



Pengaruh Variasi Temperatur Proses Penekanan Panas (Hot Pressing) dan Reduksi Ketebalan Terhadap Evolusi Struktur Mikro Setelah Proses Quenching Awal dan Akhir Waktu Penahanan Aging Pada Perlakuan Panas T6 Terhadap AMC Berpenguat Abu Dasar Batu Bara

Rio Ardiyanto, Harjo Seputro

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: rioardiyanto4@gmail.com

ABSTRAK

Saat ini, teknologi pembuatan material komposit telah berkembang dengan pesat. Material komposit sendiri merupakan material yang terdiri dari campuran antara dua atau lebih material yang memiliki sifat fisika dan kimia dan menghasilkan material baru yang sifatnya berbeda dari material-material penyusunannya. Bahan penyusunan komposit terbagi dua yaitu bahan pengikat (matrix) dan bahan penguat. Bahan pengikat berfungsi untuk mengikat dan melindungi material agar bekerja dengan baik. Contoh bahan penguat yang dipakai pada material komposit biasanya berupa bahan yang lunak seperti magnesium, resin, keramik, dan lain-lain. Sedangkan bahan penguat berfungsi sebagai bahan utama yang menentukan karakteristik dari material tersebut. Penelitian ini mencoba untuk membuat material komposit baru dengan bahan penguat berupa aluminium dan bahan pengikat berupa abu dasar batu bara. Disini material komposit yang sudah dibuat akan mengalami proses penekanan panas dengan 3 jenis suhu dan 3 reduksi penekanan yang berbeda-beda. Setelah itu material ini, akan diuji struktur mikro menggunakan SEM. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi suhunya maka ukuran butir makin besar.

Kata kunci: AMC, abu dasar batu bara, SEM, Komposit

PENDAHULUAN

Material komposit banyak yang dipakai dalam sektor industri baik industri kecil seperti industri rumah tangga, maupun industri besar. Hal ini dikarenakan material komposit memiliki beberapa keunggulan dibandingkan material lainnya, seperti, tahan terhadap korosi, kuat, lebih ekonomis, dan lain-lain (Fajri et al., 2013). Salah satu contoh material komposit yang banyak dipakai adalah kampas rem.

Kampas rem merupakan alat yang vital pada kendaraan bermotor yang berfungsi

untuk menghentikan laju kendaraan. Dengan meningkatkan kendaraan bermotor di Indonesia maka kebutuhan akan kampas rem pun ikut meningkat. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu produk material otomotif yang ekonomis dan berkualitas. Disinilah material komposit digunakan untuk membuat sebuah kampas rem yang memiliki sifat fisik cukup baik seperti material logam dengan biaya pembuatan yang ekonomis.

Bahan ini akan meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan ketangguhan dari sebuah material. Berdasarkan matriksnya, material

komposit dibagi menjadi 3 yaitu, komposit matrik polimer (Kartini et al., 2002), matrik logam (Jumiadi, 2006), dan matrik keramik (Yani & Lubis, 2018). Diantara ketiga jenis komposit tersebut, komposit matrik logam lah yang merupakan material komposit yang memiliki kekuatan dan ketahanan yang cukup tinggi dengan biaya produksi yang tidak terlalu mahal. Salah satu contoh komposit matrik logam adalah Alumunium Matrix Composites (AMC).

AMC merupakan jenis material komposit dengan alumunium sebagai bahan matriksnya. Bahan penguat AMC ini ada beberapa macam, yaitu Magnesium (Mg), Cuprum (Cu), Silikon Karbida (SiC), Abu Batu Bara, dan lain lain. Abu batu bara atau yang biasa disebut abu terbang (fly ash) merupakan salah satu material sisa yang berasal dari pembakaran batu bara. Abu batu bara itu sendiri memiliki kandungan beberapa unsur kimia yaitu SiO₂ 52%, Al₂O₃ 31.86%, Fe₂O₃ 4.89%, CaO 2.68%, dan MgO 4.66%. Abu batu bara ini berbentuk partikel yang sangat halus dan ditemukan di tumukan hasil pembakaran batu bara.

