

NASKAH PUBLIKASI

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



**Disusun oleh
Bela Rizki Widiandri
20140340019**

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

ABSTRACT
**THE EFFECT OF POLYETHYLENE FIBER POSITION IN TENSION
ZONE AND MICROPOROSITY TO THE FLEXURAL STRENGTH OF FRC
(PACKABLE RESIN COMPOSITE)**

Bela Rizki Widiandri¹, Widyapramana Dwi Atmaja²

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

Background: FRC is a combination material of polymer matrix and reinforced fiber. Reinforced fiber serves to distribute the load from the matrix to the fibers and it can improve the mechanical properties of FRC (flexural strength). The position of fiber on tension zone and the microporosity has an important influence of FRC flexural strength.

Objective: To determine effect of polyethylene fiber position (tension zone) and the microporosity on FRC flexural strength (Packable Resin Composite).

Method: This study was an experimental research laboratory. Materials research used Polyethylene fiber 2mm width, Filtek Z250XT Packable, silane, and artificial saliva. The sample in this study were the polyethylene fiber reinforced composite (FRC) with 25x2x2 mm and the fiber is in the tension zone of 0.2 mm thickness and the entire thickness of packable resin composite is 1.8 mm. Resin was applied by manual condensation technique using condenser and glass slide. The samples were observed using SEM to determine the microporosity then the samples were immersed in artificial saliva and incubated at 37°C for 24 hours. The samples were tested using UTM to determine the flexural strength with the 1 Newton initial load and the fulcrum of the sample is 2 mm.

Result: The results of statistical test of microporosity and flexural strength by using One Way Anova method ($p=0,000$). The result show the average value of FRC microporosity is,68 mm² then the FRC flexural strength is 99,32 Mpa. These results show a significant effect ($p < 0.05$).

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

Keywords: Flexural strength, microporosity, fiber reinforced composite

INTISARI

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

Bela Rizki Widiandri¹, Widyapramana Dwi Atmaja²

Mahasiswa Program Studi Kedokteran Gigi

Dosen Program Studi Kedokteran Gigi²

E-mail: belawidiandry@gmail.com

Latar Belakang: FRC merupakan suatu bahan kombinasi terdiri dari matriks polimer dan *reinforced fiber*. *Reinforced fiber* berfungsi untuk menyalurkan beban yang diterima komposit serta dapat meningkatkan sifat mekanis pada FRC salah satunya adalah kekuatan fleksural. Penempatan posisi *fiber* pada zona *tension* dan mikroporositas pada FRC dapat mempengaruhi kekuatan fleksural.

Tujuan Penelitian: Untuk mengetahui pengaruh posisi *fiber polyethylene* pada zona *tension* dan mikroporositas terhadap kekuatan fleksural FRC (*Packable Resin Composite*).

Metode Penelitian: Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental laboratoris murni. Bahan penelitian menggunakan *fiber polyethylene* lebar 2mm, Filtek Z250 XT *packable*, *silane* dan saliva buatan. Sampel berupa batang *polyethylene fiber reinforced composite* (FRC) dengan ukuran 2x2x25 mm dan *fiber* berada pada zona *tension* dengan ketebalan 0,2 mm dan keseluruhan ketebalan *packable resin composite* 1,8 mm. Pengaplikasian resin dilakukan dengan teknik kondensasi manual menggunakan kondensor dan *glass slide*. Sampel yang telah dibuat diamati menggunakan SEM untuk mengetahui mikroporositas, kemudian direndam dalam saliva buatan dan disimpan di dalam inkubator pada temperatur 37°C selama 24 jam. Sampel diuji dengan UTM untuk mengetahui kekuatan fleksural dengan beban awal 1 Newton dan titik tumpu pada sampel sebesar 2 mm.

