

## **Penyerapan air dan uji toksisitas komposit Bis-GMA/TEGMA/Clay sebagai material tambal gigi**

**Kusmono**

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281, Indonesia

Email corresponding autor: kusmono@ugm.ac.id; kusmono72@yahoo.com

### **Abstrak**

Salah satu aplikasi dari material komposit dengan penguat partikel adalah sebagai material tambal gigi. Hal ini disebabkan karena komposit memiliki beberapa sifat unggul antara lain mudah di dalam preparasi, estetisnya baik, biokompatibel, warnanya sesuai warna gigi, memiliki sifat fisis dan mekanis yang baik serta dapat digunakan untuk menambal semua bagian gigi. Namun demikian, komposit memiliki kelemahan di antaranya adanya penyusutan selama proses polimerisasi dan menyerap air. Komposit tambal gigi komersial biasanya mengandung partikel silika dengan kandungan 50-70% berat. Clay montmorillonite (MMT) yang berukuran nanometer berpotensi sebagai penguat komposit tambal gigi. Studi perilaku penyerapan air dan sifat biokompatibilitas dari komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay menjadi fokus pada penelitian ini.

Pembuatan komposit diawali dengan cara mencampur resin triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA) dengan clay (0, 1, 3, 5 wt%), camphorquinone (CQ) dan dimethylaminoethylmethacrylate (DMAEMA). Selanjutnya, campuran ini diaduk dengan magnetic stirrer pada suhu 60°C selama 3 jam. Ke dalam campuran ini ditambahkan resin bisphenol a glycol dimethacrylate (Bis-GMA) dan butyl hydroxyl toluene (BHT) dan diaduk pada suhu 60°C selama 1 jam. Selanjutnya campuran ini dituangkan ke dalam cetakan akrilik untuk memperoleh benda uji tarik, bending, dan tekan. Komposit dikeraskan dengan cara disinari menggunakan peralatan light curing selama 1 menit. Spesimen uji tarik, bending, dan tekan selanjutnya direndam di dalam air aquades pH 7 dan beratnya ditimbang secara periodik tiap 3-4 hari sampai beratnya konstan. Pengaruh penyerapan air terhadap sifat mekanis komposit dipelajari melalui pengujian tarik, bending, dan tekan. Sifat biokompatibel dipelajari melalui uji toksisitas secara *in vitro* pada sel vero menggunakan metode 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide (MTT).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan air pada komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay menurunkan kekuatan tarik, kekuatan bending, dan kekuatan tekan. Berdasarkan hasil uji toksisitas dapat diketahui bahwa penambahan komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay sebanyak 2,25 mg ke dalam sel vero telah mengakibatkan peningkatan jumlah sel vero sebesar 161,94%. Hal ini menunjukkan bahwa komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay bersifat biokompatibel dan memiliki potensi aplikasi sebagai material tambal gigi.

**Keywords:** komposit, Bis-GMA, TEGDMA, clay, penyerapan air, toksisitas

### **Pendahuluan**

Material tambal gigi jenis komposit memiliki keunggulan dibanding material tambal gigi lainnya seperti amalgam dan keramik. Hal ini disebabkan karena komposit unggul dalam hal estetis dan kemampuan berikatan dengan permukaan lapisan email gigi (Tian dkk., 2008). Tetapi, di dalam lingkungan mulut yang basah, komposit dapat menyerap air atau cairan lainnya seperti saliva, komponen makanan atau juga minuman di dalam kaleng. Selanjutnya, air yang terserap di dalam komposit dapat mempengaruhi kualitas tambalan gigi komposit. Telah dilaporkan bahwa penyerapan air yang berlebih dapat memberikan efek yang merusak dan selanjutnya dapat menurunkan

sifat fisis dan mekanis komposit tambal gigi (Zhang & Zu, 2008).

Komposit tambal gigi komersial biasanya tersusun dari matriks polimer dan penguat partikel anorganik seperti silika, zirkonia, dan barium alumina silicate dengan kandungan tinggi sekitar 50-70% fraksi berat. Di sisi lain, perkembangan material nanokomposit yang merupakan material komposit jenis baru yang tersusun dari matriks polimer dengan penguat partikel berukuran nano meter saat ini telah meningkat. Clay montmorillonite (MMT) telah sukses menjadi penguat dari nanokomposit. Hal ini dikarenakan clay tersusun dari lapisan silikat berukuran nano meter sehingga ketika digabungkan dengan polimer dapat menghasilkan nanokomposit dengan sifat mekanis,

panas, dan permeabilitas jauh lebih baik dari komposit yang diperkuat serat. Sejauh ini, penggunaan clay sebagai penguat pada komposit tambal gigi belum pernah diteliti.

Komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay disiapkan dengan metode *light curing*. Pengaruh penambahan clay pada matriks gabungan resin Bis-GMA/TEGDMA terhadap sifat mekanisnya diteliti pada studi ini. Selain itu, perilaku penyerapan air dan pengaruhnya terhadap sifat mekanis komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay juga dipelajari. Biokompatibilitas komposit diteliti melalui uji toksitas untuk mengetahui sejauh mana potensi aplikasi komposit ini sebagai material tambal gigi.

### Metode Eksperimen dan Fasilitas yang digunakan

Monomer *bisphenol a glycol dimethacrylate* (Bis-GMA) dan *triethylene glycol dimethacrylate* (TEGDMA) digunakan sebagai material matriks komposit. *Camphorquinone* (CQ) dan *dimethylaminoethylmethacrylate* (DMAEMA) digunakan sebagai *photoinitiator*. Untuk menghambat terjadinya polimerisasi awal maka ditambahkan *butyl hydroxyl toluene* (BHT) sebagai bahan *polymerization inhibitor*. Clay tipe Nanomer I.28E dari Nanocor, Co, USA digunakan sebagai material penguat.

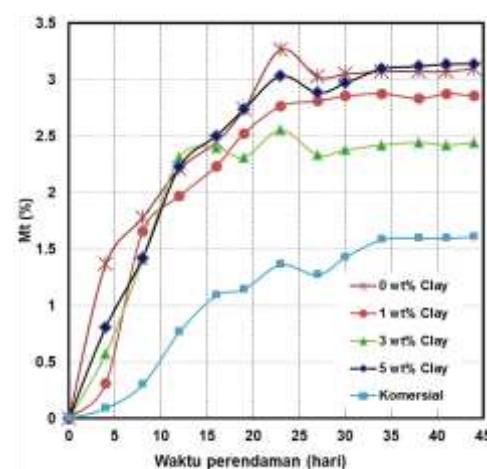
Pembuatan komposit diawali dengan cara mencampur resin TEDGMA dengan clay, CQ, DMAEMA, dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada *hot plate* dengan suhu 60°C selama 3 jam. Kandungan clay divariasi 0, 1, 3, dan 5 wt%. Ke dalam campuran ini ditambahkan resin Bis-GMA dan BHT, kemudian diaduk pada suhu 60°C selama 1 jam. Selanjutnya campuran ini dituangkan ke dalam cetakan akrilik untuk menghasilkan benda uji tarik, *bending*, dan tekan sesuai standar. Selanjutnya, pengerasan komposit dilakukan dengan cara menyinari dengan menggunakan peralatan *light curing* selama 1 menit pada tiap sisinya.

Sifat mekanis komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay dievaluasi melalui uji tarik, *bending*, dan uji tekan. Selain itu, komposit komersial jenis Solare™ X A3 sebagai kontrol dan pembanding juga dipelajari. Penyerapan air dilakukan menggunakan spesimen uji tarik dengan cara spesimen disimpan di dalam desikator selama 24 jam dan selanjutnya ditimbang beratnya. Kemudian spesimen direndam di dalam air aquades pH 7. Setiap 3-4 hari sekali secara periodik, berat specimen ditimbang sampai beratnya konstan. Uji toksitas terhadap komposit yang mengandung clay 1 wt% dilakukan mengikuti metode 3-(4,5-

*dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide* (MTT).

### Hasil dan Pembahasan

Gambar 1 menunjukkan prosentase penyerapan air sebagai fungsi dari waktu perendaman untuk komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay dengan variasi clay dan komposit komersial. Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa pada awal perendaman (0-20 hari), semua spesimen menunjukkan laju penyerapan air yang tinggi. Selanjutnya, mulai hari ke-30, penyerapan air relatif konstan untuk semua spesimen. Penyerapan air terkecil ditunjukkan oleh spesimen komersial, diikuti komposit dengan 3, 1, 0, dan 5 wt%. Penyerapan air terkecil mungkin disebabkan karena tingginya densitas *crosslinking* dan kecilnya porositas pada spesimen komersial mengingat spesimen komersial dihasilkan oleh pabrik. Beberapa faktor yang mempengaruhi penyerapan air dari komposit tambal gigi adalah antara lain *hydrophilicity* dari matriks polimer, densitas *crosslinking*, material penguat, porositas, dan jenis pelarutnya (Ferracane, 2006). Komposit dengan 5 wt% clay menunjukkan penyerapan air terbesar di antara lainnya. Hal ini mungkin terkait dengan aglomerasi clay yang terjadi pada komposit dengan 5 wt% clay di mana clay memiliki sifat hidrofilik yang mudah menyerap air.

