

**PERBEDAAN NILAI KEKUATAN TEKAN PADA
BEBERAPA *GLASS IONOMER CEMENT* KONVENSIONAL TIPE II**

Karya Tulis Ilmiah

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi



Diajukan Oleh

Belinda Salma Sekardalu

31101700017

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022



KARYA TULIS ILMIAH
PERBEDAAN NILAI KEKUATAN TEKAN PADA
BEBERAPA GLASS IONOMER CEMENT KONVENSIONAL TIPE II

Yang dipersiapkan dan disusun oleh
Belinda Salma Sekardalu
31101700017


Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 21 Februari 2022
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji


Ketua Tim Penguji


drg. Eko Hadianita, MDSc.

Anggota Tim Penguji I


drg. Muhammad Dian Firdausy, M.Sc (DMS)

Anggota Tim Penguji II


drg. Janta Danifatiz Suunah, MH.Kes

Semarang, 22 AUG 2022

Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Islam Sultan Agung
Bekon.




Dr. drs. Yayan Siti Rochmah, Sp.BM

NTK. 210100058

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Belinda Salma Sekardalu

NIM : 31101700017

Dengan ini saya nyatakan bahwa Karya Tulis Ilmiah yang berjudul:

"PERBEDAAN NILAI KEKUATAN TEKAN PADA

BEBERAPA GLASS IONOMER CEMENT KONVENSIONAL TTPR II"

Adalah benar hasil karya saya dan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan Tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 1 Agustus 2022



Belinda Salma Sekardalu

SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Belinda Salma Sekardalu

NIM: 31101700017

Program Studi: Kedokteran Gigi

Fakultas: Kedokteran Gigi

Alamat Asal: Jl. K.H. Noor Hadi 27B, Kec. Kota, Kab. Kudus, Jawa Tengah 59316

No Hp/Email: 081303822827 / belindasalma@gmail.com

Dengan ini menyerahkan karya ilmiah berupa ~~Tugas Akhir / Skripsi / Tesis / Disertasi~~ dengan judul:

PERBEDAAN NILAI KEKUATAN TEKAN PADA

BEBERAPA *GLASS IONOMER CEMENT* KONVENSIONAL TIPE II

Kemudian saya setuju/julaya menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencerminkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya tulis ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung.

UNISSULA
جامعة سلطان أبو جوح الإسلامية

Semarang, 1 Agustus 2022



METERAI
5000
0017A1007304570

Belinda Salma Sekardalu

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras

PERSEMBAHAN

Karya Tulis ini dipersembahkan kepada:

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Dosen pembimbing dan penguji yang saya hormati

Orang tua dan keluarga besar yang saya sayangi

Teman-teman Xalvadenta; FKG Unissula Angkatan 2017

Semua pihak yang membantu dalam pembuatan Karya Tulis Ilmiah ini



PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini yang berjudul **“PERBEDAAN NILAI KEKUATAN TEKAN PADA BEBERAPA GLASS IONOMER CEMENT KONVENSIONAL TIPE II”** guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran Gigi pada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan yang ada sehingga dalam penyelesaian Karya Tulis Ilmiah ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini dengan penuh kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. drg. Yayun Siti Rochmah, Sp.BM selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. drg. Muhammad Dian Firdausy M.Sc (DMS) selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan pikirannya dengan sabar untuk membimbing saya, memberi arahan, dukungan, serta motivasi selama penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
3. drg. Tahta Danifatis Sunnah, MH.Kes selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikirannya dengan sabar untuk membimbing saya, memberi arahan, dukungan, serta motivasi selama penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.

4. drg. Eko Hadianto, MDSc. selaku penguji yang telah meluangkan waktu, memberi arahan, nasihat, masukan, dan membantu dalam penyelesaian penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
5. Seluruh dosen dan staff karyawan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah mendidik, memberi bimbingan, dan banyak ilmu selama menuntut pendidikan sarjana kedokteran gigi.
6. Mama, Adik, dan keluarga besar yang selalu memberikan doa, membantu, serta mendukung moril & materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini.
7. Terimakasih kepada Muhammad Difa Althof, Millienanda Chiara, Meutia Vina, Dea Nurus, Assyifa Irwanto, Rizqiatul Ardani, Lutfiah Karenina, Khaleda Luthfiani dan teman-teman saya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu, memotivasi, mendoakan, dan memberikan semangat selama penyelesaian Karya Tulis Ilmiah ini.
8. Terimakasih kepada teman-teman seperbimbingan; Vina, Syifa, dan Lula yang sudah memberi saran, semangat, doa, dan menjadi teman diskusi dalam penelitian dan penyelesaian Karya Tulis Ilmiah ini.
9. Terimakasih kepada semua teman-teman Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung Semarang Angkatan 2017 (Xalvadenta) dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwasanya Karya Tulis Ilmiah ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi perbaikan. Akhir kata penulis berharap semoga Karya Tulis Ilmiah ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi perkembangan kemajuan pengetahuan khususnya di bidang

kedokteran gigi. Semoga semua pihak yang telah membantu jalannya Karya Tulis Ilmiah ini mendapat balasan kebaikan dan rahmat dari Allah SWT.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Semarang, 21 Februari 2022

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.3.1. Tujuan Umum.....	4
1.3.2. Tujuan Khusus.....	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.4.1. Manfaat Teoritis	5
1.4.2. Manfaat Praktis.....	5
1.5. Orisinalitas Penelitian	6
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Landasan Teori	8
2.1.1 <i>Glass Ionomer Cement</i>	8
2.1.2 Kekuatan Tekan.....	18
2.2 Kerangka Teori.....	20
2.3 Kerangka Konsep	21
2.4 Hipotesis	21
BAB III.....	22
METODE PENELITIAN	22
3.1 Jenis Penelitian	22
3.2 Rancangan Penelitian.....	22
3.3 Variabel Penelitian.....	22
3.3.1 Variabel Terikat.....	22
3.3.2 Variabel Bebas.....	22

3.3.3	Variabel Terkendali	22
3.4	Definisi Operasional	23
3.4.1	Kekuatan Tekan	23
3.4.2	Jenis <i>Glass Ionomer Cement</i>	23
3.5	Sampel Penelitian	23
3.6	Kriteria Inklusi dan Kriteria Eksklusi	24
3.6.1	Kriteria Inklusi	24
3.6.2	Kriteria Eksklusi	24
3.7	Instrument Penelitian	25
3.7.1	Alat Penelitian	25
3.7.2	Bahan Penelitian	25
3.8	Cara Penelitian	26
3.8.1	Pembuatan Sampel	26
3.8.2	Uji Kekuatan Tekan Sampel	27
3.9	Alur Penelitian	28
3.10	Tempat dan Waktu	29
3.11	Analisis Hasil	29
BAB IV	.....	30
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	30
4.1	Hasil Penelitian	30
4.2	Pembahasan	32
BAB V	.....	38
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	.....	40
LAMPIRAN	.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Mekanisme Reaksi Setting	12
Gambar 2.2	Mekanisme Adhesi <i>Glass Ionomer Cement</i>	16
Gambar 2.3	<i>Universal Testing Machine</i>	18



