

Pengaruh Metode Pencampuran Coupling Agent Terhadap Sitotoksitas Komposit Serat Selulosa Sabut Kelapa / Coir

TwI Agnita Cevanti

Departemen Konservasi Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Hang Tuah

Widyasri Prananingrum

Departemen Biomaterial Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Hang Tuah

Diana Soesilo

Departemen Konservasi Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Hang Tuah

ABSTRAK

Latar belakang: Serat selulosa dari serabut kelapa (*Cocos nucifera L/coir*) saat ini sedang diteliti sebagai *filler* organik untuk bahan komposit di bidang kedokteran gigi. DGEBA dipilih sebagai *Coupling agent* untuk mendapatkan ikatan kimia kovalen antara matriks BisGMA, TEDGMA dengan serat selulosa coir. Metode pencampuran DGEBA berperan penting terhadap biokompatibilitas bahan. Syarat ideal bahan kedokteran gigi harus bersifat tidak toksik melalui uji sitotoksitas. Tujuan: memodifikasi metode sintesis selulosa berbahan dasar sabut kelapa sebagai serat alami untuk mengoptimalkan ikatan kimia melalui reaksi polimerisasi antara serat, coupling agent dan matriks. Metode : Metode sintesis selulosa ada 2 macam yaitu (1) sintesis larutan selulosa menggunakan DGEBA dan etanol, (2) sintesis larutan selulosa menggunakan etanol tanpa DGEBA. Uji sitotoksitas pada sel fibroblast pulpa dengan metode MTT Assay pada sampel komposit serat selulosa coir dari dua metode tersebut. Hasil: Metode 1 tingkat viabilitas sel perendaman 7 hari sebesar 93,30855 % , 14 hari sebesar 99,07063 % , 21 hari sebesar 74,53532 % . Metode 2 didapatkan 64,68401 % perendaman 7 hari, 73,79182 % selama 14 hari dan 53,15985 % selama 21 hari. Kesimpulan : Metode sintesis larutan selulosa menggunakan DGEBA dan etanol menghasilkan komposit dengan ikatan kimia yang lebih baik dilihat dari hasil uji sitotoksitasnya.

Korespondensi:

TwI Agnita Cevanti

Email:twi.agnita@hangtuah.ac.id

Kata Kunci : Komposit, filler, DGEBA, Selulosa coir

Effect of Coupling Agent Mixing Method on Cytotoxicity of Coconut Coir/Coir Cellulose Fiber Composite

ABSTRACT

Background: Research about cellulose fiber from coconut fibers (*Cocos nucifera L/coir*) was currently done as an organic fillers for dental composite materials. DGEBA was chosen as a coupling agent to obtain covalent chemical bonds between BisGMA, TEDGMA matrices and coir cellulose fibers. The mixing method of DGEBA played an important role in the biocompatibility of the material. The ideal requirement for dental materials must be non-toxic through cytotoxicity tests. Objective: to modify the synthesis method of coir-based cellulose as a natural fiber to optimize chemical bonding through polymerization reaction between fiber, coupling agent and matrix. Methods: There were 2 kinds of cellulose synthesis methods, which were (1) synthesis of cellulose solution using DGEBA and ethanol, (2) synthesis of cellulose solution using ethanol without DGEBA. Cytotoxicity test on pulp fibroblast cells with MTT Assay method on coir cellulose fiber composite samples from the two methods. Results: Method 1 cell viability rate for 7 days immersion was 93.30855%, 14 days was 99.07063%, 21 days was 74.53532%. Method 2 obtained 64.68401% for 7 days immersion, 73.79182% for 14 days and 53.15985% for 21 days. Conclusion: The cellulose solution synthesis method using DGEBA and ethanol produces composites with better chemical bonds seen from the results of the cytotoxicity test.