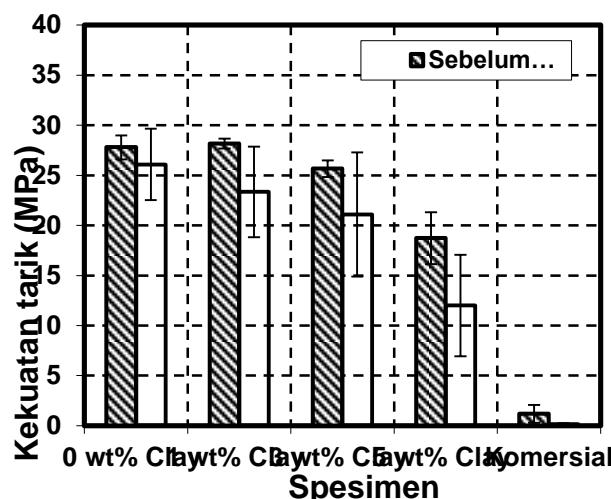


Gambar 1. Perilaku penyerapan air komposit

Kekuatan tarik komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay dan komersial sebelum dan sesudah perendaman ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk semua spesimen, nilai kekuatan tarik setelah perendaman lebih rendah daripada sebelum perendaman. Ini berarti bahwa penyerapan air menurunkan kekuatan tarik dari komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay dan komposit komersial. Penurunan kekuatan tarik ini disebabkan karena efek plastisisasi/pelunakan pada matriks resin

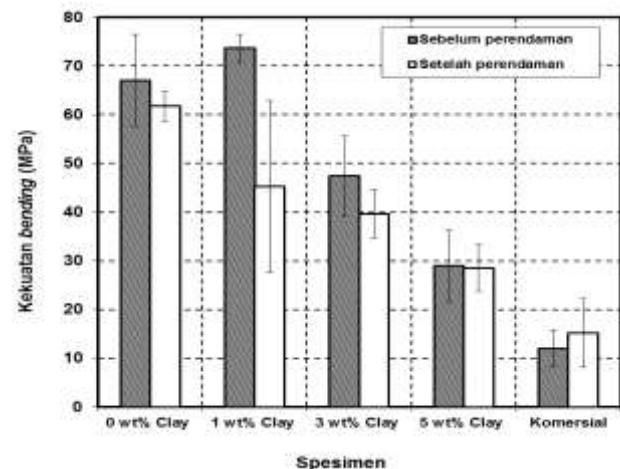
akibat penyerapan air. Selanjutnya, ini menurunkan kekuatan ikatan antar muka di antara matriks resin dengan partikel penguat sehingga terjadi *debonding* di antara keduanya dan akhirnya menurunkan kekuatan tarik (Shim dan Watts, 1999). Di antara komposit dengan penguat clay, komposit dengan 5 wt% clay menunjukkan penurunan kekuatan tarik paling tinggi di antara lainnya. Penyerapan air yang tertinggi seperti ditunjukkan pada Gambar 1 mungkin dipercaya sebagai penyebab penurunan kekuatan tarik yang paling tinggi.

Dari Gambar 2, pengaruh penambahan clay terhadap kekuatan tarik matriks Bis-GMA/TEGDMA juga dapat diketahui. Penambahan 1 wt% clay dapat meningkatkan kekuatan tarik sebesar 6,09% sedangkan adanya clay > 1wt% justru menghasilkan efek sebaliknya. Peningkatan kekuatan tarik ini mungkin terkait dengan terbentuknya struktur eksfoliasi pada komposit dengan clay 1 wt%. Struktur eksfoliasi terbentuk ketika lapisan silikat dari clay secara individu yang berukuran nanometer tersebar merata di dalam matriks resin Bis-GMA/TEGDMA. Pada struktur eksfoliasi, clay memiliki *high aspect ratio* dan juga memiliki luas permukaan kontak dengan matriks resin yang sangat besar. Hal ini menyebabkan terjadinya ikatan yang kuat antara clay dengan matriks resin Bis-GMA/TEGDMA dan akhirnya menyebabkan peningkatan kekuatan tarik. Penurunan kekuatan tarik untuk clay > 1 wt% mungkin disebabkan karena terbentuknya struktur interkalasi dan atau aglomerasi clay. Aglomerasi clay selanjutnya menjadi tempat konsentrasi tegangan dan merupakan titik lemah ketika menerima beban tarik pada saat uji tarik dan akhirnya kekuatan tarik turun secara drastis. Juga dapat diketahui bahwa komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dari pada komposit komersial.