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Orisinalitas Penelitian.....	6
Tabel 2.1 Komposisi <i>Glass Ionomer Cement</i> Konvensional.....	10
Tabel 4.1 Nilai rata-rata kekuatan tekan beberapa merek <i>Glass Ionomer Cement</i>	29
Tabel 4.2 Hasil uji normalitas dan uji statistik	30
Tabel 4.3 Uji Post-Hoc	30
Tabel 4.4 Perbedaan beberapa merek <i>Glass Ionomer Cement</i>	32



DAFTAR SINGKATAN

GIC : *Glass Ionomer Cement*
CS : *Compressive Strength*



ABSTRAK

Glass Ionomer Cement ialah bahan restoratif yang umum digunakan pada bidang kedokteran gigi karena sifat menguntungkannya. Di pasaran sendiri terdapat berbagai merek *Glass Ionomer Cement* yang beredar dengan rentang harga yang berbeda-beda. Dengan adanya perbedaan harga pada *Glass Ionomer Cement*, maka performa dan kemampuan klinisnya perlu diperhatikan. Penelitian berikut bertujuan untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* dari berbagai segmen harga pada beberapa merk yang berbeda.

Metode penelitian berikut berjenis analitik eksperimental dengan rancangan penelitian post-test only design group. *Glass Ionomer Cement* dibagi menjadi 4 kelompok berdasarkan merknya yaitu FUJI IX, FX ULTRA, Ionglass R, dan Shangchi yang masing-masing berjumlah 6 sampel. Sampel dipersiapkan kemudian disimpan selama 24 jam. Sampel dilakukan pengujian kekuatan tekan dengan alat *Universal Testing Machine*. Data yang diperoleh kemudian dilakukan uji statistik *Saphiro-Wilk* dan *Post-Hoc*.

Hasil penelitian menunjukkan dari beberapa merk *Glass Ionomer Cement* Konvensional Tipe II terdapat perbedaan nilai kekuatan tekan yang signifikan dari tiap kelompok uji ($p < 0.05$), kecuali untuk merk Fuji IX dengan FX Ultra dan merk Ionglass R dengan Shangchi ($p > 0.05$).

Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan nilai kekuatan tekan pada beberapa merk *Glass Ionomer Cement* Konvensional Tipe II. Hasil penelitian menjelaskan rerata nilai kekuatan tekan merk Fuji IX (37,818 MPa) lebih tinggi dibanding kelompok lainnya. Posisi kedua yaitu kelompok *Glass Ionomer Cement* merk FX Ultra (33,307 MPa), kemudian posisi ketiga adalah kelompok *Glass Ionomer Cement* merk Ionglas R (16,852 MPa). Kekuatan tekan paling rendah ditempati kelompok *Glass Ionomer Cement* merk Shangchi (11,412 MPa).

Kata Kunci: *Glass Ionomer Cement*, kekuatan tekan, merk.

ABSTRACT

Glass Ionomer Cement is a restorative material that commonly used in dentistry because of its beneficial properties. There are various brands of Glass Ionomer Cement with different price ranges. With the price difference, it is important to pay attention to its clinical ability. The following research aims to determine the difference in the compressive strength of Glass Ionomer Cement from various price segments in several different brands.

The following research method used experimental analytic type with a post-test only design group research design. Glass Ionomer Cement were divided into 4 groups based on the brand, namely Fuji IX, FX Ultra, Ionglass R, and Shangchi with 6 samples each. Samples were prepared and then stored for 24 hours. Then samples were tested for compressive strength using the Universal Testing Machine. The obtained data was statically analyzed by the Saphiro-Wilk and Post-Hoc tests.

The results showed that from several brands of Conventional Glass Ionomer Cement Type II there were significant differences in the value of the compressive strength of each test group ($p < 0.05$), except for the Fuji IX brand with FX Ultra and the Ionglass R brand with Shangchi ($p > 0.05$).

The conclusion of this study is that there are differences in the value of the compressive strength of several brands of Conventional Type II Glass Ionomer Cement. In addition, the average compressive strength of the Fuji IX brand (37.818 MPa) was the highest and followed by FX Ultra (33.307 MPa), Ionglas R (16,852 MPa), the lowest was Shangchi (11,412 MPa).

Keywords: *Glass Ionomer Cement, compressive strength, brand.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kesehatan adalah bagian terpenting dalam hidup manusia. Selain kesehatan tubuh secara umum, kesehatan gigi juga perlu diperhatikan. Kesehatan gigi merupakan bagian fundamental dalam kesehatan secara umum karena dapat memengaruhi kesehatan tubuh secara menyeluruh (Suanda, 2018). Sebagian besar masyarakat meremehkan kondisi kesehatan gigi meskipun hal tersebut sebenarnya merupakan bagian vital dalam menunjang kesehatan, penampilan, dan produktivitas (Ratih & Yudita, 2019).

Salah satu masalah pada kesehatan gigi adalah karies gigi. Karies gigi adalah penyakit infeksi yang merusak jaringan keras gigi yaitu email, dentin, dan sementum. Salah satu penyebab karies gigi adalah adanya penumpukan plak (Listriana, 2017). Dampaknya, gigi menjadi keropos, berlubang, bahkan patah (Widayati, 2014). Hal tersebut tentu mengganggu produktivitas individu karena menyebabkan rasa sakit, dan juga dapat memengaruhi beberapa penyakit sistemik (Bebe & Susanto, 2018).

كُنْتُ عِنْدَ النَّبِيِّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، وَجَاءَتِ الْأَعْرَابُ، فَقَالَ: يَا رَسُولَ اللهِ، أَتَنْدَاوِي؟ فَقَالَ: نَعَمْ
يَا عِبَادَ اللهِ، تَدَاوُوا، فَإِنَّ اللهَ عَزَّ وَجَلَّ لَمْ يَضَعْ دَاءً إِلَّا وَضَعَ لَهُ شِفَاءً غَيْرَ دَاءٍ وَاحِدٍ. قَالُوا: مَا هُوَ؟ قَالَ:
الْهَرَمُ

Artinya: “*Aku pernah berada di samping Rasulullah, Lalu datanglah serombongan Arab Badui. Mereka bertanya, 'Wahai Rasulullah, bolehkah kami berobat?' Beliau menjawab, 'Ya, wahai para hamba Allah, berobatlah. Sebab, Allah tidaklah meletakkan sebuah penyakit melainkan meletakkan pula obatnya, kecuali satu penyakit.' Mereka bertanya, 'Penyakit apa itu?' Beliau menjawab, 'Penyakit tua.'”* (HR Ahmad).

Dari hadits di atas dapat disimpulkan bahwa terdapat obat untuk semua penyakit yang ada di dunia ini. Termasuk dengan penyakit gigi dan mulut yang mana dapat diatasi. Salah satu upaya penanggulangan karies ialah dengan melakukan penumpatan sebagai upaya konservatif.

