

**Korespondensi:**

**Ab Hafeez**

Bagian Material Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga  
Jl. Mayjend. Prof. Dr. Moestopo  
47 Surabaya 60132, Indonesia.  
E-mail: asti\_meizarini@yahoo.com

**Mikrostruktur permukaan resin akrilik heat cured setelah kontak larutan coklat**

**Ab Hafeez**

Bagian Material Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga

**Endanus Harijanto**

Bagian Material Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga

**Asti Meizarini**

Bagian Material Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga

**Abstrak**

**Latar Belakang.** Cokelat adalah salah satu jenis makanan dan minuman paling populer di dunia, karena rasanya enak dan dapat mengurangi stress. Coklat merupakan bentuk olahan dari biji buah pohon kakao atau *Theobroma cacao*, yang mengandung polifenol. Minuman coklat dikonsumsi oleh banyak orang, termasuk pemakai gigi tiruan. Gigi tiruan umumnya dibuat dari resin akrilik *heat cured*, yang memiliki sifat menyerap air atau cairan. Senyawa fenol dari larutan coklat akan diserap ke dalam resin akrilik, dan pemakaian jangka panjang dapat menyebabkan perubahan sifat fisik maupun kimia pada resin akrilik tersebut. **Tujuan.** Tujuan penelitian ini adalah untuk mengamati mikrostruktur permukaan spesimen resin akrilik *heat cured* setelah kontak dengan larutan coklat berbagai konsentrasi. **Metode.** Empat spesimen resin akrilik ukuran 10x10x1,5mm dibuat sesuai instruksi pabrik, dipulas halus dan mengkilap. Tiap spesimen direndam dalam larutan coklat dengan konsentrasi berbeda (6g:200ml, 9g:200 ml, 12g:200ml) dan akuades sebagai kontrol, selama 24 hari. Perubahan mikrostruktur diamati menggunakan *scanning electron microscope (SEM)* dan *energy dispersive x-ray spectroscopy (EDS)*. **Hasil.** Ada perbedaan mikrostruktur yang bermakna pada semua spesimen. **Simpulan.** Perubahan mikrostruktur permukaan resin akrilik *heat cured* semakin besar seiring dengan meningkatnya konsentrasi coklat.

**Kata kunci:** Larutan coklat, resin akrilik, mikrostruktur permukaan

## **Surface microstructure of heat cured acrylic resins after contact with chocolate solution**

### **Abstract**

**Background.** Chocolate is one of the most popular food and beverage in the world. This caused by its good taste and anti-stress effect. Chocolate is a processed food from the seed of *Theobroma cacao* tree, that contain polyphenols. Chocolate beverage are consumed by everyone, as well as dentures wearers. Acrylic resins heat cured are commonly used to make dentures. This materials properties are water absorbent. Phenols chocolate solution are absorbed into the acrylic resin. This prolonged phenomenon i.e chocolate drinks, will cause changes in the physical and chemical properties of this acrylic resin. **Purpose.** The aim of this study is to evaluate surface microstructure of the heat cured acrylic resins specimens after contact with various concentrations of chocolate solutions. **Methods.** Four resin acrylic specimens were processed per manufacturer's instructions into 10x10x1,5 mm and be polished until glossy. Each specimen was submerged into different concentrations of chocolate solution (6g:200ml, 9g:200ml, 12g:200ml) and aquadest as a control for 24 days. Microstructure changes were observed using a scanning electron microscope (SEM) and energy dispersive x-ray spectroscopy (EDS). **Results.** There were significant microstructural changes for all samples. **Conclusion.** The surface microstructural changes of the heat cured acrylic resins are notably higher with the increase of chocolate concentration.

**Key words:** Chocolate solution, acrylic resin, surface microstructure

### **Pendahuluan**

Cokelat banyak dikonsumsi masyarakat, karena rasanya enak dan dapat mengatasi stres, yang disebabkan adanya kandungan feniletilamin. Feniletilamin termasuk derivat polifenol, adalah suatu substansi mirip amfetamin, yang dapat meningkatkan serapan triptofan ke dalam sel otak, menghasilkan dopamin. Dampak dopamin adalah munculnya perasaan senang, sehingga memperbaiki suasana hati. Minuman cokelat merupakan bentuk olahan

dari biji kakao (*Theobroma cacao*). Cokelat murni mengandung lemak 31%, karbohidrat 14% dan protein 9%. Protein kakao kaya akan asam amino, triptofan, fenilalanin, dan tirosin.<sup>1</sup>

