

UJI PERFORMASI *DISC BRAKE* SEPEDA MOTOR MATERIAL KOMPOSIT Matriks ALUMINIUM BERPENGUAT PARTIKEL KERAMIK

Roy Waluyo, Dwi Rahmalina

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pancasila
Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640

Roy_waluyo@ft.uika-bogor.ac.id

ABSTRAK

Komposit matriks aluminium berpenguat partikel keramik banyak dikembangkan untuk aplikasi komponen otomotif. Keunggulan komposit matriks aluminium diantaranya mempunyai berat jenis rendah dibanding logam *ferro* serta memiliki performa yang baik seperti kekuatan tinggi, kekerasan tinggi, sifat tahan aus dan koefisien ekspansi panas rendah. Penelitian ini bertujuan mendapatkan performa, yaitu waktu berhenti saat pengereman pada kecepatan 40 km/jam dari *disc brake* dengan material komposit matriks (Al-3Si+1.2Cu) dan partikel penguat (SiC+Al₂O₃) serta mendapatkan gradien temperatur pada *disc brake* akibat proses pengereman melalui simulasi termal dengan metode *Finite element analysis*. Hasil pengujian menunjukkan komposit matriks aluminium dengan Cu 1.2% wt. yang diberi perlakuan *aging* 180°C dengan *holding time* 6 jam memiliki waktu berhenti rata-rata 2,70, lebih cepat dibanding *disc brake* dari logam *ferro* yang memiliki waktu berhenti rata-rata sebesar 2,84. Hasil simulasi termal menunjukkan terjadi gradien temperatur dari 30,2°C yang terjadi pada sepanjang *brake lining* pusat pengereman dan 29.9°C pada daerah mendekati titik pusat *disc brake*.

Kata kunci: komposit, performa, *disc brake*.

Pendahuluan

Efisiensi dalam penggunaan energi dan material akhir-akhir ini menjadi fokus dalam banyak penelitian, hal ini dikarenakan semakin berkurangnya sumber daya alam [1]. Upaya untuk mengurangi penggunaan energi di sektor transportasi salah satunya adalah dengan mengurangi berat kendaraan. Kendaraan yang ringan dibangun dari komponen-komponen yang ringan. Kendaraan yang ringan membutuhkan bahan bakar yang relatif sedikit dibanding dengan kendaraan yang berat, sehingga kendaraan yang ringan akan menghemat konsumsi bahan bakar.

Salah satu komponen penting dalam kendaraan adalah *disc brake*. Pada kendaraan, saat pengereman akan terjadi gesekan antara *disc brake* dan *brake pads* sehingga

mengakibatkan energi mekanik berubah menjadi energi termal atau panas. Energi panas yang dibangkitkan sangat tergantung pada berat dan kecepatan saat terjadi pengereman. Kendaraan dengan berat 1500 kg bergerak dengan kecepatan 145 km/jam yang di rem tiba-tiba sehingga kecepatannya menjadi 0 km/jam akan menghasilkan energi kinetik sebesar 240 kW. Dalam beberapa saat dapat menghasilkan gradien temperatur sampai 800°C pada tempat terjadinya gesekan dan sekitar 500°C pada pusat *disc brake*.

Beberapa pertimbangan dalam pemilihan material *disc brake*, diantaranya yaitu, kekuatan, kekakuan, ketahanan aus, *machinability*, *corrosion*, *squel*, serta kemampuan melepas panas. Pertimbangan terpenting dalam material *disc brake* adalah kemampuannya terhadap

keausan akibat gesekan dan stabilitas material terhadap temperatur tinggi yang timbul akibat gesekan [2].

Material *disc brake* umumnya terbuat dari logam *ferrous* seperti besi cor kelabu dan *stainless steel*, karena memiliki sifat mekanik yang baik, konduktivitas panas yang baik dan ketahanan aus. Menurut penelitian sebelumnya Vadiraj A, *ect all*, menyatakan bahwa dari hasil penelitiannya pada besi cor kelabu untuk aplikasi *disc brake*, menghasilkan kekerasan sebesar 170-180 BHN atau sebesar 87-89 HRB [3]. Tiga tipe *gray cast iron* yang sering digunakan adalah, *gray iron grade 250*, *high-carbon gray iron* and *titanium alloyed gray iron* [4].