Penumpatan gigi merupakan suatu tindakan restorasi gigi dengan cara membuang jaringan karies dan meletakkan bahan restorasi pada gigi yang mengalami kerusakan. Bahan restorasi yang berwarna sama dengan gigi yang sering digunakan pada fasilitas kesehatan, puskesmas maupun rumah sakit salah satunya yaitu *Glass Ionomer Cement (GIC)* (Lengkey, Mariati and Pangemanan, 2015). *Glass Ionomer Cement* konvensional sering digunakan dalam bidang kedokteran gigi sebagai material restorasi karena biokompatibel dengan jaringan pulpa, berikatan dengan baik terhadap struktur gigi, serta melepaskan fluor sebagai anti kariogenik (Diansari, Ningsih and Moulinda, 2016).

Glass Ionomer Cement sudah umum digunakan pada pelayanan kesehatan seperti puskesmas, klinik maupun rumah sakit umum daerah yang mana telah menjadi program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) yang dilaksanakan oleh Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan yang bebas biaya bagi pasien. Dengan ini, biaya perawatan harus dipertimbangkan ketika memilih pendekatan restoratif dan material. Hasil lain yang harus dipertimbangkan adalah keadaan gigi selanjutnya, walau dengan bahan yang lebih murah tetapi tidak mengurangi keefektifitasannya (Bonifácio *et al.*, 2013). Di pasaran sendiri terdapat berbagai merek *Glass Ionomer Cement* yang beredar

dengan rentang harga yang berbeda-beda. Sebagai contoh Fuji IX dan FX Ultra memiliki rentang harga yang cukup mahal. Sedangkan merk Ionglass R dan ShangChi memiliki rentang harga yang lebih murah. Secara umum *Glass Ionomer Cement* lebih sering digunakan daripada bahan seperti komposit karena dari segi ekonomi harga *Glass Ionomer Cement* lebih ekonomis daripada komposit (Lengkey, Mariati and Pangemanan, 2015). Dengan adanya perbedaan harga pada *Glass Ionomer Cement*, maka performa klinisnya perlu diperhatikan. Belum ada studi yang membandingkan *Glass Ionomer Cement* dengan segmen harga yang berbeda ini.

Selain kelebihan *Glass Ionomer Cement* yang telah disebutkan sebelumnya, *Glass Ionomer Cement* juga mempunyai beberapa kelemahan seperti *brittle* (mudah rapuh), lamanya waktu *setting*, memiliki ketahanan asam yang rendah, memiliki kekuatan tekan yang rendah, serta mudah abrasi sehingga penggunaannya sebagai bahan restorasi terbatas. (Sofiani, 2015; Kumala, Rachmawati and Sari, 2017). Kekuatan tekan adalah kemampuan suatu material untuk menahan gaya yang menyebabkan rekahan. Kekuatan tekan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kekerasan dan abrasinya suatu material. Jika kekuatan tekan bertambah, maka kekerasan dan ketahanan material terhadap abrasi ikut bertambah. Kekuatan tekan penting dalam memastikan bahwa sifat mekanik material cukup kuat untuk menahan beban pengunyahan sehingga sangat dibutuhkan untuk menahan gaya dalam proses pengunyahan. *Glass Ionomer Cement* konvensional biasanya kurang dianjurkan untuk dipakai dalam merestorasi gigi beban besar dikarenakan daya tahan yang rendah terhadap keausan yang dipengaruhi oleh sifat kekuatan tekan permukaan (Roeroe, Wicaksono and ., 2015; Wajong, Damiyanti and Irawan, 2017).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bermaksud untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* dari beberapa merk dengan segmen harga berbeda.

1.2. Rumusan Masalah

Apakah terdapat perbedaan kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* dari berbagai segmen harga pada merk yang berbeda?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* dari berbagai segmen harga pada beberapa merk yang berbeda.

1.3.2. Tujuan Khusus

- a. Untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tekan dari *Glass Ionomer Cement* (GIC) dengan merk Fuji IX.
- b. Untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tekan dari *Glass Ionomer Cement* (GIC) dengan merk FX Ultra.
- c. Untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tekan dari *Glass Ionomer Cement* (GIC) dengan merk Ionglass R.
- d. Untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tekan dari *Glass Ionomer Cement* (GIC) dengan merk ShangChi.
- e. Membandingkan kekuatan tekan pada beberapa merk *Glass Ionomer Cement*

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian diharapkan menjadi pengembangan informasi di bidang bahan restorasi mengenai perbedaan kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* dari berbagai segmen harga pada beberapa merk yang berbeda.

1.4.2. Manfaat Praktis

Untuk memberikan gambaran bagi klinisi mengenai perbedaan kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* dari berbagai segmen harga pada beberapa merk yang berbeda.



1.5. Orisinalitas Penelitian

Tabel 1.1 Orisinalitas Penelitian

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Perbedaan
1	(Roeroe, Wicaksono and ., 2015)	Gambaran Kekuatan Tekan Bahan Tumpatan Semen Ionomer Kaca yang Direndam Dalam Minuman Beralkohol	Pada penelitian ini dilakukan uji kekuatan tekan untuk mengetahui perbedaan seberapa besar kekuatan tekan dari GIC yang dilakukan perendaman pada minuman yang mengandung alkohol dengan konsentrasi yang berbeda-beda.
2	(Sofiani, 2015)	Perbedaan Kekuatan Tekan Pada <i>Glass Ionomer Cement (GIC) High Strenght</i> dan <i>Smart Dentin Replacement (SDR)</i> Pada <i>Close Sadnwich Technique</i>	Pada penelitian ini dilakukan uji kekuatan tekan untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan dengan menggunakan bahan basis berupa <i>Glass Ionomer Cement</i> (Fuji IX, GC Japan) dan <i>Smart Dentin Replacement (SDR)</i> pada <i>close sandwich technique</i>
3	(Bohner et al., 2018)	<i>Compressive Strength of a Glass Ionomer Cement Under the Influence of Varnish Protection and Dietary Fluids</i>	Pada penelitian ini dilakukan uji kekuatan tekan untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan pada GIC yang di bawah pengaruh varnish fluorida dan perendaman cairan makanan (air suling, minuman bersoda, jus jeruk, dan yogurt)
4	(Zhang, Braun, & Banerjee, 2020)	<i>In vitro compressive strength and edge stability testing of directly repaired glass-ionomer cements</i>	Pada penelitian ini dilakukan uji kekuatan tekan dan uji stabilitas tepi untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan dan stabilitas tepi pada 7 merk GIC yang berbeda: <i>Ketac Universal, Equia Forte, Fuji II LC, ChemFil Rock, GC Fuji IX, IonoStar Plus</i> , dan <i>Riva Self-Cure</i> .

