

PENGARUH PERSENTASE BERAT SERBUK SiC TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN *BENDING* KOMPOSIT DENGAN MATRIK AlSiTiB YANG DIPERKUAT SERBUK SiC

*Sulardjaka, Sri Nugroho, Deri Dagi Wacono

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: sulardjaka@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti pengaruh % berat serbuk SiC terhadap kekerasan dan kekuatan *bending* material komposit AlSiTiB yang diperkuat dengan serbuk silikon karbida (SiC). Penelitian dilakukan dengan variasi persentase serbuk SiC: 2,5%, 5% dan 7,5 % berat. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *semi solid stir casting*. Metode ini dipilih agar terjadi pencampuran antara matrik dengan penguat pada suhu *semisolid*. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell sedangkan uji *bending* dilakukan dengan metode *four point bending*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, semakin tinggi persentase berat serbuk SiC semakin meningkat kekerasan dan kekuatan *bending* material komposit.

Kata kunci: Aluminium, *Metal Matrix Composit*, *semi solid stir casting*, TiB

1. PENDAHULUAN

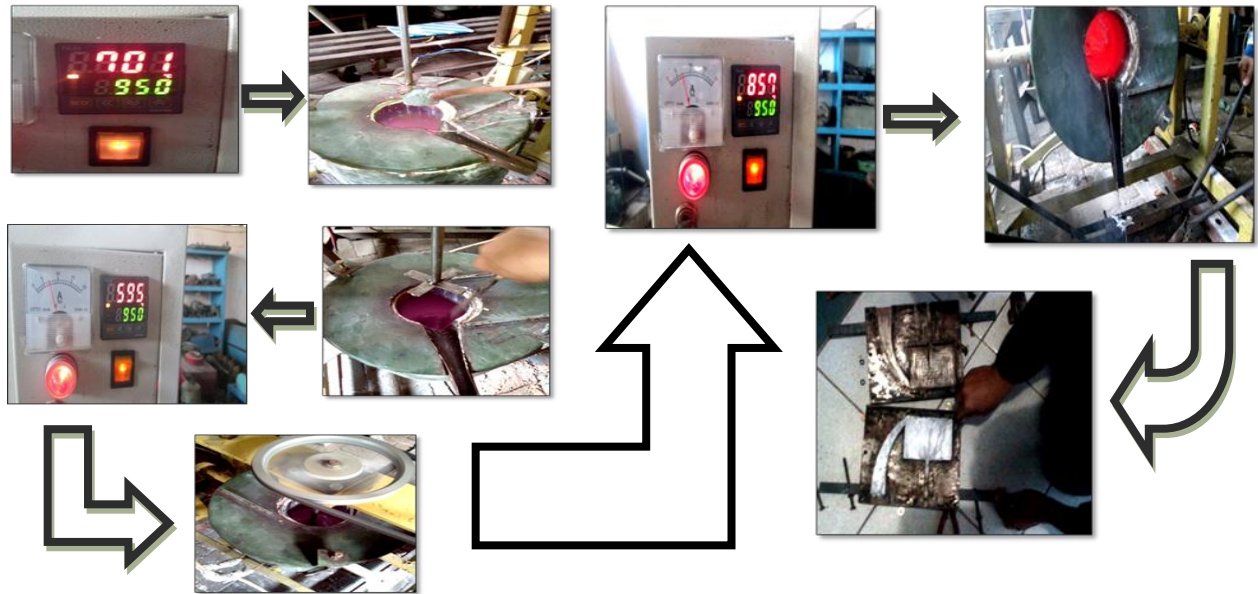
Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, banyak dilakukan penelitian untuk memenuhi kebutuhan manusia yang makin kompleks. Salah satu penelitian yang banyak dikembangkan salah satunya adalah ilmu bahan. Untuk memenuhi tuntutan desain, saat ini banyak diteliti dan dikembangkan material komposit. Material komposit banyak digunakan sebagai material dasar komponen produk otomotif seperti roda gigi, rem cakram dan komponen produk otomotif yang lainnya [1,2]. Material komposit menarik untuk dikaji karena memiliki beberapa sifat keunggulan ditinjau dari sifat mekanik ataupun sifat fisiknya. Material komposit yang sekarang banyak diteliti dan dikembangkan adalah komposit dengan matrik logam aluminium. Sifat mekanis logam aluminium monolitik dapat ditingkatkan dengan proses presipitasi atau dengan menambahkan penguat. Penguat yang ditambahkan dapat berupa serat kontinyu, serat pendek, *whisker* atau partikulat. Penambahan SiC sampai 15 %, meningkatkan kekerasan komposit *Aluminum Metal Matrix Composite* (AMMC) dan meningkatkan ketahanan aus. Kekerasan mikro pada daerah yang dekat dengan partikel SiC meningkat hingga mendekati kekerasan SiC [3]. Partikel SiC dapat meningkatkan kekerasan bahan komposit AMMC, peningkatan fraksi volume dari 10 % menjadi 20 % juga meningkatkan kekerasan bahan komposit [4]. Pada pengujian keausan Al 6061 dan Al 6061 yang diperkuat dengan SiC *wisker* dengan fraksi volume 25 %, penambahan SiC_w menyebabkan terbentuknya *thin surface layer*. Penambahan SiC_w dapat meningkatkan ketahanan aus Al 6061 pada temperatur kamar maupun pada lingkungan dengan temperatur sampai dengan 300 °C [5]. Peningkatan fraksi volume dan ukuran partikel SiC menurunkan kekuatan *low cycle fatigue* komposit AMMC namun peningkatan fraksi volume pada ukuran partikel yang lebih halus dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan *low cycle fatigue* [6]. Penambahan partikel silikon karbida, dapat meningkatkan ketangguhan bahan aluminium 6063 [7].