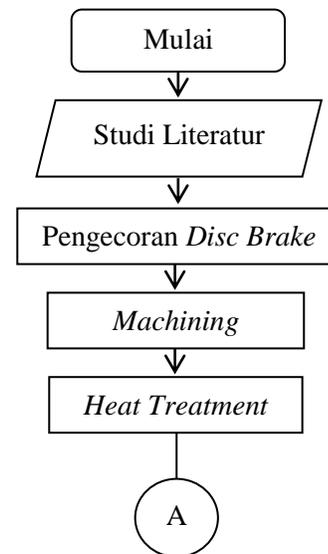
Untuk aplikasi *disc brake* material *gray cast iron* memiliki sifat-sifat yang sesuai. Sifat mekanik dan sifat termal dari material dapat diperbaiki dengan penambahan elemen pepadu. Kekurangannya yang mendasar *disc brake* dengan material *cast iron* adalah memiliki massa yang besar [4].

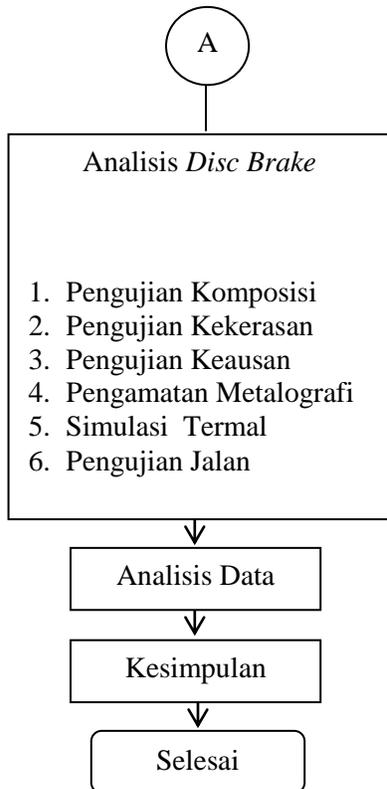
Untuk mengatasi permasalahan yang ada, maka banyak dikembangkan material komposit sebagai alternatif pengganti material *cast iron*. Salah satunya adalah *Aluminium Matrix Composites (AMCs)*. Alasan pemilihan *AMCs* sebagai material *disc brake* karena keunggulan sifat-sifatnya, yaitu ringan dan kekuatan yang dapat dikendalikan sesuai presentase unsur penguat. Komponen dengan material komposit matriks aluminium 60% lebih ringan dibanding dengan material yang terbuat dari *cast iron*. Komposit dengan matriks aluminium Al-3Si-6Mg berpenguat 10 f.v % alumina + 5 f.v % SiC memiliki *density* sebesar 2472 (kg/m³). Koefisien gesek dari *AMCs* 25%-30% dari *cast iron* dan memiliki ketahanan aus yang baik. Konduktivitas termal *AMCS* dua sampai tiga kali dari material *cast iron*. Keunggulan-keunggulan aluminium komposit sangat potensial sebagai pengganti material konvensional (*cast iron*) [5]. Penelitian dan pengembangan komposit matriks aluminium berpenguat partikel keramik telah banyak

dilakukan, baik di Indonesia maupun di dunia. seperti dilakukan oleh Manoj Singla et al. [6]. Menurut hasil penelitian mereka kekerasan dan ketangguhan *impact* meningkat seiring bertambahnya persentase SiC. Hasil terbaik telah diperoleh pada 25% fraksi berat. Albin Moniago et.al. [7]. telah melakukan penelitian mengenai komposit Al berpenguat SiC pada Produk kanvas rem kereta api, Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi optimum yang diperoleh dari komposisi 18% SiC dengan suhu sintering 600°C menghasilkan kekerasan 88,96 HRB, keausan 2.575×10^{-5} gram/mm²

Penelitian ini bertujuan mendapatkan performa dari *disc brake* yaitu waktu berhenti saat pengereman pada kecepatan 40 km/jam serta mendapatkan gradien temperatur pada *disc brake* akibat proses pengereman melalui simulasi termal dengan metode *Finite element analysis*.

Proses penelitian mengikuti diagram alir seperti terlihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hasil

Berikut ini di disajikan tabel komposisi dari *disc brake* komposit matriks aluminium yang akan digunakan dalam pengujian.