Key words : Composite, filler, DGEBA, coir cellulose

PENDAHULUAN

Resin komposit terdiri dari 3 komponen yaitu, matriks resin, *coupling agent* dan *filler*. *Filler* digunakan sebagai bahan penguat dalam kedokteran gigi dan yang digunakan selama ini adalah *filler* anorganik yang memiliki kekurangan *non biodegradable*, bergantung pada bahan bakar fosil. Pembentukan komposit lebih lama dan mudah rusak pada tekanan tinggi. Biaya yang dikeluarkan mahal untuk proses produksinya.¹

Serat alami saat ini sedang di kembangkan di bidang bahan material kedokteran gigi. Serat alam ini memiliki keunggulan dibandingkan serat kaca/sintetis yaitu lebih murah, tersedia melimpah dari

sumber daya terbarukan, dan memiliki kekuatan spesifik yang tinggi. Serat alam yang digunakan sebagai *filler* komposit yang sedang dikembangkan dalam bidang kedokteran gigi yaitu serat serabut kelapa. Serat serabut kelapa dikenal dengan nama latinnya *Cocos nucifera L (coir)*.² Tanaman kelapa banyak ditemui dan sangat melimpah di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Selatan, diketahui bahwa produksi kelapa pada tahun 2020 sebesar 57.570 ribu ton (BPS 2020). Dampaknya limbah serabut kelapa rata-rata per tahun akan dihasilkan sekitar 1,7 juta ton. Limbah serat sabut kelapa perlu dimanfaatkan secara optimal dengan menjadi produk berteknologi.³

Beberapa kelemahan dari serat alam dikaitkan dengan serapan airnya, variasi kualitas, stabilitas termal yang rendah, dan keterbasahan yang buruk. Adhesi yang tidak memadai antara matriks polimer dan serat menyebabkan debonding pada waktunya. Sifat-sifat antarmuka serat-matriks atau adhesi antarmuka serat dan matriks sangat penting untuk sifat mekanik bahan komposit dan salah satu cara untuk memperbaiki permukaan antarmuka secara mekanis adalah dengan mencapai ikatan kimia yang efisien antara matriks polimer dan matriks-serat.² Ikatan kimia yang dihasilkan antara matriks dan serat sabut kelapa adalah ikatan kovalen yang lemah karena reaksinya menghasilkan H₂O yang bersifat *hydrophilic* maka diperlukan material untuk menghasilkan ikatan kimia yang kuat. Material yang ditambahkan adalah DGEBA sebagai coupling agent akan dapat menghasilkan ikatan kimia yang kuat karena DGEBA juga dapat merubah serat menjadi *hydrophobic*.⁴ *Diglycidyl ether bisphenol A* (DGEBA) merupakan bahan kimia yang berfungsi mengikat *filler* dengan matriks resin. DGEBA salah satu resin epoksi yang paling banyak digunakan di berbagai bidang industri karena sifat termal yang sangat baik, sifat isolasi listrik dan sifat fisik dan mekanik. DGEBA dalam konsentrasi yang sesuai dapat meningkatkan ikatan rantai molekul dengan menghasilkan ikatan silang dan meningkatkan stabilitas termal resin komposit.⁵

Serat selulosa yang sangat terpolarisasi secara inheren tidak kompatibel dengan polimer hidrofobik. Ketika dua bahan tidak kompatibel, seringkali mungkin untuk menghasilkan kompatibilitas dengan memperkenalkan bahan ketiga yang memiliki sifat-sifat antara dua lainnya. Ada beberapa mekanisme kopling dalam bahan. Teori ikatan kimia utama saja tidak cukup, maka pertimbangan konsep lain muncul diperlukan, yang meliputi morfologi antarmuka, reaksi asam-basa pada antarmuka, permukaan energi dan fenomena pembasahan.⁶ *Chemical coupling* adalah metode modifikasi kimia

penting yang dapat meningkatkan adhesi antarmuka. Permukaan serat diperlakukan dengan senyawa yang membentuk jembatan ikatan kimia antara serat dan matriks. Ada beberapa metode modifikasi kimia yang efektif, yaitu kopolimerisasi graft/cangkok, perlakuan dengan senyawa yang mengandung gugus methanol, dengan bahan isosianat, agen kopling triazin dan organosilanes sebagai agen kopling. Pada jurnal ini metode *chemical coupling agent* yang akan dibandingkan adalah kopolimerisasi cangkok dan organosilanes.^{5,7}

