

Pengaruh Kompaksi dan Kandungan Grafit Terhadap Karakteristik Mekanis Bantalan Luncur *Connecting Rod*

Ali Medi¹⁾, dan Djoko W. Karmiadjji²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang.

²⁾B2TKS – BPPT,
PUSPIPTEK, Setu – Serpong, Tangerang.

Abstract

Bearing is an important component in the automotive industry that is needed to be made of material having good properties. Aluminum graphite matrix composite becomes a selected tribology application in self-lubricating bearing. This composite has good wear resistance and low density compared with bronze bearing material so that gives more economical values. This research is done by the method of powder metallurgy with aluminum matrix composite material using an additive of 5% graphite weight fraction. Variable compactions (P) are 400 MPa, 500 MPa, 600 MPa and sintering temperature is 550⁰C, with variable holding times (HT) 1 hour, 2 hours and 3 hours. The study aims to analyze the effect of graphite content affecting the mechanical properties of aluminum graphite composite material. The test results show that the optimum condition of 5% graphite content is the density = 5.11 gr/cm³, the hardness = 54.449 HB, the compressive strength = 790 MPa, when P = 600 MPa and HT = 3 hours.

Keywords: *aluminium, komposit, serbuk, kompaksi, holding time.*

1. Pendahuluan

Pengembangan material komponen alat konstruksi dan pekasas khususnya bantalan diusahakan mempunyai sifat-sifat mekanik n yang lebih unggul dari sebelumnya, terutama keunggulan dalam hal penerapan diberbagai kondisi operasional. Salah satu tujuan terpenting dalam pengembangan material adalah menentukan apakah struktur dan sifat materialnya optimum sehingga daya tahan terhadap keausan maksimum.

Tujuan penelitian ini adalah mencari bahan atau material alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan bantalan luncur dan bahan tersebut mudah diperoleh dengan harga yang murah.

Aluminium merupakan material yang banyak digunakan pada berbagai komponen mesin terutama dalam bentuk paduan karena berbagai keunggulan sifatnya dibanding material lain. Beberapa keunggulan aluminium adalah tahan korosi, ringan, konduktifitas listrik baik, konduktifitas panas baik dan sifat dekoratif.

Serbuk aluminium sebagai matrik dan partikel grafit sebagai penguat, merupakan komposit logam yang dapat dibuat dengan metode metalurgi serbuk. Keuntungan metalurgi serbuk adalah pembuatan komponen relatif lebih murah, produk yang dihasilkan langsung dapat digunakan dengan sedikit proses permesinan dan dapat diproduksi dalam skala kecil maupun massal. Proses metalurgi serbuk umumnya menghasilkan porositas pada produknya, yang berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanisnya. Komposit yang dibuat dengan pengecoran mempunyai kendala yaitu sulit membuat komposit yang homogen, karena partikel penguat biasanya mengendap atau mengapung yang disebabkan perbedaan berat jenis.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi kompaksi 400 MPa, 500 MPa dan 600 MPa serta variasi waktu penahanan proses sinter 60 menit, 120 menit dan 180 menit pada pembentukan komposit logam Al/5%grafit terhadap sifat fisis dan mekanisnya tersebut, dengan proses metalurgi serbuk. Manfaat penelitian ini adalah untuk mendapatkan bahan

atau material alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan bantalan luncur dan bahan tersebut mudah diperoleh dengan harga yang murah, dimana karakteristik mekanisnya diperoleh melalui penelitian ini

2. Bantalan Luncur

Batang penggerak menghubungkan antara piston dan poros engkol, memindahkan daya piston, dan menggerakkan poros engkol. Batang penggerak mengubah gerakan bolak-balik menjadi gerakan putaran melalui poros engkol dan roda penggerak

Pada umumnya batang penggerak dibuat dari campuran baja, pada bagian atas terdapat bantalan kecil (bantalan luncur) yang lubangnya dipasang pena piston. Bagian bawah atau bantalan ujung besar dibentuk dan dikerjakan dengan memasang pena poros engkol. Rakitan bantalan ujung besar terbentuk dari penyatuan baut special bertegangan tinggi, setengah bagian bawah diketahui sebagai tutup bantalan (Daryanto, 1999).

Bantalan luncur seperti ditunjukkan pada contoh gambar 1 adalah suatu elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung dengan halus dan aman. Karena gesekannya yang besar pada saat mulai jalan, maka bantalan luncur memerlukan momen awal yang besar. Pelumasan pada bantalan ini tidak begitu sederhana, karena gesekan yang besar akan menimbulkan panas pada bantalan, sehingga memerlukan pendinginan khusus.



