

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

Yusuf Kaelani dan Dwi Tarina Widianingrum

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Jl. Arif Rahman Hakim, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111  
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 pengujian kekuatan bending resin akrilik berserat ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan serat bisa menaikkan kekuatan bending. Namun saat ini belum ada kajian mengenai laju keausan dari material ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pengaruh penambahan serat pada resin akrilik ini berpengaruh juga terhadap laju keausan material tersebut.

Analisa tribologi dilakukan untuk mengkaji aspek gesekan dan karakteristik keausan serta kontak antara permukaan. Metode yang dilakukan adalah pengujian eksperimental dengan menggunakan tribometer tipe pin-on disk. Material resin akrilik akan digunakan sebagai pin dan disk. Pada pengujian ini digunakan panjang lintasan 1000 m dan beban sebesar 20 N dengan sliding speed sebesar 0,07 m/s. Variasi komposisi material fiber berkisar pada fraksi 1%, 2%, 3%, 5% dan 7% serta material tanpa fiber sebagai pembanding. Permukaan kontak hasil keausan diambil gambar mikro untuk melihat mekanisme keausan yang terjadi.

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  $0,54 \text{ mm}^3$ , dengan specific wear rate sebesar  $10^{-5} \text{ m}^2/\text{N}$  serta spesimen tanpa penambahan serat memiliki volume aus terbesar yaitu  $31,5 \text{ mm}^3$  specific wear rate sebesar  $10^{-4} \text{ m}^2/\text{N}$ . Dari hasil foto mikro diketahui mekanisme keausan yang dominan adalah mekanisme abrasive dan adhesive.

**Kata Kunci** : Specific wear Rate, Resin, Fraksi Volume Serat,

### Pendahuluan

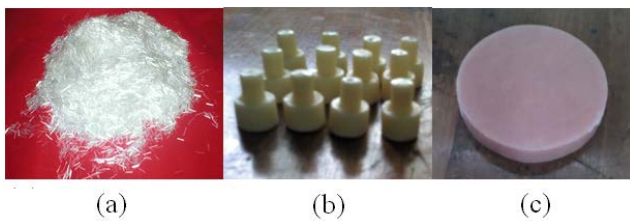
Resin akrilik adalah turunan etilen yang mengandung gugus vinil. Dalam penggunaan sehari-hari di dunia kedokteran resin akrilik ini dipakai bahan material gigi palsu (dental prosthesis). Perkembangan teknologi bahan material komposit telah ikut andil dalam teknologi resin akrilik ini. Fiber reinforced composite adalah resin akrilik dengan penambahan serat fiber. Tujuan penambahan serat ini adalah meningkatkan kekakuan dan kekuatan akibat beban bending. 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.

Telah banyak penelitian tentang material komposit resin akrilik dan pengaruh besarnya kekuatan material bahan tersebut terhadap prosen fraksi volume serat, akan tetapi belum pernah dikaji seberapa besar pengaruh laju keausan bahan resin akrilik dengan penambahan serat ini. Pada penelitian ini akan dilakukan uji keausan resin akrilik tanpa serat dan resin akrilik dengan penambahan serat. Hipotesa awal adalah bahwa penambahan serat dengan tujuan peningkatan strength akan meningkatkan pula ketahanan bahan resin akrilik tersebut terhadap keausan akibat kontak antar permukaan dental prosthesis. Prosentase fraksi volume serat sangat mempengaruhi material property fiber composite ini.

**Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan**

Kajian tribologi pada penelitian ini dilakukan dengan eksperimentasi yaitu menguji volume keausan dengan tribometer pin-on-disk. Kecepatan sliding dan beban gaya normal dibuat tetap sedangkan variable uji adalah fraksi volume Fraksi volume divariasi mulai 1%, 2%, 3%, 5% dan 7%. Matrix serat dimodel tak beraturan. Jarak sliding (*L*) dibuat tetap di berbagai variasi farksi yaitu 600 meter dengan kecepatan 0.07 m/s. Besaran kecepatan ini diambil berdasarkan kecepatan secara normal orang mengunyah makanan. Sedangkan beban gaya (*F*) dibuat 2 kgf (20 N) dengan pertimbangan kemampuan orang bergigi palsu tidak akan melebihi beban tersebut. Kondisi kontak gesekan antar permukaan diberi pelumas air.