Hasil Penelitian: Hasil mikroporositas dan kekuatan fleksural dianalisa secara statistik dengan uji *One Way Anova* ($p=0,000$). Hasil penelitian menunjukkan dengan nilai rerata mikroporositas 1,68 mm² maka kekuatan fleksural FRC sebesar 99,32 Mpa. Hasil ini menunjukkan terdapat pengaruh secara signifikan ($p<0,05$).

Kesimpulan: Kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin rendah nilai mikroporositas maka kekuatan fleksural yang dimiliki akan semakin tinggi dan sebaliknya.

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

Pendahuluan

Fiber reinforced composite (FRC) merupakan suatu bahan kombinasi yang terdiri dari matriks polimer berupa resin komposit dengan *filler* partikulat dan *reinforced fiber* (Curtis dan Watson, 2009). *Fiber reinforced composite* (FRC) dapat digunakan dalam pembuatan GTC secara direct di rongga mulut tanpa melalui prosedur laboratorium sehingga FRC lebih efisien dan mudah dalam proses pemasangannya. (Gaspar Junior dkk., 2009). Bahan ini memiliki *fatigue strength* dan *flexure strength* yang tinggi, modulus elastisitas yang mendekati dentin, sifat estetik baik Material FRC yang berbasis bahan resin dan mengandung *fiber* berfungsi untuk meningkatkan sifat fisiknya (Ganesh dan Tandon, 2006). Penambahan *fiber* pada penggunaan *fiber reinforced composite* berperan sebagai komponen penguat berfungsi untuk menyalurkan beban yang diterima pada komposit (Mallick, 2007). (Chan dkk., 2006). Berdasarkan macam konfigurasi, *fiber* terdiri dari beberapa jenis yaitu, *long, continuous, parallel, braided*, dan *woven fiber*. *Fiber* yang sering digunakan pada FRC diantaranya adalah *glass fiber, carbon fiber* dan *polyethylene fiber* (Freilich dkk., 2000). Bentuk *polyethylene fiber* dapat berupa *unidirectional* berupa helai benang (*strands*) atau *multidirectional* berupa *woven* dan *braided* (Lonear dkk., 2008). *Fiber glass* dengan berbagai macam konfigurasi sering digunakan untuk bahan yang memerlukan prosedur laboratorium, sedangkan penguat polymer seperti *polyethylene fiber* merupakan *fiber* yang dapat diaplikasikan secara *direct* (Freilich dkk., 2000).

Pada penelitian ini, *fiber* yang akan digunakan sebagai penguat pada *fiber reinforced composite* adalah *fiber polyethylene* jenis *braided* dengan lebar 2 mm atau disebut dengan *ultra high molecular weight polyethylene fiber* (UHMWPE). UHMWPE merupakan *non-impregnated polyethylene fiber*, hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan fleksural *non-impregnated polyethylene fiber* lebih baik daripada *pre-impregnated glass fiber* (Gaspar Junior dkk., 2009) karena pada *pre-impregnated fiber* terdapat potensi terjadinya kenaikan penyerapan air yang dapat mempengaruhi kekuatan mekanis bahan (Miettinen dkk., 1999).

Pada penelitian ini jenis resin komposit yang akan digunakan adalah *nanohybrid resin composite* dengan sediaan *packable*. *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 (Busato dkk., 2006). *Nanohybrid* mengandung partikel *filler* nanometer (0,005-0,01 mikron) yang dikombinasikan dengan tipe *filler* lebih konvensional, *nanohybrid* memiliki sifat pemolesan yang baik karena ukuran partikel yang kecil serta memiliki kekuatan dan ketahanan yang hampir sama dengan tipe *filler*

konvensional. Dengan bertambahnya kandungan *filler* maka polimerisasi *shrinkage*, ekspansi koefisien linier dan penyerapan air pada resin komposit akan berkurang serta kekuatan tekan, kekuatan tarik, modulus elastisitas dan ketahanan aus akan meningkat (Sonwane dan Hambire, 2015)