Gambar 1. Batang penggerak dan bantalan

Ada beberapa jenis bahan yang biasa digunakan sebagai lapisan pada rangka bantalan, yaitu paduan timah putih (*tin base alloy*) dan paduan timah hitam (*lead base alloy*). Paduan ini biasa disebut logam putih (*white metal*) atau logam babbitt. Logam babbitt ini relatif lunak, sehingga untuk meningkatkan kemampuannya dalam menumpu beban maka harus ditumpu oleh

rangka bantalan (*bearing shell*) yang lebih kuat. Rangka bantalan biasanya terbuat dari baja, besi cor atau paduan tembaga. Logam babbitt ini kemudian dilapiskan pada permukaan dinding dalam dari rangka bantalan dengan cara pengecoran, pengelasan, metal spray atau elektro plating. Lapisan babbitt ini harus dapat melekat dengan kuat pada rangka bantalan. Kekuatan ikatan antara logam babbitt dan rangka bantalan dapat dicapai dengan baik jika preparasi dari permukaan rangka bantalan dilakukan dengan sempurna.

Metalurgi serbuk adalah teknik pembentukan logam dalam keadaan padat, dimana bahan logam dibuat serbuk dengan ukuran partikel yang halus. Ukuran serbuk seperti halnya partikel yang halus, lebih besar dari asap (0,01-1 μm) lebih kecil dari pasir (0,1 – 3 mm) biasanya berukuran 25 - 200 μm . Diblending dan mixing terlebih dahulu. Proses pembentukan adalah bahan serbuk dimasukkan ke dalam cetakan (*die*) kemudian dilakukan kompaksi (*compaction*). Setelah dilakukan kompaksi serbuk membentuk *green body* yang sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. *Green body* tersebut kemudian disinter. Tujuannya adalah agar terjadi proses difusi antar partikel serbuk sehingga partikel akan menyatu, dan terbentuk logam yang padat. Proses metalurgi serbuk biasanya akan menghasilkan porositas didalam logam dan porositas tersebut akan berpengaruh pada berat jenisnya. Saat ini serbuk logam telah diproduksi dalam skala besar dan penggunaan sudah semakin luas, dimana masing-masing jenis bahan memiliki keunggulan tersendiri. Metalurgi serbuk mempunyai keunggulan dibanding proses produksi logam lainnya, baik keunggulan secara ekonomi maupun sifat-sifat fisik dan mekanisnya.

3. Metode Penelitian

Densitas teoritis dapat dihitung menggunakan persamaan *rule of mixture* (Ejiofor, et.al. 1997).

$$\rho_c = \rho_m \cdot v_{fm} + \rho_p \cdot v_{fp} \quad (1)$$

Dimana, ρ_c = densitas komposit (gr/cm^3), ρ_m = densitas matrik (gr/cm^3), ρ_p = densitas penguat (gr/cm^3), v_{fm} = fraksi volume matrik, v_{fp} = fraksi volume penguat.

Densitas aktual diuji menggunakan teori Archimedes (ASM,1990). Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM 373-88

$$\rho = \frac{W_{udara}}{(W_{udara} - W_{fluida})} \times \rho_{fluida} \quad (2)$$

Pengujian Kekerasan menggunakan standar ASTM E-10 adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mangalami pergesekan (*frictional force*) dan dinilai dari ukuran sifat mekanis material yang diperoleh dari deformasi plastis (deformasi yang diberikan dan setelah dilepaskan, tidak kembali ke bentuk semula akibat indentasi oleh suatu benda sebagai alat uji).

Pada dasarnya ada dua metode pokok pengukuran yaitu pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung. Pengukuran langsung adalah pengukuran yang dilakukan secara langsung dengan membandingkan sesuatu atau benda dengan besaran atau ukuran standar. Pada pengukuran langsung hasil pengukurannya dapat dibaca langsung pada alat ukur yang digunakan, beberapa alat ukur tersebut adalah surface tester dan dial indikator. Pengukuran tidak langsung adalah pengukuran yang menggunakan sistem kalibrasi dimana tidak digunakan standar ukuran secara langsung namun melibatkan beberapa komponen pengukuran yang merupakan satu sistem pengukuran.

Pengujian dilakukan dengan *metode pin on abrasive disc* dengan mengacu pada standar ASTM G-99-203. Laju keausan diukur dengan menghitung volume spesimen yang hilang akibat abrasi oleh disc yang berputar (92,1 rpm).

