

Efek Variasi Tekan Komposit Matrik Alumunium Berpenguat SiCw/ Al_2O_3 +Mg Terhadap Keausan dan Kekasaran Permukaan

I. G. Ari Palentinus, I. K. Suarsana, I. G. N. Nitya Santhiarsa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstraksi

Alumunium adalah salah satu logam penting dalam kehidupan sehari-hari, hampir di setiap prabotan rumah tangga terdapat benda yang terbuat dari alumunium, hal itu karena alumunium mempunyai sifat yang ringan dan anti karat tapi alumunium mempunyai kelemahan yaitu kekuatan yang lemah. Untuk mengatasi hal itu maka alumunium harus dicampur dengan beberapa logam lainnya, campuran logam tersebut yang disebut dengan matrik alumunium. Pada penelitian ini Alumunium dicampur dengan SiCw (Silicon Carbon Wisker), Al_2O_3 (Alumina), dan Mg (Magnesium) adapun persentasenya adalah Al (65%), SiCw (10%), Al_2O_3 (20%), dan Mg (5%) adapun proses pencampurannya menggunakan metode metalurgi serbuk. Cara pengujian specimen adalah dengan membedakan kompaksi pada setiap specimen, variasi kompaksinya adalah 20, 25, dan 30 kN. Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa peningkatan kompaksi pada komposit matrik alumunium menyebabkan penurunan nilai keausan, sedangkan untuk nilai kekasaran permukaan meningkat, hal ini disebabkan karena adanya peningkatan kerapatan antara partikel matrik dengan penguat di dalamnya sehingga rongga-rongga pada komposit berkurang dengan semakin naiknya tekanan kompaksi. Nilai keausan tertinggi dimiliki oleh kompaksi 20 kN sebesar 0,00001333 gr/s dan terendah dimiliki oleh kompaksi 30 kN sebesar 0,00000370 gr/s, sedangkan nilai kekasaran permukaan tertinggi dimiliki oleh kompaksi 30 kN sebesar 4,895 μm dan terendah dimiliki oleh kompaksi 20 kN sebesar 3,691 μm

Kata kunci: Komposit Matrik Alumunium, Kompaksi, Keausan, Kekasaran permukaan.

Abstract

Aluminum is one of the important metals in everyday life, almost in every piece of furniture there are objects made of aluminum, it's because aluminum has a lightweight and anti-rust properties but aluminum has a weakness that is a weak strength. To overcome it then aluminum must be mixed with other metals, the metal mixture is called the aluminum matrix. In this study aluminum is mixed with SiCw (Silicon Carbon Wisker), Al_2O_3 (Alumina), and Mg (Magnesium) as for the percentage is Al (65%), SiCw (10%), Al_2O_3 (20%), dan Mg (5%) as for the mixing process using powder metallurgy method. The way specimens are tested is by distinguishing the compactions on each specimen, the variation of the composition is 20, 25, dan 30 kN. From the results of research conducted showed that the increase in composite aluminum matrix composite causes a decrease in the value of wear, while for the surface roughness value increases, this is due to an increase in the density of the matrix particles with the amplifier in it so that the cavity of the cavity in the composite decreases with increasing pressure of compaction. The highest wear value is owned by compactor 20 kN by 0,00001333 gr/s and the lowest is owned by a compaction of 30 kN by 0,00000370 gr/s, whereas the highest surface roughness value is owned by compaction 30 kN by 4,895 μm and the lowest is owned by a compaction of 20 kN by 3,691 μm .

