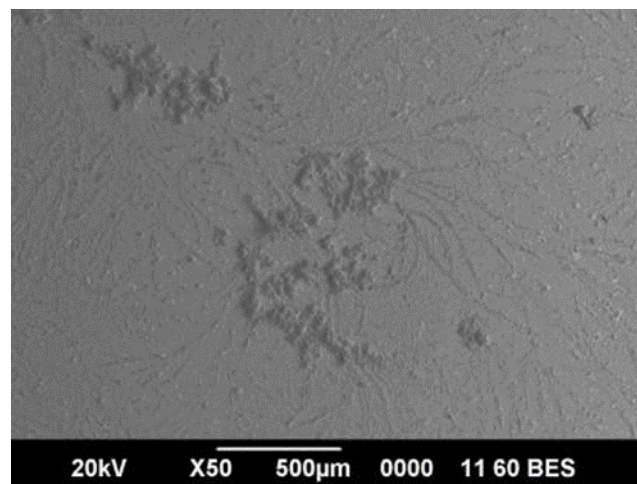
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis SEM-EDS

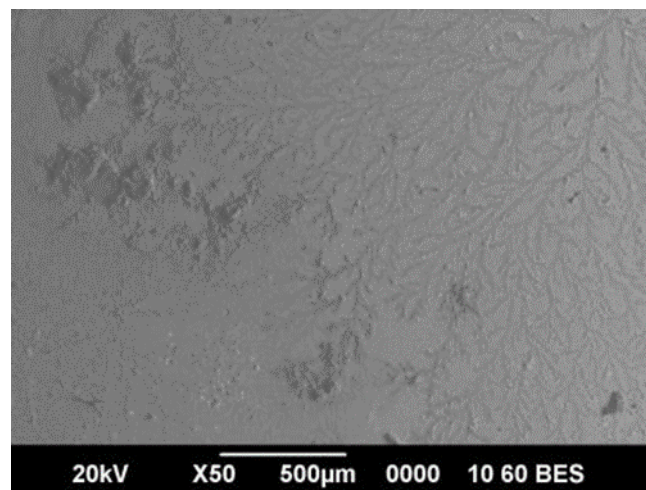
Analisis SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan dari Magnesium AZ31 setelah dilakukan proses metode *Electrophoretic Deposition* (EPD) dengan variasi rapat arus yang berbeda yaitu $0,005 \text{ A/mm}^2$, $0,0075 \text{ A/mm}^2$, dan $0,01 \text{ A/mm}^2$. Pada proses *coating* pada magnesium AZ31 menimbulkan retakan pada lapisan Magnesium AZ31 serta terdapat butiran kasar yang tersebar secara tidak merata. Retakan ini timbul akibat dari tekanan termal yang disebabkan oleh koefisien muai antara substrat pelapis dengan Mg yang berbeda [12]. Morfologi dari lapisan juga menunjukkan adanya pembentukan gumpalan dengan permukaan yang tidak merata dan tekstur yang terlihat kasar. Apabila diperhatikan tampak bahwa adanya perubahan arus memberikan efek yang signifikan terhadap perubahan morfologi lapisan dimana semakin besar arus, retakan yang ditimbulkan semakin berkurang, persebaran butiran semakin banyak serta mengarah ke pembentukan gumpalan yang semakin besar. Gumpalan yang terbentuk terlihat semakin halus seiring bertambahnya rapat arus yang digunakan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sun [13], dimana semakin rapat arus yang digunakan maka retakan yang timbul akan semakin sedikit dan digantikan oleh deformasi struktur permukaan yang lebih seragam.



(a)



(b)



(c)

GAMBAR 2. Morfologi SEM Magnesium AZ31 perbesaran 50x dengan variasi rapat arus *coating* 0,005 A/mm²(a), 0,0075 A/mm²(b), dan 0,01A/mm² (c)

Analisis EDS dilakukan untuk mengetahui komposisi atom yang terdapat pada Magnesium AZ31 yang telah dilapisi oleh bahan suspensi (Na_2SiO_3 , NaOH , KF , NaF , ZrO_2 , dan Na_2HPO_4). Pada

analisis EDS diambil beberapa spot untuk mengetahui perubahan komposisi atom pada lapisan yang mengalami retakan, penggumpalan serta butiran-butiran yang terbentuk. Komposisi atom yang telah didapatkan dari analisis EDS dengan pengambilan titik dari lapisan permukaan sampel secara keseluruhan ditunjukkan pada TABEL 1.

