

Kekuatan Fleksural Dentin setelah Eksposur Semen Bioaktif

Angela Evelyn

Departemen Teknik Material Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Kristen Maranatha, Indonesia

Lia Amelia Tresna Wulan Asri

Program Studi Teknik Material, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

Fathul Mauludy Ma'rup

Program Studi Pendidikan Profesi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Kristen Maranatha, Indonesia

ABSTRAK

Semen bioaktif banyak digunakan di bidang kedokteran gigi terutama untuk tujuan restorasi dan perawatan saluran akar. Semen bioaktif dapat menimbulkan respon jaringan pulpa dengan menginduksi pembentukan kristal hidroksiapatit. Lapisan apatit terbentuk ketika semen berkontak dengan cairan jaringan. Beberapa semen bioaktif yang digunakan sebagai medikamen saluran akar dapat menyebabkan terganggunya jaringan kolagen pada dentin sehingga menyebabkan gigi menjadi rentan fraktur. Studi literatur ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan fleksural dentin setelah eksposur berbagai semen bioaktif yang terdapat di pasaran melalui penelaahan berbagai artikel ilmiah. Hasil studi literatur menunjukkan bahwa semua semen bioaktif yang diteliti dapat menyebabkan penurunan kekuatan fleksural dentin yang tereksposur oleh semen bioaktif dan berujung pada kegagalan perawatan saluran akar. Komposisi semen bioaktif yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan fleksural dentin pada penggunaan jangka panjang adalah Kalsium Hidroksida. Perlu dilakukan uji klinis penggunaan jangka panjang semen bioaktif dari berbagai generasi.

Kata Kunci: Semen Bioaktif, Kekuatan fleksural Dentin, Medikamen Saluran Akar

Dentine Flexural Strength after Bioactive Cement Exposure

ABSTRACT

Bioactive cements are used widely in dentistry, especially in restorative and endodontic field. Bioactive cement can induce response from living tissue, organism, or cells by hydroxyapatite layers formation when in contact with tissue

Korespondensi:

Fathul Mauludy Ma'rup

Email: fathul.mauludy@dent.maranatha.edu

fluid. Despite of its benefit, bioactive cements use as root canal medicament can caused dentinal collagen damage that can lead to tooth fracture. This literature study objective is to analyze dentinal flexural strength after bioactive cements exposure by literature study. Literature study results show that every bioactive cement exposure can decrease dentin flexural strength that can lead to root canal treatment failure. Bioactive cement composition that effect dentin flexural strength in long term use is Calcium Hydroxide. Long term clinical test of bioactive cement from different generation need to be evaluated on next study.

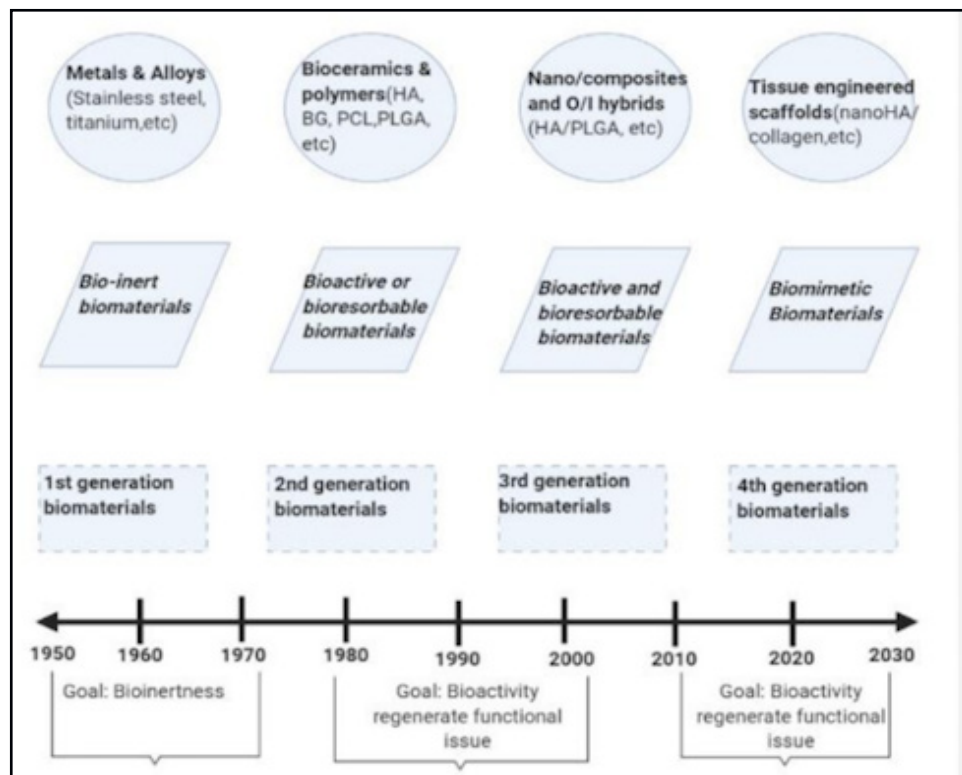
Key Word: Bioactive Cement, Dentine Flexural Strength, Root Canal Medicament