Abu ini sering ditemukan dalam jumlah yang banyak dan akan menimbulkan dampak lingkungan jika dibuang sembarangan. Padahal karakteristik abu bara itu sendiri memiliki beberapa sifat yaitu memiliki porositas rendah, partikel halus, bentuk partikel bulat dan lain sebagainya. Sifat ini sangat cocok digunakan sebagai bahan penguat. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba untuk membuat material komposit AMC dengan bahan penguat menggunakan abu batu bara.

Berbagai penelitian telah dilakukan mengenai pembuatan AMC ini. Penelitian pertama meneliti tentang perilaku korosi dan struktur mikro dari AMC (Shankar & Harichandran, 2019). Pada penelitian ini AMC dibuat dengan menggunakan 2 metode yang berbeda yaitu teknik gravity casting, dan squeeze casting. Teknik gravity casting adalah proses penuangan logam cair ke dalam cetakan dengan dibantu pengaruh gaya gravitasi sedangkan squeeze casting adalah kombinasi proses pengecoran dan

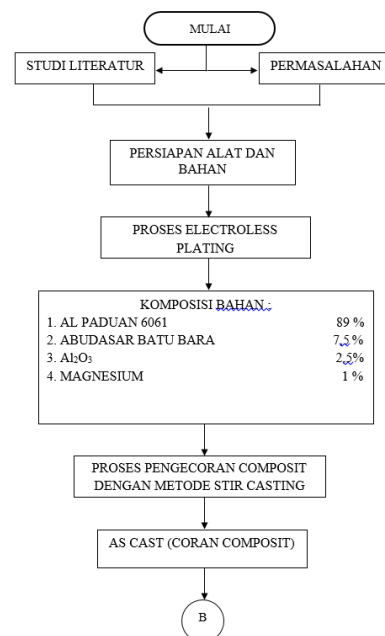
penempaan yang dilakukan dengan bantuan tekanan pada logam semi padat.

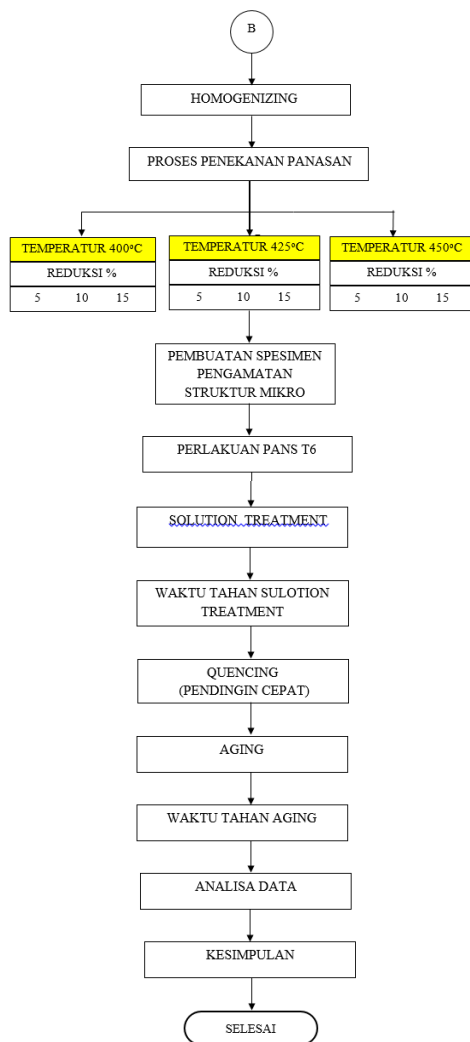
Hasil menunjukkan bahwa squeeze casting menghasilkan struktur logam yang lebih homogen. Walaupun begitu, efek pemakaian dari abu dasar batu bara adalah adanya peningkatan korosi lokal (pitting corrosion) jika dibandingkan dengan alumunium tanpa adanya abu batu bara. Tidak hanya faktor tersebut, faktor lain seperti pembentukan pori-pori sebagai akibat dari cacat pada pengecoran dan kandungan silicon yang lebih tinggi sebagai akibat dari hasil reaksi antara alumunium dan silica, juga menentukan peningkatan korosi local pada logam tersebut.