Hasil perbandingan tersebut nantinya akan dilihat dari hasil uji toksisitas karena berhubungan dengan degradasi bahan bila ikatan kimia yang terjadi tidak kuat. Uji toksisitas merupakan uji yang dilakukan pada tahap awal pengujian toksisitas sebuah bahan yang bertujuan untuk mengetahui apakah bahan tersebut memenuhi syarat untuk diterima jaringan. Kriteria sitotoksitas bahan di kedokteran gigi dapat diklasifikasikan yaitu tidak sitotoksik (>90%), sitotoksitas ringan (60-90%), sitotoksitas sedang (30-59%) dan sitotoksitas berat (<30%). Semakin banyak sel yang hidup menunjukkan akan semakin bagus bahan tersebut.⁸

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah Bis-GMA (*bisphenol A glycerolate dimethacrylate* /494356 Sigma-Aldrich), TEGDMA (*triethylene glycol dimethacrylate* / Sigma-Aldrich), EGDBA/DGEBA (V-117-2207 Sigma-Aldrich), serat selulosa sabut kelapa, *Camphorquinone* (CQ) (Sigma-Aldrich Company St. Louis, MO, USA), sel ginggiva (GT-1), *Fibroblast cell line baby hamster kidney* (BHK-21).

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian *true experimental* laboratoris dengan tipe *post-test only control group design*. Penelitian ini menggunakan sampel komposit yang akan terbagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok (1) adalah kelompok yang menggunakan metode pencampuran serat

dan *coupling agent* bersama-sama dengan matriksnya. Kelompok ke (2) adalah kelompok yang menggunakan metode *coupling agent* dicangkokkan terlebih dahulu pada serat selulosa sabut kelapa. Kemudian bahan komposit tersebut dilakukan uji toksisitas hasil perendaman kedua komposit tersebut.

Pembuatan Serat Selulosa Sabut Kelapa

Ekstraksi serat selulosa diawali dengan persiapan bahan serat sabut kelapa melalui proses delignifikasi menggunakan etanol 60%. Selanjutnya dilakukan *bleaching* untuk memudarkan warna coklat pada sabut kelapa menggunakan H_2O_2 , NaOH, dan air demineral pada alat rotavapor. Selanjutnya dilakukan sintesis serat selulosa untuk membentuk bentukan fiber pendek.

Metode pertama (1) sintesis serat selulosa yang dicampur *coupling agent* terlebih dahulu yaitu serat dilarutkan menggunakan NaOH dan urea, kemudian serat yang telah larut dan DGEBA (bentukan kristal) di tuangkan kedalam larutan antisolvent etanol 99% dengan rate 20 ml/min, lalu di diamkan hingga terjadi sedimentasi padat. Sedimentasi yang berisi campuran selulosa dan DGEBA tersebut kemudian dilakukan *solvent exchange* menggunakan air demineral hingga pH netral, lalu serat dimasukkan kedalam *freezer* dengan suhu $-25^{\circ}C$. Kemudian di *freeze drying* pada suhu $-45^{\circ}C$ dengan tekanan 5 mTorr selama 24 jam.

Metode 2 untuk sintesis serat selulosa yaitu serat dilarutkan menggunakan NaOH dan urea, kemudian serat yang telah larut di tuangkan kedalam larutan antisolvent etanol 99% dengan rate 20 ml/min. Kemudian di diamkan hingga terjadi sedimentasi selulosa padat. Sedimentasi selulosa kemudian di lakukan *solvent exchange* menggunakan air demineral hingga pH netral. Kemudian serat dimasukkan kedalam *freezer* dengan suhu $-25^{\circ}C$ kemudian setelah membeku dilakukan *freeze drying* pada suhu $-45^{\circ}C$. dengan tekanan 5 mTorr selama 24 jam.

Pembuatan Komposit selulosa coir

Bubuk serat selulosa hasil dari kedua metode diatas tersebut dimasukkan kedalam *glass beaker* selanjutnya ditimbang seberat 1gram bersama dengan campuran 25% berat resin matriks BisGMA dan 5% berat TEGDMA. Pencampuran serat dan matriks dilakukan menggunakan alat sonikator $25^{\circ}C$. selama 60 menit. Kemudian ditambahkan *camphorquinone* 1% dan dicampur menggunakan *magnetic stirrer* selama sekitar 24 jam. Hasil pembuatan komposit dilakukan perendaman menggunakan saliva buatan selama 7 hari, 14 hari dan 21 hari, kemudian dilakukan uji toksisitas dengan menggunakan metode MTT assay pada sel fibroblast pulpa. Uji toksisitas komposit dilakukan di LPPM UGM.