Cokelat dalam bentuk minuman maupun makanan, dapat dikonsumsi semua umur, termasuk pengguna gigi tiruan yang dibuat dari resin akrilik. Resin akrilik yang sering dipakai sebagai basis gigi tiruan, adalah resin akrilik *heat cured*, karena memenuhi syarat estetik, warna stabil, tidak mengiritasi, tidak toksik, harga murah, cara pengerjaannya

mudah, pembuatan dan reparasi mudah.<sup>2</sup> Gigi tiruan resin akrilik dibuat dari polimetil metakrilat yang berasal dari radikal bebas hasil polimerisasi *addition*, dengan monomer metil metakrilat.<sup>3</sup> Resin akrilik mempunyai beberapa kekurangan, antara lain dapat mengabsorpsi air atau cairan, sisa makanan atau bahan kimia, serta mudah patah bila terjatuh pada permukaan yang keras.<sup>2,4</sup> Salah satu zat aktif yang terdapat dalam minuman coklat adalah polifenol.<sup>5</sup> Senyawa fenol dapat ikut terabsorpsi ke dalam lempeng akrilik dan mulai menyebabkan kerusakan kimiawi. Perusakan secara kimiawi menimbulkan kekasaran pada permukaan resin akrilik, hingga menyebabkan retak atau *crazing* dan penurunan kekuatan serta kekerasan.<sup>2,3,6</sup>

Berdasarkan survei, minuman coklat dapat dibuat dari 6 gram bubuk coklat yang dilarutkan dengan 200 ml air panas (6g:200ml), 9 gram bubuk coklat dengan 200 ml air panas (9g:200ml), atau 12 gram bubuk coklat dengan 200 ml air panas (12g:200ml), tergantung rasa yang diinginkan.<sup>5</sup> Hasil penelitian mendapatkan bahwa peningkatan konsentrasi larutan coklat 6g:200ml, 9g:200ml, 12g:200 ml setelah perendaman selama 24 hari (diasumsikan minum minuman coklat selama 1 tahun), dapat menurunkan kekuatan transversa resin akrilik, yang disebabkan oleh kandungan polifenol dalam larutan coklat.<sup>5</sup> Latar belakang di atas menarik minat peneliti untuk mengobservasi pengaruh konsentrasi larutan coklat 6g:200ml, 9g:200ml, 12g:200ml terhadap perubahan mikrostruktur pada permukaan resin akrilik *heat cured*.

## Metode penelitian

Penelitian eksperimental observasional. Observasi dilakukan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya bulan Januari-Maret 2012. Spesimen yang digunakan adalah 4

buah lempeng resin akrilik *heat cured* (QC-20 *acrylic injection moulding system*, Dentsply-USA), ukuran 10x10x1.5 mm yang diproses menggunakan *polymerization unit* dan mesin *injection moulding* (Dentsply-USA). Permukaan lempeng resin akrilik diratakan dengan *abrasive paper* dibawah air mengalir, dihaluskan dan dikilapkan menggunakan alat *polishing* 3000 rpm dengan *cotton cloth wheel* yang diberi *blue* dan *white polishing compounds* (BEGO, USA). Spesimen dibersihkan menggunakan akuades steril dan dikeringkan. Kriteria lempeng resin akrilik, halus dan mengkilap secara visual. Larutan coklat dibuat dengan mencampur bubuk coklat (Van Houten Cocoa-Indonesia) sebanyak 6 gram, 9 gram, 12 gram, masing-masing ke dalam 200 ml air mineral yang telah dipanaskan sampai mendidih. Larutan coklat dibiarkan dingin mencapai suhu kamar.

Gelas perendam disiapkan sebanyak 4 buah, yang diisi larutan coklat 6 g : 200 ml, 9 g : 200 ml, 12 g : 200 ml dan akuades sebagai kontrol. Ujung spesimen diikat dengan senar, digantung vertikal ke dalam gelas perendam sampai semua bagian terendam. Larutan perendam diganti setiap hari. Pompa akuarium dihidupkan selama 24 hari untuk mengaduk larutan dalam gelas perendam. Spesimen dikeluarkan dari gelas perendam setelah 24 hari, disikat menggunakan sikat gigi halus, dibilas akuades dan dikeringkan. Observasi struktur mikro permukaan lempeng resin akrilik dilakukan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (Inspect S50-FEI Co), pembesaran 500x, 1500x, 2500x, 3500x, 5000x. Analisa komposisi kimia menggunakan *energy dispersive X-ray spectroscopy* (EDS).