Dari penelitian tersebut dapat dilihat bahwa abu batu bara merupakan penguat yang bagus untuk material komposit. Pengaruh bahan tersebut terhadap sifat termal, kekerasan, kekuatan tarik telah dijabarkan sebelumnya. Dari sini didapatkan ide untuk menguji pengaruh bahan penguat abu batu bara terhadap penekanan panas dan reduksi ketebalan pada AMC yang telah dibuat. Pengaruh ini akan diteliti dengan melihat struktur mikro dari bahan material komposit yang telah tersebut.

PROSEDUR EKSPERIMEN

Prosedur eksperimen yang digunakan sesuai dengan diagram pada Gambar 1 di bawah ini.





Gambar 1. Diagram Alir Eksperimen

Di dalam proses yang ditunjukkan pada Gambar 1 di atas, ada beberapa proses yang harus dilaksanakan proses tersebut adalah sebagai berikut:

Penimbangan Bahan Komposit

1. Menyiapkan alat timbangan dan bahan yang akan ditimbang.
2. Mengkalibrasi timbangan agar mendapatkan hasil yang akurat.
3. Menimbang bahan sesuai dengan komposisi yang ditentukan.
 - a. abu dasar batu bara : 7,5 %
 - b. aluminium 6061 : 89 %
 - c. Al₂O₃ : 2,5 %
 - d. Magnesium : 1 %

4. Menimbang setiap jenis bahan yang akan ditentukan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.
5. Membungkus dan memberi label atau tanda pada setiap jenis bahan yang sudah ditimbang agar tidak tertukar.

Elektroless Plating

1. Menimbang massa komposisi bahan seperti: abu dasar batu bara, aluminium oksida dan magnesium, dan serbuk aluminium harus sesuai dengan kapasitas gelas erlenmayer dan pengaduk magnetic stirrer.
2. Melakukan kalsinasi pada abu dasar batubara dengan temperature 100°C dengan waktu tahan 3 jam.
3. Menakar larutan HNO₃ konsentrasi 65% sebanyak 120 ml.
4. Proses electroless plating :
 - a) Campurkan abu dasar batu bara, aluminium murni dan HNO₃ konsentrasi 65% yang sudah ditimbang/ditakar, kedalam gelas erlenmayer secara berurutan.
 - b) Nyalakan pemanas kompor magnetic.
 - c) Letakkan diatas kompor magnetic dan atur sampai temperatur 100°C.
 - d) Diaduk sampai merata selama 5 menit dengan menggunakan magnetic stirrer.
 - e) Masukkan magnesium secara perlahan sambil diaduk selama 1 jam sampai larutan agak mengering dengan temperatur 100°C.
 - f) Proses oksidasi dengan cara dikeringkan didalam oven pada temperatur 100°C selama 1 jam.

Stir Casting

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk proses pengecoran.
2. Menyalakan burner untuk proses pemanasan.
3. Masukkan aluminium 6061 kedalam tungku peleburan.
4. Panaskan aluminium 6061 kedalam tungku pelebur sampai titik cair 660°C.
5. Setelah sampai temperatur 660°C, tambahkan abu dasar batu bara yang

sudah dielectroless plating, magnesium, dan serbuk aluminium oksida kedalam aluminium 6061 yang sudah cair ini secara perlahan dengan komposisi massa bahan yang sudah disiapkan sebelumnya sambil diaduk secara merata.

6. Sebelum cairan dituangkan kedalam cetakan, panaskan cetakan terlebih dahulu agar tidak terjadi porositas pada logam yang akan dituangkan.
7. Setelah temperatur mencapai 725°C tuang logam cair kedalam cetakan.
8. Setelah membentuk coran komposit (As-Cast) yang padat cetakan dilepas dan didinginkan pada suhu kamar.
9. Dilakukan secara bertahap

Homogenezing

1. Siapkan alat dan bahan.
2. Nyalakan oven dan putar knob pada suhu 125° C.
3. Masukkan coran ke dalam oven.
4. Bila suhu coran sudah 125° C tunggu hingga 120 menit.
5. Keluarkan dari oven dan biarkan pada suhu ruang.

