

NASKAH PUBLIKASI

**PENGARUH POSISI *FIBER POLYETHYLENE* PADA ZONA
COMPRESSION DAN MIKROPOROSITAS TERHADAP
KEKUATAN FLEKSURAL FRC (*PACKABLE RESIN
COMPOSITE*)**



Disusun oleh

JAUYA ARFIARI

20140340111

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2018**

ABSTRACT

THE EFFECT OF POLYETHYLENE FIBER POSITION IN THE COMPRESSION ZONE AND MICROPOROCITY TO THE FLEXURAL STRENGTH OF FRC (PACKABLE RESIN COMPOSITE)

Jauya Arfiari¹, Widyapramana Dwi Atmaja²

Student of Dentistry Education Study Program¹
Lecturer of Dentistry Education Study Program²
E-mail: jauyarfiari@gmail.com

Background: Fiber Reinforced Composite (FRC) is a combination material between reinforced fiber and composite resin that serves to distribute the load in order to have better mechanical properties. One of the mechanical properties of FRC is flexural strength.

Objective: To determine the effect of polyethylene fiber position in the compression zone and microporosity to flexural strength of FRC with packable resin composite.

Research Method: The design of this study was experimental laboratory research. The research material used polyethylene fiber (Construct, Kerr, USA) 2 mm of width, packable resin composite (Filtek Z250 XT 3M ESPE, USA), and silane (Vitique, Germany). The sample were a polyethylene fiber reinforced composite (FRC) rod shape with a size of 25 x 2 x 2 mm with the position of fiber in compression zone 0.2 mm of thickness and overall resin composite 1.8 mm of thickness. The total number of samples is 4. The application of composite resin was done by using manual condensation technique using condenser and glass slide. The samples were observed using the Scanning Electron Microscope (SEM) to determine the microporosity (mm^2) then immersed in artificial saliva and incubated at 37°C for 24 hours. Then it was tested using Universal Testing Machine (UTM) to determine the flexural strength (MPa).

Result: The result were statistically analyzed with One Way ANOVA test with $p=0.008$. The results show that the average value of FRC is 0.2588 mm^2 and the average flexural strength of FRC is 3.6025 kg. These results indicate that there is a significant effect ($p<0.05$).

Conclusion: The lower of microporosity value then the flexural strength will be higher and vice versa.

Keywords: flexural strength, microporosity, compression zone, fiber reinforced composite

INTISARI

PENGARUH POSISI *FIBER POLYETHYLENE* PADA ZONA *COMPRESSION* DAN MIKROPOROSITAS TERHADAP KEKUATAN FLEKSURAL FRC (*PACKABLE RESIN COMPOSITE*)

Jauya Arfiari¹, Widyapramana Dwi Atmaja²

Mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Gigi1

Dosen Program Studi Pendidikan Dokter Gigi2

E-mail: jauyarfiari@gmail.com

Latar Belakang: *Fiber Reinforced Composite* (FRC) adalah suatu bahan yang merupakan kombinasi antara *reinforced fiber* dan *composite resin* yang berfungsi untuk menyalurkan beban secara merata agar memiliki sifat mekanis yang lebih baik. Salah satu sifat mekanis dari FRC adalah kekuatan fleksural.

Tujuan Penelitian: Untuk mengetahui pengaruh posisi *fiber polyethylene* pada zona *compression* dan mikroporositas terhadap kekuatan fleksural FRC dengan *packable resin composite*.

Metode Penelitian: Desain penelitian ini adalah eksperimental laboratoris murni. Bahan penelitian menggunakan *fiber polyethylene* (Construct, Kerr, USA) lebar 2 mm, *packable resin composite* (Filtek Z250 XT 3M ESPE, USA), dan *silane* (Vitique, Germany). Sampel berupa batang *polyethylene fiber reinforced composite* (FRC) dengan ukuran 25 x 2 x 2 mm dengan pengaplikasian *fiber* pada zona *compression* dengan ketebalan 0,2 mm dan keseluruhan ketebalan *resin composite* 1,8 mm. Jumlah total sampel adalah 4. Pengaplikasian *resin composite* dilakukan dengan menggunakan teknik kondensasi manual menggunakan kondensor dan *glass slide*. Sampel diamati menggunakan alat *Scanning Electrone Microscope* (SEM) untuk mengetahui mikroporositas (mm^2) kemudian direndam dalam saliva buatan dan disimpan di dalam inkubator pada temperature 37°C selama 24 jam. kemudian diuji menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) untuk mengetahui kekuatan fleksural (MPa).

