

Studi Eksperimental Laju Keausan (*Specific Wear Rate*) Resin Akrilik dengan Penambahan Serat Penguat pada *Dental Prosthesis*

Dwi Tarina W., dan Yusuf Kaelani

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: y_kaelani@me.its.ac.id

Abstrak—Fiber reinforced composite merupakan material yang sudah mulai banyak digunakan dalam bidang industry. Pada dunia kedokteran material fiber mulai banyak dikembangkan sebagai material gigi tiruan karena memiliki kekuatan yang bagus dan segi estetika yang terpenuhi. Dari penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk menguji kekuatan bending dari resin akrilik yang diperkuat serat. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan serat bisa menaikkan kekuatan bendingnya. Namun saat ini belum ada kajian mengenai laju keausan dari material ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh penambahan serat pada resin akrilik terhadap laju keausan yang terjadi. Analisa tribology dilakukan untuk mengkaji aspek gesekan dan karakteristik keausan dan kontak antara permukaan. Metode yang dilakukan adalah pengujian eksperimental menggunakan tribometer tipe pin-on disk. Dari hasil penelitian didapatkan laju keausan cenderung mengalami penurunan seiring dengan semakin banyaknya fraksi volume serat. Spesimen dengan fraksi volume serat sebesar 7% memiliki volume aus paling kecil yaitu sebesar $0,54 \text{ mm}^3$, serta spesimen dengan 0% fraksi serat memiliki volume aus terbesar yaitu $31,5 \text{ mm}^3$. Dari hasil foto mikro diketahui mekanisme keausan yang dominan adalah mekanisme abrasif dan adhesive.

Kata Kunci— *Fiber, non fiber, resin akrilik, dan wear rate.*

I. PENDAHULUAN

Setiap benda yang bergerak dan bersentuhan antara satu dengan yang lainnya pasti mengalami gesekan. Gesekan atau biasa disebut dengan friksi adalah gaya yang menahan gerakan sliding atau rolling suatu benda terhadap benda lainnya. Penyebab utama gesekan antara dua benda kelihatannya adalah gaya tarik (adhesi) daerah kontak dari permukaan permukaan yang secara mikroskopik tidak beraturan, jika diperbesar permukaannya menyerupai bukit dan lembah. Gesekan yang terjadi secara terus-menerus dapat menyebabkan terjadinya keausan atau hilangnya partikel suatu benda.

Keausan terjadi apabila dua buah benda yang saling menekan dan saling bergesekan. Keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih lunak. Faktor-faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan, tekanan, kekasaran permukaan dan kekerasan bahan. Semakin besar kecepatan relative benda yang bergesekan, maka material semakin mudah

aus. Demikian pula semakin besar tekanan pada permukaan benda yang berkontak, material akan cepat aus, begitu pula sebaliknya. Keausan yang mengakibatkan berkurangnya material-material pada benda akan menyebabkan kerusakan pada benda tersebut. Untuk mengatasi adanya keausan biasanya diberikan pelumas.

Seiring dengan semakin pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan, mengakibatkan berkembangnya ilmu-ilmu baru dan perpaduan ilmu pengetahuan sehingga timbul disiplin ilmu baru yang berbeda. Salah satunya adalah perpaduan antara ilmu teknik, biologi dan kedokteran yang disebut biomedical engineering. Material yang digunakan sebagai material gigi tiruan disebut biomaterial. Biomaterial harus memiliki sifat fisik dan mekanik yang memadai untuk berfungsi sebagai pengganti atau pengganti dari jaringan tubuh.

Material resin akrilik sampai saat ini masih merupakan pilihan untuk pembuatan gigi tiruan oleh karena harganya relative murah, mudah direparasi, proses pembuatannya mudah dan dengan peralatan sederhana. Dalam penelitian sebelumnya telah diteliti mengenai pengaruh penambahan serat untuk meningkatkan kekuatan transversa/bending pada material akrilik. Dengan penambahan fiber ternyata mampu meningkatkan kekuatan transversa resin akrilik [1]. Pada penelitian ini kekuatan transversa menunjukkan peningkatan sebesar 24,5% dan 22,5% setelah penambahan *woven glass fibers* pada resin akrilik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan glass fiber pada resin akrilik sangat bermanfaat untuk meningkatkan kekuatan basis gigi tiruan.