Perlakuan Panas T6

1. Panaskan (solution treatment) specimen uji.
2. Tempertaur ditahan pada 540°C selama 2 jam.
3. Didinginkan secara cepat (quenching) dengan media pendingin air garam.
4. Setelah itu dipanaskan kembali (aging) dengan temperature dan waktu yang telah ditentukan.
5. Kemudian didinginkan secara normal sampai temperature kamar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Hot Press




Spesimen awal pada proses pembentukan hot press memiliki dimensi 50 mm x 50 mm x 50 mm. Hot Press dilakukan untuk mengurangi reduksi panjang lebar dan tebal. Pada awalnya spesimen yang terbentuk saat proses casting adalah seperti pada Gambar 2 di bawah ini















Gambar 2. Spesimen awal proses penekanan panas

Setelah dilakukan hot press maka terjadi pengurangan ukuran seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini:

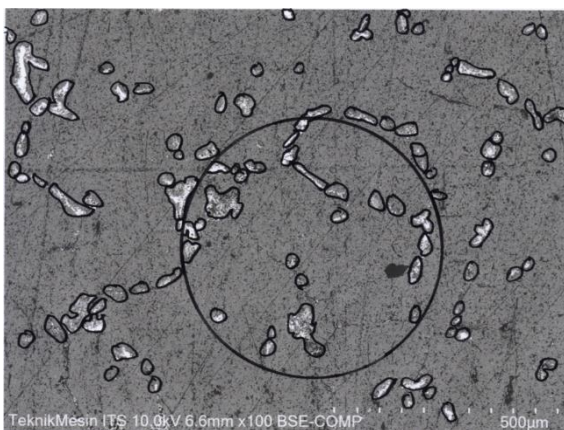
Tabel 1. Hasil Hot Press

No.	Spesimen	Dimensi Spesimen		
		Panjang	Lebar	Tebal
1.	Temperatur 400°C Reduksi 5%	48,1 mm 	42,7 mm 	27,2 mm 
2.	Temperatur 400°C Reduksi 10%	47,3mm 	42,2mm 	26,6mm 
3.	Temperatur 400°C Reduksi 15%	46,7mm 	43,3mm 	25,5mm 
4.	Temperatur 425°C Reduksi 5%	47,5mm 	42,6mm 	27,4mm 
5.	Temperatur 425°C Reduksi 10%	47,7mm 	42,4mm 	26,3mm 

6.	Temperatur 425°C Reduksi 15%	45,5mm 	42,7mm 	26,4mm 
7.	Temperatur 450°C Reduksi 5%	46,6mm 	41,7mm 	27,5mm 
8.	Temperatur 450°C Reduksi 10%	45,4mm 	42,4mm 	26,5mm 
9.	Temperatur 425°C Reduksi 15%	46,1mm 	43,2mm 	26,7 

Hasil Uji SEM

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui bentuk ukuran butiran yang terjadi. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 3. Struktur mikro specimen A1

Diketahui : $n_1 = 9 ; n_2 = 2 ; f = 2 ; m = 100$

$$(N_a) = f \left(n_1 + \frac{n_2}{2} \right)$$

$$(N_a) = 2 \left(9 + \frac{2}{2} \right)$$

$$(N_a) = 20$$

$$G = [3,32 \log_{10}(n_a)] - 2,95$$

$$G = [3,32 \log_{10}(20)] - 2,95$$

$$G = 1,369$$

Perhitungan yang dihasilkan diinterpolasi untuk mencari nilai tengah, dari tabel ASTM E112 diketahui nilai :

$$x_1 = 1,0 \quad y_1 = 254$$

$$x_2 = 1,5 \quad y_2 = 213,6$$

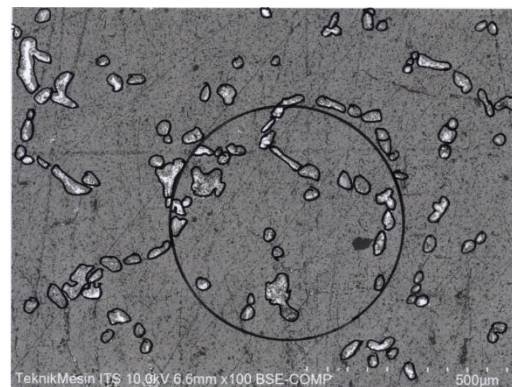
$$x = 1,369 \quad y = ?$$

$$\text{Nilai } y = y_1 + \frac{x-x_1}{x_2-x_1} (y_2 - y_1)$$

$$y = 254 + \frac{1,369 - 1,10}{1,5 - 1,0} (213,6 - 254)$$

$$y = 254 + \frac{0,369}{0,5} \cdot (40,4) = 224,18 \text{ mm}$$

Dari Tabel ASMT E-112 nilai $G = 1,369$ diperoleh rata-rata butiran sebesar = 224,18