Hasil Penelitian: Berdasarkan analisa secara statistik dengan uji *one way anova* dengan hasil uji ($p < 0,05$). Hasil penelitian menunjukkan nilai rerata mikroporositas FRC 0,2588 mm^2 dan rata-rata nilai kekuatan fleksural FRC 3,6025 kg. Hasil ini menunjukkan terdapat pengaruh secara signifikan ($p < 0,05$).

Kesimpulan: Semakin rendah nilai mikroporositas maka kekuatan fleksural yang dimiliki akan semakin tinggi dan sebaliknya.

Kata Kunci: Kekuatan fleksural, mikroporositas, zona *compression*, *fiber reinforced composite*

Pendahuluan

FRC (*Fiber Reinforced Composite*) adalah salah satu bahan restorasi mengandung komposit yang digunakan di Kedokteran gigi. FRC terdiri dari *fiber* yang digabungkan bersama matriks resin. Bahan ini memiliki kelebihan dari bahan restorasi lainnya, yaitu memiliki sifat mekanis yang baik, kekuatan yang tinggi, tidak mudah korosi, *translucency*, berikatan baik dengan gigi, dan mudah diperbaiki. Cara pengaplikasian FRC tidak hanya melalui prosedur laboratorium, tetapi juga dapat diaplikasikan secara *direct* (Freilich dkk., 2000). FRC juga akan menghasilkan estetik dan biomekanik yang sama dengan jaringan gigi (Polacek & Jancar, 2008).

FRC diperkenalkan pertama pada tahun 1960 oleh Smith ketika *fiber glass* digunakan untuk memperkuat *polimetil methacrylates*. Material FRC berbasis bahan resin dan mengandung *fiber* untuk meningkatkan sifat fisiknya (Ganesh & Tandon, 2006). *Fiber* memiliki beberapa macam konfigurasi, yaitu *long*, *continuous*, *parallel*, *braided*, dan *woven*. *Fiber* yang pada umumnya digunakan untuk FRC adalah *fiber glass*, *fiber polyethylene*, atau *fiber carbon*. Tipe *fiber* digunakan berdasarkan pada karakteristik dan sifat *fiber* yang disesuaikan dengan tujuan penggunaan *fiber*. *Fiber glass* dengan berbagai macam konfigurasi sering digunakan untuk bahan yang memerlukan prosedur laboratorium. *Fiber polyethylene* merupakan *fiber* yang dapat diaplikasikan secara *direct*. *Fiber carbon* digunakan untuk pembuatan protesa. (Freilich dkk., 2000).

Pada penelitian ini, menggunakan *fiber polyethylene* atau disebut dengan *ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) fiber*. UHMWPE merupakan *non-impregnated polyethylene fiber* yang mempunyai kekuatan fleksural lebih baik daripada *preimpregnated glass fiber* (Widyapramana, 2013). Pada *pre-impregnated fiber* sudah terdapat penambahan polimer *PMMA (polymethyl methacrylate)* atau monomer (*acrylate* atau *methacrylate*). *Fiber polyethylene* digunakan sebagai penguat dalam menerima gaya-gaya pada gigi tiruan cekat anterior dan memenuhi karakter estetika karena telah ada penambahan *glass plasma* dingin yang akan menghasilkan permukaan untuk siap bereaksi dengan substrat. *Fiber polyethylene* tidak efektif dalam pembasahan *fiber* dengan matriks polimer (Septommy, 2014).

Jenis resin komposit yang digunakan pada penelitian ini adalah *packable resin composite*. *Packable resin composite* memiliki viskositas yang lebih tinggi dari material yang lain. Bahan ini pada umumnya digunakan untuk restorasi gigi posterior yang memiliki kelebihan, yaitu sewarna dengan gigi, kekerasan lebih tinggi, dan lebih mudah diaplikasikan (Loguercio dkk., 2006).

