

Pengaruh Penambahan *Nano Zinc Oxide* dan *Nano Graphite* pada *Aluminium Alloy 6061* melalui Proses Pengadukan Gesek *Friction Stir Processing* terhadap Kekerasan Permukaan

¹Bagas Kurniawan, ²Abdul Munir Hidayat Syah Lubis, ³Ngafwan, ⁴W. Setiyawan, ⁵Rosy Hilal Mahendra

^{1,2,3,5}Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

⁴Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

d2001800068@student.ums.ac.id, amh612@ums.ac.id, d2001800060@student.ums.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Diterima : 12-05-2023

Disetujui : 05-06-2023

Keywords:

Nano Zinc Oxide; Nano Graphite; Friction Stir Processing

ABSTRACT

Abstract: *This study aims to determine whether there is an effect of adding nano zinc oxide and nano graphite to aluminum alloy 6061 through the Friction Stir Processing (FSP) process on surface hardness and wear. The type of research used was quantitative using several tools and materials, namely FSP samples, FSP Chisels, HEM (High Energy Milling) Machines, Sitting Drilling Machines, FSP Machines, Hardness Tester Machines, SEM (Scanning Electron Microscopy) and Optical Microscopes. The results of this study were an increase in hardness after Zn and C application.*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh penambahan nano zinc oxide dan nano graphite pada aluminium alloy 6061 melalui proses Friction Stir Processing (FSP) terhadap kekerasan dan keausan permukaan. Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan menggunakan beberapa alat dan bahan yaitu sampel FSP, Pahat FSP, Mesin HEM (*High Energy Milling*), Mesin Bor Duduk, Mesin FSP, Mesin Hardness Tester, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan Mikroskop Optik. Hasil dari penelitian ini adalah terjadi peningkatan kekerasan setelah pemberian Zn dan C.



<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Kelompok dari *aluminium 6xxx* mengandung *magnesium* serta *silicon* sebagai mayoritas bahan yang ditambahkan (Siswanto, 2021). Paduan *multiphase* ini termasuk dalam kelompok paduan aluminium komersial, dimana volume, komposisi bahan kimia, dan struktur morfologi konstituen menjadikan pengaruh signifikan pada sifatnya yang sangat berguna (Cundari et al., 2016). Secara teknis *aluminium alloy 6xxx* mengandung Si dan Mg sebesar antara 0,5-1,2 wt%, biasanya dengan perbandingan antara Si/Mg lebih besar dari satu. Selain penambahan bahan yang sengaja diberikan, logam transisi seperti Fe dan Mn juga selalu hadir (Rahmatika et al., 2019). Sifat-sifat dari *aluminium alloy 6xxx* seperti perbandingan kekuatan dengan berat yang tinggi, plastisitas,

kemampuan pembentukan untuk dibentuk secara krusial dengan kemudahan untuk digabungkan dan ketahanan korosi yang baik menjadikannya terfokus pada aplikasi serbaguna seperti desain struktur lapis baja, roket, selubung rudal, kendaraan pertahanan kelas ringan, mobil, dan struktur laut (Rachmatullah et al., 2021).

Aluminium alloy AA6061 digunakan secara luas dalam bidang teknik termasuk dalam bidang transportasi dan konstruksi dimana kemampuan mekanis yang baik seperti kekuatan tarik, kekerasan, dan lain sebagainya sangat penting dibutuhkan (Arsyad Suyuti et al., 2020; Wicaksono et al., 2019). Telah diketahui bahwa paduan aluminium adalah kandidat yang realistis untuk berbagai aplikasi struktural di industri kelautan, mobil, dan dirgantara karena rasio kekuatan terhadap beratnya yang tinggi, kerapatan berat yang rendah, dan ketahanan korosi yang tinggi (M. Faizin Alamsyah1, 2013). Tetapi untuk beberapa tujuan, ini tidak cukup kaku dan kuat sehingga penguatannya menjadi perlu. Komposit matriks logam aluminium yang diperkuat menunjukkan modulus spesifik yang tinggi, karakteristik mekanik dan tribologis yang lebih baik (Assidiq, 2014). Namun penambahan penguat fasa keras membuatnya menjadi rapuh. Selain itu, masa manfaat komponen seringkali bergantung pada sifat permukaannya seperti ketahanan aus dan kekerasan. Jadi, dalam sebagian besar kasus komposit permukaan disiapkan yang menggabungkan matriks logam keras dengan penguatan keramik keras (Rochman et al., 2010). Namun, dispersi partikel penguat pada permukaan logam dan kontrol penyebarannya lebih sulit dicapai dengan teknik modifikasi permukaan konvensional (Lestari et al., 2017; Zamheri, 2011)