Struktur konstruksi FRC memiliki sifat mekanis yang dipengaruhi oleh kombinasi antara partikel *filler* resin komposit dengan volume, lokasi penempatan, dan arah *fiber* (Van Heumen dkk., 2008). Posisi *fiber* pada penggunaan GTC dapat ditempatkan pada zona yang terdapat pada *fiber reinforced composite*. Zona yang terdapat pada *fiber reinforced composite*, yaitu zona *compression*, *neutral*, dan *tension*. Pada kondisi klinis, gaya yang akan diterima selama pengunyahan oleh gigi tiruan cekat diantaranya adalah gaya *compression*, *tension*, dan *shear*. (Vallittu, 2001)

Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi posisi *fiber* FRC UHMWPE pada zona *compression* dan *tension* memiliki kekuatan fleksural dan ketangguhan retak (*fracture toughness*) paling tinggi yakni dapat memberikan kekuatan fleksural 189 Mpa yang optimal dan mendekati rerata tekanan pengunyahan sebesar 193 Mpa serta terdapat pengaruh perbedaan kombinasi posisi *fiber polyethylene* pada sampel FRC UHMWPE terhadap kekuatan fleksural dan ketangguhan retak. (Widyapramana dan Sunarintyas, S, 2013)

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa posisi dan volume *fiber* pada penggunaan gigi tiruan cekat dengan volume 1 lembar *fiber polyethylene* sudah optimal untuk digunakan sebagai gigi tiruan cekat (Septommy dan Dharmastiti, 2014). Pada penelitian ini diharapkan penggunaan gigi tiruan cekat dengan 1 lembar *fiber polyethylene* yang diposisikan pada zona *tension*. Zona *tension* merupakan area yang lemah pada FRC karena mengalami tarikan (Widyapramana, 2013). Penempatan *fiber* pada zona *tension* dapat meningkatkan kekuatan fleksural dan memiliki hubungan yang berbanding terbalik terhadap mikroporositas FRC berbasis *packable resin composite*. Kekuatan fleksural akan diuji menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dan pengamatan mikroporositas akan diamati menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Metode

Desain penelitian ini adalah eksperimental murni secara laboratoris dengan tujuan mengetahui pengaruh posisi *fiber polyethylene* pada zona *tension* dan mikroporositas terhadap kekuatan fleksural *fiber reinforced composite*. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah batang *fiber reinforced composite* (FRC) dengan ukuran 25 x 2 x 2 mm (sesuai ISO 10477). Posisi *fiber* berada pada zona *tension* dengan ketebalan 0,2 mm dan keseluruhan ketebalan *packable resin composite* 1,8 mm. Mikroporositas diamati dengan menggunakan alat *Scanning*

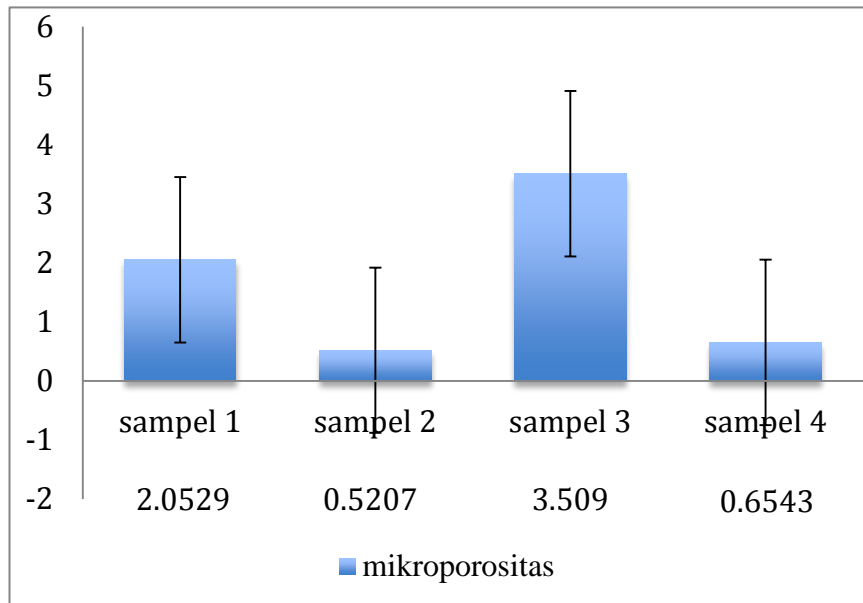
Electrone Microscope (SEM) sedangkan kekuatan fleksural diukur menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)*. Analisis data menggunakan *One Way Anova*.

