

**PENGARUH APLIKASI FIBER *BRAIDED POLYETHYLENE* TERHADAP  
KEKUATAN TEKAN RESIN KOMPOSIT NANOFIL**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**



**PUBLIKASI ILMIAH**

Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Fakultas Kedokteran Gigi

Oleh:

**AFIFA ZAHRATU FIRDA**  
**J520120042**

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN GIGI  
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH APLIKASI FIBER *BRAIDED POLYETHYLENE* TERHADAP  
KEKUATAN TEKAN RESIN KOMPOSIT NANOFIL**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh:

**AFIFA ZAHRATU FIRDA**

**J520120042**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**drg. Noor Hafida Widvastuti, Sp.KG**

**NIK. 1474**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH APLIKASI FIBER *BRAIDED POLYETHYLENE* TERHADAP  
KEKUATAN TEKAN RESIN KOMPOSIT NANOFIL**

**OLEH**

**AFIFA ZAHRATU FIRDA**

**J520120042**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Muhammadiyah Surakarta pada hari Sabtu, 23 Juli 2016 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. drg. Dendy Murdiyanto, MDSc  
(Ketua Dewan Penguji)
2. drg. Noor Hafida Widyastuti, Sp.KG  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. drg. Juwita Raditya Ningsih  
(Anggota II Dewan Penguji)

  
(.....)  
  
(.....)  
  
(.....)



Dekan,

  
**drg. Soetomo Nawawi, DPH.Dent, Sp.Perio(K)**  
NIK. 400.1295

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 23 Juli 2016

Penulis



**AFIFA ZAHRATU FIRDA**  
**J520120042**

# PENGARUH APLIKASI FIBER *BRAIDED POLYETHYLENE* TERHADAP KEKUATAN TEKAN RESIN KOMPOSIT NANOFIL

Afifa Zahratu Firda

## Abstrak

Resin komposit nanofil diketahui memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan resin komposit mikrohibrid dan mikrofil. Kekuatan tekan memiliki peran penting dalam proses mastikasi. Fraktur karena kelelahan bahan merupakan salah satu pertimbangan penyebab kegagalan. Salah satu bahan untuk memperkuat resin kedokteran gigi yaitu fiber. Jenis fiber yang sering digunakan di bidang kedokteran gigi adalah fiber *polyethylene*, karena memiliki estetika yang baik, dapat memperkuat restorasi, meningkatkan kekuatan dan modulus elastisitas material komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi fiber *braided polyethylene* terhadap kekuatan tekan resin komposit nanofil. Penelitian ini diawali dengan pembuatan sampel untuk kelompok kontrol dan perlakuan. Sampel dibuat pada cetakan akrilik berbentuk silinder dengan diameter 4 mm dan tinggi 8 mm. Kelompok kontrol dibuat dari resin komposit nanofil yang tidak diberi fiber *braided polyethylene*, sedangkan kelompok perlakuan dibuat dari resin komposit nanofil yang diberi fiber *braided polyethylene* sebagai penguat. Sampel disinari selama 20 detik. Seluruh sampel yang sudah mengeras direndam dalam aquades kemudian diinkubasi dalam suhu 37°C selama 24 jam. Sampel dilakukan uji kekuatan tekan dengan *Universal Testing Machine* dengan kecepatan 1 mm/menit. Data yang diperoleh dianalisis dengan *independent sample t-test*. Hasil analisis menunjukkan nilai  $p=0.504$  ( $p>0.05$ ) sehingga dapat disimpulkan bahwa aplikasi fiber *braided polyethylene* tidak mempengaruhi kekuatan tekan resin komposit nanofil.