Friction Stir Processing (FSP) merupakan teknik baru dalam pemrosesan solid state yang dikembangkan dari teknik pengelasan adukan gesek (*Friction Stir Welding*) ditemukan di The Welding Institute (TWI) pada tahun 1991 (Jweeg et al., 2018; Putra Utama et al., 2019). Pada dasarnya, pahat yang tidak terkonsumsi (*nonconsumable tools*) yang dirancang secara khusus dimasukkan pada lempengan monolitik dan melintasi arah yang telah ditentukan untuk menutupi area yang diinginkan (Johannes et al., 2006). Gesekan antara pahat dan benda kerja menghasilkan pemanasan lokal yang melembutkan dan memplastiskan bahan benda kerja (Handoko et al., 2022). Selama proses ini, material mengalami deformasi plastis yang intens yang menghasilkan penyempurnaan butir yang signifikan. Meskipun, FSP pada dasarnya maju sebagai teknik penyempurnaan butir untuk perbaikan struktur mikro dan sifat permukaan dan menghilangkan berbagai cacat pada produk cor, namun telah muncul sebagai proses/jalan yang menarik untuk membuat komposit matriks logam permukaan (Sandeep Rathee, dkk, 2016).

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis ingin melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan *nano zinc oxide (ZnO)* dan *nano graphite (Gr)* pada *aluminium alloy 6061* melalui proses *Friction Stir Processing (FSP)* terhadap kekerasan dan struktur mikro permukaan.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif yang terdiri dari beberapa kegiatan. Kegiatan utama yaitu persiapan alat dan bahan, pengujian mikro struktur, dan pengujian kekerasan.

1) Material FSP, material yang digunakan yaitu berupa plat Al6061 dan juga serbuk nano dari ZnO dan Gr yang dapat dibeli secara komersial di pasaran. Dalam penelitian ini, digunakan 3 sampel AA6061 dengan masing-masing rasio sampel yang berbeda. Sampel 1 adalah rasio Zn:C sebesar 25%:50%, sampel 2 sebesar 50%:50%, dan sampel 3 sebesar 75%:25%.

2) Tool (pahat) FSP, baja pahat SKD 11 digunakan sebagai pahat *friction stir*. Pahat difabrikasi dengan ukuran seperti ditampilkan pada Gambar 1, dengan cara dibubut. Pahat dibuat dengan model *probe kolumnar* untuk memudahkan proses percampuran serbuk pada saat FSP.



Gambar 1. Pahat FSP

3) Mesin HEM (*High Energy Milling*), mesin HEM (*Hight Energy Milling*) merupakan mesin yang digunakan untuk memecah ukuran partikel menjadi lebih kecil hingga mencapai ukuran nano. Dalam pengujian ini, mesin HEM yang digunakan merupakan mesin buatan sendiri seperti pada Gambar 2. Sebelum digunakan, partikel ZnO dan Gr dijadikan ukuran nano terlebih dahulu dengan proses HEM (*High Energy Milling*). Cara untuk membuatnya adalah serbuk tersebut dimasukkan ke dalam gelas kaca dan dimasukkan juga alcohol agar serbuk tidak terbang ke udara bebas. Dalam penggilingannya, digunakan bola gotri baja dengan ukuran 4 mm, 6 mm, dan 8 mm. Lamanya proses penggilingan HEM adalah untuk tiap partikel selama 100 jam.