Gambar 2. Kekuatan tarik komposit

Gambar 3 menunjukkan kekuatan *bending* komposit sebelum dan sesudah perendaman. Untuk semua komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay, penurunan kekuatan *bending* ditunjukkan sesudah perendaman yang mana mirip dengan hasil uji tarik. Efek plastisisasi matriks resin akibat penyerapan air juga dipercaya sebagai penyebab terjadinya penurunan kekuatan *bending* (Shim dan Watts, 1999). Fenomena berbeda ditunjukkan oleh komposit komersial di mana setelah perendaman terjadi kenaikan kekuatan *bending*. Hal ini disebabkan karena adanya *the extraction of the leachable unreacted monomer* (Sideridou dkk., 2007). Dari Gambar 3 juga dapat diketahui bahwa kekuatan *bending* tertinggi juga ditunjukkan oleh komposit dengan kandungan clay 1 wt%. Di sisi lain untuk kandungan clay > 1 wt%, kekuatan *bending* turun secara drastis. Struktur eksfoliasi pada komposit dengan kandungan clay 1 wt% dan struktur aglomerasi clay pada > 1 wt% mungkin juga menjadi penyebab kekuatan *bending* seperti hasil uji tarik. Untuk kondisi sebelum perendaman, komposit dengan 1 wt% clay memiliki kekuatan *bending* 73.61 MPa yang mana melebihi dari nilai yang disyaratkan seperti di dalam ISO 4049 (minimum 50 MPa). Ini berarti bahwa komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay dengan 1 wt% clay dapat digunakan sebagai material tumbal gigi.

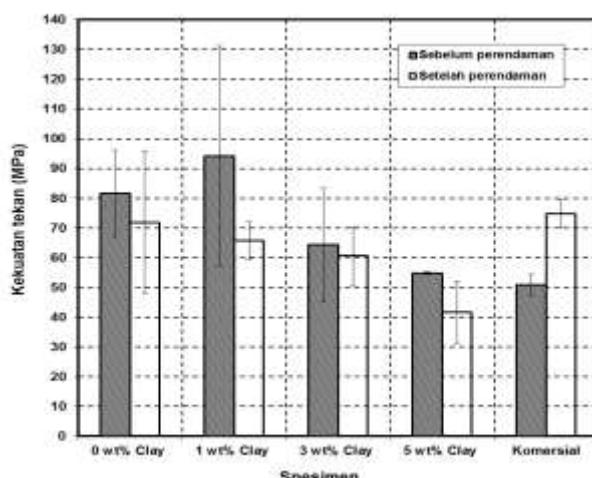


Gambar 3. Kekuatan *bending* komposit

Kekuatan tekan dari komposit pada kondisi sebelum dan sesudah perendaman ditunjukkan pada Gambar 4. Dapat dilihat bahwa adanya air yang terserap di dalam komposit menurunkan kekuatan tekan. Hasil ini mirip dengan hasil uji tarik dan uji tekan. Pengaruh plastisisasi/pelunakan pada matriks resin akibat penyerapan air menjadi penyebab penurunan kekuatan tekan pada komposit sesudah perendaman. Seperti hasil uji *bending*, komposit komersial juga menunjukkan fenomena yang sama di mana kekuatan tekan setelah perendaman lebih tinggi dari pada

sebelum perendaman. Adanya *the extraction of the leachable unreacted monomer* juga dipercaya menjadi penyebab kenaikan kekuatan tekan setelah perendaman (Sideridou dkk., 2007). Dilaporkan juga bahwa komposit komersial tersusun dari matriks jenis monomer resin urethane dimethacrylate (UDMA). Hal ini berbeda dengan komposit yang dibuat dengan matriks Bis-GMA/TEGDMA.