Keywords : Aluminum matrix composite, Compaction, Wear, Surface roughness

1. Pendahuluan

Mobilitas manusia Zaman modern sangat ditentukan oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam dunia industry. Untuk menghasilkan teknologi baru, maka sangat dibutuhkan sebuah material yang memiliki sifat mekanis dan ketahanan terhadap keausan diatas rata-rata material sebelumnya namun lebih ringan dalam kaitannya dalam menghemat bahan bakar, sehingga dapat menunjang kebutuhan manusia melalui kinerja yang berkualitas tanpa melupakan aspek lingkungan dengan memperpanjang umur pemakaian. Disamping hal tersebut, dewasa ini industry otomotif di Indonesia berkembang dengan pesat, sehingga diperlukan penyediaan suku cadang yang berkualitas baik dengan harga yang murah. Penggunaan bagian otomotif berbasis baja memang memiliki sifat mekanis yang baik, namun memiliki ketahanan korosi yang kurang baik. Untuk itu diperlukan

material yang memiliki sifat mekanis dan ketahanan korosi yang baik. Fabrikasi komposit dengan menggunakan matrik alumunium ditambah dengan magnesium, alumina, dan penguat silicon karbon wiskers merupakan solusi yang tepat. Selain itu keunggulan komposit alumunium ini terletak pada massanya yang ringan dibandingkan dengan baja, sehingga mengurangi konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor. Material komposit adalah kombinasi makroskopik dari 2 jenis material atau lebih yang berbeda fase menjadi sebuah material baru yang memiliki sifat berupa gabungan keunggulan-keunggulan dari material-material penyusunnya. Salah satu jenis aplikasinya adalah pada komposit matrik alumunium. Komposit matrik alumunium kini berada pada pemahaman sebagai kandidat material yang berpotensi pada berbagai macam aplikasi structural seperti pada bidang pesawat luar angkasa,

transportasi, militer, bahkan industri olah raga karna sifat mekanik yang dimilikinya.

Alumunium merupakan jenis logam yang lebih ulet dan memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan baja, sedangkan alumina menambahkan ketahanan alumunium terhadap korosi/perkaratan, dan silicon carbon wisker memiliki tingkat kekerasan yang tinggi, dan magnesium memiliki titik cair yang rendah sehingga sangat baik untuk kondisi perlakuan panas.

Pelapisan Al_2O_3 pada permukaan SiCw dengan menggunakan metode *electroless plating* cenderung lebih merata dan menyebabkan ikatan interfasia antara penguat dengan matrik alumunium menjadi lebih kuat.

Penambahan aditif berupa Al_2O_3 bertujuan untuk mempermudah terjadinya ikatan antara logam matrik dengan pengikat pada komposit. Oksigen pada senyawa Al_2O_3 berfungsi sebagai sumber basa lewis (sumber electron sunyi), lone pair electron bersifat aktif sebagai sumber ikatan parsial negative (δ^-) yang dapat berikat dengan (δ^+) dari SiCw, sehingga memberikan interaksi *interface* lebih kuat setelah atom O terikat, ikatan pengganggu dari atom O dapat diminimalkan dengan proses sinter. Alumunium sebagai matrik memiliki sifat ringan, konduktivitas termal dan elektrik tinggi. Apabila kedua material itu digabung menjadi satu, maka didapatkan komposit yang memiliki ketahanan korosi tinggi, ringan, dan *machinability* yang baik.

Proses pencampuran matrik dan penguat dilakukan dengan proses metalurgi serbuk, yaitu dengan pencampuran serbuk material menjadi satu dengan komposisi yang telah ditentukan dan memasukan campuran kedalam mesin sintering untuk proses peleburan. Jika material sudah siap digunakan barulah kita mulai proses pengujian bahan dengan uji keausan dan uji kekasaran permukaan dengan mempersiapkan tekanan. Untuk pengujian kekasaran permukaan sendiri kamu lakukan sebelum mendapatkan hasil pengujian keausan karena pengujian kekasaran permukaan harus dilakukan di tahap awal. Contoh komponen yang biasa dilakukan uji kekasaran permukaan adalah komponen kendaraan yang sering bergesekan.

2. Dasar Teori

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut. Material komposit tersusun dari 2 fase, satu disebut sebagai matrik dengan fase continuous dan penguat dengan fase discontinuous.