## Hasil penelitian

Analisa Pengamatan Visual, Secara makro dengan pengamatan mata biasa tidak tampak adanya perbedaan antara spesimen yang direndam dalam akuades,

larutan coklat 6g:200ml, larutan coklat 9g:200ml, larutan coklat 12g:200 ml.

Semua spesimen masih tampak sama, halus dan mengkilap.

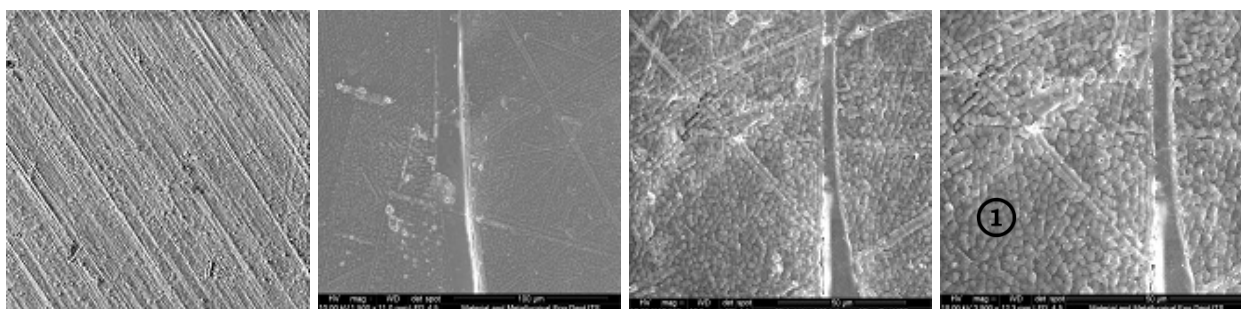


**Gambar 1.** Resin akrilik sesudah direndam selama 24 hari dalam: a. akuades; b. larutan coklat 6 g : 200 ml; c. larutan coklat 9 g : 200 ml; d. larutan coklat 12 g : 200 ml.

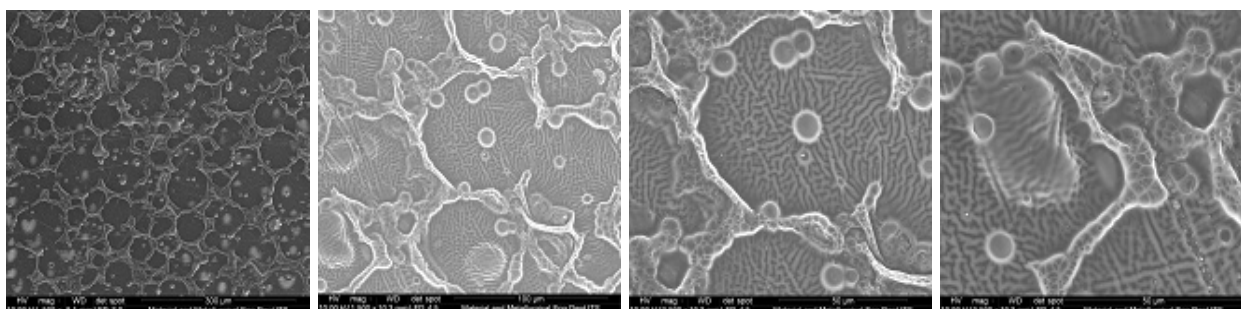
Analisa *Scanning Electron Microscope* (SEM), Tampak ada perbedaan struktur mikro permukaan lempeng resin akrilik antar spesimen yang direndam dalam akuades dan larutan coklat 6g:200ml, 9g:200ml, 12g:200ml.

Mikrostruktur empat spesimen lempeng resin akrilik dapat dibandingkan pada pembesaran 5000x (Gbr. 6). Tampak

polimetil metakrilat berbentuk butiran (Gbr. 6a(1)) pada spesimen yang direndam dalam akuades, dibandingkan dengan spesimen yang mengalami degradasi setelah direndam dalam larutan coklat, sehingga tidak lagi berbentuk butiran (Gbr. 6b,c,d(1)). Tampak bentuk sedimen coklat yang berbeda-beda sesuai dengan kekentalan larutan coklat (Gbr. 6b,c,d(2)).