Tabel 1. Komposisi Kimia *Disc Brake* Komposit Matriks Aluminium

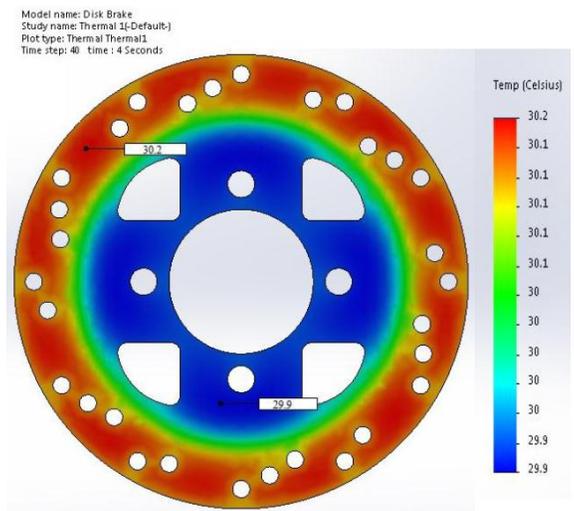
Material	Al (%)	Si (%)	Cu (%)
Al-3Si-1.2Cu +7.5%SiC + 7.5%Al ₂ O ₃	87.72	11.1	1.25
	Mg (%)	Mn (%)	Zn (%)
	0.0125	0.0228	0.170

- **Simulasi Termal**

Pengujian simulasi termal dilakukan dengan menggunakan metode *Fenite Element Analysis*. Tujuan simulasi ini adalah untuk mendapatkan laju alir perpindahan panas mulai dari titik pengereman sampai titik pusat *disc brake*. Parameter-parameter yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter Simulasi Termal

No	Uraian	Nilai
1	Volume (V)	0,6x10⁻⁶ m³
2	Massa <i>disc brake</i> (m)	0.16 kg
3	Suhu awal (T _o)	10 °C
4	Suhu Lingkungan (T)	30 °C
5	Suhu maksimum (T ₁)	100 °C
6	Kecepatan	40 km/jam
7	Waktu pengereman (t)	4 s
8	<i>Heat Power</i> total	10.4307 W
9	<i>Heat Power</i> one brake	31.292 W
10	Koefisien konveksi	12799 W/m ² .K



Gambar 2. Hasil simulasi termal

Berdasarkan Gambar 2 maka, warna merah yang terlihat menunjukkan bahwa panas yang terjadi pada saat pengereman berada dititik temperatur tertinggi. Warna kuning, hijau dan biru muda menunjukkan gradien temperatur

yang turun secara bertahap. Temperatur tertinggi berada pada titik pengereman sepanjang *brake lining* yang ditandai dengan warna merah dengan temperatur 30.2°C, temperatur terendah berada pada titik yang terjauh terhadap pusat pengereman yang ditandai dengan warna biru sebesar 29,9°C.

• **Uji Jalan**

Uji jalan merupakan uji performasi dari *disc brake*. Parameter yang diukur dalam uji *disc brake* yaitu berapa waktu yang dibutuhkan sepeda motor untuk berhenti, mulai saat pengereman pada kecepatan 40 km/jam sampai sepeda motor berhenti atau kecepatan 0 km/jam. Pengujian. Dalam sistem pengereman terdapat gaya yang digunakan pada saat melakukan pengereman. Berikut ini adalah data hasil perhitungan gaya pengereman :

Tabel 2. Data Perhitungan Gaya Pengereman

No	Parameter	Nilai
1	Perbandingan Pedal Rem (K)	4.4375 m
2	Gaya yang keluar dari pedal rem (FK)	887.498 N
3	Tekanan Hidrolik (Pe)	9.34 MPa
4	Gaya yang menekan <i>pad</i> rem (Fp)	8458.971 N
5	Gaya pengereman (P)	8458.971 N

Tabel 3. menunjukkan hasil uji jalan dari *disc brake* dengan material komposit. Pengujian dilakukan pada kecepatan 40 km/Jam. Ketika kecepatan sepeda motor sudah konstan dilakukan pengereman mendadak. Pengujian dilakukan sampai sepuluh kali. Dari tabel dapat dilihat waktu yang dibutuhkan untuk berhenti paling lambat yaitu 3,54 detik dan waktu paling cepat yang dibutuhkan untuk berhenti yaitu 2,09 detik. Sedangkan waktu rata rata yang dibutuhkan untuk berhenti adalah 2,70 detik.