Sampai saat ini belum ada kajian yang membahas laju keausan pada material akrilik. Dengan adanya penambahan fiber sebagai penguat ini belum dikaji apakah berpengaruh pada keausan. Pada penelitian ini akan dianalisa mengenai laju keausan dari material akrilik dengan diperkuat serat. Dari hasil penelitian akan didapatkan hasil berupa perbandingan laju keausan material akrilik dengan diperkuat serat dengan variasi fraksi volume serat 1%, 2%, 3%, 5% dan 7% serta tanpa penguat serat.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah kerja sebagai studi eksperimental. Awalnya melakukan

persiapan spesimen, yaitu membuat pin yang terbuat dari resin akrilik dan spesimen disk yang juga terbuat dari resin akrilik. Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat uji tribometer tipe Pin on Disk [2]. Pin diletakkan diatas disk yang diputar dengan menggunakan motor. Pada penelitian ini digunakan kecepatan *sliding* sebesar 0,07 m/s (*speed control* 20) dan pembebanan sebesar 2 kg. Pembebanan ini diberikan sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan beban 22,24 N (2,26 kg) [3]. Variasi yang diberikan berupa penambahan serat penguat sebesar 1%, 2%, 3%, 5% dan 7%. Kondisi yang diberikan yaitu kontak dua material yang tidak diberi pelumasan atau *dry sliding*. Keausan dilihat dari perubahan massa yang terjadi pada pin antara sebelum dan sesudah pin dilakukan pengujian. Perubahan massa pin Δm didapatkan dengan menimbang pin sebelum dilakukan pengujian dan kemudian ditimbang lagi menggunakan timbangan digital setelah dilakukan pengujian. Setelah Δm diketahui, berikutnya mulai menghitung perubahan volume ΔV pin yang terjadi dengan menggunakan rumus seperti persamaan 1 dibawah ini:

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho} \quad (1)$$

Maka *specific wear rate* k' dapat dicari dengan rumus :

$$\frac{V}{L} = k \frac{F}{H} \quad (2)$$

$$V = \left(\frac{k}{H}\right) F.L \quad (3)$$

$$V = k'.F.L \quad (4)$$

$$k' = \frac{V}{F.L} \quad (5)$$



Gambar 1. Tribometer Tipe Pin on Disk

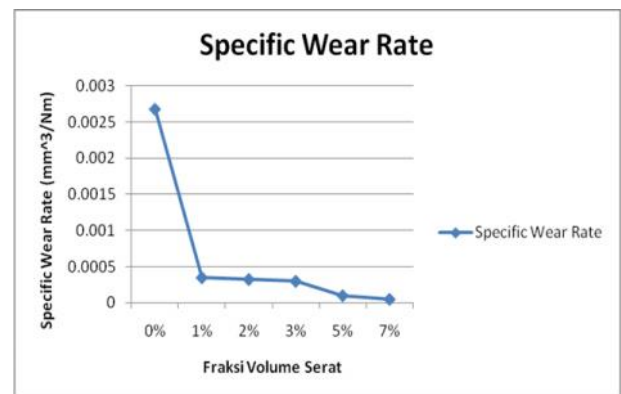
III. HASIL DAN DISKUSI

Dari hasil pengujian yang dilakukan dan perhitungan *specific wear rate*, didapatkan bahwa nilai *specific wear rate* pada material resin akrilik ditunjukkan pada table 1. Dari table perhitungan dapat dibuat grafik dan dianalisa berapa nilai *specific wear rate* yang menunjukkan besarnya volume aus setiap satuan gaya dan jarak. Berikut adalah grafik nilai

specific wear rate dari hasil pengujian laju keausan material resin akrilik (gambar 2).