5	(Showkat et al., <i>Comparative evaluation of compressive strength of conventional glass ionomer cement and glass ionomer cement modified with nano-particles</i>)	Pada penelitian ini dilakukan uji kekuatan tekan untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan pada GIC konvensional dengan <i>nano-particles modified GIC</i> .
---	---	--



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 *Glass Ionomer Cement*

Glass Ionomer Cement merupakan suatu bahan restorasi untuk mengembalikan fungsi dari gigi dengan cara melekat terhadap enamel serta dentin melalui suatu ikatan kimia asam basa antara bubuk kaca aluminosilikat dan asam poliakrilat. Wilson dan Kent memperkenalkan bahan restoratif *Glass Ionomer Cement* pada awal 1970 yang merupakan suatu gabungan senyawa yang berasal dari semen silikat serta semen polikarboksilat yang mempunyai tujuan untuk membuat translusensi, sehingga secara estetika *Glass Ionomer Cement* terlihat lebih baik daripada restorasi logam. Tidak seperti bahan restoratif lainnya, semen ini membutuhkan preparasi kavitas yang minimal karena dapat mengikat secara adhesif pada struktur gigi. (Diansari, Ningsih and Moulinda, 2016; Singh, 2017)

Klinisi sering menggunakan *Glass Ionomer Cement* sebagai bahan restoratif karena memiliki beberapa sifat yang menguntungkan. Sifat menguntungkan dari GIC berupa sifat biokompatibilitas, serta dapat melepaskan fluoride, mempunyai estetikan yang baik, rendahnya daya larut, sifat translusensi tinggi serta mempunyai sifat antibaktri. Fluoride yang terlepas dari GIC membantu dapat mencegah karies atau pertumbuhan karies (Roeroe et al., 2015). Namun *Glass Ionomer Cement* juga memiliki kekurangan, penggunaannya dalam kedokteran gigi sebagai bahan restoratif di area penahan tekanan

dibatasi karena sifat mekanik yang buruk, seperti kekuatan fraktur yang rendah, kekuatan tekan yang rendah, dan mudah abrasi (Kumala, Rachmawati and Sari, 2017; Singh, 2017). Penggunaan *Glass Ionomer Cement* restoratif secara klinis meliputi rongga Kelas I, II, III dan V pada gigi sulung serta rongga Kelas III dan V pada gigi permanen (Zhang, Braun and Banerjee, 2020).

a. Komposisi *Glass Ionomer Cement* (GIC)

Glass Ionomer Cement konvensional terdiri dari dua komponen utama dalam penggunaannya, yaitu bubuk atau *powder* dan cairan atau *liquid*. Komposisi utama dari bubuk *Glass Ionomer Cement* adalah kaca aluminosilikat sedangkan komposisi utama cairan *Glass Ionomer Cement* adalah larutan air dari polimer dan kopolimer asam akrilat. Saat bubuk dicampur dengan air, bubuk asam poliakrilat masuk ke dalam larutan membentuk asam cair (Manappallil, 2010).

Powder dari *Glass Ionomer Cement* merupakan kaca kalsium fluoroaluminosilikat dan dapat larut dalam liquid yang bersiat asam. Kandungan powder dari *Glass Ionomer Cement* konvensional terdiri dari silika (SiO_2), aluminium fluorida (AlF_3), natrium fluorida (NaF), alumina (Al_2O_3), aluminium fluorida (AlF_3), kalsium fluorida (CaF_2), aluminium fosfat (AlPO_4) (Tabel 2.1). Bahan-bahan dasar tersebut akan digabung dan akan membentuk suatu kaca yang tidak bervariasi atau sama dengan melakukan pemanasan hingga suhu mencapai $1100\text{--}1500^\circ$ Celcius. Lantanum, barium, stronsium, atau oksida seng ditambahkan dengan tujuan dapat membuat sifat radiopak. Kaca kemudian dihancurkan menjadi powder hingga memiliki ukuran partikel berkisar antara $15\text{--}50\ \mu\text{m}$. Terdapat perbedaan manfaat dari bahan *Glass Ionomer Cement* yaitu terdapat di ukuran partikel. Material atau bahan yang berfungsi

sebagai restorasi dianjurkan memiliki ukuran partikel maksimal 50 μm , sedangkan GIC yang memiliki ukuran partikel untuk bahan bonding kurang dari 20 μm (Manappallil, 2010; Fitriyana, Pangemanan and ., 2014).

Komponen	Berat (%)
Silika (SiO_2)	41.9
Alumina (Al_2O_3)	28.6
aluminium fluorida (AlF_3)	1.6
Kalsium Florida (CaF_2)	15.7
Natrium fluorida (NaF)	9.3
Aluminium fosfat (AlPO_4)	3.8

Tabel 2.1 Komposisi *Glass Ionomer Cement* Konvensional (Anusavice, 2013)

Glass Ionomer Cement terdiri atas 50% larutan asam poliakrilat yang memiliki viskositas tinggi ditandai dengan sangat kental serta mempunyai kecenderungan untuk membentuk suatu gel. *Glass Ionomer Cement* yang beredar di pasaran saat ini, liquid asamnya mempunyai bentuk kopolimer dengan asam maleik, itakonik, san juga trikarbosilik. Asam-asam ini dinilai dapat membuat peningkatan reaktivitas dari *liquid*, mampu mengurangi sifat yang kental, serta dapat mengurangi GIC menjadi suatu gel. *Liquid* ini memiliki kandungan asam tartarik. Asam ini dapat melakukan karakteristik dari manipulasi serta membuat peningkatan dari waktu kerja, namun hal ini berdampak pada penurunan setting time. Viskositas yang terdapat di semen yang mengandung asam tartarik tidak dapat mengalami adanya perubahan sesuai dengan berjalannya waktu. Perubahan sifat kental dapat terjadi bila kadaluwarsa (Anusavice, 2013).

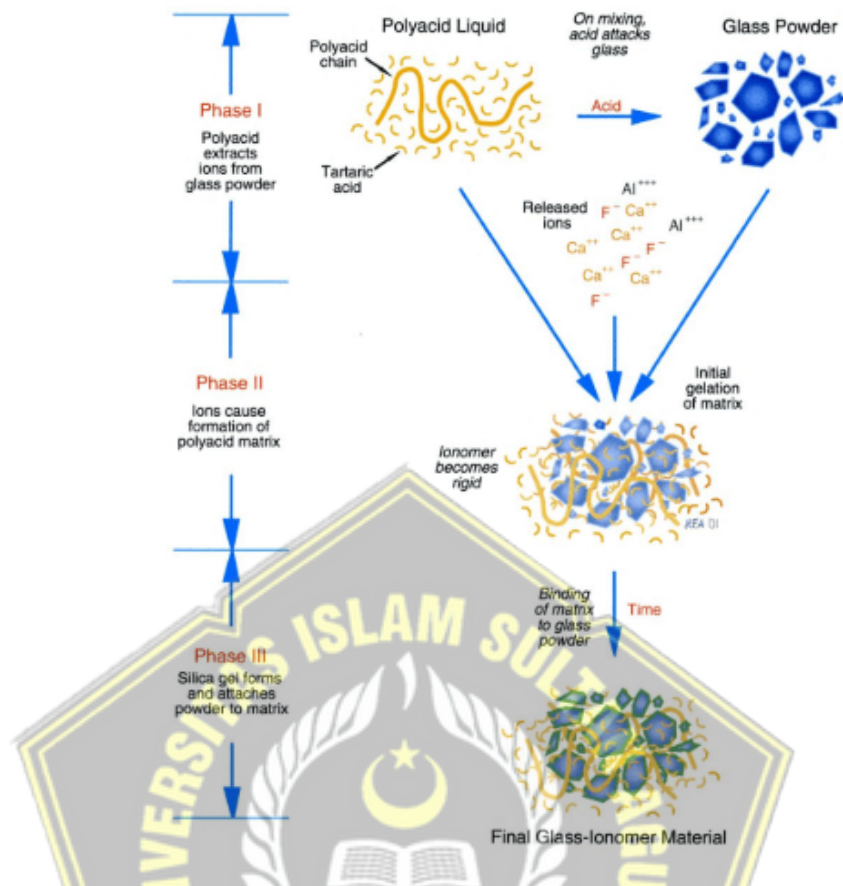
b. Reaksi *Setting Glass Ionomer Cement*

Reaksi setting *Glass Ionomer Cement* terdiri atas 3 fase, yaitu fase pelepasan ion, fase hidrogel, serta fase gel poligaram. Dimulainya fase pelepasan dari ion saat

pencampuran bubuk dengan cairan untuk menjadi *Glass Ionomer Cement*. Dalam proses ini asam akan menjadi larut dengan kaca dan berdampak pada pelepasan suatu ion-ion seperti aluminium, kalsium, fluor dan natrium, sedangkan H₂O mempunyai fungsi untuk media reaksi (Manappallil, 2010; Sungkar, 2014).