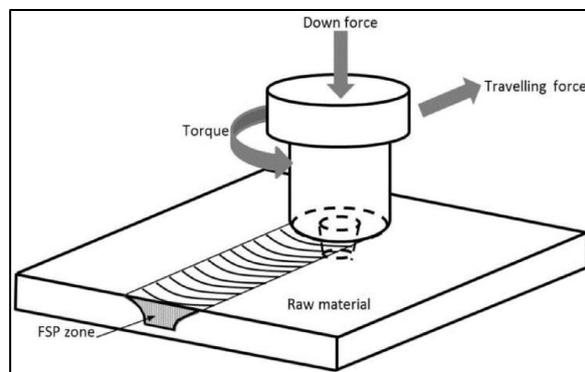


Gambar 2. Mesin HEM

4) Mesin FSP, mesin yang digunakan merupakan mesin milling merk Aciera yang dimodifikasi sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk melakukan proses FSP seperti pada Gambar 4. Proses FSP dilakukan dengan cara mengatur terlebih dahulu putaran mesin sebesar 2280 rpm. Langkah selanjutnya yaitu memasang pahat yang telah dibuat pada mesin *milling*, mengatur posisi spesimen pada meja kerja dan menguncinya dengan cekam serta memasukkan dan meratakan serbuk Zn dan C pada lubang yang ada pada spesimen plat Al6061. Setelah dirasa semuanya siap, maka mesin dinyalakan dan pahat mulai dimasukkan pada plat secara perlahan. Dalam prosesnya, sebelum menjalankan pahat, suhu terlebih dahulu ditunggu hingga kurang lebih 100°C baru pahat dijalankan secara horizontal dengan kecepatan 30mm/detik.



Gambar 4. Mesin Milling



Gambar 3. Skema Proses FSP

5) Mesin Hardness Tester merk Mitutoyo HR-400 digunakan untuk melakukan uji kekerasan. Dalam pengujian, digunakan 3 titik pengujian yang berbeda untuk mendapatkan hasil data yang valid pada tiap specimen. Untuk metode yang digunakan yaitu metode Rockwell dengan satuan HRF.



Gambar 5. Mesin Hardness Tester Mitutoyo HR-400

6) Mesin SEM, Mesin yang digunakan yaitu merk Thermo Scientific. Dalam pengujian SE, dapat kita gunakan berbagai macam perbesaran. Perbesaran yang digunakan dalam pengujian kali ini berkisar pada 1000x, 2000x, dan 7500x.



Gambar 7. Mesin SEM

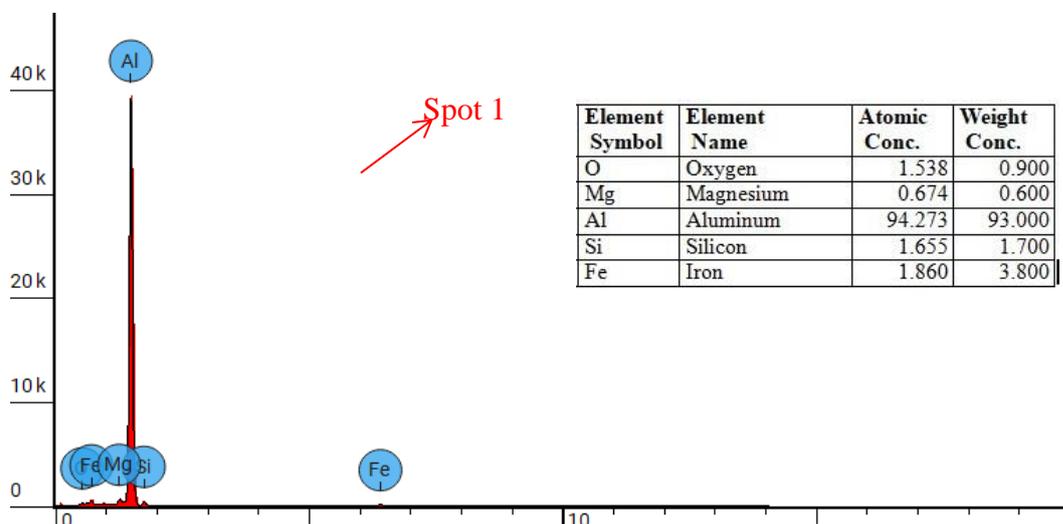
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini mendeskripsikan mengenai pembahasan apa saja hasil yang diperoleh selama pengujian tiap specimen yang sudah diproses menggunakan teknik FSP. Pengujian yang pertama adalah pengujian kekerasan atau hardness test. Pengujian kekerasan atau hardness test bertujuan untuk mengetahui apakah terjadi perubahan nilai kekerasan pada aluminium alloy 6061 sebelum dan sesudah dilakukannya perlakuan FSP. Selain pengujian kekerasan, dilakukan juga uji mikrostruktur untuk mengetahui perubahan apa saja yang terjadi baik sebelum maupun sesudah dilakukan FSP pada Al 6061. Dalam pengujian mikrostruktur, nantinya dapat diketahui juga apakah pemberian bahan tambahan dalam hal ini Zn dan C dapat tercampur ke dalam Al 6061 atau tidak.