FRC merupakan kombinasi antara resin partikulat dengan *fiber* sehingga sifat mekanik dari konstruksi FRC dipengaruhi oleh fraksi volumetrik, lokasi, dan

arah fiber. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengoptimalkan posisi dan volume *fiber* pada penggunaan gigi tiruan cekat dengan volume 1 lembar *fiber polyethylene* sudah optimal untuk digunakan sebagai gigi tiruan cekat (Septommy, 2014). Pada kondisi klinis, gigi tiruan cekat akan menerima berbagai gaya selama digunakan untuk pengunyahan diantaranya adalah gaya *compression*, *tension*, dan *neutral* (Vallitu, 2001). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi posisi *fiber* pada sisi *compression – tension* FRC UHMWPE memiliki kekuatan fleksural dan ketangguhan retak (*fracture toughness*) paling tinggi (Widyapramana, 2013). Pada penelitian ini menggunakan 1 lembar *fiber polyethylene* yang diposisikan pada zona *compression*.

Pada penelitian ini, diharapkan penggunaan gigi tiruan cekat dengan 1 lembar *fiber polyethylene* yang diposisikan pada zona *compression* dan persentase mikroporositas dapat meningkatkan kekuatan fleksural FRC yang menggunakan *packable resin composite*. Uji mikroporositas diamati dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) dan uji kekuatan fleksural diuji menggunakan *universal testing machine* (UTM).

Metode

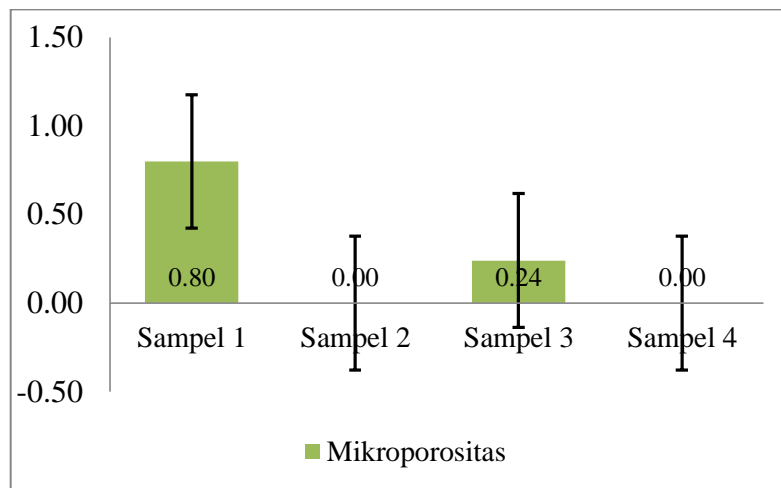
Jenis penelitian ini adalah eksperimental murni secara laboratoris tentang pengaruh posisi *fiber polyethylene* pada zona *compression* dan mikroporositas terhadap kekuatan fleksural FRC. Sampel yang digunakan adalah *polyethylene fiber reinforced composite* (FRC) dengan ukuran 25 x 2 x 2 mm dengan jumlah 4 sampel. Mikroporositas diamati dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) sedangkan kekuatan fleksural diukur menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Analisis data menggunakan *One Way Anova*.

Hasil Penelitian

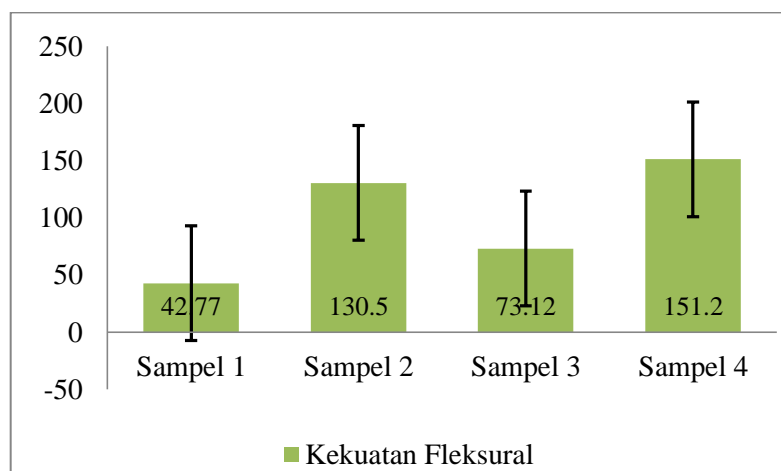
Hasil pengamatan mikroporositas dinyatakan dalam mm² (*millimeter persegi*) dan hasil pengujian kekuatan fleksural dinyatakan dalam MPa (*Megapascal*). Sampel 1 memiliki nilai mikroporositas sebesar 0,7973 mm² dengan nilai kekuatan fleksural sebesar 42,77 MPa. Sampel 2 memiliki nilai mikroporositas sebesar 0 mm² dengan nilai kekuatan fleksural sebesar 130,50 MPa. Sampel 3 memiliki nilai mikroporositas sebesar 0,2379 mm² dengan nilai kekuatan fleksural sebesar 73,12 MPa. Sampel 4 memiliki nilai mikroporositas sebesar 0 mm² dengan nilai kekuatan fleksural sebesar 151,20 MPa. Hasil penelitian pengamatan mikroporositas dan pengujian kekuatan fleksural setiap sampelnya dapat dilihat pada Tabel I.