PENDAHULUAN

Perkembangan material biokompatibel baru dan atau pembaharuan dari material kedokteran gigi yang sudah ada serta perkembangan teknologi kedokteran gigi memperluas variasi aplikasi biomaterial di bidang kedokteran gigi.¹ Biomaterial kedokteran gigi didefinisikan sebagai material atau kombinasi material alami atau buatan yang dapat digunakan untuk mengobati, memperbaiki, bahkan mengganti fungsi

jaringan atau organ dalam tubuh. Biomaterial dapat dikategorikan dalam empat kelompok besar yaitu polimer, keramik (karbon, lensa dan gelas keramik), logam, dan produk-produk alam (nabati maupun hewani) seperti dapat dilihat pada gambar 1.²

Penggunaan biomaterial kedokteran gigi saat ini bukan hanya difokuskan untuk menggantikan struktur gigi yang rusak (restorasi) atau hilang (rehabilitasi), tapi juga untuk merangsang regenerasi jaringan



Gambar 1. Klasifikasi Biomaterial²

dan mencegah terjadinya kerusakan pada struktur jaringan gigi sehat seperti yang didapat dari penggunaan material kedokteran gigi bioaktif, yaitu biomaterial kedokteran gigi generasi kedua.¹⁻³

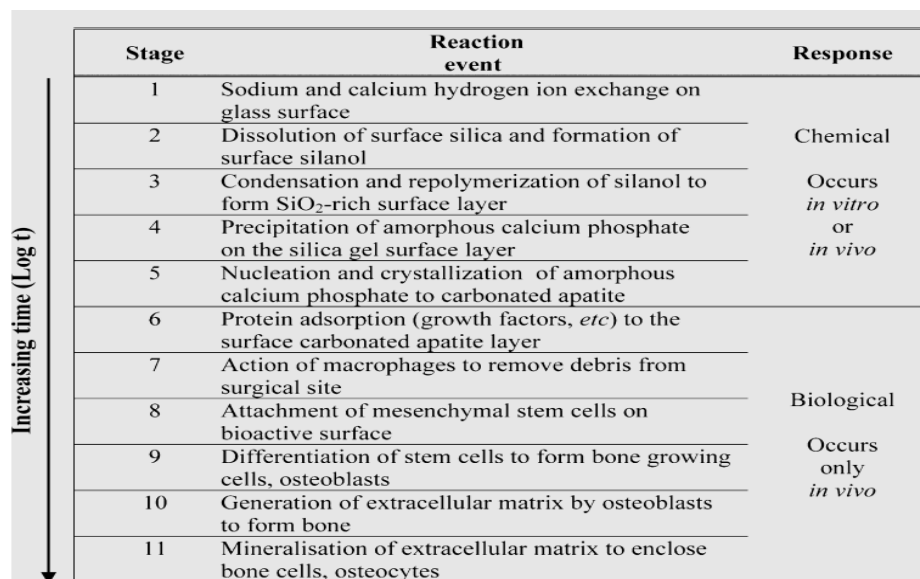
Material bioaktif merupakan material yang dapat menimbulkan efek atau respon dari jaringan hidup, organisme atau sel. Material bioaktif yang banyak digunakan di bidang kedokteran gigi adalah semen bioaktif. Semen bioaktif bekerja pada jaringan dentin dengan cara menginduksi pembentukan hidroksiapatit yang mendorong penyembuhan dan perbaikan jaringan serta mempertahankan vitalitas pulpa.^{4,5} Semen bioaktif digunakan di bidang kedokteran gigi untuk berbagai aplikasi klinis dalam bidang restorasi gigi dan endodontik sebagai material sementasi, pulp capping, reparasi saluran akar, serta sebagai semen tulang.⁶ Penggunaan semen bioaktif yang luas sebagai medikamen intrakanal menimbulkan beberapa pertanyaan tentang pengaruhnya terhadap jaringan struktur gigi yang tersisa, khususnya jaringan dentin saluran akar. Pengaruh berbagai generasi semen bioaktif terhadap kekuatan dentin saluran akar telah banyak mendapat perhatian peneliti dan klinisi karena sangat menentukan keberhasilan perawatan saluran akar.⁷ Mineral trioxide aggregate (MTA Struktur