Terdapat lima factor umum dari penguat yang mempengaruhi sifat dari material komposit yaitu konsentrasi, ukuran, bentuk, distribusi dan orientasi. Dalam komposit matriks logam, maka kombinasi

yang terjadi berupa material fase logam (yang harus bersifat ulet) dengan material penguat berupa keramik (senyawa oksida, karbidra dan nitride) yang biasanya berbentuk partikulat dengan kadar antara 10 – 60% fraksi folume. Komposit matriks aluminium memiliki keunggulan dibandingkan logam tunggalnya karena komposit matrik aluminium dapat memiliki sifat yang diinginkan, seperti peningkatan kekuatannya dengan berat yang lebih rendah beberapa keunggulan komposit matriks aluminium dengan logam tunggalnya, yaitu :

1. Kombinasi kekuatan dan modulus yang baik
2. Berat jenis cenderung lebih rendah.
3. Rasio kekerasan dengan berat dan modulus dengan berat lebih baik dari logam.
4. Nilai koefisien muai panasnya lebih rendah dibandingkan logam.
5. Kekuatan fatik cukup baik.

Peningkatan volume penguat pada komposit dapat meningkatkan sifat sifat mekanik seperti modulus elastis, kekuatan Tarik, kekuatan luluh, dan pada kasus tertentu dapat menurunkan densitas dari komposit. Peningkatan folume penguat juga akan menurunkan keuletan dan ketahanan patah dari komposit. Berdasarkan pada efisiensi biaya, sifat mekanis dan aplikasinya, partikel penguat yang umum digunakan sebagai penguat dalam aluminium matriks komposit adalah partikel SiCw atau Al_2O_3 .

2.1. Pengujian Spesimen

Dalam penelitian ini karakteristik yang akan dicari dari material komposit yaitu meliputi: uji keausan, kekasaran permukaan dan analisa struktur mikro menggunakan SEM.

A. Uji Keausan

Secara definisi, Keausan adalah hilangnya sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan antara permukaan padatan dengan benda lain. Definisi gesekan itu sendiri adalah gaya tahan yang menahan gerakan antara 2 permukaan solid yang bersentuhan maupun solid dengan liquid. Keausan pada dasarnya memiliki beberapa mekanisme, yaitu Abrasi, Erosi, Adhesi, Fatik dan Korosi.

$$W_s = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot p \cdot l} \quad (2.1)$$

$$V = \frac{w}{x} = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r \cdot x} \quad (2.2)$$

Dimana :

W_s = keausan spesifik (mm^2/kg)

B = Tebal Revolving disc (mm)

r = jari – jari revolving disc (mm)

b = lebar celah material yang terabrasi (mm)

x = jarak luncur pada mesin uji (m)

l = jarak tempuh proses pengausan (mm)

P = beban tekan saat pengausan (kg)

ω = kecepatan putar (rpm)

V = laju keausan (mm^3/m)

Laju keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan / pengurangan material (massa, volume, atau ketebalan) tiap satuan panjang lurus spesimen dengan satuan waktu. Menurut (Triana and Kaelani, 2012) laju keausan dapat dicarai dengan rumus :

$$k' = \frac{w_0 - w_1}{t} = \frac{w}{t} \quad (2.3)$$

Dimana :

k' = laju keausan (gr/s)

w_0 = berat awal spesimen (gr)

w_1 = berat akhir spesimen (gr)

t = waktu (s)

w = selisih berat goresan yang hilang (gr)

B. Uji Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan. Dalam dunia industri, permukaan benda kerja memiliki kekerasan permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari pengguna alat tersebut. Pada nilai kekasaran permukaan terdapat beberapa kriteria nilai kualitas (N) yang berbeda, dimana nilai kualitas kekasaran permukaan tersebut telah diklasifikasikan oleh ISO. Nilai kualitas kekasaran permukaan terkecil dimulai dari N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan (Ra) 0,0025 μm dan nilai yang paling tinggi adalah N12 dengan nilai kekasaran permukaan 50 μm .