Tabel I. Nilai mikroporositas dan kekuatan fleksural FRC

Pengukuran	Mikroporositas (mm ²)	Kekuatan Fleksural (MPa)
Sampel 1	0,7973	42,77
Sampel 2	0	130,50
Sampel 3	0,2379	73,12
Sampel 4	0	151,20
Rata-rata	0,2588	99,3975
Standart Deviasi	0,3761	50,1599



Gambar 1. Grafik batang mikroporositas



Gambar 2. Grafik batang kekuatan fleksural

Dari data hasil pengamatan mikroporositas dan pengujian kekuatan fleksural di atas, kemudian dilakukan uji normalitas menggunakan metode *Saphiro-Wilk* untuk mengetahui sebaran data normal atau tidak. Hasil uji normalitas dapat dilihat di Tabel II.

Tabel II. Hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk*

Pengujian	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
A Mikroporositas	.813	4	.129
Kekuatan Fleksural	.936	4	.632

Dari hasil uji normalitas, diperoleh nilai $p=0,129$ setelah dilakukan pengamatan mikroporositas dan $p=0,631$ setelah dilakukan pengujian kekuatan fleksural pada sampel, karena nilai p untuk kedua kelompok data $>0,05$, maka diambil kesimpulan bahwa sebaran kedua kelompok data adalah normal, sehingga dapat dilakukan uji One Way Anova. Hasil uji statistik One Way Anova dapat dilihat pada Tabel IV.

Tabel III. Hasil Anova mikroporositas dan kekuatan fleksural *FRC*

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19656.964	1	19656.964	15.625	.008
Within Groups	7548.470	6	1258.078		
Total	27205.433	7			

Hasil uji One Way Anova pada table IV diperoleh nilai $p=0.008$, dimana $p<0,05$, sehingga diambil kesimpulan bahwa terdapat pengaruh posisi *fiber polyethylene* pada zona *compression* dan mikroporositas terhadap kekuatan fleksural FRC dengan menggunakan *packable resin composite*.

Pembahasan

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa pengaruh posisi *fiber polyethylene* pada zona *compression* dan mikroporositas terhadap kekuatan fleksural FRC dengan menggunakan *packable resin composite* adalah signifikan, sehingga hipotesis yang telah dibuat penulis diterima.

Kekuatan fleksural merupakan salah satu sifat mekanik yang penting untuk dievaluasi pada FRC (Sharafeddin dkk., 2013). Adanya pengaruh posisi

fiber polyethylene pada zona *compression* dan mikroporositas terhadap kekuatan fleksural *FRC* dengan menggunakan *packable resin composite* disebabkan karena beberapa faktor, yaitu posisi *fiber polyethylene*, komposisi *filler*, viskositas, ukuran partikel, dan kandungan matriks organik pada *packable resin composite*, *adhesive interface*, *silane (coupling agent)*, dan teknik kondensasi.

Berdasarkan posisi *fiber* yang telah disebutkan diatas, posisi pada zona *compression* yang merupakan zona paling atas *FRC* dapat menyebabkan gaya yang diberikan akan diterima oleh resin komposit terlebih dahulu kemudian diteruskan ke *fiber*. Posisi *fiber* pada zona *compression* ini akan mempengaruhi teknik kondensasi yang dilakukan. Teknik kondensasi dilakukan adalah teknik *handling procedure* (manual) dengan menggunakan kondensor dan *glass slide*. Posisi *fiber* yang lebih ke permukaan ini membuat kondensasi yang dilakukan lebih kuat dan mudah.