Hasil Penelitian

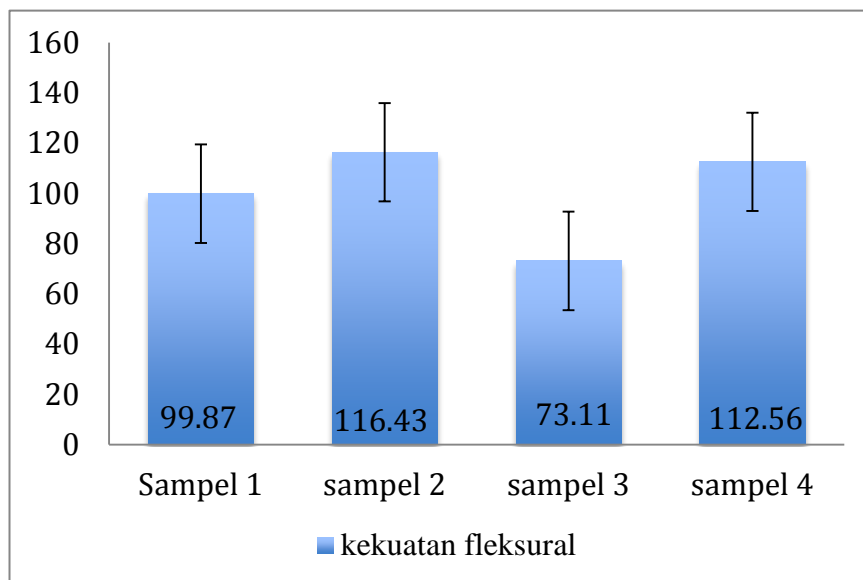
Hasil pengamatan mikroporositas dinyatakan dalam mm^2 (*millimeter persegi*) dan hasil pengujian kekuatan fleksural dinyatakan dalam MPa (*Megapascal*). Sampel 1 memiliki nilai mikroporositas sebesar $2,0529 \text{ mm}^2$ dengan nilai kekuatan fleksural sebesar 99,87 MPa. Sampel 2 memiliki nilai mikroporositas sebesar $0,5207 \text{ mm}^2$ dengan nilai kekuatan fleksural sebesar 116,43 MPa. Sampel 3 memiliki nilai mikroporositas sebesar $3,5099 \text{ mm}^2$ dengan nilai kekuatan fleksural sebesar 73,11 MPa. Sampel 4 memiliki nilai mikroporositas sebesar $0,6543 \text{ mm}^2$ dengan nilai kekuatan fleksural sebesar 112,56 MPa. Hasil penelitian pengamatan mikroporositas dan pengujian kekuatan fleksural setiap sampelnya dapat dilihat pada Tabel I.

Tabel I. Nilai mikroporositas dan kekuatan fleksural *FRC*

Sampel	Mikroporositas (mm^2)	Kekuatan Fleksural (Mpa)
1	2,0529	99,87
2	0,5207	116,43
3	3,5099	73,11
4	0,6543	112,56
Rata-rata	1,68	99,32
Stand.deviasi	1,4	19,57



Gambar 1. Grafik batang standar deviasi mikroporositas



Gambar 2. Grafik batang standar deviasi 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*

VAR00001		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
Uji_B	Mikroporositas	.889	4	.378
	Fleksural	.884	4	.356

Dari hasil uji normalitas , nilai probabilitas mikroporositas yang diperoleh $p= 0,378$ dan nilai probabilitas kekuatan fleksural $p=0,356$. Nilai probabilitas dapat dikatakan normal jika $p > 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa sebaran data keempat sampel adalah normal. karena nilai $p>0,05$ maka kesimpulan yang dapat diambil yakni sebaran data adalah normal, sehingga dapat dilakukan uji One Way Anova. Hasil uji statistik One Way Anova dapat dilihat pada Tabel III.