Gambar 1. (a) Serat Fiber (b) Pin Resin Akrilik (c) Disk Resin Akrilik

Gambar 1 (a) diatas adalah foto serat fiber yang dipotong-potong dengan panjang 1 cm. Gambar (b) adalah persiapan pin uji yang sudah dicampur serat fiber. Sedangkan gambar (c) adalah resin akrilik yang dibuat dalam bentuk disk. Gambar 2 dibawah ini adalah tribometer pin-on-disk yang digunakan untuk menguji keausan resin akrilik.



Gambar 2. Tribometer pin-on-disk

Selanjutnya specimen yang telah diuji dengan parameter diatas diukur berat untuk dihitung volume material akrilik yang aus. Volume aus ( $\Delta V$ ) selanjutnya digunakan untuk menghitung specific wear rate dengan hubungan

$$K = \frac{\Delta V}{FL} \dots\dots\dots(1)$$

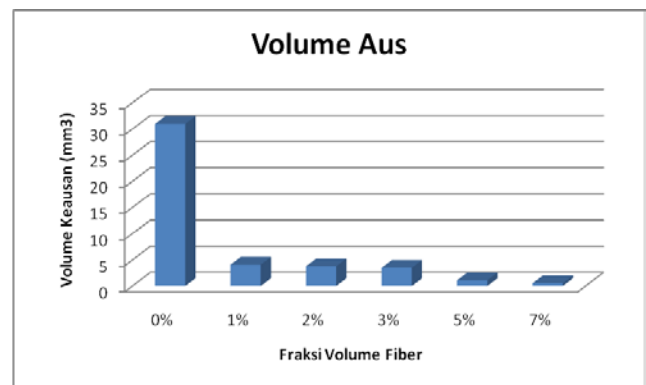
Untuk mengkaji mekanisme terjadinya keausan, permukaan specimen diambil gambar mikro dengan perbesaran 200 kali. Hal ini dilakukan untuk memastikan proses wear yang terjadi.

Yang paling akhir adalah mengkaji perbandingan wear koefisien antara resin akrilik tak berserat dan akrilik berserat secara umum, dan membandingkan koefisien antar akrilik berserat dengan variasi fraksi volume.

**Hasil dan Pembahasan**

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat fiber dapat menurunkan volume keausan resin akrilik yang sangat significant. Volume aus specimen tanpa serat fiber sebesar 31 mm<sup>3</sup> sedangkan specimen uji dengan serat fiber antara 0.5 – 4 mm<sup>3</sup>, tergantung fraksi serat. Secara grafik perbandingan

Pada spesimen dengan fraksi volume serat 1% volume aus yang terjadi sebesar 4,1 mm<sup>3</sup>. Pada spesimen dengan volume fraksi ini memiliki volume aus yang terbesar diantara spesimen lain yang berpenguat serat. Hal ini diduga bahwa spesimen dengan fraksi volume serat 1% kurang memberikan efek dukungan pada material resin akrilik sebagai kekuatan matrik komposit sehingga menyebabkan keausan material akibat abrasi lebih banyak. Pada spesimen berikutnya dengan fraksi volume fiber sebesar 2% dan 3%, volume aus yang didapat tidak terlalu jauh perbedaannya, yaitu pada spesimen 2% fiber volume aus nya sebesar 3,8 mm<sup>3</sup> dan pada spesimen 3% fiber sebesar 3,51 mm<sup>3</sup>.