dentin akar gigi yang tersisa harus memiliki kekuatan yang adekuat untuk menahan gaya lentur/fleksural yang disebabkan oleh gaya mastikasi yang dinamis agar tidak mengalami fraktur saat berfungsi.⁸

TELAAH PUSTAKA

Istilah material bioaktif pertama kali dicetuskan oleh Dr. Larry Hench pada tahun 1969 saat mencari material yang dapat membentuk ikatan pada jaringan tubuh untuk melakukan rekonstruksi tulang pada tantara perang Vietnam. Material bioaktif pertama yang dapat disintesis adalah bioglass yang terbuat dari calcium silicophosphate.⁹

Material bioaktif merupakan mampu menginduksi respon biologis spesifik dan membentuk ikatan pada antar permukaan material dan jaringan tubuh.¹⁰ Reaksi yang terjadi pada penggunaan material bioaktif adalah pertukaran ion antara material dengan cairan tubuh yang akan menghasilkan lapisan apatit yang akan terkristalisasi, misalnya hidroksiapatit. Bioaktivitas suatu material dikaitkan dengan pelepasan ion-ion seperti kalsium dan fosfat yang berperan penting dalam metabolisme dan pembentukan tulang dan jaringan keras gigi.¹¹ Mekanisme ikatan material aktif ke jaringan keras dijelaskan dalam sebelas tahap oleh Hench pada tahun 2006 seperti terlihat pada gambar 2.¹²



Gambar 2. Mekanisme Reaksi Material Bioaktif¹²

Material bioaktif yang ideal harus bersifat biokompatibel (tidak menimbulkan respon alergi dan toksik), steril, tidak mudah larut dalam cairan rongga mulut, memiliki efektifitas antibakteri, mampu menjaga vitalitas pulpa, mendorong pembentukan dentin reparatif, adhesif terhadap struktur gigi, radioopak, memiliki ketahanan terhadap gaya mastikasi, dapat berinteraksi dengan kelembaban serta mudah diaplikasikan.^{4,5,12}

Hench mengklasifikasikan material bioaktif kedalam dua kelompok berbeda yaitu material osteokonduktif yang hanya menghasilkan biokompatibilitas antar permukaan saat terjadi migrasi tulang dan material osteoproduktif yang memungkinkan terjadinya kolonisasi sel punca osteogenik pada sepanjang permukaan bioaktifnya. Semen bioaktif yang digunakan di bidang kedokteran gigi merupakan material osteoproduktif yang umum digunakan pada konservasi gigi.⁹ Semen bioaktif digunakan secara luas sebagai agen remineralisasi pada perawatan restoratif seperti *pulp capping* (pembentukan jembatan dentin) maupun pada perawatan endodontik antara lain untuk perbaikan perforasi, apeksifikasi, apeksogenesis, serta material pengisi saluran akar (*sealer*).¹³ Semen bioaktif

yang digunakan pada perawatan endodontik langsung terekspos pada dentin dinding saluran akar dan dapat menyebabkan terjadinya beberapa perubahan pada sifat mekanis jaringan dentin saluran akar tersebut, salah satunya adalah kekuatan lentur dentin saluran akar.⁷ mineral trioxide aggregate (MTA). Semen bioaktif yang digunakan di bidang kedokteran gigi pada umumnya berbahan dasar kalsium dan fosfat. Kalsium Hidroksida (CH) merupakan semen bioaktif pertama yang diperkenalkan pada tahun 1930 sebagai agen remineralisasi pada perawatan *direct pulp capping*.¹⁴ Semen bioaktif berbasis kalsium silikat merupakan yang pertama kali digunakan pada terapi endodontik. Semen ini dapat bereaksi membentuk kalsium silikat hidrat ketika berkontak dengan cairan. Material ini disebut sebagai semen endodontik bioaktif karena dapat berinteraksi dengan jaringan hidup dan membentuk lapisan seperti apatit pada permukaannya saat berkontak dengan cairan fisiologis.¹⁵

Tabel 1 menunjukkan berbagai semen endodontik bioaktif yang digunakan di bidang kedokteran gigi, sedangkan tabel 2 memperlihatkan komposisi dari masing-masing material.