Prosedur Kerja Uji Toksisitas⁹

A. Subculture

1. Sel yang ada di cryo dimasukkan ke tabung sentrifuge 15ml
2. Tambahkan 5ml media pada tabung sentrifuge 15ml
3. Sentrifuge 4900rpm 5 menit
4. Media dibuang, endapan/pellet sel diresuspen
5. Siapkan tissue culture petridish steril dengan media masukkan sel yang telah diresuspen
6. Inkubasi 3 hari sampai confluence, $37^{\circ}C$, CO_2 5%

B. Panen Sel

Tissue culture petridish berisi sel, buang media, tambah trypsin edta 1ml, inkubasi CO_2 5%, $37^{\circ}C$ 5 menit. Ambil media lebih kurang 2ml masukkan pada diffuse petridish, resuspend dengan pipet, masukkan pada tabung centrifuge 15ml kemudian sentrifuge 4900rpm selama 5 menit. Sel akan mengendap didasar tabung.

C. Perhitungan sel

Sel dan media 1ml, resuspen, ambil 10 ul + 10 ul trypan blue diparafilam, homogenkan, masukkan pada kamar hitung dan lakukan perhitungan di 4 kota.

D. MTT

1. Pipet masing-masing well 100ul pada sumuran, control media, control sel dan perlakuan
2. Pipet 10ul sel (jumlah sel tiap well 5000-10.000 sel) pada sumuran control sel dan perlakuan
3. Inkubasi 24jam 37°C, CO₂ 5%
4. Buang media, tambah dengan media baru lebih kurang 100ul media pada well control sel dan control media
5. Pipet lebih kurang 50ul ekstrak pada sumuran perlakuan dan pipet 50ul media pada sumuran perlakuan
6. Inkubasi 24 jam 37° C, CO₂ 5%
7. Pipet 10ul reagen MTT pada semua sumuran
8. Inkubasi 4 jam 37° CO₂ 5%
9. Pipet 50ul DSMO pada semua sumuran
10. Inkubasi 37° 10menit
11. Baca diabsorbansi 540nm

Nilai uji sitotoksitas yang sesungguhnya dengan menghitung persentase viabilitas sel fibroblast dilakukan dengan memakai rumus :

$$\% \text{kehidupan sel} = \frac{\text{nilai absorban perlakuan} + \text{absorban kontrol media}}{\text{absorban kontrol sel} + \text{absorban kontrol media}} \times 100\%$$

HASIL

Hajil uji toksisitas perendaman komposit serat selulosa pada semua kelompok

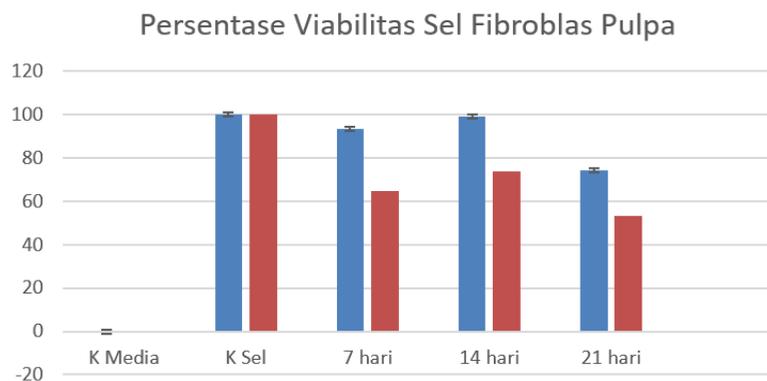
Hasil perbandingan uji viabilitas sel metode 1 dan metode 2 pada perendaman selama 7 hari

Hasil uji normalitas dengan Shapiro-Wilk didapatkan hasil yang normal pada metode 1 p=0.352 dan metode 2 p=0.301 berarti p>0.05 menunjukkan data berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas varians (Levene’s test) p=0.491 (p > 0.05 maka homogenitas terpenuhi. Hasil uji