Fase dilanjutkan dengan fase hydrogel dimulai 5–10 menit setelah pencampuran hingga mulai setting. Pada fase hydrogel ditandai dengan ion kalsium yang mempunyai muatan positif dilepaskan menjadi lebih cepat serta adanya reaksi dengan larutan rantai poliasam polianionik yang mempunyai muatan negative dan membentuk suatu ikatan silang ion. Selama 24 jam berikutnya, ion-ion kalsium akan digantikan oleh ion aluminium. Ion natrium dan fluor dari kaca tidak ikut bereaksi dalam ikatan silang pada semen. Ion natrium juga akan menggantikan ion hidrogen dari gugus karboksilat, serta ion fluor terdispersi dalam fase ikatan silang dalam matriks dari set semen (Anusavice, 2013; Sungkar, 2014).

Fase yang terakhir merupakan suatu fase gel poligaram yang terjadi saat GIC sudah mengalami setting total, fase ini mungkin bisa terjadi selama beberapa bulan. Maturasi dari matriks semen saat ion $[Al^{3+}]$ yang dilepaskan mulai membentuk suatu hidrogel poligaram menyelubungi suatu *filler glass*. Bagian partikel kaca yang tidak dapat larut adalah bagian yang dilapisi oleh gel dari bahan silika dan terbentuk dibagian permukaan partikel kaca. Hasil akhir dari semen set terdiri atas partikel kaca yang tidak larut jika ada lapisan gel silika dan terendam dalam matriks amorf kalsium terhidrasi serta polisalin aluminium yang mempunyai kandungan fluoride. Fase ini menghasilkan peningkatan sifat fisik dari *Glass Ionomer Cement* (Anusavice, 2013).



Gambar 2.1 Skema mekanisme reaksi setting (Albers, 2002).

c. Klasifikasi *Glass Ionomer Cement*

Glass Ionomer Cement telah digunakan untuk restorasi estetik gigi anterior, misalnya, area Kelas III dan V, sebagai semen luting, sebagai perekat untuk alat ortodontik dan restorasi menengah, sebagai bahan restorative, *liner* dan *base*. *Glass Ionomer Cement* diklasifikasikan menjadi 3, tipe I digunakan untuk perekat (*luting*) mahkota jembatan, dan braket ortodontik. Pada tipe II dibagi menjadi 2 yaitu tipe IIa dan tipe IIb, pada tipe IIa digunakan sebagai semen restoratif estetik sedangkan tipe IIb adalah semen restorasi yang diperkuat. Tipe terakhir yaitu tipe III adalah semen untuk *liners* dan *base* (Anusavice, 2013).

Secara kimiawi, jenis-jenis semen *Glass Ionomer Cement* bisa dikatakan identik. Variasi biasanya terletak pada rasio bubuk dan *liquid* serta ukuran partikel. *Glass Ionomer Cement* yang digunakan untuk luting memiliki rasio bubuk/cairan yang lebih rendah dan ukuran partikel yang lebih kecil jika dibandingkan dengan varietas restoratif. Fitur-fitur ini mengaktifkan luting *Glass Ionomer Cement* untuk memiliki ketebalan lapisan *film* yang lebih tipis dan aliran yang lebih baik, sedangkan *Glass Ionomer Cement* tipe II secara umum mempunyai sifat lebih keras dan kuat dibandingkan tipe I, karena mempunyai rasio bubuk terhadap cairan lebih tinggi (Manappallil, 2010).

d. Macam Merk *Glass Ionomer Cement*

1. GC Fuji IX

GC Fuji IX merupakan salah satu merk *Glass Ionomer Cement* konvensional yang bekerja secara kimiawi berikatan dengan email dan dentin. Merk ini tersedia dalam campuran *powder-liquid* dan kapsul yang telah diukur sebelumnya. Satu kemasan *Glass Ionomer Cement* merk GC Fuji IX memiliki harga Rp903.000,00 dengan komposisi bubuk 15 gr dan cairannya 6,4 ml. Komposisi powder dari Fuji IX meliputi 95% *alumno fluoro silicate glass* dan 5% bubuk asam polyacrilic, sedangkan untuk liquid mengandung 50% air distilasi, 40% asam poliakrilik, dan 10% asam polybasic carboxylic. GC Fuji IX memiliki rasio antara *powder* dengan *liquid* 1:1. Waktu kerja untuk GC Fuji IX adalah 1,25 menit dari awal pencampuran. *Finishing* dapat dimulai sekitar 2,5 menit setelah dimulainya pencampuran (Kutuk *et al.*, 2019).

2. FX Ultra

FX Ultra merupakan merk *Glass Ionomer Cement* konvensional yang diproduksi oleh Shofu Inc. Satu kemasan dari FX Ultra memiliki harga Rp. 480.000,00 mengandung powder sebanyak 15 gr dan liquid 8 ml. Komposisi *powder* dari FX Ultra mengandung *fluoroaluminosilicate glass*, pigmen, dan *fluorescent material*, sedangkan untuk *liquid* FX Ultra mengandung *acrylic acid-tricarboxylic acid co-polymer*, asam tartaric, dan *distilled water*. Rasio pencampuran *powder* dan *liquid* untuk FX Ultra sendiri adalah 1:1. Waktu kerja untuk FX Ultra adalah 2 menit 20 detik dari awal pencampuran, dan waktu settingnya adalah 2 menit 30 detik dari akhir pencampuran (Shiozawa *et al.*, 2013).

3. Ionglass R

Ionglass R merupakan produk *Glass Ionomer Cement* konvensional *self-cured* yang diproduksi oleh Maquira Dental Products. Pada satu kemasan Ionglass R dengan harga Rp. 180.000,00 terdapat 15 gr powder and 6,4 ml liquid. Komposisi *powder* dari Ionglass R terdiri dari asam polyacrylic, sodium fluorosilicate, kalsium, dan aluminium, sedangkan untuk *liquid*-nya terdiri dari asam tartaric dan *distilled water*. Rasio pencampuran *powder* dan *liquid* dari Ionglass R adalah 1:1 (Menezes-Silva *et al.*, 2020).