Tabel 1. Tabel toleransi harga kekasaran

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi N $\begin{matrix} +50\% \\ -25\% \end{matrix}$	Panjang sampel (mm)
N1	1	0.002	0.02 –	0.08
N2	2	5	0.04 0.04	
N3	4	0.05	– 0.08	0.25
N4	8	0.1	0.08 –	
N5	16	0.2	0.15	
N6	32	0.4	0.15 –	
N7	63	0.8	0.3	
N8	125	1.6	0.3 –	0.8
N9	250	3.2	0.6	
N10	500	6.3	0.6 –	2.5
N11	1000	12.5	1.2	
N12	2000	25.0	1.2 –	8
		50.0	2.4	
			2.4 –	
			4.8	
			4.8 –	
			9.6	
			9.6 –	
			18.75	
			18.75 –	
			37.5	
			37.5 –	
			75.0	

C. Uji SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan untuk menganalisa material. SEM juga dapat digunakan untuk menganalisa data kristalografi, sehingga dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa. Prinsip kerja SEM di mana dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu *strike spesimen* digunakan untuk menguji dan *strike* yang lain adalah *Cathode Ray Tube (CRT)* memberi tampilan gambar.

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini penulis membuat material aluminium matrik komposit dengan matrik aluminium, berpenguat serbuk SiCw/Al₂O₃ dan menggunakan Mg sebagai *wetting agent*. Adapun komposisi yang digunakan adalah 65% Aluminium (Al), 10% Silikon Carbon Wisker (SiCw), 20% Alumina (Al₂O₃), dan 5% Magnesium (Mg). Penelitian ini menggunakan proses metalurgi serbuk. Kemudian dianalisa karakteristik menggunakan uji densitas, porositas dan kekerasan dengan diikuti pengamatan SEM. Dalam penelitian ini, terdapat variabel yang dibagi menjadi dua yaitu variabel yang direncanakan meliputi komposisi % berat (Al fine powder, SiC whisker, serbuk Al₂O₃ dan magnesium) dan penekanan benda uji menggunakan gaya tekan 20, 25 dan 30 kN selama 20 menit. Sedangkan variabel yang dicari meliputi nilai keausan, porositas, kekasaran permukaan, dan pengamatan struktur mikro. Sampel komposit yang dibuat berbentuk tabung dengan diameter 1 cm dan tinggi 1 cm, sehingga volume total komposit yang dihasilkan 0,785 cm³, dengan massa spesimen 2,28 gram.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data hasil penelitian dilakukan sejak dari awal proses pencampuran komposisi untuk mengetahui persentase berat antara matrik dengan penguat, hingga pengambilan data pada pengujian keausan, kekasaran permukaan dan pengamatan menggunakan SEM.

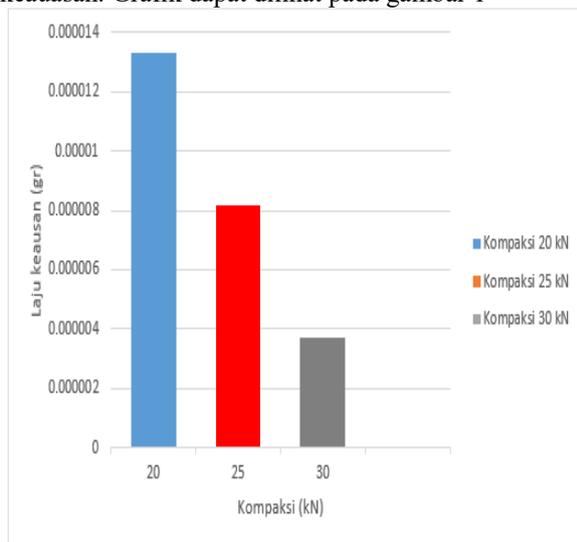
4.1 Data Hasil Keausan

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui nilai keausan dari material tersebut. Pengujian keausan ini menggunakan beban konstan sebesar 2.5 kg, jarak lintasan 100 m, bola baja 8 mm dan putaran mesin 140 rpm. Bahan yang digunakan adalah komposit Al/(SiCw + Mg + Al₂O₃) didapat hasil yang ditunjukkan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian keausan