Menurut Chadwick dkk. (1989), teknik kondensasi *handling procedure* (manual) dapat berpengaruh pada terbentuknya mikroporositas. Mikroporositas adalah suatu akibat dari terjebaknya udara di dalam resin komposit. Mikroporositas akan menurunkan sifat mekanik resin komposit serta meningkatkan tingkat keausan dan perambatan retakan pada resin komposit yang mengakibatkan *FRC* akan mudah pecah.

Mikroporositas juga dipengaruhi oleh resin komposit yang digunakan. Resin komposit dengan viskositas yang tinggi dapat menurunkan penyerapan matriks ke dalam *fiber*. Apabila penyerapan tidak sempurna maka akan memungkinkan terbentuknya mikroporositas (Mosquera, 2015).

Resin komposit yang digunakan oleh penulis adalah *Filtek Z250 XT*. Bahan ini memiliki kandungan *filler* yang tinggi, yaitu 81,8% berat (67,8% volume). Berdasarkan penjelasan diatas dapat dilihat bahwa resin komposit yang digunakan penulis memiliki viskositas yang tinggi sehingga memungkinkan terbentuknya mikroporositas.

Resin komposit yang digunakan penulis memiliki ukuran partikel 0,1-10 microns yaitu *nanohybrid* dan mengandung *zirconia* atau *silica* dengan ukuran partikel 0,6 microns. Bahan ini juga mengandung beberapa matriks organik yaitu Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, PEGDMA, dan TEGDMA. Menurut Sharafeddin dkk. (2013), resin komposit yang memiliki ukuran partikel *hybrid* menghasilkan kekuatan fleksural yang lebih tinggi daripada ukuran partikel *microfill*. Shafareddin dkk. juga menyebutkan bahwa kandungan *silica* dengan ukuran partikel yang kecil dan kandungan matriks organik seperti Bis-GMA dan UDMA pada resin komposit dapat mengakibatkan terjadinya ikatan kimia yang tinggi

antara matriks dan *fiber* sehingga terbentuk *adhesive interface* yang lebih baik. *Adhesive interface* yang baik dapat meningkatkan kekuatan fleksural FRC.

Adhesive interface merupakan suatu ikatan kimia antara matriks dan fiber sehingga terjadi transfer beban dari matriks ke *fiber*. Ikatan kimia yang tinggi antara matriks dan *fiber* juga dipengaruhi karena adanya *silane (coupling agent)*. *Adhesive interface* yang tidak baik dapat meningkatkan penyerapan air pada FRC sehingga kekuatannya menurun (Mosquera, 2015). Pada penelitian ini, penulis menggunakan *silane (coupling agent)* untuk menciptakan ikatan kimia yang baik antara matriks dan *fiber*.

Pada penelitian ini penulis tidak mengendalikan teknik kondensasi yang dilakukan. Teknik kondensasi yang dilakukan adalah *handling procedure* (manual) sehingga tekanan yang diberikan pada masing-masing sampel berbeda. Hal ini dapat mempengaruhi nilai mikroporositas yang berbeda pula pada masing-masing sampel. Nilai mikroporositas didapatkan dengan melakukan pengamatan menggunakan alat uji SEM dengan perbesaran 50x. Perbesaran yang digunakan tergantung pada ketajaman gambar yang terlihat.

Nilai mikroporositas dapat mempengaruhi nilai kekuatan fleksural. Nilai kekuatan fleksural didapatkan dengan melakukan pengujian dengan alat uji UTM dengan beban awal 1 Newton. Nilai kekuatan fleksural tertinggi adalah 151,20 MPa dengan sampel tanpa adanya mikroporositas. Pada sampel lain yang tidak terdapat mikroporositas memiliki nilai kekuatan fleksural sebesar 130,50 MPa, sedangkan nilai kekuatan fleksural terendah adalah 42,77 MPa dengan luas mikroporositas sebesar 0,7973 mm². Pada sampel terakhir dengan luas mikroporositas 0,2379 mm² memiliki nilai kekuatan fleksural sebesar 73,12 MPa. Dari keempat sampel didapatkan rata-rata nilai mikroporositas dan kekuatan fleksural yaitu, dengan nilai mikroporositas sebesar 0,2588 mm² maka kekuatan fleksural yang dimiliki 99,3975 MPa.