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

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19527.148	1	19527.148	101.391	.000
Within Groups	1155.560	6	192.593		
Total	20682.708	7			

Dari hasil uji One Way Anova pada table III, diperoleh nilai $p=0,000$ ($p<0,05$) sehingga dapat diartikan terdapat pengaruh posisi *fiber polyethylene* pada zona *tension* dan mikroporositas *FRC* terhadap kekuatan fleksural *FRC*.

Pembahasan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengaruh posisi *fiber polyethylene* pada zona *tension* dan mikroporositas *FRC* terhadap kekuatan fleksural *FRC* adalah signifikan, dengan angka signifikansi uji One Way Anova $p=0,000$ ($p<0,05$) menunjukkan bahwa hipotesis yang telah dibuat oleh penulis diterima.

Kekuatan fleksural merupakan salah satu hal penting dalam mengevaluasi sifat mekanis pada *FRC* (Sharafeddin dkk., 2013). Kekuatan fleksural pada *FRC* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya penempatan posisi *fiber*, jenis resin komposit yang digunakan, dan ada atau tidaknya mikroporositas pada *FRC*.

Pada penelitian ini penempatan posisi *fiber* berada pada zona *tension*. Zona *tension* dipilih oleh penulis karena zona *tension* merupakan area yang lemah dari gigi tiruan. Pada saat uji kekuatan fleksural dilakukan, zona *tension* (bagian bawah *FRC*) akan mengalami tarikan karena adanya tekanan tarik, penempatan *fiber* pada sisi tarikan akan menghasilkan gaya tarik yang lebih kecil dan menyalurkan tekanan tarik secara merata pada *FRC*. Dengan demikian, posisi

fiber pada zona *tension* akan meningkatkan kekuatan fleksural pada *FRC*. (Widyapramana dkk., 2013).

Dalam penelitian ini penulis menggunakan *Filtek Z250 XT* sebagai matriks polimer pada *FRC*. *Filtek Z250 XT* merupakan *packable resin composite* dengan ukuran partikel *nanohybrid* berkisar antara 0,2 – 1 micron. Menurut Sharafeddin, dkk (2013) kombinasi *fiber* dengan komposit *nanohybrid* memiliki kekuatan fleksural yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit *microfill*. *Filtek Z250 XT* memiliki kandungan *filler* 81,8 % dari berat (68 % dari volume) termasuk didalamnya kandungan *zirconium silica* dengan ukuran 0,6 micron serta memiliki beberapa matriks organik yaitu, Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, PEGDMA, dan TEGDMA. Kandungan *silica* pada resin komposit dapat meningkatkan adesi pada *adhesive interface* dan membentuk ikatan kimia antara matriks dan *fiber*. Terbentuknya ikatan kimia yang kuat mengakibatkan peningkatan kekuatan fleksural. (Sharafeddin dkk., 2013). Sharafeddin juga menyebutkan bahwa ukuran partikel yang kecil dan matriks organik seperti Bis-GMA dan UDMA pada resin komposit dapat menyebabkan terbentuknya ikatan kimia yang tinggi antara *fiber* dan matriks sehingga terbentuk pula *adhesive interface* yang lebih baik dalam meningkatkan kekuatan fleksural.

Kandungan *filler* yang tinggi pada resin komposit mengakibatkan tingginya viskositas pada resin komposit, viskositas yang tinggi pada resin komposit dapat menurunkan impreganasi *fiber* sehingga menyebabkan peningkatan penyerapan air yang kemudian memungkinkan terbentuknya mikroporositas. (Mosquera, 2015).