**Kata kunci:** fiber *braided polyethylene*, kekuatan tekan, nanofil, resin komposit

## Abstract

*Nanofilled composite resin is known has lower compressive strength than microhybrid and microfilled composite resin. The compressive strength has an important role for mastication process. Fatigue fracture is a factor which has been considered the cause of restoration failure. An alternative material to strengthen dental resins is fiber. Braided polyethylene fiber has been commonly used in dentistry because it has good aesthetic, strengthen composite restorative materials, increases strength and modulus of elasticity. The purpose of this research is to understand the effect of placing braided polyethylene fiber on compressive strength of nanofilled composite resin. The research finding was initiated by making samples for control and experimental group. It was then be measured for compressive strength. Samples were prepared in a costumized cylinder acrylic mould of 4 mm diameter and 8 mm height. Control group were made of nanofilled composite resin without braided polyethylene fiber, and experimental group were made of nanofilled composite resin with braided polyethylene fiber as reinforcing material. Samples were exposed by light curing unit for 20 seconds. All specimens were immersed in aquades and incubated at 37°C for 24 hours. The compressive strength test was determined by using Universal Testing Machine at 1 mm/min crosshead speed. The results were statistically analyzed by using independent sample t-test. The statistic results showed  $p=0.504$  ( $p>0.05$ ). The conclusion of the research showed that braided polyethylene fiber has no effect on compressive strength of nanofilled composite resin.*

**Keyword:** braided polyethylene fiber, composite resin, compressive strength, nanofilled

## 1. PENDAHULUAN

Bahan restorasi di kedokteran gigi sangat beragam dan terus mengalami perkembangan, diantaranya amalgam, resin komposit, bahan tumpatan modifikasi resin (komposit modifikasi *polyacid*), kompomer, giomer (komposit modifikasi *glass filler*), semen ionomer kaca (*self-setting*), resin modifikasi *glass ionomer* (polimerisasi sinar), serta bahan restorasi sementara semen *zinc oxide eugenol* (WHO, 2009).

Bahan restorasi resin komposit banyak digunakan dalam praktik dokter gigi, karena memiliki banyak keunggulan, yaitu memiliki estetika yang baik, mudah digunakan, berikatan secara mikromekanis terhadap email, serta membutuhkan sedikit preparasi (Patki, 2013). Resin komposit disamping memiliki kelebihan juga memiliki kekurangan yaitu mudah terjadi pengerutan polimerisasi sehingga menimbulkan terbentuknya celah, memiliki ketahanan pemakaian yang rendah dan mudah terjadi fraktur (Garg *et al*, 2013).

Resin komposit nanofil diketahui memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan resin komposit mikrohibrid dan mikrofil (Hambire & Tripathi, 2014). Kekuatan tekan memiliki peran penting dalam proses mastikasi (Didem *et al*, 2014). Salah satu pertimbangan penyebab kegagalan restorasi adalah fraktur karena kelelahan bahan. Kelelahan bahan pada restorasi gigi dipengaruhi penyerapan air oleh matriks resin dan kekuatan oklusi (Matheus *et al*, 2010).

Peneliti berusaha untuk mengurangi keausan atau risiko terjadinya fraktur dengan meningkatkan kekuatan resin komposit. Salah satu bahan untuk memperkuat resin kedokteran gigi yaitu fiber. Fiber yang berikatan dengan matriks polimer dapat menyalurkan beban secara efektif pada restorasi. Jenis fiber yang sering digunakan di bidang kedokteran gigi adalah fiber *polyethylene*, karena dapat meningkatkan kekuatan dan modulus elastisitas material komposit, serta tidak tampak dalam matriks resin sehingga memiliki estetika yang baik (Mohan *et al*, 2012). Fiber *polyethylene* juga dapat memperkuat restorasi dan meningkatkan kekerasan (Garg *et al*, 2013). Namun, penelitian oleh Sharafeddin *et al* (2013) menunjukkan bahwa fiber *polyethylene* tidak meningkatkan kekuatan fleksural resin komposit. Sejauh

pengetahuan penulis, sebelumnya belum pernah dilakukan pengujian kekuatan tekan pada resin komposit nanofil yang diperkuat dengan fiber *braided polyethylene*.