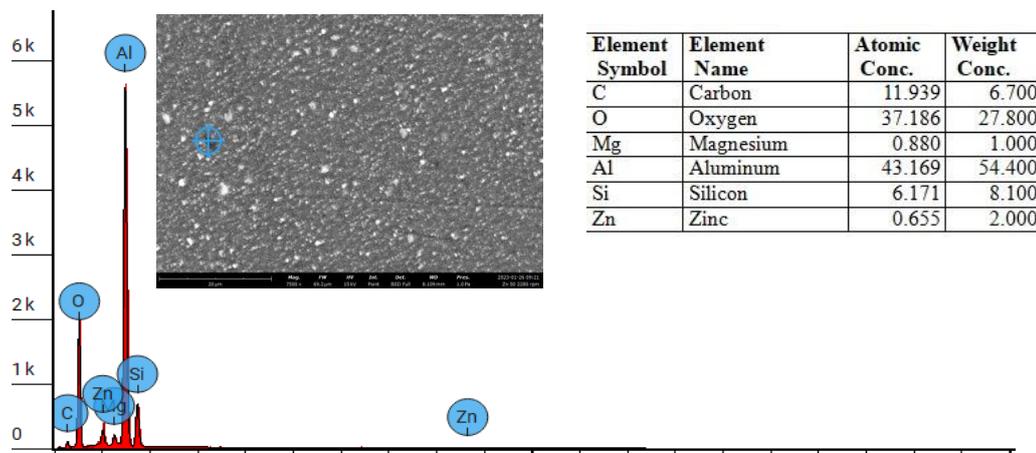
1. Uji Struktur Mikro

Dalam pengujian struktur mikro, dapat kita ketahui perubahan apa saja yang terjadi pada struktur mikro permukaan aluminium Al6061 baik sebelum maupun sesudah dilakukan proses FSP. Struktur mikro permukaan yang berubah tentu saja akan mempengaruhi hasil dari pengujian-pengujian sebelumnya. Perubahan pada nilai kekerasan dan keausan pada specimen aluminium yang diberikan perlakuan FSP karena adanya perubahan struktur mikro permukaan akan dibuktikan pada hasil pengujian struktur mikro ini.

Pada pengujian struktur mikro yang pertama, specimen yang diuji adalah Al6061 murni dimana specimen ini yang menjadi patokan mengenai penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan kajian pustaka dan dasar teori atau tidak.



Dari sinyal EDS yang didapat pada specimen Al6061 murni memiliki kandungan diantaranya Al, Si, dan Mg. Tentunya ini sesuai dengan dasar teori dimana aluminium alloy seri 6xxx merupakan paduan antara aluminium dengan silicon dan magnesium. Untuk specimen yang diuji selanjutnya merupakan specimen yang telah diberikan perlakuan FSP. Dalam perlakuan FSP sendiri menggunakan tiga parameter rasio campuran dan tiga tingkat kecepatan FSP. Rasio campuran yang pertama yaitu Zn 25% : C 75% yang selanjutnya disebut sampel 1. Rasio campuran kedua yaitu Zn 50% : C 50% yang selanjutnya disebut sampel 2, dan rasio campuran terakhir yaitu Zn 75% : C 25% yang selanjutnya disebut sampel 3. Sedangkan untuk kecepatan proses FSP sendiri yaitu 910 rpm, 1500 rpm, dan 2280 rpm.