Gambar 4. Struktur mikro specimen A2

Diketahui : $n_1 = 21 ; n_2 = 5 ; f = 2 ; m = 100$

$$(N_a) = f \left(n_1 + \frac{n_2}{2} \right)$$

$$(N_a) = 2 \left(21 + \frac{5}{2} \right)$$

$$(N_a) = 47$$

$$G = [3,32 \log_{10}(n_a)] - 2,95$$

$$G = [3,32 \log_{10}(47)] - 2,95$$

$$G = 2,601$$

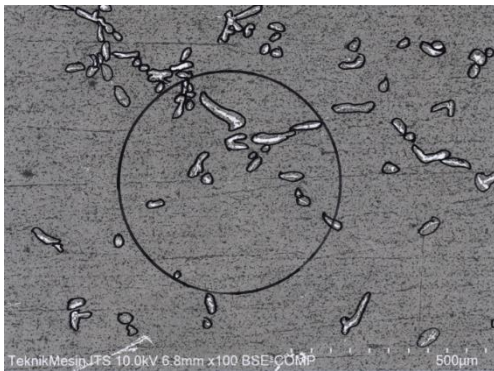
Perhitungan yang dihasilkan diinterpolasi untuk mencari nilai tengah, dari tabel ASTM E112 diketahui nilai :

$$\begin{aligned} x_1 &= 2,5 \quad y_1 = 151 \\ x_2 &= 1,5 \quad y_2 = 127 \\ x &= 1,369 \quad y = ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } y &= y_1 + \frac{x-x_1}{x_2-x_1}(y_2 - y_1) \\ y &= 151 + \frac{2,601 - 2,5}{3,0 - 2,5} (127 - 151) \end{aligned}$$

$$y = 151 + \frac{0,101}{0,5} \cdot (-24) = 146,15 \text{ mm}$$

Dari Tabel ASMT E-112 nilai $G = 2,601$ diperoleh rata-rata butiran sebesar = 146,15 mm



Gambar 5. Struktur Mikro specimen A3

Diketahui : $n_1 = 16 ; n_2 = 3 ; f = 2 ; m = 10$

$$(N_a) = f \left(n_1 + \frac{n_2}{2} \right)$$

$$(N_a) = 2 \left(16 + \frac{3}{2} \right)$$

$$(N_a) = 35$$

$$G = [3,32 \log_{10}(n_a)] - 2,95$$

$$G = [3,32 \log_{10}(35)] - 2,95$$

$$G = 2,176$$

Perhitungan yang dihasilkan diinterpolasi untuk mencari nilai tengah, dari tabel ASTM E112 diketahui nilai :

$$\begin{aligned} x_1 &= 1,0 \quad y_1 = 179,6 \\ x_2 &= 1,5 \quad y_2 = 151 \\ x &= 1,369 \quad y = ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } y &= y_1 + \frac{x-x_1}{x_2-x_1}(y_2 - y_1) \\ y &= 179,6 + \frac{2,176 - 2,0}{2,5 - 2,0} (151 - 176,6) \end{aligned}$$

$$y = 179,6 + \frac{0,176}{0,5} \cdot (-28,6) = 169,53 \text{ mm}$$

Dari Tabel ASMT E-112 nilai $G = 2,176$ diperoleh rata-rata butiran sebesar = 169,53mm

Jika kesemuanya diuji maka didapatkan hasil seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Uji SEM