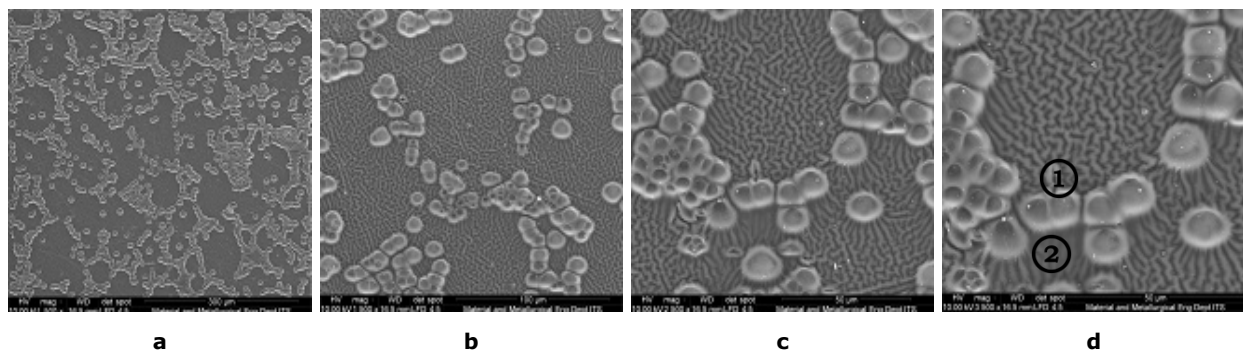


**Gambar 2.** Hasil SEM permukaan resin akrilik yang direndam dalam akuades selama 24 hari: a. pembesaran 500x; b. pembesaran 1500x; c. pembesaran 2500x; d. pembesaran 3500x (1) polimetil metakrilat.

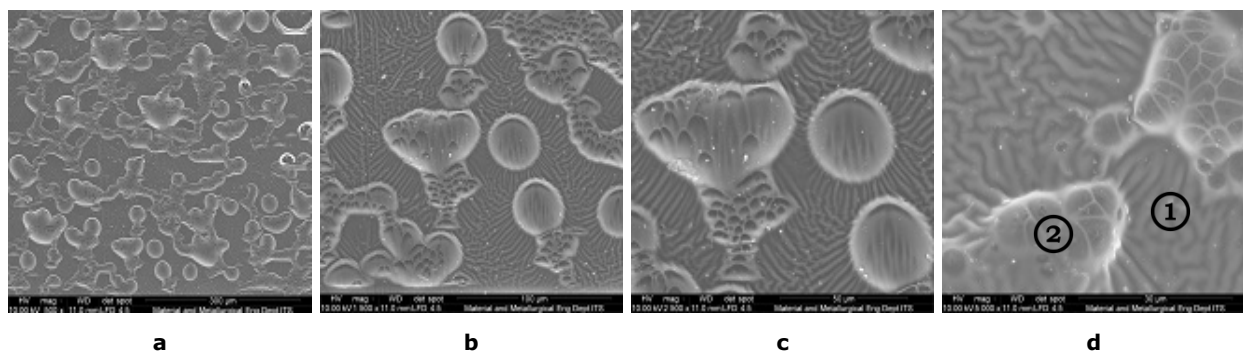


**Gambar 3.** Hasil SEM permukaan resin akrilik yang direndam dalam larutan coklat 6 g : 200 ml selama 24 hari: a. pembesaran 500x; b. pembesaran 1500x; c. pembesaran 2500x; d. pembesaran 3500x (1)polimetil metakrilat (2)sedimen coklat.

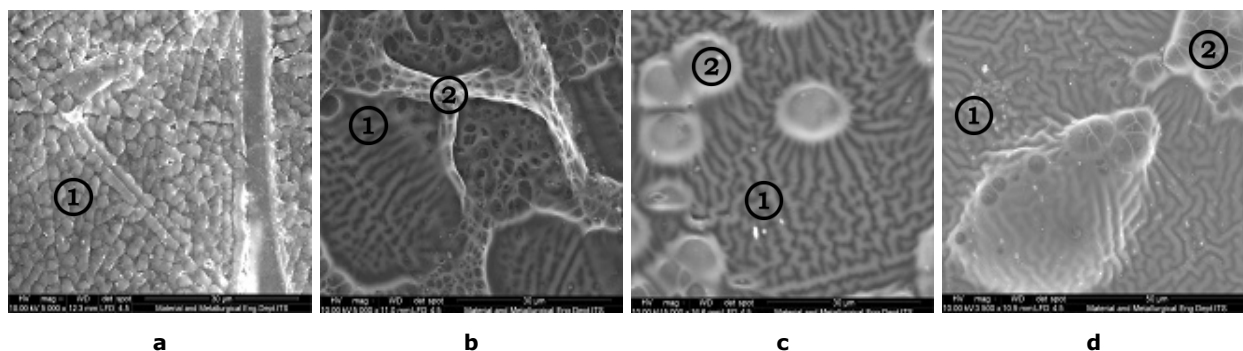
**Ab Hafeez:** Mikrostruktur permukaan resin akrilik heat cured setelah kontak larutan cokelat