Tabel 1. Nilai *specific wear rate*

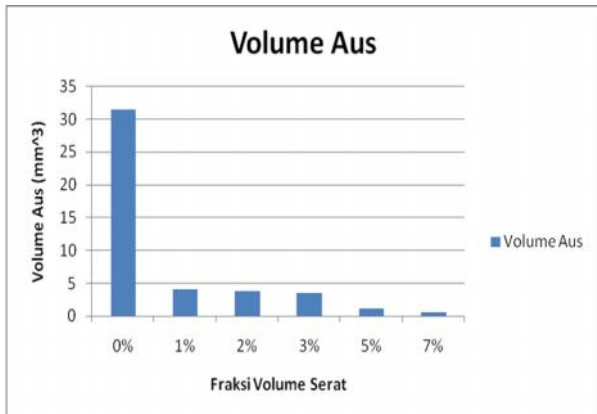
Pin	Load (kg)	Δm (gr)	Waktu (menit)	Sliding distance (m)	Δv (mm ³)	sliding speed v (m/s)	F (N)	k' (mm ³ /Nm)
0%	2	0.0373	136	600	31.51261	0.073529	19.6	0.00267964
1%	2	0.0047	136	600	4.06774	0.073529	19.6	0.0003459
2%	2	0.0046	136	600	3.771728	0.073529	19.6	0.00032073
3%	2	0.0043	136	600	3.481781	0.073529	19.6	0.00029607
5%	2	0.0014	136	600	1.123596	0.073529	19.6	9.5544E-05
7%	2	0.0007	136	600	0.540541	0.073529	19.6	4.5964E-05



Gambar 2. Grafik *specific wear rate* pada load 2 kg dan kecepatan 0,07 m/s

Nilai *specific wear rate* menunjukkan trend yang cenderung menurun dengan semakin bertambahnya fraksi volume fiber pada resin akrilik. Pada uji keausan material resin akrilik yang diberi serat penguat dengan variasi fraksi volume serat yang berbeda ini memiliki volume keausan yang tidak terlalu signifikan perbedaannya. Gambar 2 menunjukkan grafik *specific wear rate*, dimana laju keausan menurun tajam sebesar 0,00233 mm³/Nm pada fraksi volume serat 0%-1%. Untuk selanjutnya laju keausan menurun dengan laju yang relative konstan dengan penurunan yang kecil untuk spesimen dengan fraksi volume 1%-2% yaitu sebesar 2,517 x 10⁻⁵ mm³/Nm dan sebesar 2,465 x 10⁻⁵ mm³/Nm untuk spesimen 2%-3%. Laju keausan menurun sedikit lebih tajam lagi pada spesimen 3%-5% sebesar 2,01 x 10⁻⁴ mm³/Nm dan kembali menurun sebesar 4.95 x 10⁻⁵ mm³/Nm pada spesimen 5%-7%.

Pada material resin akrilik tanpa penambahan serat (0% fraksi serat) volume material yang terkikis karena gesekan sebesar 31,5126 mm³. Pada spesimen tanpa penambahan serat ini memiliki volume keausan yang paling besar diantara spesimen dengan penambahan serat. Dari penelitian yang dilakukan Al Amin [4], pengaruh penambahan serat pada laju keausan menunjukkan bahwa laju keausan cenderung menurun seiring bertambahnya fraksi volume serat. Hal ini disebabkan adanya peran serat yang cukup optimal dalam menahan beban yang diterima komposit, sehingga laju keausan dapat ditekan.



Gambar 3. Grafik volume aus pada uji keausan resin akrilik berpenguat serat

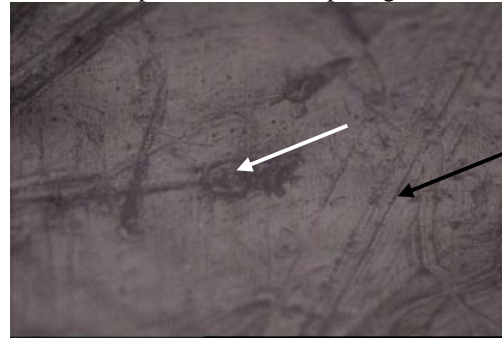
Pada spesimen dengan fraksi volume serat 1% volume aus yang terjadi sebesar $4,06774 \text{ mm}^3$. Pada spesimen dengan volume fraksi serat 1% memiliki volume aus yang terbesar diantara spesimen lain yang berpenguat serat. Hal ini dikarenakan bahwa spesimen dengan fraksi volume serat 1% kurang memberikan dukungan pada material resin akrilik sebagai matrik, sehingga menyebabkan keausan material akibat abrasi. Pada spesimen berikutnya dengan fraksi volume serat sebesar 2% dan 3%, volume aus yang didapat tidak terlalu jauh perbedaannya, yaitu pada spesimen 2% fiber volume aus nya sebesar $3,772 \text{ mm}^3$ dan pada spesimen 3% fiber sebesar $3,482 \text{ mm}^3$.