## 2. METODE

Sampel dalam penelitian ini adalah resin komposit nanofil yang diberi fiber *polyethylene* sebagai penguat dengan kriteria sampel diameter 4 mm dan tebal 8 mm, sesuai spesifikasi standar ISO 9917 (Banava *et al*, 2008). Jumlah sampel seluruhnya adalah 32 sampel yang dibagi kedalam dua kelompok perlakuan, yaitu 16 sampel kelompok kontrol dan 16 sampel kelompok perlakuan. Cetakan terbuat dari bahan akrilik berbentuk silinder dengan diameter 4 mm dan tinggi 8 mm tanpa tutup dikedua ujungnya. Cetakan dipisah setiap ketinggian 2 mm untuk memudahkan polimerisasi. Penelitian ini menggunakan resin komposit nanofil (Han Dae Chemical, Korea), resin komposit *flowable* (Han Dae Chemical, Korea), dan fiber *polyethylene braided* 2 mm (Kerr, USA).

Pembuatan sampel pada kelompok kontrol dilakukan dengan teknik *horizontal incremental*. Setiap lapisan (*layer*) resin komposit nanofil memiliki ketebalan 2 mm, masing-masing *layer* disinari selama 20 detik. Pembuatan sampel pada kelompok perlakuan dilakukan dengan teknik *horizontal incremental*. Setiap *layer* resin komposit nanofil memiliki ketebalan 2 mm, masing-masing *layer* disinari selama 20 detik. Pertengahan cetakan diberi fiber *polyethylene* yang sudah diimpregnasi dengan resin komposit *flowable* dan disinari 20 detik. Kemudian diisi kembali dengan resin komposit nanofil dengan ketebalan 2 mm.

Subjek penelitian direndam dalam *conical tube* berisi aquades dan disimpan dalam inkubator dengan suhu 37<sup>0</sup> C selama 24 jam. Setelah 24 jam, subjek penelitian dikeluarkan dan dikeringkan. Kekuatan tekan pada seluruh subjek penelitian diukur dengan *Universal Testing Machine* JTM-S520A (J.T.M. Technology Co., Ltd., Taiwan) dengan kecepatan 1 mm/menit dan menekan spesimen hingga terjadi fraktur. Hasil yang diperoleh diolah dengan SPSS. Hasil perhitungan akan dilakukan uji *independent sample t-test*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil uji kekuatan tekan sampel kelompok kontrol dan perlakuan (MPa)

Kelompok	$\bar{X} \pm SD$
Kontrol	184.89 ± 28.22
Perlakuan	190.47 ± 16.97

$\bar{X}$  = Rata-rata kekuatan tekan  
SD= Standar deviasi

Tabel 1 diatas menunjukkan adanya perubahan nilai kekuatan tekan pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Hasil tersebut menunjukkan adanya perubahan nilai kekuatan tekan pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan.

Tabel 2. Hasil uji *independent sample t-test* data kekuatan tekan sampel kelompok kontrol dan perlakuan perlakuan menggunakan uji *Levene*

	Sig. (2-tailed)
Equal variances not assumed	.504

Hasil uji *independent sample t test* (Tabel 2) menunjukkan nilai  $p=0.504$  ( $p>0.05$ ) sehingga data yang diuji tidak memiliki perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dan perlakuan.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan resin komposit, antara lain jenis fiber, posisi fiber, arsitektur fiber, dan jumlah fiber yang digunakan (Garoushi dan Vallittu, 2006; Lončar *et al*, 2008).