**Gambar 4.** Hasil SEM permukaan resin akrilik yang direndam dalam larutan cokelat 9 g : 200 ml selama 24 hari: a. pembesaran 500x; b. pembesaran 1500x; c. pembesaran 2500x; d. pembesaran 3500x (1)polimetil metakrilat (2)sedimen cokelat.



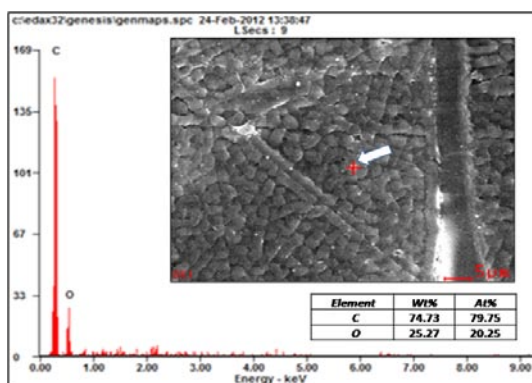
**Gambar 5.** Hasil SEM permukaan resin akrilik yang direndam dalam larutan cokelat 12 g : 200 ml selama 24 hari: a. pembesaran 500x; b. pembesaran 1500x; c. pembesaran 2500x; d. pembesaran 3500x (1)polimetil metakrilat (2)sedimen cokelat.



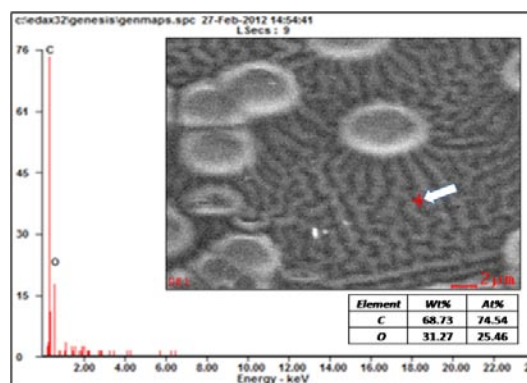
**Gambar 6.** Hasil SEM pembesaran 5000x pada permukaan resin akrilik yang direndam selama 24 hari dalam a. akuades; b. larutan cokelat 6g : 200 ml; c. larutan cokelat 9 g : 200 ml; d. larutan cokelat 12 g : 200 ml.

Analisa Komposisi Kimia, Pengujian *EDS* memperlihatkan persentase berat elemen (%wt) dan atom (%at) pada permukaan spesimen (panah putih) yang telah direndam dalam akuades dan larutan cokelat 6g:200ml,

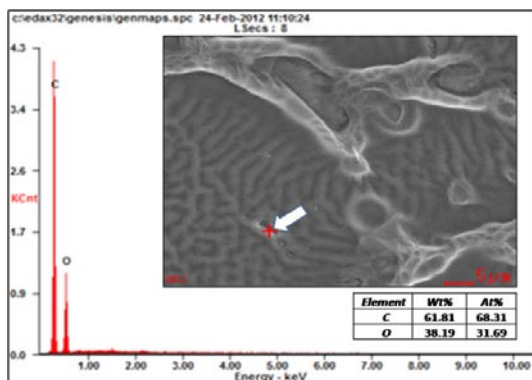
8g:200ml dan 12g:200ml selama 24 hari. Komposisi kimia yang terdeteksi pada semua spesimen sama, hanya terdiri dari unsur C (Karbon) dan O (Oksigen) dengan persentasi berbeda.