Mikroporositas merupakan udara yang terjebak di dalam restorasi sehingga membentuk rongga atau porus. Mikroporositas dapat meningkatkan perambatan retakan pada restorasi sehingga mengurangi sifat mekanis restorasi, Salah satu sifat mekanis adalah kekuatan fleksural. Dengan demikian, mikroporositas yang terbentuk akan mempengaruhi kekuatan fleksural pada *FRC*. Selain karena tingginya viskositas resin komposit, terbentuknya mikroporositas dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya *adhesive interface* yang kurang baik dan teknik kondensasi secara manual yang termasuk dalam *handling procedures* (Chadwick dkk., 1989).

Adanya ikatan kimia yang terbentuk di antara matriks dan *fiber* (*adhesive interface*) membantu menyalurkan beban dari matriks ke *fiber* dan merupakan salah satu aspek dalam ketahanan *FRC*. Ikatan kimia tersebut juga dapat terbentuk karena pengaplikasian silane (*coupling agent*) (Mosquera, 2015). Pada penelitian ini penulis melakukan pengaplikasian *silane* dengan tujuan menciptakan ikatan kimia yang baik antara matriks dan *fiber* sehingga mengoptimalkan impreganasi *fiber* yang kemudian dapat meningkatkan kekuatan fleksural *FRC*.

Chadwik dkk., (1989) menyatakan udara yang terjebak di dalam restorasi dapat diakibatkan karena *handling procedures* yang tidak adekuat saat proses pembuatan atau manipulasi. Salah satu *handling procedures* yang mempengaruhi terbentuknya rongga adalah teknik kondensasi manual. Pada penelitian ini penulis tidak mengendalikan tekanan kondensasi sehingga tekanan yang diberikan pada tiap-tiap sampel berbeda mengakibatkan mikroporositas yang terbentuk pada tiap-tiap sampel berbeda pula. Penulis menggunakan kondensor sebagai alat yang digunakan saat kondensasi manual dan *glass slide* yang kemudian diikat pada cetakan akrilik.

Perbedaan nilai mikroporositas pada tiap sampel akan menghasilkan kekuatan fleksural yang berbeda pula. Semakin rendah nilai mikroporositas maka kekuatan fleksural FRC akan semakin tinggi dan sebaliknya. Nilai mikroporositas diuji dengan menggunakan alat uji SEM dengan perbesaran 45x, perbesaran yang digunakan pada alat uji SEM disesuaikan dengan ketajaman dan kejelasan gambar dan uji kekuatan fleksural dilakukan menggunakan alat uji UTM dengan pemberian beban awal sebesar 1 Newton.

Dapat dilihat pada tabel I, sampel 2 memiliki nilai mikroporositas terendah dari keempat sampel yakni sebesar $0,5207 \text{ mm}^2$ dengan kekuatan fleksural tertinggi sebesar 116,43 Mpa. Sedangkan nilai mikroporositas tertinggi dimiliki oleh sampel 3 yakni sebesar $3,5099 \text{ mm}^2$ dengan kekuatan fleksural terendah sebesar 73,11 Mpa. Dari keempat sampel didapatkan nilai rerata mikroporositas dan kekuatan fleksural yaitu, dengan nilai mikroporositas FRC sebesar $1,68 \text{ mm}^2$ maka kekuatan fleksural yang dimiliki FRC sebesar 99,32 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 116,43 MPa dengan nilai mikroporositas $0,5207 \text{ mm}^2$. Perbedaan nilai kekuatan fleksural pada keempat sampel tidak hanya dipengaruhi oleh teknik kondensasi yang dilakukan secara manual dan mikroporositas tetapi juga dipengaruhi oleh hal-hal yang telah dicantumkan di atas.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa mikroporositas berpengaruh terhadap kekuatan fleksural FRC. Pada penelitian ini terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan kekuatan fleksural pada tiap sampel yaitu, teknik kondensasi, *adhesive interface*, dan mikroporositas.