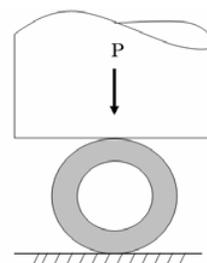
$$\text{volume}(\text{mm}^3) = \frac{\text{massa.loss}(\text{gr})}{\text{density}\left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right)} \times 1000 \quad (3)$$

Bushing merupakan sebuah komponen yang dapat dibuat dengan metode *powder metalurgy*. Untuk mengetahui kekuatan *bushing* dilakukan pengujian *radial crush strength* dengan standar pengujian ASTM E-9-89a. Skema pengujian *radial crush strength* dapat dilihat pada gambar 2

dan persamaan untuk menentukan *radial crush strength* adalah (Chu, et.al. 2001):

$$\sigma_r = \frac{P(D-T)}{LT^2} \quad (4)$$

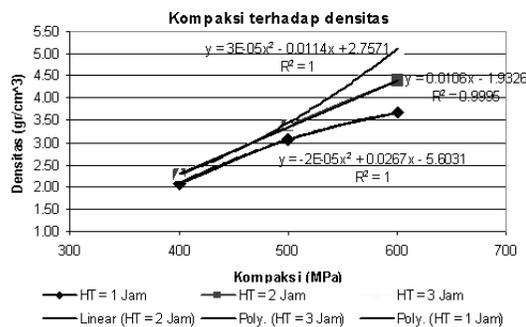
Dimana, *P* = beban maksimal (kg), *D* = diameter dalam (mm), *L* = panjang *bushing* (mm) dan *T* = tebal *bushing* (mm)



Gambar 2. Skema pengujian *radial crush strength* pada bantalan

4. Hasil dan Pembahasan

Densitas paduan aktual didapat dengan Teori *Archimedes Barsoum*, yaitu dengan cara menimbang paduan diudara (*W_{air}*) dengan cara digantung, kemudian di timbang dalam air (*W_{fluida}*) dengan cara dimasukkan ke dalam air. Pada saat penimbangan dalam air, berat paduan akan berkurang sebesar berat fluida air yang dipisahkan.



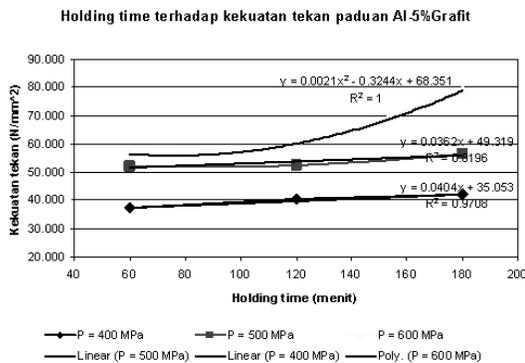
Gambar 3. Grafik hasil pengujian densitas terhadap kompaksi

Dari gambar 3 terlihat peningkatan nilai densitas seiring dengan peningkatan kompaksi dan *holding time* dimana densitas maksimum sebesar 5,11 gr/cm³ terdapat pada kompaksi 600 MPa dan *holding time* 3 jam dan densitas minimum terdapat pada *holding time* 1 jam pada kompaksi 400 MPa. Hal ini menunjukkan porositas yang terdapat pada spesimen sedikit sehingga kerapatan menjadi lebih

baik berarti proses pencampuran yang menggunakan *ball mill* dalam waktu 1 jam sudah baik.

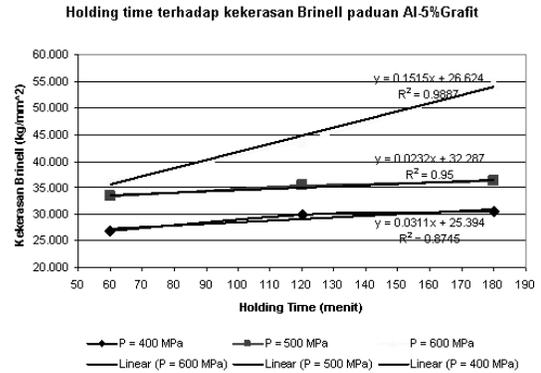
Kekuatan tekan dari spesimen didapat dengan cara melakukan uji tekan untuk mengetahui kekuatan maksimum dari benda uji tersebut untuk menahan tekanan atau beban hingga mengalami keruntuhan dan dinyatakan dalam satuan MPa. Nilai kuat tekan benda uji bisa digunakan untuk memperkirakan kekuatan besarnya beban yang akan diterima oleh benda uji tersebut. Standar pengujian digunakan adalah ASTM E-9-89a.