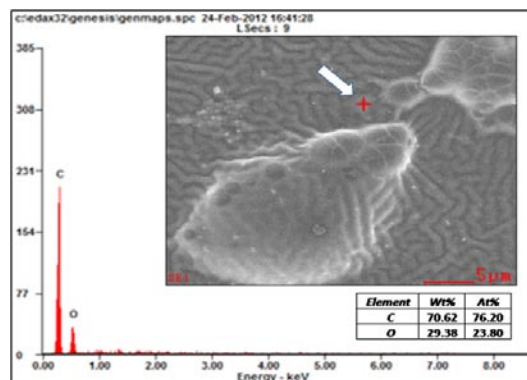
**Gambar 7.** Hasil EDS spesimen yang direndam dalam akuades (tanda panah)



**Gambar 9.** Hasil EDS spesimen yang direndam dalam larutan coklat 9 g : 200 ml (tanda panah)



**Gambar 8.** Hasil EDS spesimen yang direndam dalam larutan coklat 6 g : 200 ml (tanda panah)



**Gambar 10.** Hasil EDS spesimen yang direndam dalam larutan coklat 12 g : 200 ml (tanda panah)

## Pembahasan

Observasi dilakukan terhadap permukaan spesimen lempeng resin akrilik *heat cured*, yang direndam dalam akuades dan larutan coklat, menggunakan SEM. Hasilnya menunjukkan ada perbedaan strukturmikro, meskipun dengan pengamatan mata biasa tidak tampak. Perbedaan secara nyata dapat dilihat mulai dari pembesaran 500x. Permukaan spesimen yang direndam dalam akuades, tampak guratan-guratan searah, yang kemungkinan disebabkan proses pemulasan. Permukaan spesimen yang direndam dalam larutan coklat, tampak adanya residu dari larutan coklat, berupa sedimen coklat dengan pola yang berbeda-beda. Pembesaran 1500x, 2500x dan 3500x memperlihatkan gambaran struktur mikro

yang lebih jelas. Pada permukaan spesimen yang direndam dalam akuades, tampak gambaran polimetil metakrilat berbentuk butiran padat, tidak tampak adanya residu. Permukaan spesimen yang direndam larutan coklat, gambaran polimetil metakrilat sudah tidak berbentuk butiran padat lagi. Tampak ada celah-celah di antaranya, yang menunjukkan telah terjadi degradasi pada matriks polimetil metakrilat, setelah direndam selama 24 hari dalam larutan coklat. Larutan coklat konsentrasi 6 g : 200 ml yang lebih encer, membuat bentuk sedimen seperti larutan coklat yang mengalir. Sedimen pada lempeng resin akrilik yang direndam dalam larutan coklat 9 g : 200 ml, berbentuk gumpalan karena lebih pekat. Larutan coklat semakin pekat (12 g : 200 ml), bentuk gumpalan semakin besar.



Resin akrilik termasuk material kedokteran gigi dari jenis polimer. Polimer mempunyai sifat mengabsorpsi air atau cairan. Absorpsi material dari saliva, makanan atau minuman, bisa mempengaruhi secara kimiawi, mempengaruhi sifat dan kekuatan resin akrilik, akhirnya mempengaruhi lingkungan biologis oral, secara lokal atau sistemik. Degradasi polimer pada umumnya secara fisiologis dan kimiawi seperti ekspansi, disolusi atau pemutusan ikatan kovalen, hingga menyebabkan penurunan sifat mekanik seperti kekuatan dan ketahanan secara keseluruhan.<sup>3</sup>

Lempeng ataupun basis gigi tiruan resin akrilik dalam mulut, bukan merupakan suatu *massa* yang homogen. Selama proses polimerisasi resin akrilik, butiran polimetil metakrilat tidak pernah larut keseluruhan, meskipun monomer telah berinfiltrasi dengan baik ke dalam setiap molekul. Gambaran *SEM* basis gigi tiruan dari resin akrilik *heat cured*, tampak bentuk butiran polimetil metakrilat.<sup>4</sup> Hasil *SEM* dalam penelitian ini, pada spesimen yang direndam dalam akuades, juga menampilkan bentuk butiran polimetil metakrilat (Gbr. 2).