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam pembuatan komposit dengan matrik logam dengan penguat partikulat. Pembuatan MMC dengan penguat serbuk (partikulat) dapat dilakukan dengan berbagai metode, yaitu : pengecoran konvensional, *stir casting*, *squeeze casting*, *powder metallurgy* dan *pressure infiltration* [8]. Pada penelitian ini, akan dilakukan pengembangan komposit Al-Si-TiB/SiCp dilakukan dengan proses *stir casting*. Metode *stir casting* dipilih, karena metode ini lebih ekonomis dibandingkan dengan metode yang lain [9].

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti karakteristik AlSi yang ditambahkan unsur *grain refiners* TiB pada variasi persentase berat serbuk SiC. Karakteristik bahan komposit yang diteliti adalah densitas, porositas, kekerasan, kekuatan *bending* dan struktur mikro bahan komposit.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan aluminium yang telah ditimbang sesuai dengan variasi yang diinginkan, kemudian dimasukkan dalam kowi peleburan (tungku elektrik). Temperatur di dalam tungku dikontrol dengan memasang alat termokontrol. Setelah aluminium melebur (temperatur 700 °C *master alloy* AlTiB dimasukkan ke dalam tungku. Temperatur dapur peleburan kemudian diturunkan ke temperatur *semisolid* (595 °C) kemudian partikel SiC dimasukkan ke dalam dapur peleburan. Kemudian dilakukan pengadukan, pengaduk digerakkan dengan motor listrik dan diatur kecepatan putarnya pada 400 rpm. Proses pengadukan dilakukan selama 15 menit, kemudian dilakukan penuangan ke cetakan pada suhu tuang berkisar 857 °C. Proses *stir casting* secara skematik ditunjukkan pada Gambar 1. Proses ini menghasilkan produk hasil cor AlSiTiB/SiC seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

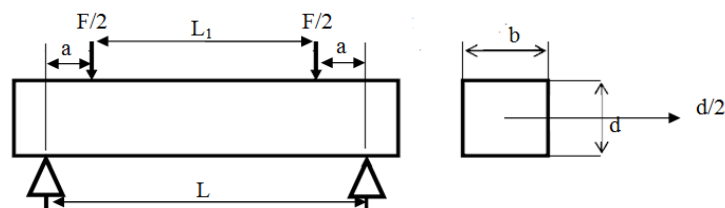


Gambar 1. Proses stir casting AlSiTiB/SiC.



Gambar 2. Spesimen hasil pengecoran.

Pengujian *bending* dilakukan dengan metode *four point bending*, yang secara skematik ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Uji four point bending.