Tabel 1. Rerata ± Std.Deviasi dan nilai viabilitas sel pada metode 1 dan 2

Kelompok	Metode 1	Nilai Viabilitas Metode 1 (%)	Metode 2	Nilai Viabilitas Metode 2 (%)
K. MEDIA	0,060 ± 0.0025	0	0,060 ± 0.0025	0
K. SEL	0,214 ± 0.0062	100	0,214 ± 0.0062	100
P7	0.204 ± 0.0497	93,308	0.160 ± 0.0402	64,684
P14	0.212 ± 0.0262	99,071	0.174 ± 0.0371	73,792
P21	0.175 ± 0.0159	74,535	0.142 ± 0.0244	53,160

Ket : Metode 1: sintesis larutan selulosa + GDEBA dan etanol; Metode 2: sintesis larutan selulosa dan etanol; P7: perendaman komposit selulosa coir pada saliva buatan selama 7 hari; P14: perendaman komposit selulosa coir pada saliva buatan selama 14 hari; P21: perendaman komposit selulosa coir pada saliva buatan selama 21 hari



Gambar 1. Nilai persentase viabilitas sel fibroblast pulpa pada kelompok perendaman metode 1 dan metode 2

Tabel 2. Nilai rerata dan standar deviasi perendaman komposit selulosa coir selama 7 hari

Kelompok	Rerata ± Std. Deviasi	One-way ANOVA Sig.
Metode 1	0.204 ± .0497	0.000
Metode 2	0.160 ± 0.0402	

Ket : Sig. p > 0.05 tidak ada perbedaan bermakna

hipotesis dengan analisis tabel one-way anova didapatkan $p = 0.000$ ($p < 0.05$) maka disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara metode 1 dan metode 2 pada perendaman selama 7 hari.

Hasil perbandingan uji viabilitas sel metode 1 dan metode 2 pada perendaman selama 14 hari

Tabel 3. Nilai rerata dan standar deviasi perendaman komposit selulosa coir selama 14 hari

Kelompok	Rerata ± Std. Deviasi	One-way ANOVA Sig.
Metode 1	0.212 ± 0.0262	0.043
Metode 2	0.174 ± 0.0370	

Ket : Sig. p > 0.05 tidak ada perbedaan bermakna

Tabel 4. Nilai rerata dan standar deviasi perendaman komposit selulosa coir selama 21 hari

Kelompok	Rerata ± Std. Deviasi	One-way ANOVA Sig.
Metode 1	0,175 ± 0,0159	0,012
Metode 2	0,142 ± 0,024	

Ket : Sig. p > 0.05 tidak ada perbedaan bermakna

Hasil uji normalitas dengan *Shapiro-Wilk* didapatkan hasil pada metode 1 $p=0.743$ dan metode 2 $p=0.269$ berarti $p > 0.05$ menunjukkan data berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas varians (*Levene's test*) $p=0.351$ ($p > 0.05$) maka homogenitas terpenuhi. Hasil uji hipotesis dengan analisis tabel *One-way Anova* didapatkan $p = 0.043$ ($p < 0.05$) maka disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara metode

1 dan metode 2 pada perendaman selama 14 hari. Hasil perbandingan uji viabilitas sel metode 1 dan metode 2 pada perendaman selama 21 hari

Hasil uji normalitas dengan *Shapiro-Wilk* didapatkan hasil pada metode 1 $p=0.188$ dan metode 2 $p=0.232$ berarti $p > 0.05$ menunjukkan data berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas varians (*Levene's test*) $p=0.304$ ($p > 0.05$) maka homogenitas terpenuhi. Hasil uji hipotesis dengan analisis tabel *One-way Anova* didapatkan $p = 0.012$ ($p < 0.05$) maka disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara metode 1 dan metode 2 pada perendaman selama 21 hari.