Tabel 1. Semen Bioaktif Endodontik¹⁶

Nama Generik	Nama Komersial	Sediaan	Indikasi Penggunaan
Kalsium Silikat (PC like contain iron)	Gray ProRoot Mineral Trioxide Aggregate (GMTA)	Bubuk dan cairan	<i>Pulp capping</i> , Pulpotomi, <i>Root end filling</i> , reparasi akar, apeksifikasi
Kalsium Silikat (PC like iron-free)	White ProRoot Mineral Trioxide Aggregate (WMTA)	Bubuk dan cairan	<i>Pulp capping</i> , Pulpotomi, <i>Root end filling</i> , reparasi akar, apeksifikasi
Kalsium Silikat (aluminium absent)	MTA Angelus	Bubuk dan cairan	<i>Pulp capping</i> , Pulpotomi, <i>Root end filling</i> , reparasi akar, apeksifikasi
	Bioaggregate	Bubuk dan cairan	<i>Pulp capping</i> , Pulpotomi, <i>Root end filling</i> , reparasi akar, apeksifikasi
	Endosequence Root Repair Material (ERRM)	Pasta 1 komponen	<i>Pulp capping</i> , Pulpotomi, <i>Root end filling</i> , reparasi akar, apeksifikasi
	iRoot BP	Pasta 1 komponen	Reparasi akar (injectable)
	iRoot SP	Pasta 1 komponen	<i>Sealer</i> saluran akar
Trikalسيوم Silikat	Biodentine	Bubuk dan cairan/ kapsul tritulasi	<i>Pulp capping</i> , Pulpotomi, <i>Root end filling</i> , reparasi akar, apeksifikasi, liner/base, restorasi sementara
Kalsium alumina	DoxaDent	Bubuk dan cairan/ kapsul tritulasi	Restorasi permanen
Kalsium Alumina/ Glass Ionomer	Ceramir crown & bridge	Bubuk dan cairan/ kapsul tritulasi	<i>Luting cement</i> permanen

Tabel 2. Komposisi Semen Bioaktif ¹⁷

Nama Komersial	Sediaan	Komposisi
MTA	Bubuk	Purified Portland Cement (campuran dicalcium silicate (Ca_2SiO_4), tricalcium silicate (Ca_3SiO_5), tricalcium aluminate ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$), calcium sulfate (CaSO_4 , gypsum), tetracalcium aluminoferrite ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), dan bismuth oxide, SiO_2 , CaO , MgO , K_2SO_4 , dan Na_2SO_4)
	Cairan	Air destilasi
Biodentine	Bubuk	Tricalcium silicate ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), dicalcium silicate ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), calcium carbonate (CaCO_3), calcium oxide (CaO), dan zirconium oxide (ZrO_2) sebagai radioopacifier
	Cairan	Air destilasi
BioAggregate	Bubuk	Tricalcium silicate (Ca_3SiO_5), dicalcium silicate (Ca_2SiO_4), hydroxyapatite ($\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6[\text{OH}]_2$), calcium silicate oxide ($\text{Ca}_3[\text{SiO}_4]\text{O}$), tantalum oxide (Ta_2O_5), calcium phosphate silicate ($\text{Ca}_2\text{SiO}_4 \cdot 5\text{Ca}_3[\text{PO}_4]_2$)
	Cairan	Air destilasi
ERRM	Pasta	Calcium silicate (Ca_2SiO_4), monobasic calcium phosphate ($\text{Ca}[\text{H}_2\text{PO}_4]_2$), zirconium oxide (ZrO_2), tantalum oxide (Ta_2O_5), proprietary fillers and thickening agents
CEM (Calcium Enriched Mixture)	Bubuk	Calcium oxide (CaO), sulfur trioxide (SO_3), phosphorous pentoxide (P_2O_5), silicone dioxide (SiO_2), aluminium trioxide (Al_2O_3), sodium oxide (Na_2O), magnesium oxide (MgO) dan Chloride (Cl)
	Cairan	Air Destilasi
TheraCal	Pasta LC	Semen Portland tipe III, Sr glass, fumed silica, barium sulfate (BaSO_4), barium zirconate (BaZrO_3), resin bisphenol A glycidyl methacrylate (Bis-GMA), dan poly dimethacrylate (PEGDMA)