Tegangan *bending* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M.c}{I} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{\frac{F.a}{2} \cdot \frac{d}{2}}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot d^3} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{3 \cdot F.a}{b \cdot d^2} \quad (3)$$

keterangan:

- σ : tegangan normal maximum (Mpa)
- M : momen lentur (N.mm)
- c : jarak titik berat spesimen ke permukaan
- I : momen Inersia
- F : beban/ load (N)
- a : selisih jarak L-L₁ (mm)
- L : panjang span/tumpuan bawah (mm)
- b : lebar spesimen (mm)
- d : tebal spesimen (mm)

Kekerasan bahan komposit diuji dengan metode kekerasan *Rockwell B*. Pengujian densitas dilakukan dengan metode Archimedes, densitas teoritis dihitung berdasarkan *rule of mixture* sesuai dengan persamaan (4). Untuk melihat perbedaan porositas pada bagian yang berbeda dari komposit, pengujian densitas dilakukan pada bagian bawah dan tengah dari produk hasil pengecoran. Porositas bahan komposit dihitung dengan persamaan (5).

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{Si} \cdot V_{Si} \tag{4}$$

keterangan :

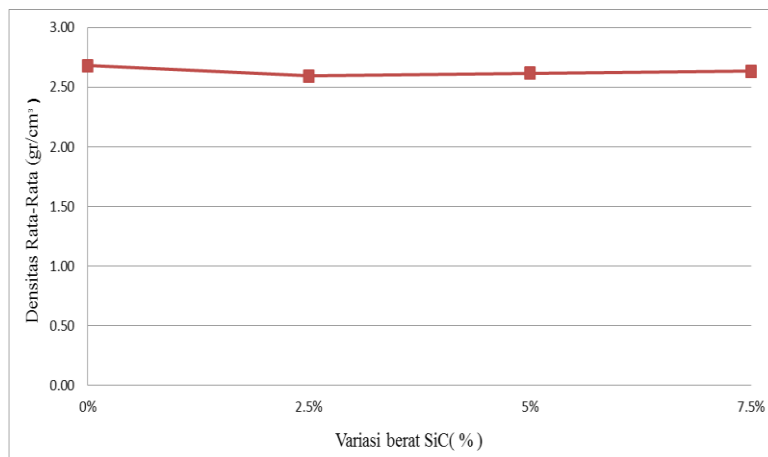
- ρ_{th} : densitas teoritis (gram/cm³)
- ρ_{Al} : densitas Al (gram/cm³)
- ρ_{Si} : densitas Si (limbah *geothermal*) (gram/cm³)
- V_{Al} : fraksi massa Al (gram)
- V_{Si} : fraksi massa limbah *geothermal* (gram)

$$P = \frac{D_{teoritis} - D_{aktual}}{D_{teoritis}} \times 100\% \tag{5}$$

keterangan :

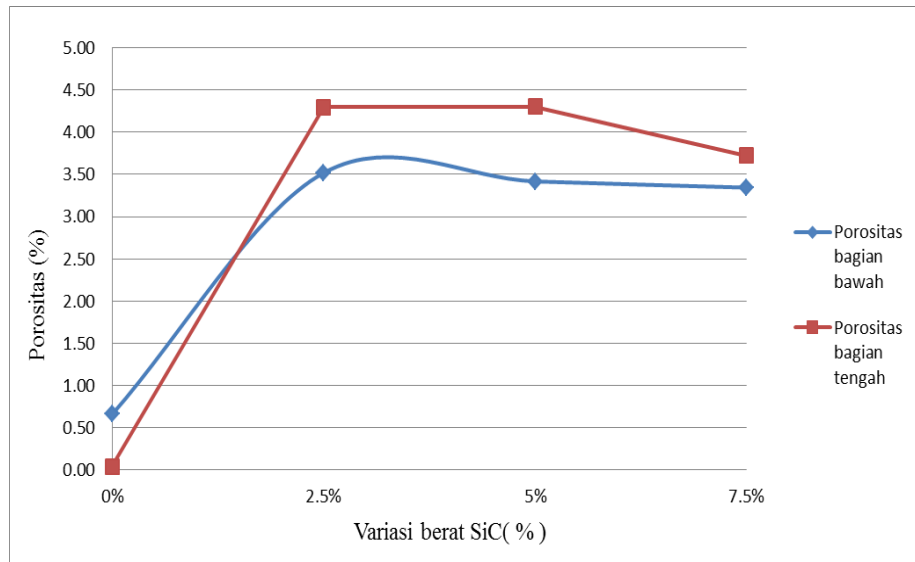
- P : porositas (%)
- D teoritis : densitas teoritis (gr/cm³)
- D aktual : densitas aktual (gr/cm³)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