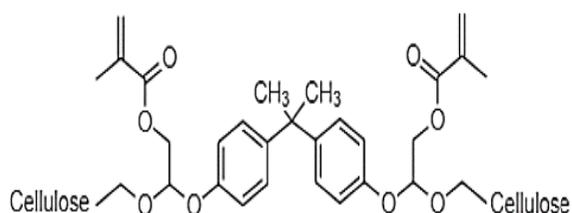
PEMBAHASAN

Matriks resin dan sabut kelapa merupakan komponen organik. Kedua material tersebut dapat berikatan secara mekanik karena sesama material organik. Ikatan mekanis atau interlocking terjadi antara permukaan serat yang memiliki morfologi tidak teratur atau tidak rata dengan matriks. Ketidakteraturan atau ketidakrataan permukaan serat akan menghasilkan kemampuan rekat serat-matriks yang dikenal dengan *lock and key* yaitu mekanisme ikatan yang saling mengunci yang terjadi pada dua permukaan yaitu resin dan serat yang kasar.^{9,10}

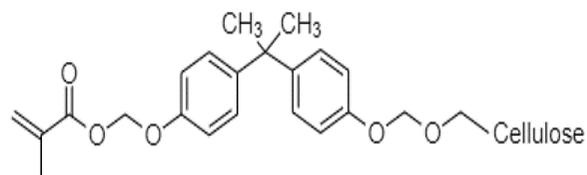
Ikatan antara kedua material tersebut dapat ditingkatkan dengan adanya material *coupling*. Material *coupling* yang digunakan untuk meningkatkan ikatan antara kedua material organik adalah *diglycidil eter bisphenol*(DGEBA). Serat yang diberi perlakuan permukaan dengan cara pelapisan (*sizing/silane*) dengan *coupling agent* akan mengalami interaksi dengan matriks melalui mekanisme ikatan kimia. Mekanisme ikatan kimia antara material organik Bis-GMA dengan sabut kelapa dapat terjadi melalui material adhesi *diglycidil eter bisphenol* (DGEBA). Ikatan ini dapat terjadi melalui gugus (OH) pada material organik Bis-GMA dan sabut kelapa maka reaksi pada ketiga molekul tersebut terbentuk melalui gugus

(OH). Atom H yang terdapat pada Bis-GMA dan sabut kelapa berikatan dengan atom O pada DGEBA sehingga akan terbentuk gugus OH baru. Reaksi kimia yang terjadi pada ketiga molekul tersebut akan terjadi ikatan *crossed link* yang mempunyai kestabilan tinggi.¹¹

Pencampuran DGEBA pada pembuatan komposit bisa dilakukan dengan dua cara yaitu pertama (metode 1) DGEBA dicampurkan terlebih dahulu kedalam serat selulosa saat sintesis serat baru kemudian direaksikan dengan BisGMA dan TEGDMA dan yang kedua (metode 2) DGEBA dicampur langsung dengan selulosa, BisGMA, TEGDMA. Hasil perbandingan pencampuran serat selulosa coir, DGEBA, BisGMA, TEGDMA metode pencampuran 1 dan metode 2 menunjukkan bahwa kekuatan ikatan kimia yang baik adalah pada metode 1 yaitu metode pencangkakan DGEBA pada serat selulosa coir. Hasil tersebut ditunjukkan pada uji sitotoksitas perendaman komposit selulosa coir. Perbandingan dari semua kelompok perendaman hari ke 7,14 dan 21 menghasilkan viabilitas sel yang tinggi pada metode 1 (tabel 1).



Penelitian ini menggunakan penambahan DGEBA 20% pada metode 1 dan metode 2. Metode 1 yaitu DGEBA (R-O-R) dilarutkan dengan etanol (-OH) dan dicampur dengan selulosa yang sudah di *crosslink* dengan urea maka struktur kimia reaksi yang dihasilkan adalah selulosa-OH dan DGEBA-OH Setelah DGEBA dicampurkan dengan selulosa saat sintesis selulosa kemudian disublimasi (*freeze dry*) dicampurkan dengan matriksnya BisGMA dan TEGDMA maka reaksi kimia yang terjadi adalah dengan struktur kimia sebagai berikut.



Struktur kimia komposit metode 1 ini tampak bahwa satu tangan DGEBA (R-O-R) berikatan dengan selulosa (OH-cell) dan juga mengikat BisGMA-TEGDMA (-COOR) begitu juga tangan DGEBA satunya juga mengikat OH-cell dan COOR sehingga hasil reaksinya adalah (metakrilat-cell-O-DGEBA)₂ .