Bahan resin akrilik mempunyai sifat menyerap air secara perlahan-lahan dalam jangka waktu tertentu.<sup>7</sup> Mekanisme penyerapannya melalui difusi molekul air sesuai hukum difusi. Difusi merupakan migrasi suatu substansi melewati suatu ruangan, seperti yang terjadi pada bahan resin akrilik, dimana molekul-molekul air menembus *massa* polimetil metakrilat dan mengisi ruang antar rantai polimer.<sup>2</sup> Adanya ikatan hidrogen yang lemah dalam polimer, membuat molekul air dapat penetrasi di antara rantai polimer. Larutan coklat mengandung banyak air, sehingga dapat membawa residu coklat menembus *massa* polimetil metakrilat dan mengisi ruang antar rantai polimer. Hal ini dapat diketahui dari hasil *SEM*, dimana lempeng resin akrilik yang telah dicuci, disikat dan dikeringkan,

masih menampilkan adanya residu coklat. Semakin tinggi konsentrasi coklat 6 g : 200 ml, 9 g : 200 ml, 12 g : 200 ml, semakin banyak residu coklat dalam larutan, maka bentukan sedimen yang tampak pada hasil *SEM* semakin besar, dari bentuk aliran menjadi gumpalan (Gbr. 3,4,5).

Coklat mengandung polifenol. Kadar polifenol dalam coklat yang dipakai pada penelitian ini sebanyak 19.71%.<sup>5</sup> Senyawa polifenol yang kontak dengan resin akrilik, akan bereaksi dengan ester dari polimetil metakrilat<sup>8</sup>, terjadi degradasi pada polimer polimetil metakrilat. Degradasi polimer dengan pemutusan ikatan kovalen disebut *scission*. Pemutusan ikatan ini dapat disebabkan oleh radiasi, suhu tinggi atau merusak kimiawi.<sup>3</sup> Perubahan struktur mikro yang terjadi pada spesimen yang direndam dalam larutan coklat, disebabkan kerusakan secara kimia, yaitu senyawa polifenol yang berasal dari coklat. Senyawa polifenol merusak rantai polimer, terjadi perubahan struktur mikro pada resin akrilik. Rusaknya rantai polimer ini, yang mungkin menyebabkan hilangnya bentuk butiran pada polimetil metakrilat, selain itu tampak ada celah-celah pada matriks polimetil metakrilat yang telah mengalami degradasi. Hal ini tidak terlihat pada spesimen resin akrilik direndam dalam akuades, karena akuades tidak mengandung polifenol yang dapat memutus rantai polimer.

Absorpsi air punya aspek positif dan negatif. Sisi positif dapat mengoreksi penyusutan 0,5%, akibat proses pembuatan *heat cured denture base*. Saat resin akrilik menyerap air, molekul polimer menjadi sedikit terpisah, menyebabkan terjadinya sedikit ekspansi pada *denture base*. Ekspansi selama absorpsi air, akan mengkompensasi proses penyusutan. Sisi negatif, air dapat menyebabkan degradasi hidrolitik dari polimer, dan ion yang dibawa air dapat menyebabkan kerusakan polimer lebih cepat, atau menjadi ternoda atau berbau.<sup>4</sup> Pada

spesimen yang direndam dalam akuades, proses absorpsi akuades menyebabkan molekul polimer sedikit terpisah, setelah dikeringkan, akuades hilang, maka molekul polimer akan kembali ke posisi semula. Pada spesimen yang direndam dalam larutan coklat, absorpsi air yang membawa residu coklat, juga menyebabkan molekul polimer sedikit terpisah, tetapi larutan coklat kemungkinan juga menyebabkan degradasi hidrolitik dari polimer. Senyawa polifenol dari coklat menyebabkan kerusakan rantai polimer, sehingga molekul polimer tidak kembali ke posisi semula, tampak sebagai celah pada gambaran SEM (Gbr. 3,4,5). Semakin tinggi konsentrasi coklat pada larutan, celah yang terjadi juga semakin lebar (Gbr. 6).

Perubahan komposisi kimia pada resin akrilik dapat dilihat dengan pengujian *energy-dispersif X-ray Spectroscopy (EDS)*. Semua material dibangun dari atom dan molekul, jadi tidak heran bila ada hubungan yang erat antara atom yang menjadi dasar suatu material, dengan sifat material tersebut. Penting untuk mengetahui sifat atom secara alamiah dan bagaimana atom-atom tersebut dirangkai menjadi material.<sup>3</sup> Hasil *EDS* pada penelitian ini, hanya bisa mendeteksi adanya atom karbon (C) dan oksigen (O), beserta persentasinya pada semua spesimen dengan pembesaran 5000x yang diuji. Kandungan atom C pada spesimen yang direndam dalam akuades, paling tinggi yaitu 79,75%. Penelitian Abdullah<sup>5</sup> menyebutkan spesimen yang direndam dalam akuades, mempunyai kekuatan transversa paling tinggi. Hal ini disebabkan karena material polimer merupakan molekul padat, yang terdiri dari ikatan kovalen dan ikatan sekunder. Ikatan atom C-C merupakan ikatan kovalen dengan energi perlekatan yang cukup tinggi, yaitu 6 eV.<sup>3</sup> Berbeda dengan spesimen yang direndam dalam larutan coklat. Ada penurunan persentasi atom C sesuai dengan konsentrasi larutan. Spesimen yang direndam dalam larutan coklat konsentrasi 6 g : 200