Komposisi semen bioaktif menentukan sifatnya, pengaruh eksposur semen pada jaringan dentin akar gigi telah banyak diteliti terutama terhadap kekuatan fleksuralnya. Kekuatan fleksural merupakan gaya persatuan luas saat fraktur pada benda yang diberi pembebanan fleksural.¹⁸ Situasi klinis yang membutuhkan kekuatan lentur antara lain adalah gigitan yang tiba-tiba atau menggigit benda keras yang dapat menyebabkan gigi patah.¹⁹ Penelitian kekuatan fleksural umumnya dilakukan pada sample gigi asli yang direndam dalam cairan fisiologis untuk persiapan kemudian dipotong lalu dilakukan preparasi saluran akar untuk dimasukkan ke

dalam cawan petri yang telah berisi material bioaktif yang akan diuji. Sampel kemudian disimpan pada suhu 37°C dengan kelembaban 100% dengan periode eksposur bervariasi antara tujuh hari, satu bulan, tiga bulan, sampai satu tahun. Pengujian kekuatan fleksural berupa *three-point-bending test* dilakukan menggunakan *universal testing machine* dengan kecepatan *crosshead* 1mm/menit.⁷ mineral trioxide aggregate (MTA Berbagai artikel tentang pengaruh eksposur berbagai semen bioaktif endodontik terhadap dentin saluran akar dengan beberapa waktu eksposur yang berbeda dapat dibandingkan seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kekuatan Lentur Dentin setelah Eksposur Berbagai Semen Bioaktif pada Periode Waktu yang Berbeda^{7,20-22}

Nama Semen Bioaktif	Kekuatan Lentur (*SD)					
	24 jam	7 Hari	1 Bulan	3 Bulan	6 Bulan	1 Tahun
Kontrol/Saline	-	144,6 (35,5)	152,9 (52,4)	-	129,2 (54,2)	152,8 (60,1)
CH	-	143,6 (36,5)	110,7 (38,8)	-	70,8 (24,5)	42,2 (13,9)
MTA	-	155,7 (56)	136,2 (34,2)	-	103,8 (38,8)	93,6 (37)
MTA Plus	201,30 (23,5)	-	200,4 (19,1)	172,5 (23,4)	-	-
CEM	-	140,6 (48,9)	124,2 (15,9)	-	133,7 (49)	125 (38,5)
Biodentine	206,8 (12,6)	-	187,4 (18,5)	165,3 (19,0)	-	-

PEMBAHASAN

Metode uji kekuatan fleksural dentin yang dibandingkan pada tabel 3 menggunakan beberapa kondisi yang sama antara lain suhu, kelembaban, bentuk, dan ukuran sampel, namun terdapat perbedaan pada jenis sampel gigi yang digunakan yaitu gigi manusia dan sapi. Gigi sapi memiliki kualitas morfologi mikroskopik yang lebih baik jika dibandingkan dengan gigi manusia. Periode uji bervariasi antara 24 jam sampai dengan 1 tahun.

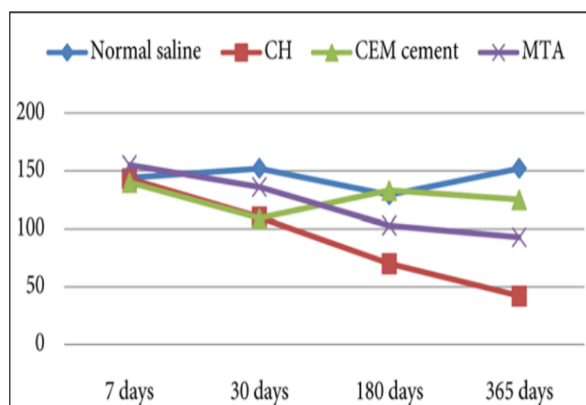
Hasil uji kekuatan fleksural dentin menunjukkan penurunan yang signifikan seiring dengan berjalannya waktu. CH memiliki penurunan kekuatan fleksural dentin yang paling tinggi, sedangkan Biodentine dan CEM memperlihatkan penurunan kekuatan fleksural dentin yang paling rendah, akan tetapi CEM memperoleh kekuatannya Kembali setelah 6 bulan seperti pada penelitian jangka panjang yang dilakukan Moazami, dkk seperti terlihat pada gambar 3.⁷ Mineral trioxide aggregate (MTA Penelitian jangka pendek (tiga puluh hari) menunjukkan penurunan kekuatan transversal dentin yang terekspos CH, MTA, dan CEM masing-masing sebesar 38%, 28%, dan 25% dimana kekuatan dentin terendah terdapat pada kelompok CH (77,99 (25,56) MPa) dan yang tertinggi pada CEM (94,4 (37,01) MPa).^{21,22}