Dari gambar 4 didapat nilai kekuatan bushing (*Radial Crush Strength*) meningkat seiring dengan peningkatan *holding time* dan kompaksi, hal ini disebabkan spesimen semakin padat sehingga porositas sedikit, hal ini berhubungan dengan densitas yang semakin meningkat serta lamanya waktu penahanan proses pemanasan sampai waktu tertentu akan membuat spesimen semakin keras sampai kekuatan tertentu. Nilai kekuatan bantalan luncur optimum diperoleh pada kompaksi 600 MPa dan *holding time* 180 menit yaitu 78,994 kg/mm² (~790 MPa).



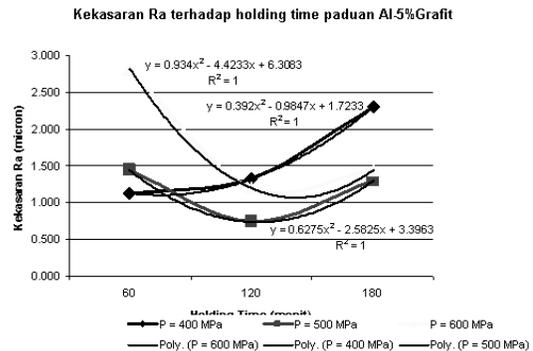
Gambar 4 Grafik hasil pengujian kekuatan tekan terhadap *holding time*

Dari hasil pengujian kekerasan diharapkan dengan tekanan kompaksi yang berbeda memberikan pengaruh terhadap kekerasan, yaitu dengan meningkatnya tekanan kompaksi dapat meningkatkan kekerasan. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian kekerasan, dimana kekerasan tertinggi pada komposit Al/5% berat grafit. Penambahan grafit cenderung menurunkan laju keausan, hal ini karena pengaruh dari sifat *self lubrication* (ASM,1990) grafit menurut *Hatching*. Standar Pengujian yang digunakan adalah ASTM E-10.



Gambar 5 Grafik hubungan *holding time* terhadap kekerasan Brinell

Dari gambar 5 terlihat nilai kekerasan meningkat seiring dengan peningkatan *holding time* dan kompaksi, dimana kekerasan maksimum diperoleh pada kompaksi 600 MPa dan *holding time* 180 menit adalah 54,449 HB, hal ini menunjukkan bahwa spesimen mempunyai densitas meningkat dengan meningkatnya kompaksi dan sedikit terdapat porositas sehingga spesimen menjadi keras.

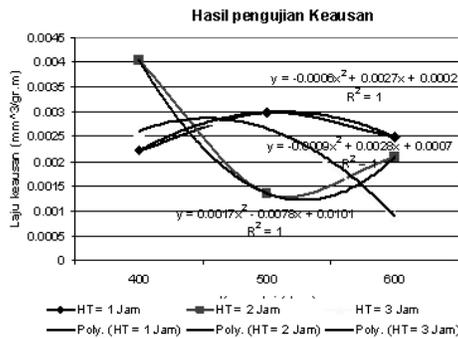


Gambar 6 Grafik hubungan *holding time* terhadap kekasaran

Dari gambar 6 menunjukkan nilai kekasaran terbesar adalah 2,819 μm pada *holding time* 60 menit dan kompaksi 600 MPa dan nilai kekasaran terendah adalah 0,741 μm pada *holding time* 120 menit dan kompaksi 500 MPa.

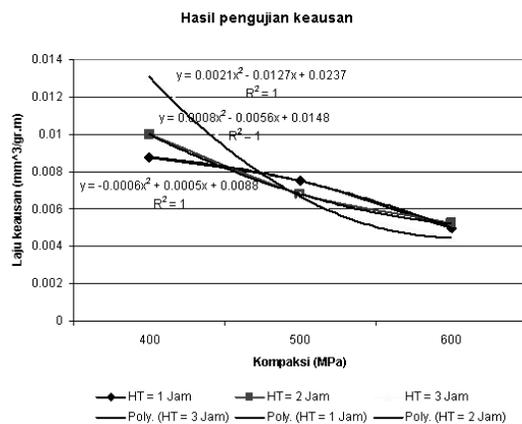
Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian bahwa faktor *holding time* dan kompaksi ikut menentukan nilai kekasaran permukaan bagian dalam dari bantalan luncur tersebut. Nilai kekasaran *Ra* untuk bahan yang ada di pasaran yaitu bantalan yang terbuat dari kuningan yaitu 0,648 μm, sedangkan untuk bantalan luncur yang terbuat dari bahan perunggu yaitu 1,503 μm,

dengan demikian menunjukkan bahwa nilai kekasaran untuk paduan Al-5%Grafit pada holding time 120 menit dan kompaksi 500 MPa menunjukkan nilai lebih rendah dari keduanya $0,593 < 0,741 < 1,503$ micron.