No.	Kode Spesimen	Ukuran Butir (μm)
1	A1 (as-cast)	224,18
2	A2 (400 °C ; 5% + T6)	146,15
3	A3 (400 °C ; 10% + T6)	169,53
4	A4 (400 °C ; 15% + T6)	154,49
5	A5 (425 °C ; 5% + T6)	139,14
6	A6 (425 °C ; 10% + T6)	176,91
7	A7 (425 °C ; 15% + T6)	154,49
8	A8 (450 °C ; 5% + T6)	179,54
9	A9 (450 °C ; 10% + T6)	132,76
10	A10 (450 °C ; 15% + T6)	149,128
11	A11 (400 °C ; 15%)	176,91
12	A12 (425 °C ; 15%)	146,15
13	A13 (450 °C ; 15%)	97,96

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material komposit pada penelitian ini menggunakan bahan utama berupa aluminium dan bahan pengikat berupa abu dasar batu bara.
2. Pengujian struktur mikro ini diukur dengan pada saat temperatur menunjukkan angka 400°C, 425°C, 450°C pada saat tahap hot press. Hasil dari pengujian struktur mikro menunjukkan

bahwa ikatan menggunakan abu dasar batu bara sangat baik untuk dibuat menjadi unsur pengikat di dalam material komposit pada suhu yang berbeda-beda pada tahap hot press.

Saran yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Adanya tambahan bahan pengikat lagi selain abu dasar batu bara sehingga kualitas material komposit akan semakin baik.
2. Pengujian struktur mikro dapat dilakukan pada saat tahapan hot press dalam rentang suhu yang agak jauh sehingga dapat menggambarkan karakteristik bahan komposit secara umum.

PENGHARGAAN

Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan sarana dan prasarana dalam menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- Dwivedi, S. P., Srivastava, A. K., Maurya, N. K., & Maurya, M. (2019). Microstructure and Mechanical Properties of Al 6061/Al₂O₃/Fly-Ash Composite Fabricated Through Stir Casting. *Annales de Chimie: Science Des Materiaux*, 43(5), 341–348. <https://doi.org/10.18280/acsm.430510>
- Efzan, M. N. E., Syazwani, N. S., & Abdullah, M. M. A. B. (2016). Microstructure and Mechanical Properties of Fly Ash Particulate Reinforced in LM6 for Energy Enhancement in Automotive Applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 133(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/133/1/012046>
- Fajri, R., Tarkono, T., & Sugiyanto, S. (2013). Studi Sifat Mekanik Komposit Serat *Sansevieria Cylindrica* Dengan Variasi Fraksi Volume Bermatrik Polyester. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin FEMA*, 1(2), 97963.
- Jumiadi, H. (2006). Pengaruh Temperatur Infiltrasi Pada Pembuatan Komposit Zn + MgO. *Transmisi*, 2(1), 129–140.
- Kartini, R., Darmasetiawan, H., Karo, A., & Sudirman. (2002). Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 3(3), 30–38.
- Kurniawan, O., Wirawan, W. A., & Zulkarnain, A. (2019). Pengembangan Material Ringan Serat Gelas Pada Industri Kereta Api. *Jurnal Transportasi*, 19(3), 187–194.
- Kushnoore1, S., Atgur1, V., Kanigalpula2, P. K. C., & N. Kamitkar1, P. S. (2019). Experimental Investigation on Thermal Behavior of Fly Ash Reinforced Aluminium Alloy (Al6061) Hybrid Composite S. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 13(3), 5588–5603.
- Maryanti, B., Sonief, A. A., & Wahyudi, S. (2011). Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2(2), 123–129.
- Muhajir, M., Mizar, M. A., & Sudjimat, D. A. (2016). Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matriks Resin Berpenguat Serat Alam Dengan Berbagai Varian Tata Letak. *Jurnal Teknik Mesin*, 24(2), 1–8.
- Murthy, I. N., Babu, N. A., & Rao, J. B. (2014). Comparative Studies on Microstructure and Mechanical Properties of Granulated Blast Furnace Slag and Fly Ash Reinforced AA 2024 Composites. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 2(4), 319–333. <https://doi.org/10.4236/jmmce.2014.24037>
- Shankar, S., & Harichandran, S. (2019). Aluminium alloy reinforced with fly ash: Techniques and particle size. *Jurnal Tribologi*, 23(4), 13–37.
- Yani, M., & Lubis, F. (2018). Pembuatan dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Komposit Diperkuat Serat Limbah Plastik Akibat Beban Lentutan. *Jurnal Ilmiah Mekanik*, 4(2), 77–84.