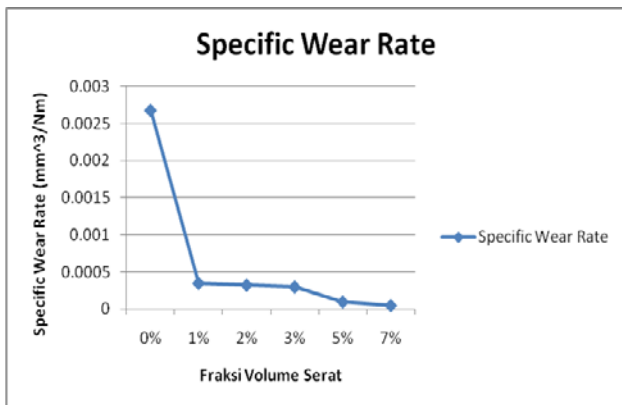
Gambar 3. Grafik Fraksi Volume vs Volume Aus

Pada spesimen 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 1,1 mm<sup>3</sup> dan spesimen dengan fraksi berat 7% memiliki volume aus yang paling kecil yaitu sebesar 0,54 mm<sup>3</sup>. Semakin besar volume fraksi serat yang diberikan pada resin menyebabkan laju keausan yang cenderung menurun.

Peran komposit mulai terlihat dan memberikan dukungan kekuatan serat pada matrik spesimen. Semakin besar fraksi volume serat yang diberikan, semakin memperbaiki laju keausan yang terjadi pada resin akrilik.

Dengan memasukkan masing-masing harga volume aus dan beberapa konstanta kondisi pengujian kedalam persamaan (1) maka diperoleh specific wear coefficient (*K*) sebagai berikut (gambar 4).

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanpa Serat Fiber | : $2.68 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ |
| Fraksi Vol 1%     | : $3.64 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ |
| 2%                | : $3.21 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ |
| 3%                | : $2.96 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ |
| 5%                | : $9.55 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ |
| 7%                | : $4.60 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ |



Gambar 4. Fraksi Volume vs Specific Wear Rate

Gambar 4 diatas memberikan gambaran bahwa serat fiber mencegah terjadinya keausan hamper sepuluh kali lipat dibandingkan dengan tanpa memberkan serat pada resin akrilik.

Mekanisme terjadinya keausan pada specimen tanpa serat banyak disebabkan faktor abrasi. Gambar 5 dibawah ini adalah foto mikro resin akrilik tanpa serat dengan goresan permukaan akibat abrasi. Oscilasi beban memungkinkan terjadinya pengelupasan adhesi permukaan. Akan tetapi karena pengujian dilakukan pada kecepatan yang sangat rendah, kasus tersebut sangat kecil kemungkinan terjadi.



Gambar 5. Foto Mikro Resin Akrilik Tanpa Serat

Gambar 6 adalah foto mikro penampang kontak specimen uji dengan fraksi volume 1%. Bintik hitam adalah fiber. Pada gambar tersebut tapak goresan abrasi jauh berkurang dibandingkan dengan gambar 5 diatas. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses abrasi berkurang dengan hadirnya fiber. Gambar 7 hingga gambar 10 adalah foto mikro untuk fraksi volume 2%, 3%, 5% dan 7%



Gambar 6 Foto Mikro (200x) Fraksi Volume 1%



Gambar 7 Foto Mikro (200x) Fraksi Fiber 2%



Gambar 8 Foto Mikro (200x) Fraksi Fiber 3%



Gambar 9 Foto Mikro (200x) Fraksi Fiber 5%



Gambar 10 Foto Mikro (200x) Fraksi Fiber 7%

Gambar 9 dan gambar 10 (fraksi fiber 5% dan 7%) memperlihatkan bahwa jejak goresan abrasi pada permukaan tersebut tidak terlihat. Ada kemungkinan terjadi keausan adhesi. Hal ini terbukti pada fraksi 7% yang menunjukkan bekas pengelupasan akibat fatigue. Volume pengelupasan ini tidak cukup besar. Diduga pengelupasan ini dipicu oleh sejumlah fiber yang kurang menyatu dengan serat fiber.