4. ShangChi

ShangChi merupakan salah satu produk *Glass Ionomer Cement* yang diproduksi oleh Changshu Shangchi Dental Materials Co., Ltd. Dalam satu kemasan dari ShangChi terdapat *powder* 20 gr dan *liquid* 15 ml dengan harga Rp. 57.000,00. *Powder* dari ShangChi terdiri dari silicon oxide, kalsium, serta

fluoride, sedangkan komposisi *liquid* terdiri dari asam poliakrilik, asam tartaric, dan asam fosfat. Rasio pencampuran antara powder dan liquid pada ShangChi adalah 2:1.

e. Sifat *Glass Ionomer Cement*

Glass Ionomer Cement adalah semen berbasis air yang terbentuk melalui reaksi asam-basa antara bubuk aluminosilikat kaca dengan asam poliakrilik sebagai likuid. Sifat utama *Glass Ionomer Cement* adalah mampu melekat pada email dan dentin tanpa penyusutan atau panas yang berlebihan, memiliki sifat biokompatibilitas dengan jaringan periodontal dan pulpa, pelepasan fluor yang bereaksi baik sebagai antimikroba maupun sebagai kariostatik, kontraksi volume pada saat pengerasan sedikit, dan koefisien ekspansi termal sama dengan struktur gigi, sehingga penggunaannya sebagai material restorasi sangat menguntungkan (Juliatri, Pangemanan and Fitriyana, 2014). Waktu *setting* dari awal pencampuran adalah 6-8 menit, namun untuk mencapai setting yang tuntas, *Glass Ionomer Cement* memerlukan waktu 24 jam.

Kekuatan tekan secara tidak langsung berhubungan dengan mastikasi. Kekuatan tekan pada enamel adalah 100-380 Mpa sedangkan dentin sebesar 250-350 Mpa (Mc.Cabe et al., 2008; O'brien, 2002). Menurut ISO 9917-1 kekuatan tekan dari *Glass Ionomer Cement* yang dapat beredar di pasaran adalah minimal 100 MPa untuk tipe restorative dan 70 MPa untuk tipe luting. (Sidhu et al., 2016). Kekurangan lain dari *Glass Ionomer Cement* adalah seperti ketahanan aus yang rendah, kekuatan fraktur yang rendah, sifat mekanis yang rendah, dan sensitivitas kelembaban awal yang tinggi. Batasan ini telah membatasi penggunaan *Glass Ionomer Cement*

konvensional di area yang menahan tekanan tinggi seperti pada gigi posterior (Garain, Abidi and Mehkri, 2020).

f. Adhesi

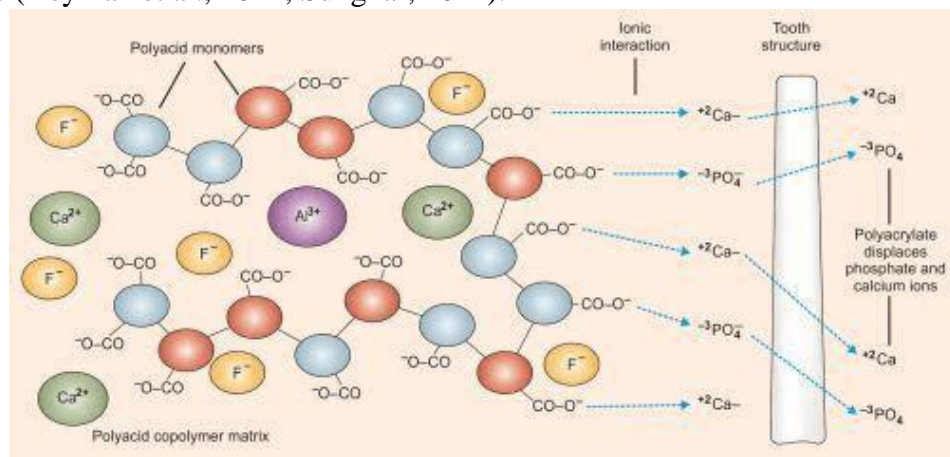
Kata adhesi berasal dari bahasa latin *adhaerere* (menempel). Adhesi didefinisikan sebagai keadaan di mana dua permukaan disatukan oleh gaya antarmuka, yang dapat terdiri dari gaya valensi, atau gaya yang saling terkait, sedangkan permukaan bahan yang melekat disebut *adherent* (Heyman et al., 2014).

Karakteristik penting dari *Glass Ionomer Cement* adalah kemampuannya berikatan secara fisiko-kimia dengan struktur gigi. Ikatan fisiko-kimia ini terbentuk dengan adanya adhesi antara *Glass Ionomer Cement* dan struktur gigi. (Sungkar, 2014). Ionomer kaca berikatan ke struktur gigi melalui pengelatan gugus karboksil dari asam poliakrilat dengan kalsium apatit email dan dentin. Ikatan email selalu lebih tinggi dari pada dentin, mungkin karena kandungan anorganik email yang lebih besar dan homogenitas yang lebih besar. (Manappallil, 2010; Anusavice, 2013).

Terdapat dua jenis mekanisme adhesi pada *Glass Ionomer Cement*, yaitu secara difusi dan adsorpsi. Pada mekanisme adsorpsi, terjadi ikatan kimiawi antara *adhesive* (bahan perekat) dan *adherent* (bahan yang melekat); gaya yang terlibat dapat berupa gaya valensi primer (ionik dan kovalen) atau gaya valensi sekunder (ikatan hidrogen, interaksi dipol, atau van der Waals). Ini akan melibatkan ikatan kimiawi dengan komponen anorganik (hidroksiapatit) atau komponen organik (terutama kolagen tipe I) dari struktur gigi. Sedangkan pada mekanisme difusi adalah hasil dari ikatan antara molekul-molekul yang bergerak. Polimer dari masing-masing sisi dari *interface* dapat menyeberangi dan bereaksi dengan molekul-molekul pada sisi yang lain. Pada

akhirnya, interface akan hilang dan dua bagian akan menjadi satu (Heyman et al., 2014).

Mekanisme adhesi dari *Glass Ionomer Cement* terhadap penempelan pada struktur di jaringan salah satunya jaringan keras gigi dengan cara menghasilkan suatu mekanisme yang kompleks. Tahapan awal dari adhesi *Glass Ionomer Cement* terjadi dengan adanya suatu ikatan hydrogen. Ikatan hydrogen ada karena terjadi suatu interaksi polar. Interaksi polar ini adalah interaksi antara jaringan keras gigi dengan material *Glass Ionomer Cement* saat dilakukan aplikasi. Ikatan hydrogen kemudian akan diganti oleh suatu ikatan kimia dengan ikatan yang jauh lebih kuat. Ikatan yang akan menggantikan adalah suatu ikatan ion. Ikatan ion tercipta karena adanya reaksi dari ion-ion karboksil $[\text{COO}^-]$ dari asam di *Glass Ionomer Cement* dengan ion kalsium $[\text{Ca}^{2+}]$ yang ada pada email dan dentin gigi. Ion fosfat mempunyai sifat muatan negatif $[(\text{PO}_4)^{3-}]$ dan ion kalsium mempunyai sifat positif $[\text{Ca}^{2+}]$. Ion fosfat akan melakukan perpindahan dari struktur gigi (hidroksiapatit) kemudian memasuki semen, serta dapat membuat hasil berupa lapisan di antara *Glass Ionomer Cement* dengan jaringan keras gigi. Lapisan ini disebut juga lapisan pertukaran ion. Lapisan pertukaran ion mempunyai ketebalan beberapa mikrometer. Lapisan pertukaran ion terdiri dari ion-ion kalsium dan fosfat dari jaringan keras gigi yaitu ion-ion aluminium, silika, fluor, kalsium, dan strontium dari *Glass Ionomer Cement* (Heyman et al., 2014; Sungkar, 2014).