ml, larutan lebih cair, kemampuan spesimen untuk mengabsorpsi larutan lebih besar. Larutan coklat mengandung polifenol, secara kimiawi akan merusak ikatan sekunder dalam polimer, merusak rantai polimer, menurunkan persentasi jumlah atom C pada spesimen, didapatkan persentasi atom C = 68,31%. Kemampuan pembasahan pada polimetil metakrilat, tergantung dari komposisi dan konsentrasi larutan pembasahnya.<sup>9</sup> Semakin banyak bubuk coklat dalam larutan, larutan semakin kental. Larutan yang semakin kental, menyebabkan sudut kontak larutan terhadap matriks polimetil metakrilat, juga semakin besar. Sudut kontak larutan semakin besar, menyulitkan difusi residu coklat ke dalam matriks polimer, tampak gumpalan sedimen coklat pada *SEM* yang semakin besar sesuai dengan peningkatan konsentrasi. Kemampuan sorpsi, yaitu residu coklat berdifusi ke dalam matriks polimetil metakrilat.<sup>10</sup> semakin berkurang. Kemampuan polifenol untuk memutus ikatan C juga berkurang. Hasil *EDS* persentasi atom C pada konsentrasi 9 g : 200 ml didapatkan 74,54% dan konsentrasi 12 g : 200 ml = 76,20%. Hal ini menunjukkan bahwa larutan coklat mempengaruhi ikatan kimiawi resin akrilik.

## Simpulan

Ada perubahan mikrostruktur permukaan resin akrilik *heat cured* setelah kontak dengan larutan coklat dan meningkat sesuai dengan peningkatan konsentrasi larutan coklat 6 g : 200 ml, 9g : 200 ml, 12 g : 200 ml.

## Daftar Pustaka

1. Pangkalan Ide. Dark chocolate healing. Elex Media Komputindo. 2008. h. 127.
2. Anusavice KJ. Phillip's science of dental materials. 11<sup>th</sup> ed. New Delhi: Elsevier; 2003. h. 145,166,727,738-44.
3. Van Noort R. Introduction to dental



- materials, 3<sup>rd</sup> ed. Mosby: Elsevier, Edinburgh. 2007. h. 62-3,216.
4. O'Brien WJ. Dental materials and their selection 4<sup>th</sup> ed. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc.; 2008. h. 9,81
  5. Abdullah MDT. Perubahan transversa lempeng akrilik heat cured dalam perendaman minuman coklat berbagai konsentrasi. Skripsi: Material Kedokteran Gigi, Universitas Airlangga. 2011. h. 3-38.
  6. Neagu V, Bunia I. Acrylic weak base anion exchangers and their chemical stability in aggressive media. polymer degradation and stability. 2004;83:133-8.
  7. Miettinen VM, Vallittu PK. Water sorption and solubility of glass fiber-reinforced denture polymethyl methacrylate resin. J Prosthet Dentis 1997;77(5):531-4.
  8. Afwin Zamrony. Efek lama perendaman resin akrilik jenis heat cured dalam minuman coklat terhadap perubahan warna, Skripsi: Prostodonsia Kedokteran Gigi, Universitas Airlangga. 2011. h. 20.
  9. Szymczyk K, Zdziennicka A, Jańczuk B, Wójcik W. The wettability of polytetrafluoroethylene and polymethyl methacrylate by aqueous solution of two cationic surfactants mixture. J Colloid Interfac Scienc 2006;293:172-80.
  10. Kumar H, Siddaramaiah. A study of sorption/desorption and diffusion of substituted aromatic probe molecules into semi interpenetrating polymer network of polyurethane/polymethyl methacrylate. Polymer 2005;46:7140-55.