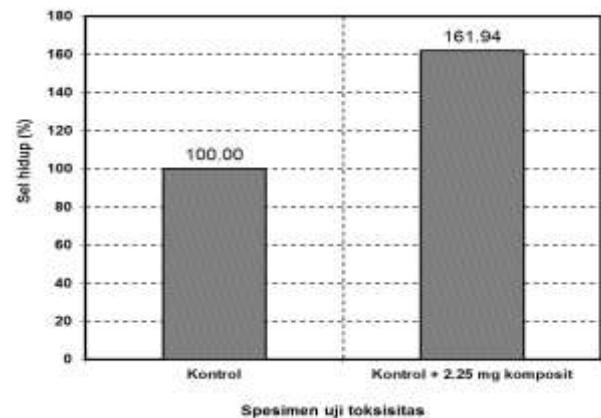
Pengaruh penambahan clay terhadap kekuatan tekan juga dapat diketahui dari Gambar 4. Hasil yang sama seperti hasil uji tarik dan bending juga diamati. Kekuatan tekan tertinggi ditunjukkan pada kandungan clay 1 wt% di mana adanya clay 1 wt% meningkatkan kekuatan tekan secara signifikan sebesar 83.84%. Hal ini disebabkan karena terbentuknya struktur eksfoliasi. Selanjutnya, penurunan kekuatan tekan pada clay > 1 wt% mungkin terkait aglomerasi clay.



Gambar 4. Kekuatan tekan komposit

Biokompatibilitas dari komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay dipelajari dengan uji toksitas. Dari hasil uji ini dapat diketahui apakah komposit bersifat racun atau tidak. Komposit dengan clay 1 wt% dipilih sebagai komposisi sampel uji toksitas. Serbuk komposit sebesar 2,25 mg ditambahkan ke dalam media kultur sel (kontrol). Pada penelitian ini, media kultur sel berisi sel vero yang merupakan sel yang berasal dari sel epitel ginjal dari monyet hijau Afrika (*cercopithecus aethiops*). Selanjutnya, jumlah sel hidup diamati dan dihitung menggunakan ELISA reader. Gambar 5 menunjukkan prosentase sel hidup pada media kultur sel yang ditambahkan 2,25 mg komposit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 2,25 mg material komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay ke dalam media kultur sel menyebabkan kenaikan prosentase jumlah sel hidup. Ini berarti bahwa adanya komposit di dalam media kultur sel tidak bersifat racun. Ini juga dapat disimpulkan bahwa komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay memiliki sifat biokompatibilitas

yang baik dan berpotensi sebagai salah satu alternatif material tambal gigi. Sifat biokompatibilitas komposit yang mengandung clay dapat dipahami karena clay juga merupakan keluarga dari silika di mana komposit komersial mengandung silika sebagai penguat.



Gambar 5. Hasil uji toksitas

## Kesimpulan

Penambahan clay 1 wt% meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan *bending*, dan kekuatan tekan. Adanya clay > 1 wt% pada komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay justru memberikan efek yang sebaliknya. Penyerapan air pada komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay menurunkan kekuatan tarik, kekuatan *bending*, dan kekuatan tekan. Komposit Bis-GMA/TEGDMA/clay memiliki sifat biokompatibilitas yang baik dan tidak bersifat racun sehingga memiliki potensi aplikasi sebagai salah satu material tambal gigi.

## Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UGM atas dukungan dana melalui Hibah Penelitian Prodi S2 Teknik Mesin FT UGM No. 1222/H1.17/TKMPS/2012. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Arief Kurniawan dan Erwinskyah di dalam pengumpulan data.

## Referensi

Tian, M., Gao, Y., Liu, Y., Liao, Y., Hedin, N.E., Fong, H. Fabrication and evaluation of Bis-GMA/TEGDMA dental resins/composites containing nano fibrillar silicate. *Dental Materials*, Vol. 24, 235-243 (2008)

Zhang, Y. & Xu, J. Effect of immersion in various media on the sorption, solubility, evolution of unreacted monomers and flexural properties of two model dental composite compositions. *Journal of*

Materials Science: Materials in Medicine, 19, 2477-2483 (2008)

Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer network. Dental Materials, Vol. 22(3), 211-222 (2006)

Shim JS dan Watts DC. Residual monomer concentrations in denture-base acrylic resin after an additional, soft liner, heat-cure cycle. Dental Materials, Vol. 15, 296-300 (1999)

Sideridou, I.D., Karabela, M.M., Bikiaris, D.N. Aging studies of light cured dimethacrylate-based dental resins and a resin composite in water or ethanol/water. Dental Materials, Vol. 23, 1142-1149 (2007)