TABEL 1. Analisis EDS Magnesium AZ31 terhadap variasi *coating* dengan rapat arus 0,005; 0,0075; dan 0,01 A/mm²

Rapat arus (A/mm ²)	Persen Atom(%)							
	O	Na	Mg	Al	Si	K	Zn	Zr
0,005	12,20	5,48	74,52	5,04	1,59	0,49	0,37	0,31
0,0075	17,25	6,54	68	4,35	2,19	0,77	0,46	0,46
0,01	17,65	5,07	45,02	2,55	1,48	0,53	0,26	0,31

Pada TABEL 1 menunjukkan bahwa komposisi atom yang terdapat pada sampel yaitu Mg, Na, O, Al, Si, K, Zn, dan Zr. Persentase atom paling banyak didominasi oleh Magnesium yang mana merupakan penyusun utama dari Magnesium AZ31. Berdasarkan hasil penelitian, semakin rapat arus yang diberikan, dapat menurunkan persentase atom Magnesium, hal ini menunjukkan bahwa pelapisan Mg berlangsung semakin baik seiring dengan penambahan rapat arus yang diberikan. Persen atom dari Na, Al, Si, K, Zn, dan Zr menunjukkan tren kenaikan pada kuat rapat arus 0,0075 A/mm² kemudian turun kembali pada kuat rapat arus 0,01 A/mm². Hal ini sesuai dengan penelitian dari Kajaneck [4], dimana kenaikan rapat arus dapat menurunkan komposisi atom Mg berdasarkan hasil analisa komposisi kimia menggunakan EDS, namun perubahan komposisi atom yang terjadi pada pelapis tidak terlalu signifikan sehingga kuat rapat arus tidak memiliki dampak yang terlalu besar terhadap perubahan komposisi kimia pelapis.

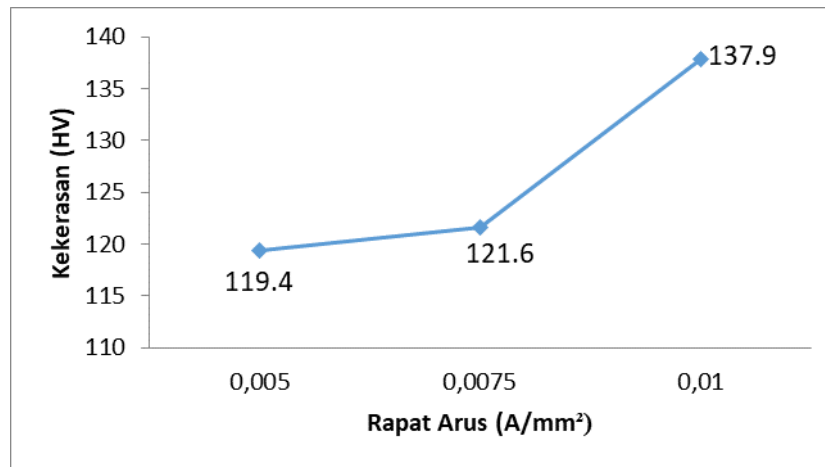
Analisis Kekerasan

Secara teoritis, kekerasan merupakan resistansi suatu material melawan gaya tekan yang isostatik atau kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan, dan penetrasi. Uji kekerasan Vickers dilakukan di instansi BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) Pusat Penelitian Metalurgi dan Material. Pengujian kekerasan pada sampel magnesium AZ31 yang telah di *coating* dengan variasi rapat kuat arus 0,01 A/mm², 0,0075 A/mm², dan 0,005A/mm². Dalam pengambilan data sampel ditekan sebanyak lima kali dengan titik yang berbeda guna mendapatkan hasil rata-rata yang lebih akurat. Hasil nilai kekerasan yang didapat dari ketiga sampel berbeda-beda, dan dapat dilihat pada TABEL 2.

TABEL2. Nilai kekerasan hasil *coating* Magnezium AZ31 berdasarkan variasi rapat kuat arus 0,01 A/mm², 0,0075 A/mm², dan 0,005 A/mm²

Diagonal	0,005 A/mm ² (HV)	0,0075 A/mm ² (HV)	0,01 A/mm ² (HV)
1.	106,0	103,0	124,5
2.	106,5	84,6	137,4
3.	106,3	153,0	136,8
4.	104,6	143,1	159,4
5.	175,7	124,1	131,3
Σ	119,42	121,56	137,88

Kerapatan arus menunjukan perubahan yang signifikan dan dapat mempengaruhi nilai kekerasan yang didapat pada uji kekerasan vickers. Hasil rata-rata yang didapat pada rapat arus 0,005 A/mm², 0,0075 A/mm², dan 0,001 A/mm² mendapat nilai kekerasan 119,42 HV, 121,56 HV, dan 137,88 HV. Kekerasan meningkat karena terjadinya penghalusan butir, dan kekerasan menurun karena disebabkan oleh terjadinya migrasi batas butir [14]. Nilai kekerasan yang dihasilkan berbanding lurus dengan rapat arus sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh peneliti terdahulu.