Tabel 3. Hasil Uji Jalan disc Brake material Komposit

No	Sampel Uji	Kec. (km/jam)	Waktu (s)
1	<i>Disc brake</i> Komposit matriks aluminium (Al-3Si-1.2Cu+7,5SiC+7,5% Al ₂ O ₃)	40 km/jam	3,54
2			3,25
3			2,18
4			2,14
5			2,58
6			3,18
7			2,89
8			2,99
9			2,21
10			2,09
Rata-rata			2,70

Sebagai bahan perbandingan berikut ini disajikan hasil pengujian *disc brake* dengan material logam ferro.

No	Sampel Uji	Kec. (km/jam)	Waktu (s)
1	<i>Disc brake</i> dari material logam ferro	40 km/jam	3,50
2			3,19
3			2,81
4			2,47
5			2,51
6			3,15
7			2,95
8			2,83
9			2,57
10			2,47
Rata-rata			2,84



Gambar 4.14. Perbandingan waktu berhenti kedua jenis *disc brake*

Berdasarkan hasil perbandingan waktu pada gambar 4.13 maka, *disc brake* yang memiliki nilai waktu berhenti tercepat adalah *disc brake* dari material komposit matriks aluminium dengan rata-rata waktu berhenti 2,70 detik, sedangkan *disc brake* dari material logam ferro rata-rata waktu berhenti selama 2,84 detik. Dari hasil itu menunjukkan bahwa, *disc brake* dari komposit matriks aluminium dapat dijadikan material alternatif *disc brake* logam ferro.

Kesimpulan

1. Temperatur tertinggi berada pada titik pengereman sepanjang *brake lining* yang ditandai dengan warna merah dengan temperatur 30,2°C, temperatur terendah berada pada titik yang terjauh terhadap pusat pengereman yang ditandai dengan warna biru sebesar 29,9°C
2. Kecepatan berhenti rata-rata dari uji jalan *disc brake* dari komposit matriks aluminium yaitu 2,70 detik. Kecepatan berhenti rata-rata dari uji jalan *disc brake* dari material logam ferro sebesar 2,84 detik. Dari data tersebut performa dari *disc brake* komposit matriks aluminium dapat menyamai *disc brake* dengan material logam ferro sehingga dapat dijadikan material alternatif.

Saran

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk mengetahui *durability* dari *disc brake* komposit matriks aluminium.

Daftar Pustaka

- [1] Telang, Rehman, Dixit, Das. 2010. Alternate materials in automobile brake Disc Applications With Emphasis on Al Composites - a Technical review. *Journal of Engineering Research and Studies*. Vol. I No.1: 35-46
- [2] Maleque M.A., Dyuti S., and Rahman M.M. 2010. Material Selection Method in Design of Automotive Brake Disc. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol III* June 30 - July 2, 2010, London UK.
- [3] Sowjanya K., Suresh S. 2013. Structural Analysis of Disc Brake Rotor. *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)* Volume 4: No. 7: 2295-2298.
- [4] Cueva G., Sinatora A., Guesser W.L., Tschitschin A.P. 2003. Wear resistance of cast irons used in brake disc rotors. *Journal Wear*. No. 255: 1256–1260
- [5] Singh J., Chauhan Amit. 2016. Overview of wear performance of aluminium matrix composite reinforced with ceramic materials under the influence of controllable variables. *Journal Ceramics International*. Vol 1 No. 1: 56–81
- [6] Singla Manoj, Deepak D. D., Singh Lakhvir, Chawla Vikas. 2009. Development of Aluminium Based Silicon Carbide Particulate Metal Matrix Composite. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*. Vol. 8, No.6: 455-467.
- [7] Simanjuntak A.M., Abda Syahrul Abda. 2013. Karakterisasi Komposit Matriks Logam Al-SiC Pada Produk Kanvas Rem Kereta Api. *Jurnal e-Dinamis*, Volume. 6, No.2: 61-69.