Jenis fiber dapat mempengaruhi kekuatan resin komposit. Jenis fiber yang biasa digunakan di bidang kedokteran gigi adalah fiber *glass* dan *polyethylene*. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa resin komposit yang diperkuat dengan fiber *glass* menunjukkan resistensi yang tinggi terhadap fraktur karena fiber *glass* memiliki kelebihan *preimpregnation* ketika diproduksi (Sharafeddin *et al*, 2013). Fiber yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis *polyethylene*. Kelebihan fiber *polyethylene*, antara lain meningkatkan *impact strength*, modulus elastistas, kekuatan fleksural material komposit, memiliki estetika yang baik (Mohan *et al*, 2012), serta dapat memperkuat restorasi dan meningkatkan kekerasan (Garg *et al*, 2013). Fiber *woven polyethylene* memiliki rata-rata kekuatan *impact* yang lebih tinggi (226.53 J) dari fiber *glass* (185.16 J) (Murthy *et al*, 2015).

Kekuatan resin komposit juga dipengaruhi oleh posisi fiber. Penelitian yang dilakukan oleh Moezizadeh dan Shokripour (2011) menunjukkan bahwa fiber yang diposisikan *middle horizontal* pada restorasi komposit dapat meningkatkan kekuatan fleksural dan ketahanan fraktur. Posisi fiber yang digunakan pada penelitian ini adalah posisi *middle horizontal*. Hasil penelitian juga menunjukkan adanya peningkatan kekuatan tekan namun tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Jumlah lapisan fiber yang digunakan dapat mempengaruhi kekuatan resin komposit. Penelitian yang dilakukan oleh Badung (2012) menunjukkan bahwa resin komposit yang diperkuat dengan dua lapis fiber *unidirectional polyethylene* mampu menerima beban yang paling tinggi dibandingkan resin komposit yang diperkuat dengan satu lapis ataupun tiga lapis fiber. Jumlah lapisan fiber yang digunakan pada penelitian ini adalah satu lapis fiber, karena menurut penelitian yang dilakukan oleh Mozartha dkk (2010), resin komposit yang diperkuat dengan satu lapis fiber dapat meningkatkan kekuatan fleksural FRC.

Kekuatan resin komposit juga dipengaruhi oleh arsitektur fiber. Wahyuni dkk (2013) menyebutkan bahwa resin komposit yang diperkuat dengan fiber *leno-weave polyethylene* memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan resin komposit yang tidak diperkuat fiber. Fiber *leno-weave polyethylene* yang merupakan salah satu fiber dengan pola anyaman *lock-stitch* akan memberikan penguatan terhadap restorasi resin secara *multidirectional* dengan cara mencegah terjadinya keretakan melalui kepadatan jalinan strukturnya. Arsitektur fiber yang digunakan pada penelitian ini adalah *braided polyethylene*, karena berdasarkan penelitian sebelumnya, struktur anyaman *braided* yang mengunci dapat menghantarkan tekanan secara efektif di sepanjang anyaman fiber. Anyaman *braided* dapat meningkatkan ketahanan, stabilisasi, dan kekuatan geser untuk mencegah fraktur (Yanti dkk, 2011 *cit.* Septommy dkk, 2014). Mozartha dkk (2010) melaporkan bahwa resin komposit nanofil yang diperkuat dengan fiber *braided polyethylene* dapat meningkatkan kekuatan fleksural secara signifikan (115.87 MPa) dibandingkan dengan yang diperkuat dengan fiber *leno-weave* (89.02 MPa). Resin komposit yang diperkuat fiber *braided polyethylene* dapat meningkatkan kekerasan hingga 433% dibandingkan dengan resin komposit yang berdiri sendiri (Karbhari dan Strassler, 2006).