Menurut Xu dkk. (2003), suatu penelitian eksperimental FRC menghasilkan kekuatan fleksural mendekati 140 Mpa. Pada penelitian ini kekuatan fleksural yang mendekati dengan teori tersebut adalah 151,20 MPa dan 130,50 MPa dengan nilai mikroporositas 0 mm².

Perbedaan nilai kekuatan fleksural pada keempat sampel tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh teknik kondensasi yang dilakukan secara manual dan mikroporositas tetapi juga dipengaruhi oleh hal-hal yang telah disebutkan di atas.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kekuatan fleksural yang dihasilkan pada masing-masing sampel berbeda disebabkan karena adanya mikroporositas yang dipengaruhi oleh *adhesive interface* yang tidak baik dan teknik kondensasi secara manual yang tidak dikendalikan.
2. Semakin rendah nilai mikroporositas maka kekuatan fleksural yang dimiliki akan semakin tinggi dan sebaliknya.

Referensi

- Akalin, E. B., Kulak-Ozkan, Y., Ozcan, M., & Kadir, T. (2012). Candida Albicans Adhesion on Reinforced Polymethylmethacrylate Denture Resin: Effect of Fiber Architecture and Exposure to Saliva. *Gerodontology*, 1-8.
- Anusavice, K. (2003). Phillips' Science of Dental Materials. St. Louis: Saunders.
- Bagherpour, S. (2012). Fiber Reinforced Polyester Composites. Rijeka: INTECH Open Access Publisher.
- Barutcigil, C., Harorli, O., & Yildiz, M. (2009). Restoration of Crown Fracture with a Fiber Post, Polyethylene Fiber and Composite Resin. *Rec Clin Pesq Odontol*, 73-77.
- Chadwick, R., McCabe, J., Walls, A., & Storer, R. (1989). The Effect of Placement Technique Upon The Compressive Strength And Porosity of A Composite Resin. *J. Dent*, 232.
- Craig, R. M., Wataha, J. C., & Powers, J. M. (2004). Dental Materials Properties and Manipulation. St. Louis: Mosby.
- Craig, R., & Powers, J. (2002). Restorative Dental Material, 11th ed. St. Louis: Mosby Company.
- Curtis, R., & Watson, T. (2009). Dental Biomaterials: Imaging, Testing, and Modelling. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Elmitha, M. (2011). Percobaan In-vitro. *IPB*.
- Freilich, M., Meiers, J., & Goldberg, A. (2000). *Fiber Reinforced Composite in Clinical Dentistry*. Quintessence: Publishing Co. Illionis.

- Ganesh, M., & Tandon, S. (2006). Versatility of ribbon in contemporary dental practice. In *Trends Biomater Artif Organs* (pp. 20(1): 53-58).
- ISO. (2000). Polymer-based filling, restorative and luting materials 3 ed. Switzerland.
- Khurana, I. (2008) *Essentials of Medical Physiology*. Elsevier India Pvt. Limited. Available at: https://books.google.co.id/books?id=Cm_kLhU1AP0C.
- Kurtz, S. (2009). The UHMWPE Biomaterials Handbook : Ultra High Molecular Weight Polyethylene in Total Joint Replacement and Medical Devices. Burlington: Academic Press.
- Le Bell-Ronnlof, A. (2007). Fiber Reinforced Composites as Root Canal Posts. Turki: Turun Yliopisto.
- Loguercio, A., Reis, A., Hernandez, P., Macedo, R., & Busato, A. (2006). 3-year clinical evaluation of posterior packable composite resin restorations. In *Journal of Oral Rehabilitation* (pp. 33(2): 144-151).
- Mallick, P. (2007). Fiber Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design 3rd ed. New York: CRC Press.
- McCabe, J., & Walls, A. (2008). Applied Dental Materials 9th Edition. Oxford: BlackWell.
- Mitchell, C. (2008). Dental Materials in Operative Dentistry. In *Operative Dentistry* (p. 11). London: Quintessence Publishing Co. Ltd.
- Mosquera, L. P. (2015). Fiber-reinforced Composite Fixed Dental Prostheses. *Turun yliopisto University of Turku*, 21.
- Nihei, T., Kurata, S., Kondo, Y., Umemoto, K., Yoshino, N., & Teranaka, T. (2002). Enhanced Hydrolytic Stability of Dental Composite by Use of Fluoroalkyltrimethoxysilanes. *J. Dent Res*, 81(7): 348-53.
- Paradella, T., & Bottino, M. (2012). Scanning Electron Microscopy in modern dentistry research. *Braz Dent Sci*, 43-48.
- Pawlak, S., Wrobel, G., & Muzia, G. (2011). Thermal Diffusivity Measurements of Selected Fiber Reinforced Polymer Composites Using Heat Pulse Method. Gliwice, Poland: World Academy of Material and Manufacturing Engineering.