Kompos isi	Konpa ksi	Wo (gr)	Wt (gr)	Laju Keausan(gr/s)
65% Al + 20% SiCw + 10% Al ₂ O ₃ + 5% Mg	20 kN	2,28	2,255	1,333x 10 ⁻⁵
		2,28	2,256	
		2,28	2,257	
	Rata-rata	2.28	2.256	
	25 kN	2,28	2,264	8,150x 10 ⁻⁵
		2,28	2,265	
		2,28	2,267	
	Rata-rata	2,28	2,265	
	30 kN	2,28	2,272	3,703x 10 ⁻⁶
		2,28	2,273	
2,28		2,275		
Rata-rata	2,28	2,273		

Data hasil uji keausan yang telah ditabelkan dapat dibuat dalam bentuk grafik untuk mempermudah pembacaannya dan menunjukkan hubungan antara gaya tekan kompaksi terhadap laju keausan. Grafik dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Grafik perbandingan nilai keausan

Berdasarkan data pengujian keausan pada tabel 4.1 komposit matrik Al/(SiCw + Mg + Al₂O₃)

menunjukkan penambahan tekanan kompaksi menyebabkan penurunan nilai keausan pada material komposit. Semakin besar penekanan kompaksi semakin kecil nilai keausannya, keausan adalah pengurangan ketebalan permukaan akibat gesekan dan pembebanan yang terjadi karena bergesekan dengan material yang lebih keras.

Nilai keausan pada komposit ini, tertinggi dimiliki oleh kompaksi 20 kN sebesar 0,00001333gr/s, laju mengalami penurunan laju keausan pada kompaksi 25 kN sebesar 0,0000815gr/s dan laju keausan terendah terjadi pada kompaksi 30 kN sebesar 0,000003703 gr/s. Hasil nilai keausan terendah terjadi pada kompaksi 30 kN, hal ini disebabkan karena adanya peningkatan kerapatan antara partikel matrik dengan penguat di dalamnya sehingga rongga rongga pada komposit berkurang dengan semakin naiknya tekanan kompaksi. Hal itu juga yang menyebabkan goresan pada permukaan specimen untuk menjadi semakin sedikit seiring bertambahnya tekanan kompaksi

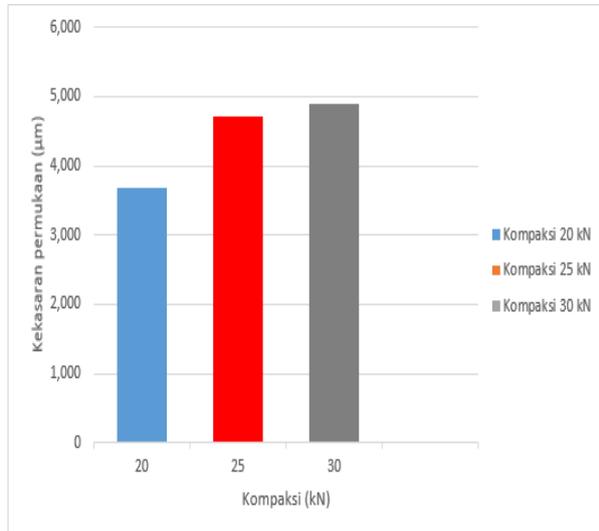
4.2 Data Hasil Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan pada 9 sampel, terdapat masing-masing 3 sampel pada setiap variasi kompaksi yg tersedia (20, 25, 30kN). Pengujian kekasaran permukaan dilakukan dengan membersihkan specimen dari debu dan kotoran setelah itu pesimen dijepit dan alat uji di atur ke posisi nol dan setelah itu barulah dilakukan pengujian kekasaran permukaan.dan didapatkan hasil yang ditunjukkan pada table berikut :