GAMBAR 3. Grafik rata-rata uji kekerasan pada sampel magnesium AZ31 setelah dilakukan *coating* dengan rapat arus 0,005 A/mm², 0,0075 A/mm², dan 0,01 A/mm²

SIMPULAN

Hasil lapisan dengan menggunakan metode Electrophoretic deposition (EPD) menghasilkan morfologi yang menunjukkan permukaan yang kasar serta retakan yang lebih sedikit pada permukaan di rapat arus 0,001 A/mm². Nilai kekerasan linear dengan bertambahnya rapat arus yang diberikan 0,005 A/mm², 0,0075 A/mm², dan 0,001 A/mm² berturut-turut menghasilkan 119,42 HV, 121,56 HV, dan 137,88 HV sehingga membuktikan bahwa hasil pelapisan berhasil dan juga ditandai dengan adanya kandungan unsur logam Mg, Zr serta ZrO.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, yaitu Ibu Aprilia Erryani selaku dosen pembimbing dari Pusat Penelitian Metalurgi dan Material BRIN dan Bapak Esmar Budi selaku dosen pembimbing Program Studi Fisika UNJ, serta teman-teman Fisika murni UNJ 2019.

REFERENSI

- [1] I. Karacan *et al.*, "Mechanical testing of antimicrobial biocomposite coating on metallic medical implants as drug delivery system," *Materials Science & Engineering C*, vol. 104, pp. 1-12, 2019.
- [2] G. Uppal *et al.*, "Magnesium based implants for functional bone tissue regeneration - A review," *Journal of Magnesium and Alloys*, vol. 10, pp. 356-386, 2022.
- [3] V. S. Saji, "Electrodeposition in bulk metallic glasses," *Materialia*, vol. 3, pp. 1-11, 2018, doi:10.1016/j.mtla.2018.09.021.
- [4] D. Kajanek *et al.*, "Effect of applied current density of plasma electrolytic oxidation process on corrosion resistance of az31 magnesium alloy," *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, vol. 21, no. 2, pp. 32-36, 2019, doi:10.26552/com.c.
- [5] L. Sun *et al.*, "Surface Characterization and Corrosion Resistance of Biomedical AZ31 Mg Alloy Treated by Microarc Fluorination," *Scanning*, 2020, doi.org/10.1155/2020/5936789.
- [6] I. A. Shahar *et al.*, "Mechanical and Corrosion Properties of AZ31 Mg Alloy Processed by Equal-Channel Angular Pressing and Aging," *Procedia Engineering*, vol. 184, pp. 423-431, 2017.

- [7] Lutiyaatmi, Sutiyoko, R. Afandi, "Optimum Load in Vickers Microhardness Testing of Treated Magnesium Alloy by Thermal Oxidation," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1082, pp. 1-5, 2021.
- [8] M. K. Mumtaz, G. Murtaza, "Enhancement in Corrosion Resistance and Hardness of AZ91DMagnesium Alloy by Carbon Ion Implantation," *Journal of Materials and Physical Sciences*, vol. 2, no. 1, pp. 1-11, 2021.
- [9] R. Askarnia *et al.*, "Investigation of an environmentally friendly coloring coating for magnesium-lithium alloy micro-arc oxidation," *Surfaces and Interfaces*, vol. 20, no. 2020, 100513. doi:10.1016/j.surfin.2020.100513.
- [10] Qomariah, A. D. Lestari, "Analisis Perambatan Retak Dan Hasil Sem Pada Beton Normal Dengan Substitusi Pasir Limbah Sunblasting," *Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi*, vol. 3, no. 2, pp. 167-173, 2022.
- [11] R. Napitupulu *et al.*, "Pengaruh Waktu Electroplating Chrom Pada Baja Karbon Rendah Terhadap Kekerasan, Laju Korosi Dan Tebal Lapisan," *Citra Sains Teknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 76-85, 2022.
- [12] C. A. Chen *et al.*, "Evaluation of microstructural effects on corrosion behavior of AZ31 magnesium alloy with a Mao coating and electroless ni-P plating," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 9, no. 6, pp. 13902-13913, 2020.
- [13] J. Sun *et al.*, "Inhibition behavior of edge cracking in the AZ31 magnesium alloy cold rolling process with pulsed electric current," *Metals*, vol. 13, no. 2, p. 274, 2023.
- [14] Z. Q. Zhang *et al.*, "Corrosion resistance of one-step superhydrophobic polypropylene coating on magnesium hydroxide-pretreated magnesium alloy AZ31," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 821, p. 153515, 2020, doi:10.1016/j.jallcom.2019.153515.