Gambar 7. Grafik hasil pengujian laju keausan sampel dilumasi oli

Uji keausan bertujuan untuk melihat nilai keausan dalam keadaan kering dan dilumasi dengan oli. Pengujian ini dilakukan dengan metode pin on abrasive disc dengan mengacu pada standar ASTM G-99-203. Laju keausan diukur dengan menghitung volume spesimen yang hilang akibat abrasi oleh disc yang berputar (92,1 rpm).



Gambar 8. Grafik hasil pengujian keausan spesimen dalam keadaan kering

Laju aus mengalami nilai terendah pada kompaksi 600 MPa dan holding time 3 jam, untuk spesimen kering ditunjukkan pada gambar 8 dengan nilai $0,0044863 \text{ mm}^3/\text{gr.m}$, sedangkan untuk spesimen dilumasi oli adalah $0,0008973 \text{ mm}^3/\text{gr.m}$ seperti ditunjukkan pada gambar 7.

Laju aus pada gambar 8 memperlihatkan bahwa semakin lama waktu tahan maka laju aus

dari material paduan aluminium grafit akan semakin meningkat artinya material semakin tidak tahan aus. Waktu tahan yang semakin lama akan meningkatkan jumlah Al_2O_3 yang bereaksi karena peningkatan waktu tahan dapat menurunkan energi bidang pisah antar matrik Al dengan O sehingga proses kompaksi berlangsung kurang baik, dengan semakin banyaknya persebaran O maka kekerasan dari material paduan aluminium grafit yang terbentuk semakin tinggi dan laju ausnya semakin rendah. Pengujian keausan perlu dilakukan pada beberapa daerah karena persebaran grafit dibawah prabentuk lebih banyak. Dari hasil pengujian keausan diketahui bahwa laju aus tertinggi di dapat pada waktu tahan 2 jam untuk sampel yang dilumasi dan 3 jam untuk sampel kering.

5. Kesimpulan

1. Hasil dari pengujian densitas actual diperoleh nilai optimum pada kompaksi 600 MPa dan holding time 180 menit yaitu $5,11 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan nilai minimum pada kompaksi 400 MPa dan holding time 60 menit yaitu $2,08 \text{ gr/cm}^3$. Nilai densitas teoritis untuk paduan Al-5%grafit adalah $2,65 \text{ gr/cm}^3$. hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kompaksi maka porositas yang terjadi sedikit, sehingga spesimen menjadi padat dan proses pencampuran sudah baik.
2. Hasil pengujian kekerasan dengan metode brinell diperoleh kekerasan maksimum pada kompaksi 600 MPa dan holding time 180 menit yaitu $54,449 \text{ kg/mm}^2$, sedangkan nilai kekerasan minimum didapat pada kompaksi 400 MPa dan holding time 60 menit yaitu $28,849 \text{ kg/mm}^2$, hal ini disebabkan karena semakin sedikit porositas yang terdapat pada specimen, maka akan semakin keras dan padat.
3. Hasil pengujian radial crush strength diperoleh harga maksimum pada kompaksi 600 MPa dan holding time 180 menit yaitu $79,994 \text{ N/mm}^2$, sedang nilai minimum radial crush strength diperoleh pada kompaksi 400 MPa dan holding time 60 menit yaitu $37,236 \text{ N/mm}^2$.

Daftar Pustaka

- ASM Handbook Volume 7. Powder Metallurgy Technologies and Applications. USA: ASM International. 1990.
- Chu, H., Kuo, S. L., and Jien, W.Y., (2001)., “*Damping Behavior of in situ Al-(graphite, Al₄C₃) Composites Produced by Reciprocating Extrusion*” Department of Materials Science and Engineering, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan, Republic of China., Journal of Material Research, No.: JA105-025 MRS USA
- Daryanto, (1999)., “Pengetahuan Komponen Mobil”., P.T. Bumi Aksara, Jakarta
- Ejiofor, J.U. dan Reddy R.G., 1997, “*Development in the Processing and Properties of Particulate Al-Si Composites*” Journal JOM is published of The Minerals, Metals & Materials Society, 49(11), pp 31-37.
- www.elsevier.com/locate/compositesa. 24 Nopember 2009.