Tabel 3. Hasil pengujian Kekasaran permukaan

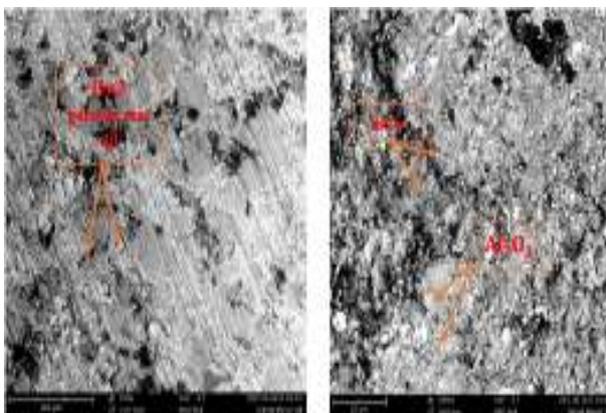
Tekanan	Spesi men	Nilai kekasaran permukaan	Data penelitian harga kekasaran rata rata (µm)
Al (65%) – SiCw (10%) – Al ₂ O ₃ (20%) – Mg (5%)	20 kN	3,586	3,691
		3,404	
		4,085	
	25 kN	4,860	4,710
		4,723	
		4,549	
	30 kN	4,648	4,895
		4,714	
		5,324	

Data hasil uji kekasaran permukaan yang telah ditabelkan dapat dibuat dalam bentuk grafik untuk mempermudah pembacaannya dan menunjukkan hubungan antara gaya tekan kompaksi terhadap laju kekasaran permukaan. Grafik dapat dilihat pada gambar 2

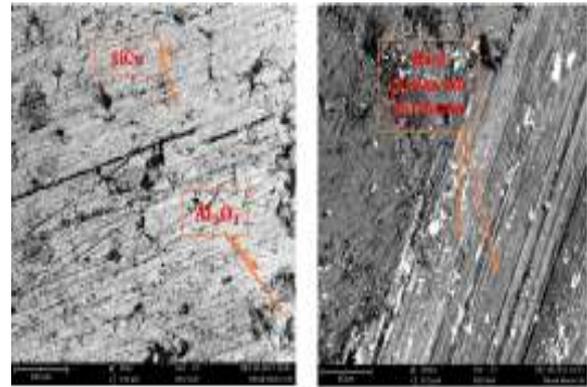


Gambar 2. Grafik perbandingan nilai kekasaran permukaan

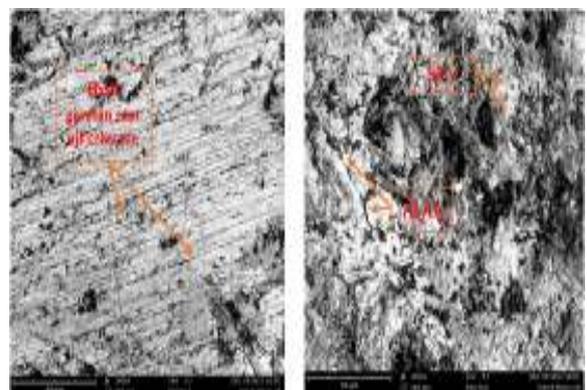
4.3. Hasil Pengamatan *Scanning Electron Microscope* (SEM)



Gambar 3. Foto hasil uji SEM komposisi 65% Al + 20% SiCw + 10% Al₂O₃ + 5% Mg kompaksi 20 kN (a) pembesaran 1000x (b) pembesaran 5000x



Gambar 4. Foto hasil uji SEM komposisi 65% Al + 20% SiCw + 10% Al₂O₃ + 5% Mg kompaksi 25 kN (a) pembesaran 1000x (b) pembesaran 5000x



Gambar 5. Foto hasil uji SEM komposisi 65% Al + 20% SiCw + 10% Al₂O₃ + 5% Mg kompaksi 30 kN (a) pembesaran 1000x (b) pembesaran 5000x

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), membuktikan dan menguatkan hasil dari pengujian yang dilakukan sebelumnya. Bahwa variasi kompaksi 30 kN memiliki tingkat kehausan paling rendah, hal ini diperlihatkan pada gambar dengan sangat sedikitnya jumlah lubang-lubang hitam yang ada di spesimen tersebut baik itu pada pembesaran 250x, 500x, 1000x maupun pembesaran 5000x (yang diperlihatkan hanya pembesarn 1000x dan 5000x). Sedangkan variasi tekan 20 kN memiliki tingkat kehausan yang paling tinggi. Hal ini diperlihatkan pada gambar dengan jumlah rongga-rongga hitam yang terbentuk pada gambar dengan pembesaran 1000x, dan pada gambar dengan pembesaran 5000x makin terlihat rongga-rongga hitam tersebut dan juga retakan-retakan yang menunjukkan kurang baiknya pencampuran yang terjadi pada spesimen tersebut.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian efek variasi tekan komposit matrik aluminium berpenguat ($\text{SiC} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Mg}$) terhadap keausan dan kekasaran permukaan dapat disimpulkan bahwa :