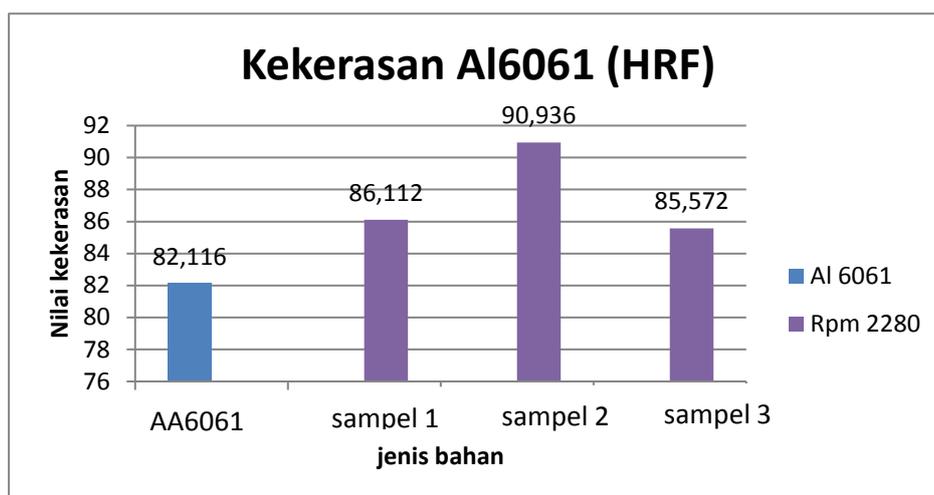


Gambar 7. Sinyal EDS Spot 1 Al6061 FSP Sampel 2 2280 rpm

Gambar 11 merupakan hasil sinyal EDS yang muncul pada salah satu specimen Al6061 yang diberi perlakuan FSP. Sampel yang digunakan merupakan sampel 3 dengan kecepatan FSP 910 rpm. Dari sampel tersebut terlihat sinyal C dan Zn muncul yang menandakan bahwa proses FSP berhasil membuat partikel penguat dapat masuk dan tercampur dengan Al6061 sebagai *base metal*. Secara terperinci mengenai hasil pembacaan sinyal EDS dari sampel ini dapat dilihat pada gambar diatas.

2. Uji Kekerasan

Uji kekerasan pada specimen dilakukan dengan menggunakan mesin uji merk Mitutoyo seri HR-400. Dari seluruh sampel yang diuji, beberapa sampel mengalami kenaikan dan penurunan angka kekerasan. Nilai kekerasan Al6061 murni adalah 82,116 HRF sedangkan nilai kekerasan dari specimen dengan perlakuan FSP dengan peningkatan nilai kekerasan paling tinggi adalah sampel 2 dengan kecepatan 2280 rpm sebesar 90,936 HRF dan specimen dengan penurunan nilai kekerasan paling tinggi adalah sampel 3 dengan kecepatan 910 rpm sebesar 61,380 HRF.



Gambar 12. Grafik Hasil Uji Kekerasan Al6061

Grafik diatas merupakan keseluruhan dari hasil pengujian kekerasan pada Al6061 baik murni maupun yang diberi perlakuan FSP. Dapat diambil kesimpulan bahwa pemberian bahan penguat berupa *carbon* memang dapat meningkatkan nilai kekerasan dari Al6061. Factor lain yang mempengaruhi bertambahnya nilai kekerasan pada Al6061 adalah rasio campuran bahan serta kecepatan pada saat melakukan proses FSP. Semakin cepat putaran pahat pada saat proses FSP menyebabkan partikel bahan campuran semakin baik tersebar dan tercampur pada Al6061.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh penambahan nano zinc oxide dan nano graphite pada aluminium alloy 6061 melalui proses Friction Stir Processing (FSP) terhadap kekerasan permukaan. Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan menggunakan beberapa alat dan bahan yaitu sampel FSP, Pahat FSP, Mesin HEM (High Energy Milling), Mesin Bor Duduk, Mesin FSP, Mesin Hardness Tester, Mesin Wear Tester SEM (Scanning Electron Microscopy) dan Mikroskop Optik. Hasil dari penelitian ini adalah terjadi peningkatan kekerasan setelah pemberian Zn dan C. Berbasis dari hal tersebut, dapat dikembangkan penelitian yang lebih banyak lagi dengan alat yang lebih baik dan berkualitas, proses yang berbeda, zat yang berbeda jenis dan variabel terikat yang lebih kompleks.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Unuversitas Muhamadiyah Surakarta terkhusus program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah mendukung dan membantu dalam terselenggaranya penelitian ini melalui skema Penelitian Internal Penelitian Individual Dosen tahun 2022.