Referensi

- Curtis, R. dan Watson, R. (2009) *Dental Biomaterials: Imaging, Testing, and Modelli*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Gaspar Junior, A. D. A., Lopes, M. W. F., Gaspar, G. D. S. dan Braz, R. (2009) 'Comparative study of flexural strength and elasticity modulus in two types of direct fiber-reinforced systems.', *Brazilian oral research*, 23(3), pp. 236–40. doi: 10.1590/S1806-83242009000300003.
- Ganesh, M., & Tandon, S. (2006). Versatility of ribbon in contemporary dental practice. Dalam *Trends Biomater Artif Organs* (hal. 20(1): 53-58).
- Mallick, P. K. (2007) *Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design, Second Edition*. Taylor & Francis (Dekker Mechanical Engineering). Available at: <https://books.google.co.id/books?id=z0MIzzOFMqkC>.
- Chan, D. C. N., Giannini, M. dan De Goes, M. F. (2006) 'Provisional anterior tooth replacement using nonimpregnated fiber and fiber-reinforced composite resin materials: A clinical report', *Journal of Prosthetic Dentistry*. Elsevier, 95(5), pp. 344–348. Doi: 10.1016/j.prosdent.2006.01.017.
- Freilich, M. A. (2000) *Fiber-reinforced Composites in Clinical Dentistry*. Quintessence Publishing Company (Quintessence books). Available at: <https://books.google.co.id/books?id=njRqAAAAMAAJ>.
- Lonear A, Vojvodiae D, Jerolimov V, Komar D dan Abroviae D. (2008) *Fiber Reinforced Polymers Part II : Effect on Mechanical Properties*. Acta Stomatol Croat ; 42(1):49-63.
- Miettinen, V. M., Narva, K. K. dan Vallittu, P. K. (1999) 'Water sorption, solubility and effect of post-curing of glass fibre reinforced polymers', *Biomaterials*, 20(13), pp. 1187–1194. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0142-9612\(99\)00003-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0142-9612(99)00003-4).
- Busato, A. L. S., Reis, A., Hernandez, P. A. G., Macedo, R. P. dan Loguercio, A. D. (2006) '3-Year clinical evaluation of posterior packable composite resin restorations', *Journal of Oral Rehabilitation*. Blackwell Science Ltd, 33(2), pp. 144–151. doi: 10.1111/j.1365-2842.2006.01539.x.
- Sonwane, Savita R., dan Hambire, Umesh V. (2015) 'Comparison of Flexural & Compressive Strengths of Nano Hybrid Composites', India: International Journal of Engineering Trends and Applications (IJETA)

- 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>.
- Vallittu, P. K. (2001) '2nd International symposium on fiber reinforced plastics in dentistry', in *2nd International symposium on fiber reinforced plastics in dentistry*. Nijmegen.
- Widyapramana dan Sunarintyas, S, W. (2013) 'Pengaruh Kombinasi Posisi Fiber Terhadap Kekuatan Fleksural dan Ketangguhan Retak Fiber Reinforced Composite Polyethylene Effect of Combination Position Fiber Against Flexural Strength and Fracture Toughness of Fiber Reinforced Composite Polyethylene', 2(2), pp. 1–8.
- Septommy, C. dan Dharmastiti, R. (2014) 'Pengaruh posisi dan fraksi volumetrik fiber polyethylene terhadap kekuatan fleksural fiber reinforced composite (The effect of position and volumetric fraction polyethylene fiber on the flexural strength of fiber reinforced composite)', 47(1), pp. 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*, 15-16.
- Mosquera, L. P. (2015) Fiber-reinforced Composite Fixed Dental Protheses, *Turun yliopisto University of Turku*, 21.
- Chaidwik, R, McCabe, J., Walls,A., & Storer, R. (1998). The Effect of Placement Technique Upon The Compressive Strength And Porosity of A Composite Resin. *J. Dent*, 232.
- Xu, H. H. K., Schumacher, G. E., Eichmiller, F. C., Peterson, R. C., Antonucci, J. M. dan