Metode ke 2 yaitu apabila selulosa dicampurkan dengan BisGMA yang dilarutkan dengan pengencernya TEGDMA (-COOR) kemudian dicampur dengan DGEBA (R-O-R) kemudian dicampur serat selulosa coir maka dihasilkan komposit selulosa coir dengan ikatan kimia sebagai berikut :

Struktur kimia komposit tersebut tampak bahwa DGEBA mengikat gugus OH-cell pada salah satu tangan dan mengikat gugus metakrilat pada tangan lainnya.^{13,14}

Reaksi kimia yang terjadi pada metode 1 terjadi ikatan kovalen *crossed link* yang menghasilkan kekuatan ikatan yang tinggi antara serat dan matriksnya sehingga akan menghasilkan komposit dengan kestabilan tinggi yang mempengaruhi sifat fisik dan mekanis. Menurut penelitian, monomer pada resin komposit dapat menyebabkan efek sitotoksik dan genotoksik pada konsentrasi yang relevan yang dilepaskan di rongga mulut. Monomer diidentifikasi berperan untuk peningkatan intraselular spesies oksigen reaktif dan penurunan konsentrasi glutasi sehingga menyebabkan kerusakan pada DNA. Lingkungan rongga mulut tempat aplikasi komposit serat memiliki kandungan air yang berasal dari saliva dan cairan lain. Saat resin komposit terpapar air terjadi efek yang merugikan. Air dapat menghancurkan ikatan polimer matriks-*fiber* dan dapat mempengaruhi sifat sitotoksitas karena akan menyebabkan komponen penyusun komposit terlepas serta larut. Ekspansi oleh karena absorpsi air dari cairan mulut dapat meredakan *stres* polimerisasi, namun

sifat ini merupakan proses yang berjalan lambat, jika dibandingkan dengan kontraksi polimerisasi dan terbentuknya *stres*. Pada pengukuran ekspansi higroskopik yang dimulai 15 menit setelah terjadi polimerisasi, umumnya resin membutuhkan 7 hari untuk mencapai *equilibrium* dan sekitar 4 hari untuk menunjukkan ekspansi terbesar.^{15,16,17} Secara umum ada dua mekanisme yang dapat menyebabkan pemisahan komponen dari bahan resin komposit. Mekanisme pertama adalah dari banyak penelitian *in vitro* menunjukkan bahwa reaksi polimerisasi yang menghasilkan ikatan silang dari monomer resin matriks *dimethacrylate* tidak pernah sempurna dan reaksi yang merugikan disebabkan oleh pelepasan monomer nonpolimerisasi. Setelah polimerisasi, monomer dan zat aditif yang tidak terikat tersebut larut pada pelarut seperti air liur dan atau pelarut makanan, terutama selama 24 jam pertama. Elusi komponen resin yang tidak terpolimerisasi menjadi signifikan ketika bahan-bahan ini berdifusi melintasi lapisan hibrida dan tubuli dentin yang permeable untuk mencapai ruang pulpa sehingga dapat menghasilkan efek biologis pada pulpa gigi. Monomer bebas tampaknya secara langsung bertanggung jawab atas sitotoksitas resin komposit pada sel pulpa dan gingiva, serta ada kemungkinan terlibat dalam potensi alergi bahan. Tetapi zat yang dapat larut juga dapat dihasilkan oleh terjadinya erosi dan degradasi dari waktu ke waktu. Degradasi dan erosi resin dapat disebabkan oleh pengaruh cahaya, termal, mekanis, atau kimia yang merupakan mekanisme kedua terjadinya pemisahan komponen resin komposit. Sebagai contoh, telah ditemukan bahwa esterase saliva dapat menurunkan permukaan resin komposit, yang kemudian dapat mengakibatkan terlepasnya zat metakrilat atau komponen lain pada resin komposit.^{18,19}