Lubang-lubang kecil (pit) pada specimen fraksi 5% dan 7% memberikan informasi bahwa pelumasan air pada kondisi fraksi volume tersebut akan menghancurkan serat fiber lebih awal. Setelah serat fiber hancur bagian yang ditinggalkan serat akan mengalami delaminasi. Ini adalah tanda-tanda mekanisme keausan fatigue.

### Diskusi

Bahan resin akrilik memiliki sifat menyerap air. Dari beberapa referensi kedokteran, penyerapan air oleh resin akrilik sekitar  $0.69 \text{ mg/cm}^2$ . Sifat ini akan membawa efek sifat mekanik dari polimer ini. Selain sifat penyerapan air yang kurang menguntungkan sifat porosity yang tinggi dari resin akrilik juga ikut andil membentuk pola seperti gambar 9 dan 10 tersebut. Meskipun porosity ini dapat diminimalkan dengan pengadukan yang berulang-ulang hingga homogen. Namun semakin banyak jumlah serat semakin tinggi heterogenitas akrilik.

Kemungkinan lain selain keausan fatigue, seperti pada pembahasan sebelumnya sudah dijelaskan bahwa timbulnya pit dan lubang pada specimen fraksi 5% dan 7% , adalah pemicu panas akibat gesekan. Gesekan yang pada umumnya diikuti timbulnya panas pada permukaan kontak akan dapat berakibat polimerisasi lanjutan dari monomer metilmetakrilat ke polimer metil metakrilat. Proses ini bisa berakibat pengerutan dari density  $0.94 \text{ g/cm}^3$  menjadi  $1.19 \text{ g/cm}^3$ . Pengerutan volumetric dapat terjadi hingga 21% [6]. Gambar 9 (fraksi 5%) terlihat lebih sesuai dengan kemungkinan pengerutan volume ini.

### Kesimpulan

1. *Specific Wear Rate* resin akrilik tanpa penambahan serat sebesar  $2,68 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ .
2. *Specific Wear Rate* resin akrilik dengan variasi fraksi volume 1% sebesar  $3,46 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ , spesimen dengan 2% serat sebesar  $3,21 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ , spesimen dengan 3% sebesar  $2,96 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ , spesimen 5% sebesar  $9,55 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{Nm}$  dan spesimen 7% serat memiliki nilai *specific wear rate* sebesar  $4,6 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ .
3. Mekanisme keausan resin akrilik tanpa serat fiber didominasi proses abrasi antar permukaan. Pada akrilik berserat 1% dan 3%, mekanisme keausan akibat abrasi berkurang. Sedang pada akrilik dengan fraksi volume serat 5% dan 7%, mekanisme keausan lebih besar diakibatkan oleh fatigue.

### Nomenklatur

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| V | Volume Keausan ( $\text{m}^3$ ) |
| F | Gaya Normal (N)                 |
| L | Jarak Lintasan Gesek (m)        |
| K | Specific Wear Rate              |

### Referensi

- [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 , (2005)
- [2] 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 Dental material vol 22, 84-93,(2006)
- [3] Kaelani, Yusuf, *Kajian Tribologi Material Disk pad Groningen Mandibular Prosthesis*, Preceeding SNTTM X, 884-892, (2011)
- [4] Al Amien. *Laju dan Mekanisme Keausan Abrasive Bahan Komposit Karbon Vinyl/Ester*. Thesis, UI. Jakarta , 1996.
- [5] El-Sayed, A.A., M.G El-Sherbiny, A.S. Abo-El-Ezz, G.A. Aggag, *Friction and wear properties of polymeric composite material for bearing applications*, Journal Wear 184 (1995) 45-53, Elsevier, (1995)