Pada spesimen selanjutnya dengan fraksi volume 5%, dan 7% menunjukkan bahwa keausan yang terjadi semakin menurun. Dari pengujian didapat volume aus yang sangat kecil pada kedua spesimen ini, dimana pada spesimen 5% fiber volume aus sebesar $1,124 \text{ mm}^3$ dan spesimen dengan fraksi berat 7% memiliki volume aus yang paling kecil yaitu sebesar $0,541 \text{ mm}^3$. Semakin besar volume fraksi serat yang diberikan pada resin menyebabkan laju keausan yang cenderung menurun. Hal ini disebabkan adanya dukungan serat pada matrik spesimen. Semakin besar fraksi volume serat yang diberikan, semakin memperbaiki laju keausan yang terjadi pada resin akrilik.

Pada laju keausan material resin akrilik berpenguat serat, terlihat bahwa serat sangat berpengaruh dalam menurunkan nilai *specific wear rate*. Keausan yang terjadi akibat gesekan terlebih dahulu mengikis permukaan matriks, hal ini menyebabkan material fiber menjadi material yang mengalami gesekan. Semakin bertambahnya fraksi volume serat pada spesimen menyebabkan semakin banyaknya serat yang terdapat pada permukaan kontak yang bergesekan sehingga konsekuensinya adalah menurunnya laju keausan secara keseluruhan.

Volume keausan yang terjadi akibat gesekan antar permukaan akan menghasilkan *wear debris* [5]. *Wear debris* yang dihasilkan pada spesimen 0% fiber semakin banyak akibat tidak adanya ikatan antara fiber dengan matrik. *Wear debris* yang semakin banyak ini mempengaruhi kekasaran permukaan disk, dimana *wear debris* ini berfungsi sebagai bahan *abrasive*. *Wear debris* tersebut berada diantara permukaan gesekan pin dan disk sehingga membentuk mekanisme keausan *two body abrasive wear*. Selain perubahan

kekasaran permukaan akibat goresan yang terjadi pada permukaan disk, pengaruh dari partikel *abrasive* juga terlihat dari bentuk keausan yang terjadi pada spesimen pin. Pada permukaan pin terlihat jejak keausan berupa goresan-goresan searah (ditandai dengan tanda panah) yang menunjukkan ciri keausan akibat partikel *abrasive*. Selain keausan *abrasive*, keausan yang terjadi adalah keausan *fatigue*, dimana spesimen mengalami beban yang berulang akibat osilasi sehingga timbul retak mikro dan mengelupasnya material (ditunjukkan anak panah warna putih). Namun keausan yang paling dominan adalah keausan *abrasive*. Pernyataan ini didukung dengan adanya foto mikro spesimen 0% fiber pada gambar 4.

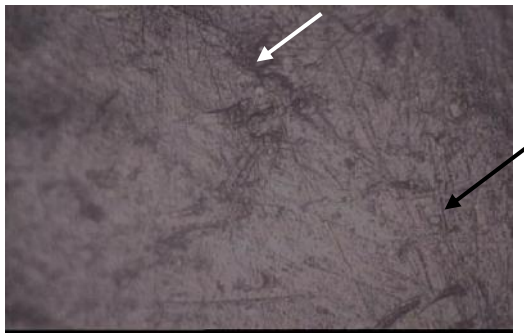


Gambar 4. Foto mikro spesimen 0% serat dengan perbesaran 200x

Pada pengujian ini dilakukan dengan pemberian beban sebesar 2 kg dan kecepatan sliding $0,07 \text{ m/s}$. Dari hasil pengujian didapat laju keausan yang semakin menurun. Grafik diatas dapat dijelaskan bahwa pada beban yang rendah material yang terbuang sedikit. Volume aus ini disebabkan karena adanya mekanisme *ironing*, yaitu kerusakan yang tidak begitu parah dan terjadi pada beban dan kecepatan rendah. Secara fisik tidak tampak deformasi permanen tetapi hanya efek permukaan yang halus karena deformasi permukaan *asperity*-nya.