SIMPULAN

Metode 1 yang merupakan metode kopolimerisasi cangkang dari coupling agent (DGEBA) ke dalam serat selulosa coir merupakan metode yang lebih baik untuk

pembuatan komposit. Hal ini ditunjukkan dari hasil uji sitotoksitas yang menghasilkan viabilitas sel pada perendaman hari ke 7 sebesar 93,308%, hari ke 14 sebesar 99,071% dan hari ke 21 sebesar 74,535%. Viabilitas sel pada hasil perendaman komposit selulosa coir metode 2 pada hari ke 7 sebesar 64,68%, pada hari ke 14 sebesar 73,79 %, pada hari ke 21 sebesar 53,16 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wirawan WA, Widodo TD, Zulkarnain A. Analisis Penambahan Coupling Agent Terhadap Sifat Tarik Biokomposit Kulit Waru (Hibiscus Tiliaceus) -Polyester. 2018;9(1):35-41.
1. Habibie S, Suhendra N, Roseno S, Adi B, Material PT, Riset B, et al. Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan, Suatu Kajian Pustaka. 2021;2:1-13.
2. silawati N, Nurhayati C, Susanto T. Utilization of Fiber Waste and Natural Rubber as an Alternative Noise Reduction. J Din Penelit Ind. 2021;32(2):102-9.
3. Suryanto H. Review serat alam: komposisi, struktur dan sifat mekanis. NASPA J. 2016 Oct;42(1)
4. Liu Y, Wang W, Liu H, Zhang M, Liu J, Qi J. Blending Modification of Alicyclic Resin and Bisphenol A Epoxy Resin to Enhance Salt Aging Resistance for Composite Core Rods. Polymers. 2022 Jun 13;14(12):2394.
5. Prasetyo D, Raharjo WW. Pengaruh Penambahan Coupling Agent Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Polyester-Cantula Dengan Anyaman Serat 3d Angle Interlock. Mekanika. 2013 Sep 1;12(1)
6. Surface Treatments of Natural Fibres—A Review: Part 1 Kayode Feyisetan Adekunle. Open J Polymer Chemistry, 2015;5:41-46.
7. Nararya Sa, Jularso E, Budhy Ti. Uji Toksisitas Daun Kelor (Moringa Oleifera) Terhadap Sel Fibroblas Gingiva Menggunakan Uji Mtt Assay (Toxicity Of Kelor Leaves (Moringa Oleifera) Against Gingival Fibroblast Using Mtt Assay). J Biosains Pascasarj. 2015;17(1):52-9.

8. ISO 10993-5, *Biological Evaluation of Medical Devices - Part 5, Test For In Vitro Cytotoxicity*, 2009. h. 30-34.
9. Shalaby W. Shalaby Ulrich Salz. *Polymers for Dental and Orthopedic Applications* . by Taylor & Francis Group, LLC, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business. 2007.
10. Mittal KL, Etzler FM. *Adhesion in Pharmaceutical, Biomedical and Dental Fields* . First edition Wiley Global Headquarters 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, USA . 2017.
11. Nugroho D.A., Widjijono W, Nuryono N., Asmara W., Astuti W.D., Ardianata D., 2017. *Effects of filler volume of nanosisal in compressive strength of composite resin*. Dent J (Maj Ked Gi) p-ISSN: 1978-3728; e-ISSN: 2442-9740.
12. Siswoyo R. *Kimia Organik*. Penerbit Erlangga. 2009.
13. Tarle Z, Marović D, Pandurić V. *Contemporary Concepts On Composite Materials*. Medical Sciences. 2012;38: 23-38.
14. Craig RG, Powers JM. *Restorative dental materials*. Elsevier: Mosby. 14th ed. 2018.
15. Soares CJ, Silva A, Rodrigues M, Vilela A, Pfeifer C, Tantbirojn D, Versluis A, *Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements – What do we need to know?*, Braz. Oral Res. 2017;31(suppl):e62.
16. Sakaguchi R. *Restorative Materials Resin Composites and Polymers*. Fourteenth. St. Louis, Missouri 63043: Elsevier Inc. 2019.
17. Mittal KL, Etzler FM. *Adhesion in Pharmaceutical, Biomedical and Dental Fields* . First edition Wiley Global Headquarters 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, USA . 2017.
18. Stewart MG, Bagby M. *Clinical aspects of dental materials : theory, practice, and cases* . 4th ed. 2013.