Biodentine, calcium-enriched mixture (CEM Sawyer, dkk melakukan penelitian serupa dengan variabel waktu yang lebih bervariasi memperlihatkan perbedaan yang

signifikan yang berhubungan dengan lama waktu eksposur, dimana kelompok Biodentine mengalami penurunan setelah 2 dan 3 bulan sebesar $163,3 \pm 19,0$ Mpa dan $165,3 \pm 17,8$ Mpa, sedangkan kelompok MTA Plus mengalami penurunan yang signifikan setelah eksposur selama 3 bulan yaitu sebesar $172,5 \pm 23,4$ Mpa.²⁰

Penurunan kekuatan dentin setelah terekspos berbagai semen bioaktif terjadi setelah beberapa periode waktu. Dentin mengandung 70% mineral (anorganik), 20% bahan organik, dan 10% air. Karbonat apatit merupakan salah satu komponen anorganik dentin, komponen organik dentin didominasi oleh serabut kolagen tipe 1, hal inilah yang membuat dentin bersifat lebih mudah mengalami fleksiur dibandingkan dengan enamel.²¹

Perbedaan tingkat penurunan kekuatan dentin terjadi akibat perbedaan komposisi semen bioaktif. Kelompok CH mengalami penurunan kekuatan fleksural dentin, hal ini disebabkan pH basa yang menyebabkan kerusakan struktur protein dentin sehingga melemahkan strukturnya, begitu juga halnya yang terjadi pada kelompok MTA dan CEM, namun jumlah kalsium hidroksida yang dilepaskan oleh MTA dan CEM lebih rendah dibandingkan dengan CH murni dan pemecahan struktur proteinnya mungkin lebih rendah daripada CH sehingga kekuatan fleksural dentin pada kelompok CH adalah yang paling rendah.^{7,21} Mineral trioxide aggregate (MTA Penelitian jangka panjang yang dilakukan oleh Moazami memperlihatkan penurunan kekuatan fleksural dentin yang signifikan setelah satu tahun yang mengakibatkan kerapuhan dentin. Kelompok CEM adalah satu-satunya yang dapat mempertahankan kekuatan fleksural dentin dalam jangka panjang, hal ini disebabkan karena CEM mengalami perubahan pH setelah mengalami eksposur dalam jangka panjang. ⁷mineral trioxide aggregate (MTA Biodentine dapat menurunkan kekuatan fleksural dentin dan tidak ada perbedaan signifikan dengan MTA dan CEM, hal ini juga disebabkan oleh alkalinitas Biodentine dan penghancuran protein dentin.^{20,21}