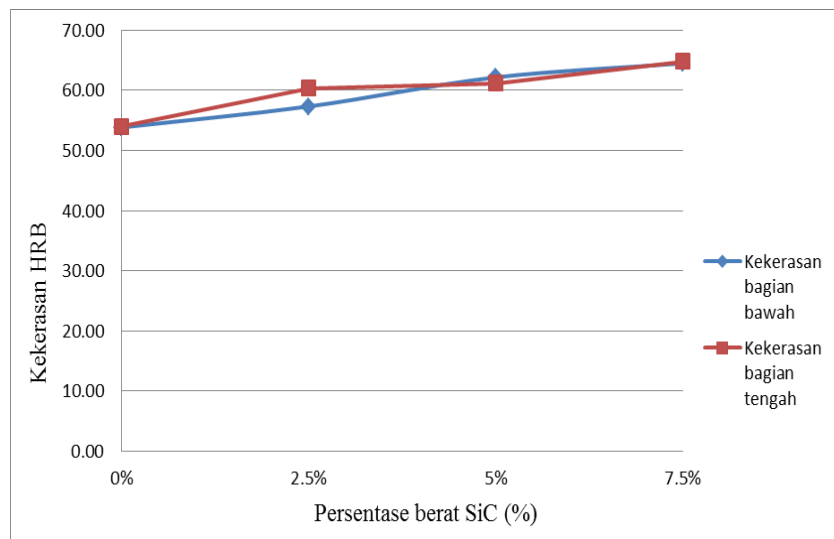
Gambar 4. Grafik hubungan densitas dengan berbagai macam variasi % berat SiC

Gambar 4 menunjukkan nilai densitas bahan komposit pada variasi % berat SiC: 2,5; 5 dan 7,5. Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan densitas yang signifikan, seiring dengan meningkatnya variasi % berat SiC dari 2,5% berat ke 7,5 % berat. Hal ini disebabkan perbedaan massa jenis antara logam aluminium dengan serbuk SiC yang kecil serta adanya porositas pada komposit hasil *stir casting* seperti ditunjukkan ada Gambar 5.



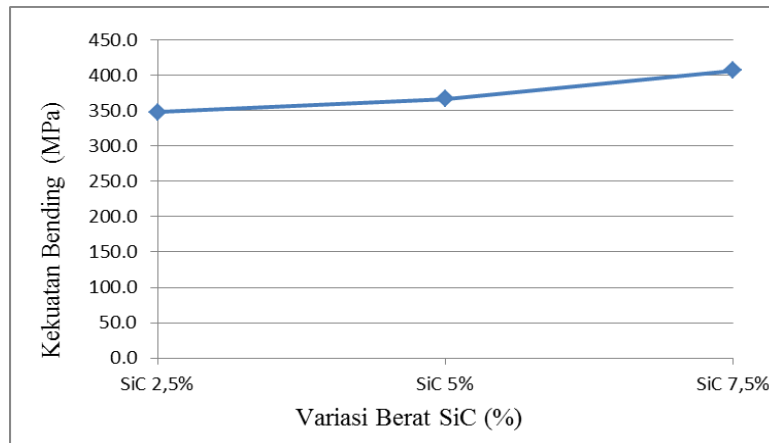
Gambar 5. Grafik porositas pada berbagai variasi % berat SiC untuk bagian tengah dan bawah hasil pengecoran

Grafik porositas yang dihasilkan oleh spesimen berbagai bagian produk hasil cor ditunjukkan pada Gambar 5. Grafik menunjukkan bahwa nilai porositas tertinggi terdapat pada berat SiC 2,5% dan 5% bagian tengah dengan nilai porositas sebesar 4,3%. Porositas pada bagian bawah cenderung lebih rendah dibanding dengan pada bagian tengah.