Pengaruh yang terjadi akibat adanya variasi tekan pada komposit matrik aluminium terhadap keausan adalah kecenderungan terjadi penurunan nilai keausan jika adanya penambahan nilai tekanan kompaksi, Hal ini dikarenakan pada tekanan kompaksi yg tinggi pori pori pada specimen yang akan lebih tertutup dan menyebabkan kepadatan yg lebih padat pada specimen, hal ini juga yang menyebabkan goresan pada permukaan specimen untuk menjadi semakin sedikit seiring bertambahnya tekanan kompaksi, hal ini diperjelas dengan pengamatan sengan SEM.

Dari pengamatan SEM yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa pada variasi tekan 30kN memiliki tingkat keausan yang paling rendah, hal itu terlihat dari minimnya jumlah rongga hitam pada hasil gambar pengamatan SEM. Sedangkan variasi tekan 20 kN memiliki tingkat keausan yang paling tinggi yang terlihat pada hasil gambar pengamatan SEM, bahan ini memiliki banyaknya rongga-rongga hitam yang menunjukkan bahwa pada saat proses pembuatan spesimen masih banyak udara yang terjebak didalam spesimen atau kurang meratanya pemanasan yang terjadi pada spesimen.

Pengaruh yang terjadi akibat adanya variasi tekan komposit matriks aluminium terhadap kekasaran permukaan adalah terjadinya perubahan yang cenderung kepada peningkatan nilai kekasaran permukaan disetiap adanya penambahan tekanan pada setiap spesimen. Hal ini dikarenakan pada permukaan gesekan terdapat pori pori pada material yg mempengaruhi nilai kekasaran permukaan yg menyebabkan semakin meningkatkan nilai kekasaran permukaan.

Daftar Pustaka

- [1]. Andhika Insan Adiyatma, 2010, *Pengaruh Magnesium Terhadap Proses Electroless Plating Pada Partikel Penguat Al_2O_3* , Fakultas Teknik Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Depok.
- [2]. Froyen, B. Verlinden, (1994), *Aluminium Matrix Composites Materials*, Talat 1402, Belgium, European Aluminium Associations (EAA).
- [3]. Ketut Suarsana, Putu Wijaya Sunu, 2015, *Studi Eksperimen Pembuatan Komposit Metal Matrik Aluminium Penguat SiC Wisker dan Al_2O_3 Partikel sebagai Material Alternatif*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran Bali, Telepon (0361) 813321.

- [4]. Nurdiansyah, Yanto ahmad, et al, 2014, *Perhitungan Keausan Berbasis FEM Pada Sistem Rolling – Sliding Contact*, Universitas Diponegoro.
- [5]. Palanikumar K., R Karthikeyan, *Assesmen of Factor influencing surface roughness on the machining*, 2007.
- [6]. Munadi. M., 1988, *Sintering New Developments, Material Science Monographs, vol 4, Proceeding of 4th International Round Table Conference on Sintering*, Dubrovnik, Yugoslavia, September 5 – 10, 1979, Elsevier Scientif Publishing Company, Amsterdam-Oxford, New York.
- [7]. Runxia, L., Chen Yujian, yuan xiaoguang, Qu Yingdong, and Li Rongde, *effects of cd and sn Vol 7* no 2010.
- [8]. Single, manoj,. D Deepak dwinvedi, lakhvir singh, Vikas Chawla. *“Developmen of aluminium based silicon carbide partikulat metal matriks komposit”*, 2009
- [9]. Zainuri, M., Eddy S Siradj, Dedi Priadi, Ane Zulfia, dan Darminto. *Pengaruh pelapisan permukaan partikel SiC dengan oksida metal terhadap modulus elastistas komposit Al/SiC* , .Makara, Sains, Volume 12, No 2, November 2008. 126-133.