Hasil data yang tidak homogen dan tidak signifikan dapat disebabkan karena kesulitan peneliti dalam menyamakan seluruh spesimen, sehingga standardisasi pembuatan spesimen kurang akurat dan menyebabkan adanya perbedaan variansi data. Ketidakkuratan pembuatan spesimen dapat dipicu oleh jumlah resin komposit yang tidak sesuai pada setiap spesimen. Standardisasi resin komposit harus dilakukan untuk menyamakan seluruh spesimen (Mozartha dkk, 2010) karena fraksi volumetrik fiber dan penyerapan air pada matriks polimer mempengaruhi kekuatan fleksural resin komposit (Lassila *et al.* cit. Callaghan *et al.*, 2006). Faktor lain yang menjadi penyebab adalah impregnasi fiber yang kurang baik. Salah satu penyebab tidak tercapainya impregnasi yang baik adalah pembasahan (*wetting*) yang tidak tepat (Lončar *et al.*, 2008). Impregnasi yang tidak cukup baik dapat membentuk ruang kosong dalam matriks polimer, sehingga impregnasi yang tidak sempurna dapat menyebabkan menurunnya kekuatan dan sifat mekanik restorasi (Mozartha dkk, 2010; Sharafeddin *et al.*, 2013). Menurut Peltonen dan Jarvela, salah satu faktor penting yang mempengaruhi kekuatan resin komposit yang diperkuat fiber adalah efektivitas impregnasi fiber, dimana matriks resin berkontak rapat dengan permukaan fiber (Ellakwa *et al.*, 2002 cit. Mozartha dkk, 2010).

Sebuah penelitian menunjukkan bahwa resin komposit yang diperkuat dengan fiber *glass* menunjukkan resistensi yang tinggi terhadap fraktur karena fiber *glass* memiliki kelebihan *preimpregnation* ketika diproduksi (Sharafeddin *et al.*, 2013). Penelitian ini menggunakan fiber *polyethylene* yang tidak *preimpregnated* sehingga harus diimpregnasi oleh operator. Fiber harus terlapisi penuh oleh resin sehingga resin polimer dapat berkontak dengan setiap permukaan fiber agar mencapai perlekatan yang adekuat antara fiber dengan resin matriks polimer (Lasilla *et al.*, 2004 cit. Dharmayanti dan Nugraheni, 2013).

Pemilihan bahan impregnasi juga mempengaruhi hasil penelitian (Juloski *et al.*, 2012). Impregnasi dengan bahan adhesif dapat meningkatkan kekuatan fleksural resin komposit (Mozartha dkk, 2010). Impregnasi pada penelitian ini dilakukan dengan resin komposit *flowable*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fiber *braided polyethylene* tidak signifikan dalam meningkatkan kekuatan tekan. Hal ini kemungkinan disebabkan

karena tidak adanya preimpregnasi pada fiber *polyethylene*, bahan impregnasi yang digunakan kurang tepat, serta standardisasi resin komposit yang tidak dilakukan.

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh aplikasi fiber *braided polyethylene* terhadap kekuatan tekan resin komposit nanofil diperoleh hasil bahwa aplikasi fiber *braided polyethylene* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tekan resin komposit nanofil.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badung Dewa AM. 2012. Analisis Ketahanan Gigi Tiruan Jembatan Fiber-Reinforced Composite Terhadap Fraktur dan Gambaran Fraktur Yang Terjadi. FKG UI. Tesis
- Banava S, Saman S. 2008. In vitro Comparative Study of Compressive Strength of Different Types of Composite Resins in Different Periods of Time. *IJPS*, Winter: 4(1): 69-74 [www.ijps.ir](http://www.ijps.ir)
- Callaghan D, Ashkan V, Hamid NH. 2006. Effect of Fiber Volume Fraction and Length on the Wear Characteristic of Glass Fiber-Reinforced Dental Composite. *Dent Mater*:22:84-93
- Dharmayanti I, Nugraheni T. 2013. Restorasi Fiber Reinforced Composite Pada Gigi Premolar Pertama Kanan Mandibula Pasca Perawatan Saluran Akar. *Maj Ked Gi*. Juni; 20(1): 65-70
- Didem A, Yalçın G, Öztaş N. Comparative Mechanical Properties of Bulk-Fill Resins. 2014. *OJCM*, 2014, 4, 117-121. Published Online April in SciRes. <http://dx.doi.org/10.4236/ojcm.2014.42013>
- Garg N, Amit G. 2013. *Textbook of Operative Dentistry: Second Edition*. New Delhi:Jaypee Brothers Medical
- Garoushi S, Pekka V. 2006. Fiber-reinforced composites in fixed partial dentures. *Libyan J Med*, September, Volume 1, Number 1; 1-5
- Hambire UV, Vipin KT. 2012. Experimental Evaluation of Different Fillers in Dental Composites in Terms of Mechanical Properties. *ARPN: JEAS*. Vol. 7, No. 2:147-151
- Juloski J, Milos B, Cecilia G, Nicoletta C, Agostino G, Alessandro V, Zoran RV, Marco F. 2012. Shear Bond Strength to Enamel and Flexural Strength of Different Fiber-reinforced Composites. *J Adhes Dent*, Vol 14, No X; 1-8
- Karbhari VM, Howard S. 2006. Effect of Fiber Architecture on Flexural Characteristic and Fracture of Fiber-Reinforced Dental Composites. *Dent Mater*; p.1-9, doi.10.1016/j.dental.2006.08.003