Gambar 2.2 Mekanisme adhesi *Glass Ionomer Cement* (Luzia, 2015).

2.1.2 Kekuatan Tekan

A. Definisi

Kekuatan tekan merupakan kemampuan dari suatu bahan untuk menahan tekanan yang diberikan pada benda tersebut. Kekuatan tekan adalah kekuatan yang dinilai saat bahan tersebut menahan beban hingga berdampak pada penurunan ukuran bahan hingga terjadi fraktur. Kekuatan tekan dapat diaplikasikan untuk melakukan perbandingan material yang mudah patah dan mempunyai tegangan yang lemah (Sakaguchi and Powers, 2012). Kekuatan tekan adalah suatu sifat mekanis yang diperlukan pada bahan restorasi dikarenakan mempunyai hubungan penting dalam proses pengunyahan yang difokuskan pada gigi bagian posterior. Apabila beban yang diberikan terhadap bahan restorasi lebih besar dari kekuatan material itu berdampak pada fraktur di bahan restorasi (Andari, Wulandari and Robin, 2014).

B. Cara Pengukuran Kekuatan Tekan

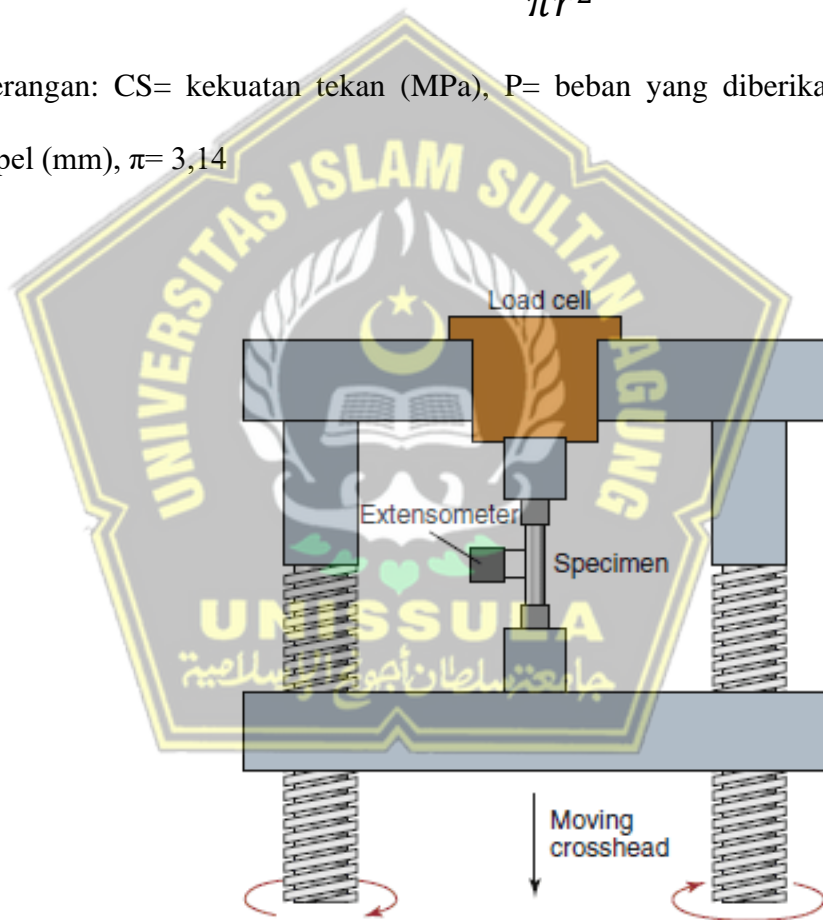
Evaluasi dari kekuatan tekan dilakukan dengan suatu pengujian dengan memberikan beban dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (Gambar 2.1). Untuk menghitung tegangan tekan, gaya yang diberikan dibagi dengan luas penampang tegak lurus sumbu gaya yang diberikan (Anusavice, 2013). Kekuatan tekan dihasilkan dari dua gaya dengan arah menuju satu sama lainnya pada suatu garis lurus. *Universal Testing Machine* dapat menganalisa sifat material seperti tarikan (*tension*), kekuatan tekan, maupun gaya geser (Sakaguchi and Powers, 2012).

Cara kerja dari alat *Universal Testing Machine* dengan cara meletakkan sampel tepat di tengah meja uji. Mata uji atau indenter diletakkan pada posisi tepat di atas sampel sehingga ujung mata uji menyentuh permukaan sampel, kemudian dilakukan

pemberian tekanan sehingga mata uji bergerak turun dan menekan sampel. Pemberian tekanan dilakukan sampai sampel pecah. Jika sampel telah fraktur, maka pemberian beban harus berhenti. Besar tekanan yang diberikan tercatat pada layar digital, kemudian besar tekanan tersebut dimasukkan ke dalam rumus kekuatan tekan: (Andari et al., 2014; Bresciani et al., 2004)