Gambar 3. Kekuatan Fleksural Dentin⁷

SIMPULAN

Penggunaan semen bioaktif CH, MTA, CEM, dan Biodentine dapat menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan fleksural dentin saluran akar yang terekspos seiring dengan berjalannya waktu, hal ini disebabkan oleh karena pelepasan kalsium hidroksida secara bertahap dan alkalinitas yang dapat menyebabkan kerusakan struktur protein dentin. CH memiliki tingkat penurunan kekuatan yang paling tinggi dibandingkan dengan material lain, sehingga penggunaan dalam waktu lama sebaiknya dihindari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih pada LPPM Universitas Kristen Maranatha atas dukungannya sehingga makalah ini dapat selesai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tuna EB, Oshida Y, Ozen B, Gjorgievska E, Tuzuner T. Biomaterials for Dental Applications. *Biomed Res Int*. 2017;2017:6-7. Doi:10.1155/2017/2520536
2. Mahesh KP, Meenakshi Srinivasa Iyer MS, Raghavendra SKN, Karthikeya Patil K, Raghunath N. Biomaterials and Their Applications in Dentistry - A Literature Review. *J Evol Med Dent Sci*. 2021;10(26):1940-1947. Doi:10.14260/jemds/2021/399;1940-1947
3. Ferreira G, Inés M. Bioactive materials in dentin remineralization. *Odontoestomatologia*. 2016;18(28):11-18.
4. Sonarkar S, Purba R. Bioactive materials in conservative dentistry. *Int J Contemp Dent Med Rev*. 2015;(February 2015):1-4. Doi:10.15713/ins.ijcdmr.47
5. N Hegde DM, Attavar DS, N DS. Bioactive Materials – a Review. *Int J Adv Sci Tech Res*. 2017;6(7):0-7. Doi:10.26808/rs.st.i7v6.01
6. Owens B. Bioactivity, Biocompatibility and Biomimetic Properties for Dental Materials: Clarifying the Confusion? *Mod Approaches Dent Oral Heal Care*. 2018;2(2):136-8. Doi:10.32474/MADOHC.2018.02.000132.
7. Moazami F, Sahebi S, Jamshidi D, Alavi A. The long-term effect of calcium hydroxide, calcium-enriched mixture cement and mineral trioxide aggregate on dentin strength. *Iran Endod J*. 2014;9(3):185-9.
8. Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. *Endod Top*. 2015;32(1):3-30. Doi:10.1111/etp.12075; 3-30
9. Jones JR. Review of bioactive glass: from Hench to hybrids. *Acta Biomater*. 2013;9(1):4457-4486. Doi:10.1016/j.actbio.2012.08.023
10. Greenspan DN, Bioglass at 50 – a look at Larry Hench's legacy and bioactive materials 2019;5(1):178-184. Doi:10.1515/bglass-2019-0014
11. Suprastiwi E. *Material Bioaktif Dalam Ruang Lingkup Konservasi Gigi*. 1st ed. Jakarta; 2018.
12. Niu L, Jiao K, Wang T, et al. A review of the bioactivity of hydraulic calcium silicate cements. *J Dent*. 2014;42(5):517-533. Doi:10.1016/j.jdent.2013.12.015
13. Spagnuolo G. Bioactive Dental Materials: The Current Status. *Materials (Basel)*. 2022;15(6):15-17. Doi:10.3390/ma15062016
14. Gandolfi MG, Siboni F, Botero T, Bossù M, Riccitiello F, Prati C. Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: Biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2015;13(1):1-18. Doi:10.5301/jabfm.5000201
15. Shahi S, Fakhri E, Yavari H, Maleki Dizaj S, Salatin S, Khezri K. Portland Cement: An Overview as a Root Repair Material. *Biomed Res Int*. 2022;2022:3314912. Doi:10.1155/2022/3314912
16. Jefferies SR. Bioactive and biomimetic restorative materials: A comprehensive review. part i. *J Esthet Restor Dent*. 2014;26(1):14-26. Doi:10.1111/jerd.12069
17. Dawood AE, Parashos P, Wong RHK, Reynolds EC, Manton DJ. Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications. *J Investig Clin Dent*. 2017;8(2). Doi:10.1111/

- jicd.12195
18. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillip's Science of Dental Materials 12th ed. 2013. p. 721-724, 94-108.
19. Kaur M, Singh H, Dhillon JS, Batra M, Saini M. MTA versus biodentine: Review of literature with a comparative analysis. *J Clin Diagnostic Res.* 2017;11(8):ZG01-ZG05. Doi:10.7860/JCDR/2017/25840.10374
20. Sawyer AN, Nikonov SY, Pancio AK, et al. Effects of calcium silicate-based materials on the flexural properties of dentin. *J Endod.* 2012;38(5):680-683. Doi:10.1016/j.joen.2011.12.036
21. Karkehabadi H, Shahriari S, Sedaghat F, Yarmohammadi E, Abbaspourrokn H. Short-term Effect of Four Root Filling Materials on the Flexural Strength of Human Root Dentin. *Avicenna J Dent Res.* 2021;13(1):18-22. Doi:10.34172/ajdr.2021.04
22. Sahebi S, Nabavizadeh M, Dolatkah V, Jamshidi D. Short term effect of calcium hydroxide, mineral trioxide aggregate and calcium-enriched mixture cement on the strength of bovine root dentin. *Iran Endod J.* 2012;7(2):68-73.