- Lončar A, Denis V, Vjekoslav J, Dragutin K, Domagoj Ž. 2008. Fibre Reinforced Polymers Part II: Effect on Mechanical Properties. *Acta Stomatol Croat*;42(1):49-63
- Matheus T, Chynthia K, Ana B, Claudia M, Anderson G. 2010. Fracture Process Characterization of Fiber-Reinforced Dental Composites Evaluated by Optical Coherence Tomography, SEM and Optical Microscopy. *Braz Dent J*. 21(5):420-427
- Moezizadeh M, Shokripour M. 2011. Effect of fiber orientation and type of restorative material on fracture strength of the tooth. *J Conserv Dent*;14:341-5
- Mohan S, Anuraag G, Anuraag S, Chandrawati G. 2012. Fibre Reinforced Composite- A Review and Case Report. *J Dent Sci Oral Rehabil (JDSOR)*, Bareilly, April-June; 45-48
- Mozartha M, Ellyza H, Andi S. 2010. Pemilihan resin komposit dan fiber untuk meningkatkan kekuatan fleksural Fiber Reinforced Composite (FRC). *Jurnal PDGI*, 59(1):29-34
- Murthy HB , Sharaz S, Harleen S, Sumit K, Satheesh B, KT Roopa. 2015. Effect of Reinforcement Using Stainless Steel Mesh, Glass Fibers, and Polyethylene on the Impact Strength of Heat Cure Denture Base Resin - An In Vitro Study. *J Int Oral Health (JIOH)*; 7(6):71-79
- Patki B. 2013. Direct Permanent Restoratives-Amalgam vs Composite. *JEMDS*; Vol. 2, Issue 46, November 18; Page: 8912-8918
- Septommy C, Widjijono, Rini D, 2014. Pengaruh posisi dan fraksi volumetric fiber polyethylene terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite. *Maj. Ked. Gigi (Dent.J)*;47(1):52-56
- Sharafeddin F, Alavi A, Talei Z. 2013. Flexural Strength of Glass and Polyethylene Fiber Combined With Three Different Composites *J Dent Shiraz Univ Med Scien*; 14(1):13-19
- Sharafeddin F, Afsoon T, AliAsghar A. 2013. The Effect of Adding Glass and Polyethylene Fibers on Flexural Strength of Three Types of Glass-Ionomer Cements. *Int J Biol Sci*, 8 (3): 66-70
- Wahyuni S, Hellos A, Ismalayani. 2013. Pengaruh Penambahan Leno-Weave Fiber terhadap Kekuatan Tekan Restorasi Resin Composite. *Jurnal Pembangunan Manusia*, Desember, Vol.7 No.3; 15-22
- WHO. 2009. *Future Use of Materials for Dental Restoration*. Geneva, Switzerland: World Health Organization