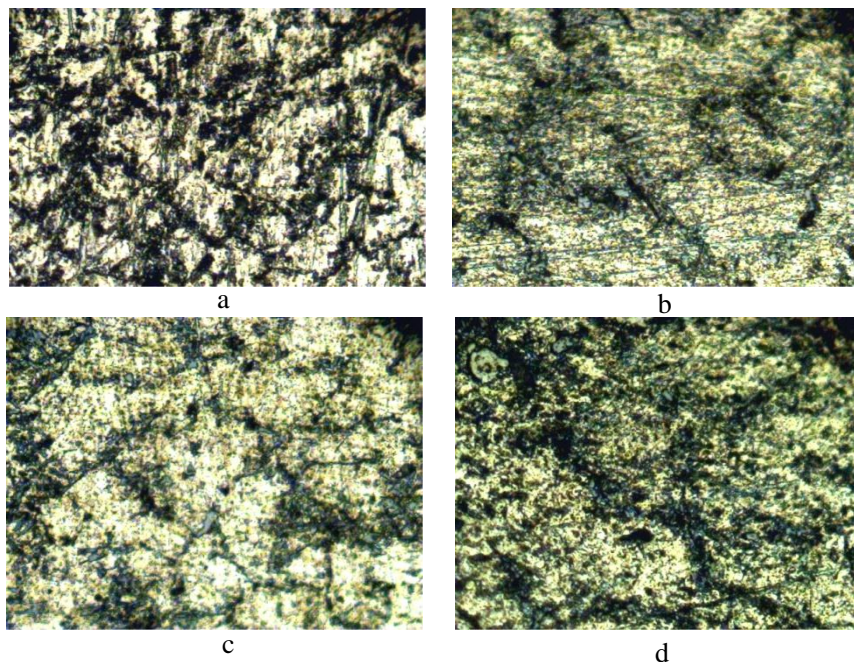
Gambar 6. Grafik hubungan nilai kekerasan pada variasi % berat SiC

Hasil pengujian kekerasan komposit ditunjukkan pada Gambar 6. Grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa perbedaan pengambilan spesimen uji kekerasan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekerasan. Kekerasan diseluruh bagian komposit dapat diasumsikan homogen. Nilai tertinggi pada komposit dengan penguat SiC 7,5% berat. Bahan komposit tanpa penguat memiliki nilai kekerasan terkecil sebesar 53,8 HRB. Nilai kekerasan yang semakin meningkat pada seiring banyaknya berat SiC yang diberikan membuktikan bahwa semakin besar persentase berat SiC maka semakin besar pula nilai kekerasannya.

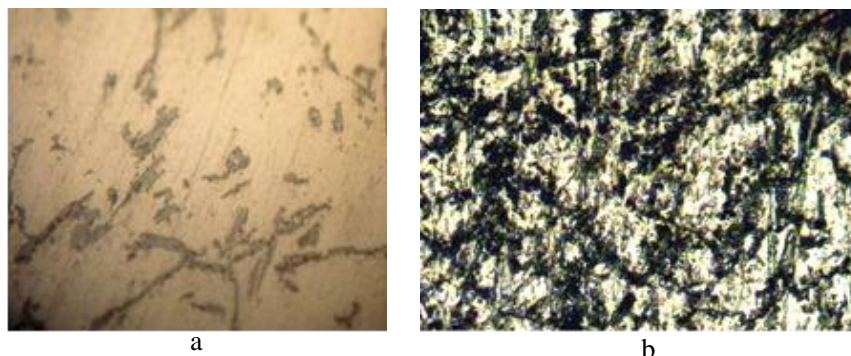


Gambar 7. Grafik kekuatan *bending* pada berbagai variasi % berat SiC

Gambar 7 menunjukkan kekuatan *bending* maksimal yang dicapai oleh komposit AlSiTiB-SiC. Grafik tersebut menunjukkan bahwa kekuatan *bending* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan berat SiC. Kekuatan *bending* terbesar terdapat pada persentase berat variasi SiC 7,5% dengan rata-rata sebesar 622,5 MPa. Dan kekuatan *bending* terkecil terdapat pada persentase berat SiC 2,5% dengan rata-rata sebesar 497 MPa. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak SiC yang diberikan akan semakin besar pula kekuatan *bending*-nya.



Gambar 8. a) Hasil mikrografi SiC 0% perbesaran 200x, b) Hasil mikrografi SiC 2,5% perbesaran 200x, c) Hasil mikrografi 5% perbesaran 200x, d) Hasil mikrografi SiC 7,5% perbesaran 200x.



Gambar 9. a) Hasil uji mikrografi AlSi tanpa menggunakan AlTiB dan SiC 0% perbesaran 200x
b) Hasil uji mikrografi AlSi dengan menggunakan AlTiB perbesaran 200x.