- Polacek, P., & Jancar, J. (2008). Effect of filler content on the adhesion strength between UD fiber reinforced and particulate filled composites. *Elsevier*, 68: 251-9.
- Roland, S. (2005). Gigi penasehat kesehatan oral aksi, gigi umum praktisi. London: st. john wood.
- Rosenstiel, S., Land, M., & Fujimoto, J. (2001). Contemporary Fixed Prosthodontics 3rd ed. St. Louis: Mosby ElsevierInc.
- Rosslensbroich, SB, Raschke, MJ, Kreis, C, Hans-Tholema, N. (2012). Daptomycin: Local Application in Implant Associated Infection and Complicated Osteomyelitis. *Scientific World Journal*.
- Saghiri, M., Asgar, K., Lotfi, M., Saghiri, A., & Neelakantan, P. (2012). Back-scattered and secondary electron images of scanning electron microscopy in dentistry: a new method for surface analysis. *Acta Odontol Scand*, 1-7.
- Sakaguchi, R., & Powers, J. (2012). Craig's Restorative Dental Materials 13th ed. Philadelphia: Mosby Elseiver Inc.
- Samadzadeh, A., Kugel, G., Hurley, E., & Aboushala, A. (1997). Fracture Strength of Provisional Restorations Reinforced with Woven Polyethylene Fiber. *J Pros Dent*, 447-450.
- Septommy, C. (2014). Pengaruh posisi dan fraksi volumerik fiber polyrthylene terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite. *Dental Journal*.
- 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*, 15-16.
- Soanca, A., Bondor, C., Moldovan, M., Roman, A., & Rominu, M. (2011). Water Sorption and Solubility of an Experimental Dental Material: Comparative Study. *Appl.Med.Infrom.*, 29(4): 27-33.
- Strassler, H. (2008). Fiber Reinforcing Materials for Dental Resins.
- Tanner, J., Carlen, A., Soderling, E., & Vallitu, P. (2003). Adsorption of Parotid Saliva Proteins and Adhesion of Streptococcus mutans ATCC 21752 to Dental Fiber-Reinforced-Composites. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applies Biomaterials*, 391-8 (Abstr).
- Torabi, K., & Salehi, M. (2010). Comparative Study of the Flexural Strength of Three. *J Dent Shiraz , Univ Med Scien* .

- Vallittu, P. (2001). 2nd International symposium on fiber reinforced plastics in dentistry. *Nijmegen*. The Netherlands.
- Van Heumen, C. C. M., Kreulen, C. M., Bronkhorst, E. M., Lesaffre, E. dan Creugers, N. H. J. (2008) 'Fiber-reinforced dental composites in beam testing', *Dental Materials*, 24(11), pp. 1435-1443. doi: <http://doi.org/10.1016/j.dental.2008.06.006>.
- Van Heumen, C. (2010). Fiber-Reinforced Adhesive Bridges: Clinical and Laboratory Performance, Thesis. *Radboud University Nijmegen*, h. 19.
- Van Noort, R. (2002). Introduction to Dental Material 2nd ed. Philadelphia: Saunders WB.
- Widyapramana. (2013). Pengaruh Kombinasi Posisi Fiber Terhadap Kekuatan Fleksural dan Ketangguhan Retak Fiber Reinforced Composite Polyethylene. *IDJ*, 2(2).
- Xu, H., Schumacher, G., Eichmiller, F., Peterson, R., Antonucci, J., & Mueller, H. (2003). Continuous-fiber preform reinforcement of dental resin composite restorations. In *Dent Mater* (pp. 19: 523-530).
- Yuan, & Lee. (2013). Contact Angle and Wetting Properties. *Springer: Science Techniques*, 4-5.
- Zhang, M., & Matinlinna, J. (2012). E-Glass Fiber Reinforced Composites in Dental Applications. Springer: Silicon.