REFERENSI

Arsyad Suyuti, M., . A., Iswar, M., & Nur, R. (2020). Investigasi sifat mekanis sambungan Dissimilar Friction Stir welding (DFSW) Aluminium Alloys (AA5052 to AA6061). *Jurnal*

- Energi Dan Manufaktur*, 13(2), 49. <https://doi.org/10.24843/jem.2020.v13.i02.p01>
- Assidiq. (2014). Pengaruh Sic Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Matrik Aluminium Yang Diperkuat Serbuk Sic. *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 2(3), 211-218.
- Cundari, L., Supriyatna, E., & Samhudi, H. (2016). Pengaruh waktu kontak dan kecepatan pengadukan terhadap recovery aluminium pada asidifikasi sludge keluaran water treatment. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(2), 19-27. <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JTK/article/view/881>
- Handoko, D., Prihantono, T., Setiawan, A., & Mesin, J. T. (2022). Analisa Variasi Putaran Friction Welding Terhadap Kekerasan Logam Aluminium Paduan Seri 1100-H18. 3(2), 15-20. <https://doi.org/10.35970/accurate>.
- Johannes, L. B., Yowell, L. L., Sosa, E., Arepalli, S., & Mishra, R. S. (2006). Survivability of single-walled carbon nanotubes during friction stir processing. *Nanotechnology*, 17(12), 3081-3084. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/17/12/044>
- Jweeg, M. J., Resan, K. K., Abbod, E. A., & Al-Waily, M. (2018). Dissimilar Aluminium Alloys Welding by Friction Stir Processing and Reverse Rotation Friction Stir Processing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 454(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/454/1/012059>
- Lestari, Y., Mabruhi, E., Al, P., Pelapisan, O., Steel, S., & Al, N. (2017). Studi Pengaruh Variasi Suhu Perlakuan Panas terhadap Strukturmikro dan Korosifitas pada Pelapisan Ss 410 Menggunakan Komposit Ni-P-Nano Partikel Al₂O₃. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 3.
- M. Faizin Alamsyah¹, S. (2013). Pengaruh Holding Time Pada Proses Age Hardening Terhadap Kekerasan Komposit Al-Cu Yang Diperkuat Serbuk Fly Ash. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 1(1), 6-12.
- Namdev, A., P., S., Rao, P., O., Bin, M., & Lubis, A., M., H. (2019). Optimization of Friction Stir Process Parameters for Enhancement in Surface Properties of Al 7075-SiC/Gr Hybrid Surface Composites *Coatings*, 9, 830; [doi:10.3390/coatings9120830](https://doi.org/10.3390/coatings9120830)
- Putra Utama, A. R., Muhayat, N., & Triyono, T. (2019). Pengaruh volume Zn terhadap kekerasan dan struktur mikro pada friction stir processing aluminium AA 1100. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 14(2), 42-46. <https://doi.org/10.36289/jtmi.v14i2.129>
- Rachmatullah, T., Pratikno, H., & Ikhwan, H. (2021). Analisa Pengaruh Variasi Pre-Weld Heat Treatment dan Aging Post Weld Heat Treatment pada Sambungan Las Aluminium 6061 terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Makro. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 43-48. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.53199>
- Rahmatika, A., Ibrahim, S., Hersaputri, M., & Aprilia, E. (2019). Studi Pengaruh Variasi Kuat Arus terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GTAW Aluminium 1050 dengan Filler ER 4043. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 47-54.
- Rochman, R., Hariyati, P., & Purbo, C. (2010). Karakterisasi Sifat Mekanik dan Pembentukan Fasa Presipitat pada Aluminium Alloy 2024 - T 81 Akibat Perlakuan Penuaan. *Mekanika*, 8(2), 165-171.
- Siswanto, B. D. (2021). Pengaruh Temperatur Artificial Age Terhadap Kekerasan, Kekuatan Luluh dan Kerapatan Dislokasi Pada Paduan Al_{97,11}Mg_{1,52}Si_{0,86}Zn_{0,51}. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, 5(2), 115-133. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i2.4630>
- Wicaksono, R. T., Suharno, S., & Harjanto, B. (2019). Pengaruh Kuat Arus Pada Pengelasan Paduan Aluminium 6061 Dengan Menggunakan Metode Las Tig Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro. *NOZEL Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 1(1), 37. <https://doi.org/10.20961/nozel.v1i1.28484>
- Zamheri, A. (2011). Pengaruh waktu stirring , fraksi volume, dan ukuran besar butir SiC terhadap kekerasan MMC Al 6061 - SiC dengan sistem stirring casting. *Jurnal Austenit*, 3(2), 23-34. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/austenit/article/view/125/62>