Sruktur mikro komposit AlSiTiB/SiC dengan variasi % berat SiC ditunjukkan pada Gambar 8. Terlihat jelas banyaknya jumlah SiC yang bertambah sesuai dengan naiknya persentase berat SiC yang digunakan dan SiC dapat tersebar secara merata sehingga perbedaan nilai kekerasan dan densitas pada setiap daerah pengujian tidak berbeda secara signifikan. Struktur mikro pada Gambar 9a) dan 9b) menunjukkan perbedaan besar butir yang terdapat pada AlSi tanpa AlTiB dan AlSi yang ditambahkan TiB. Besar butir pada Gambar 9a) terlihat besar dibandingkan pada Gambar 9b), hal ini disebabkan oleh fungsi TiB sebagai penghalus butir (*grain refinement*).

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil pengujian densitas dan perhitungan porositas pada komposit aluminium yang diperkuat SiC menunjukkan nilai porositas tertinggi terdapat pada berat SiC 2,5% dan 5% bagian tengah dengan nilai porositas sebesar 4,3%. Tidak ditemukan perbedaan signifikan yang menunjukkan bahwa SiC tersebar secara merata.
- b. Hasil uji kekerasan pada komposit aluminium yang diperkuat SiC menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi pada komposit dengan penguat SiC 7,5% berat sebesar 64,8 HRB. Nilai terkecil ditunjukkan pada variasi berat SiC 0% sebesar 53,8 HRB. Dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan yang semakin meningkat seiring semakin banyaknya % berat SiC.
- c. Hasil uji *bending* pada komposit aluminium yang diperkuat SiC menunjukkan kekuatan *bending* terbesar terdapat pada persentase berat variasi SiC 7,5% dengan rata-rata sebesar 622,5 MPa. Dan kekuatan *bending* terkecil terdapat pada persentase berat SiC 2,5% dengan rata-rata sebesar 497 MPa.
- d. Hasil mikrografi membuktikan bahwa terjadinya *grain refinement* yang disebabkan oleh penambahan TiB untuk matrik komposit.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Ditlitabmas Dikti) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah mendanai kegiatan penelitian ini melalui skim dana penelitian Hibah Tim Pascasarjana tahun 2014 melalui Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Diponegoro Nomor DIPA – 023.04.02.189185/2014 tanggal 05 Desember 2013.

6. Daftar Pustaka

- [1]. Zainuri, M., (2007), "Peningkatan *Wettability* Partikel Komposit Isotropik Al/SiC Dengan Pelapisan Elektrodes Metal Oksida Pada Partikel Penguat SiC," Seminar Fisika dan Aplikasinya 2007, Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- [2]. Pawar, P.B., Abhay, A., Utpat, 2014, Development of Aluminium Based Silicon Carbide Particulate Metal Matrix Composite for Spur Gear, *Procedia Materials Science* 6, pp : 1150 – 1156.
- [3]. Ramachandra, M., dan Radhakrishna, K., 2004, *Study of Abrasive Wear Behaviour Al-Si (12%)-SiC Metal Matrix Composite Synthesised Using Vortex Method*, International of Symposium of Research Students on Material Science and Engineering, Chennai – India, 20 – 22 Desember 2004.
- [4]. Tekmen, C., dan Cocen, U., 2003, *The Effect of Si and Mg on Age Hardening Behavior of Al – SiCp Composite*, *Journal of Composite Materials*, Vol. 37 (20), pp : 1791 – 1801.
- [5]. Ahn, J.J. dan Ochiai, 2002, *The Effect of Wear Environment Temperature on The Wear Behavior and Friction Coefficient of SiCw/Al Composite*, *Journal of Composite Materials*, Vol. 37 (12), pp : 1083 – 1093.
- [6]. Uygur, I., dan Kulekci, M.K., 2002, *Low Cycle Fatigue Properties of 2124 – SiCp Al Alloy Composites*, *Turkish J Eng. Env. Sci.* (26), pp : 265 – 274.
- [7]. Alaneme, K.K dan Aluko, A.O, 2012, Fracture toughness (K_{1C}) and tensile properties of as-cast and age-hardened aluminium (6063)–silicon carbide particulate composites, *Scientia Iranica A* 19 (4), pp : 992–996
- [8]. Chawla, N., dan Chawla, K.K, 2006, *Metal Matrix Composites*, Springer, New York
- [9]. Ahmad., Z., 2001, "Mechanical Behavior and Fabrication Characteristics of Aluminum Metal Matrix Composite Alloys", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 20(11), pp : 921 – 944.