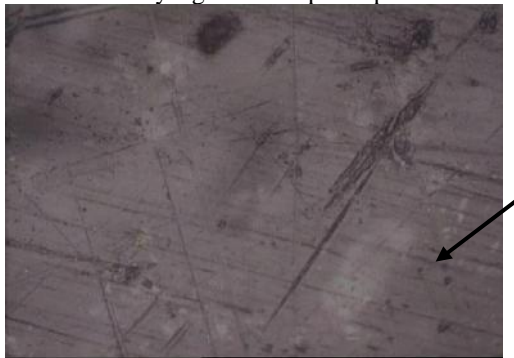
Pada spesimen berpenguat serat, laju keausan cenderung menurun. Hal ini juga didukung oleh teori delaminasi, dimana pada umumnya *asperity* yang keras pada permukaan yang terdapat serat sehingga yang aus terlebih dahulu adalah matrik yang dalam hal ini adalah resin akrilik dan kemudian dilanjutkan oleh serat. Karena pada umumnya serat memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan matrik, maka keausan juga bisa ditekan.

Pada spesimen berpenguat serat 1% keausan yang terjadi berupa keausan *abrasive*, dimana pada foto mikro tampak goresan-goresan yang mengindikasikan adanya keausan *abrasive* (ditunjukkan oleh tanda panah). Goresan-goresan tersebut diakibatkan oleh partikel-partikel *wear debris* yang akan berfungsi sebagai bahan *abrasive*. Hal ini ditunjukkan pada gambar 5, selain itu material juga mengalami sedikit pengelupasan akibat beban fatigue (ditunjukkan oleh tanda panah berwarna putih) yang berasal dari beban yang berosilasi.

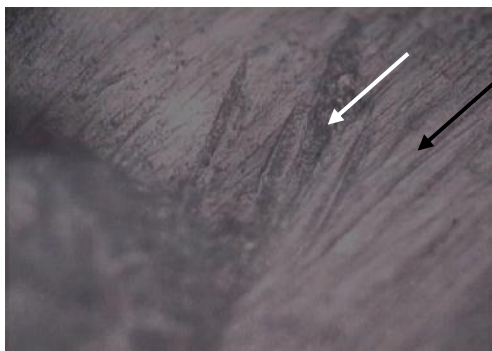


Gambar 5. Foto mikro spesimen 1% serat dengan perbesaran 200x

Mekanisme keausan yang sama juga terjadi pada spesimen 2% fiber, hal ini dapat dilihat dari adanya goresan-goresan akibat adanya partikel *abrasive*. mekanisme *abrasive* dapat dilihat pada gambar 6. Selain itu juga terdapat mekanisme *fatigue*, namun mekanisme *abrasive* masih merupakan mekanisme yang dominan pada spesimen 2% fiber.



Gambar 6. Foto mikro spesimen 2% fiber dengan perbesaran 200x



Gambar 7. Foto mikro spesimen 3% fiber dengan perbesaran 200x

Pada spesimen 3% mekanisme keausan yang dominan adalah keausan *abrasive*, dengan ditandai adanya goresan-goresan yang mengindikasikan keausan *abrasive*, selain itu juga terdapat sedikit pengelupasan material akibat beban yang berosilasi dan menyebabkan retak mikro. Pada gambar 7 merupakan foto mikro yang menunjukkan mekanisme keausan *abrasive* dan *fatigue* pada spesimen 3% fiber. Mekanisme *abrasive* ditunjukkan oleh tanda panah berwarna hitam dan pengelupasan material ditunjukkan oleh tanda panah berwarna putih.

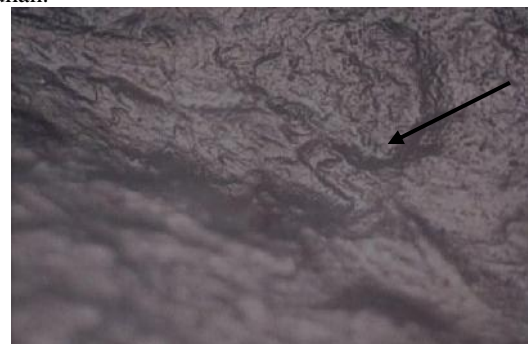
Pada gambar 8 terlihat seperti cekungan yang terkelupas. Mekanisme ini mengindikasikan terjadinya mekanisme keausan *fatigue*. Keausan ini terjadi akibat beban yang berulang akibat adanya osilasi pada saat pembebanan.

Pembebanan yang berulang ini menyebabkan retak-retak mikro yang kemudian menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Mekanisme *abrasive* yang terjadi pada spesimen 5% fiber disebabkan adanya goresan dari asperities yang keras dari fiber sehingga terjadi deformasi plastis pada matrik. Selain itu terdapat pula mekanisme keausan *adhesive* dimana pada keausan ini material debris masih menempel pada spesimen pin dan menyebabkan material aus menjadi sedikit saat penimbangan material. Dari gambar 4.7 nampak bahwa keausan yang dominan terjadi adalah keausan *adhesive* (ditunjukkan tanda panah), itulah sebabnya volume aus yang didapat juga kecil.



Gambar 8. Foto mikro spesimen 5% fiber dengan perbesaran 200x

Pada spesimen 7% fiber nampak keausan yang terjadi adalah keausan *abrasive* dan terjadi *ploughing*, dimana material mengalami goresan asperity yang keras oleh fiber yang tidak tertutupi oleh matrik. material yang terkikis tersebut namun tetap menempel pada spesimen. Hal ini menyebabkan terjadinya keausan *adhesive*, yang menyebabkan volume aus yang terbangun menjadi sedikit. Gambar 9 merupakan foto mikro spesimen 7% setelah dilakukan pengujian keausan. Mekanisme *adhesive* ditunjukkan oleh tanda panah. Pada spesimen 7% serat memiliki keausan yang paling kecil diantara spesimen lainnya, hal ini dikarenakan pada saat terjadi gesekan terlebih dahulu mengikis permukaan matriks, hal ini menyebabkan material fiber menjadi material yang mengalami gesekan. Semakin bertambahnya fraksi volume serat pada spesimen menyebabkan semakin banyaknya serat yang terdapat pada permukaan kontak yang bergesekan sehingga konsekuensinya adalah menurunnya laju keausan secara keseluruhan.



Gambar 9. Foto mikro spesimen 7% fiber dengan perbesaran 200x

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa yang dilakukan dapat disimpulkan :

1. Nilai *Specific Wear Rate* resin akrilik dengan variasi fraksi volume sebesar 0% memiliki nilai sebesar $2,68 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{Nm}$, untuk spesimen 1% serat memiliki nilai *specific wear rate* sebesar $3,46 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$, spesimen dengan 2% serat memiliki nilai *specific wear rate* sebesar $3,21 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$, spesimen dengan 3% serat memiliki nilai *specific wear rate* sebesar $2,96 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$, untuk spesimen 5% serat nilai *specific wear rate* nya sebesar $9,55 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ dan spesimen 7% serat memiliki nilai *specific wear rate* sebesar $4,6 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{Nm}$.
2. Volume aus terbesar terjadi pada spesimen dengan fraksi volume serat 0% dengan nilai sebesar $31,51 \text{ mm}^3$ dan volume aus terkecil terjadi pada spesimen dengan fraksi volume serat 7% dengan nilai sebesar $0,54 \text{ mm}^3$.
3. Mekanisme keausan yang terjadi pada material resin akrilik berpenguat serat didominasi mekanisme abrasiv dan adhesif. Goresan pada permukaan kontak spesimen menunjukkan adanya mekanisme abrasiv dan mengelupasnya material mengindikasikan mekanisme adhesif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nirwana, Intan, *Kekuatan transversa resin akrilik hybrid setelah penambahan glass fiber dengan metode berbeda*, Maj. Ked. Gigi. (Dent. J.), Vol. 38. No. 1 Januari (2005)16-19.
- [2] Prayogi, Tegar, *Rancang Bangun Tribometer Tipe Pin on Disk dan Studi Eksperimental Karakteristik Tribology Polimer-polimer*. ITS Surabaya., (2010).
- [3] Callaghan, David J., Ashkan Vaziri, Hamid Nayeb-Hashemi, *Effect of fiber volume fraction and length on the wear characteristics of glass fiber-reinforced dental composites*, Journal at www.sciencedirect.com, Dental material 22 (2006) 84-93, Elsevier, (2006).
- [4] Al Amien, *Laju dan Mekanisme Keausan Abrasiv Bahan Komposit Karbon Vinyl/Ester*. Thesis UI. Jakarta, (1994).
- [5] Jefri,S, Bale., *Pengaruh Faktor Keausan Die Drawn UHMWPE akibat Tegangan Kontak untuk Aplikasi Sendi Lutut Tiruan*. Jurnal Teknik Mesin UNC. Kupang, (2009).