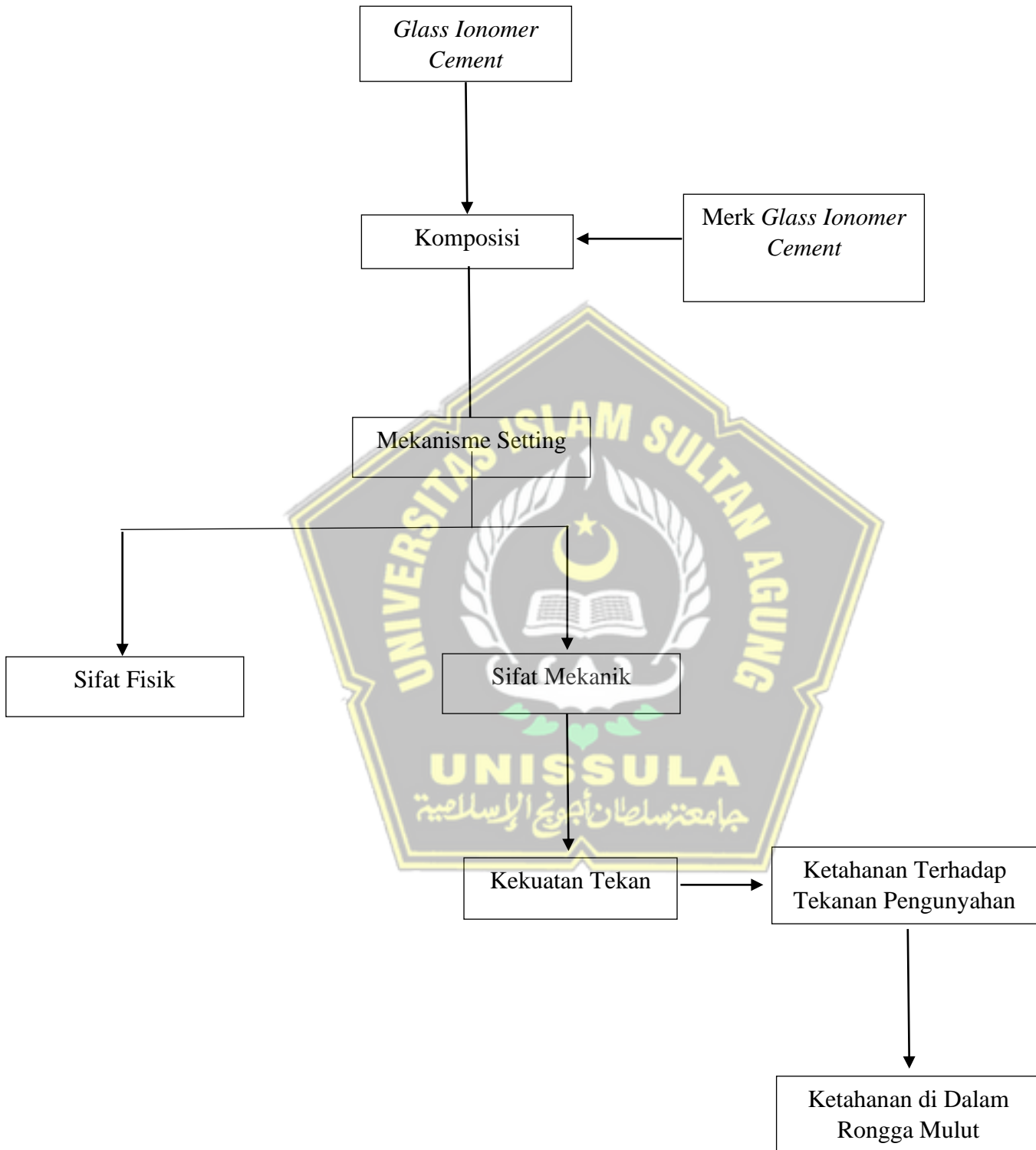
$$CS = \frac{P}{\pi r^2}$$

Keterangan: CS= kekuatan tekan (MPa), P= beban yang diberikan (N), r= jari-jari sampel (mm), $\pi= 3,14$

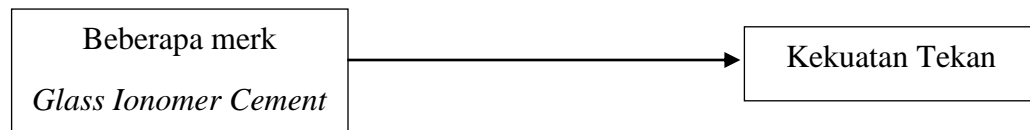


Gambar 2.3 *Universal Testing Machine* (Sakaguchi and Powers, 2012)

2.2 Kerangka Teori



2.3 Kerangka Konsep



2.4 Hipotesis

Hipotesis penelitian berikut adalah adanya perbedaan kekuatan tekan yang signifikan pada beberapa merk *Glass Ionomer Cement*.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan digunakan adalah analitik eksperimental.

3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah *Post Test Only Design Group*.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Terikat

Variabel terikat penelitian berikut adalah kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement*.

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas penelitian berikut adalah beberapa merk *Glass Ionomer Cement* dari berbagai harga yang berbeda.

3.3.3 Variabel Terkendali

Variabel terkendali penelitian berikut ini yaitu:

- Ukuran sampel dengan diameter 4 mm dan tinggi 6 mm
- Metode pembuatan sampel
- Alat pengukur menggunakan *Universal Testing Machine*

3.4 Definisi Operasional

3.4.1 Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan suatu material untuk menahan gaya yang menyebabkan rekahan (Roeroe et al., 2015). Pada penelitian ini nilai kekuatan tekan pada beberapa merk *Glass Ionomer Cement* akan diukur menggunakan *Universal Testing Machine* merk Controlab dengan satuan MPa.

3.4.2 Jenis *Glass Ionomer Cement*

Glass Ionomer Cement merupakan material restorasi yang sering digunakan dalam bidang kedokteran gigi dan telah umum digunakan pada pelayanan kesehatan. Di pasaran sendiri terdapat berbagai macam merk *Glass Ionomer Cement* dengan rentang harga yang berbeda. Pada penelitian ini menggunakan *Glass Ionomer Cement* merk Fuji IX, FX Ultra, Ionglass R, dan ShangChi.

3.5 Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan pada penelitian berikut yaitu *Glass Ionomer Cement* konvensional pada beberapa merk. Pengambilan sampel mempergunakan teknik *purposive sampling*. Menurut (Roflin et al., 2021) penghitungan jumlah sampel menggunakan rumus Frederer yaitu:

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

t = banyak kelompok perlakuan

r = jumlah pengulangan / subjek per kelompok

Kelompok yang dibutuhkan sebanyak empat kelompok, maka:

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

$$(4-1)(r-1) \geq 15$$

$$3(r-1) \geq 15$$

$$3r-3 \geq 15$$

$$3r \geq 18$$

$$r \geq 6$$

Total jumlah sampel yang digunakan dalam satu kelompok adalah 6.

Kelompok dalam penelitian ini adalah:

1. *Glass Ionomer Cement* merk FUJI IX
2. *Glass Ionomer Cement* merk FX Ultra
3. *Glass Ionomer Cement* merk Ionglass R
4. *Glass Ionomer Cement* merk ShangChi

3.6 Kriteria Inklusi dan Kriteria Eksklusi

3.6.1 Kriteria Inklusi

- a. Sampel berbentuk silinder berukuran diameter 4 mm serta tinggi 6 mm.
- b. Sampel berisi penuh, halus, dan rata.
- c. Sampel menggunakan *Glass Ionomer Cement* yang belum kadaluarsa.

3.6.2 Kriteria Eksklusi

- a. Sampel terdapat porus.
- b. Sampel yang pecah.
- c. Sampel dengan garis retakan

3.7 Instrument Penelitian

3.7.1 Alat Penelitian

- a. Cetakan teflon berdiameter 4 mm serta tinggi 6 mm.
- b. *Glass plate*
- c. *Paper pad*
- d. *Plastic filling instrument*
- e. Agate spatel
- f. *Semen stopper*
- g. *Celluloid strip*
- h. Beban 0,5 kg
- i. *Scalpel*
- j. Wadah spesimen
- k. Label
- l. Pinset
- m. *Tissue*
- n. Timer
- o. *Alat Universal Testing Machine*

3.7.2 Bahan Penelitian

- a. *Glass Ionomer Cement* merk Fuji IX
- b. *Glass Ionomer Cement* merk FX Ultra
- c. *Glass Ionomer Cement* merk Ionglass R
- d. *Glass Ionomer Cement* merk Sangchi
- e. *Vaseline*

3.8 Cara Penelitian

3.8.1 Pembuatan Sampel

- a. Cetakan teflon dibuat berukuran diameter 4 mm dan tinggi 6 mm agar semua ukuran sampel seragam
- b. Cetakan diberi vaseline sebagai bahan separasi
- c. Manipulasi *Glass Ionomer Cement* sesuai dengan takaran standar pabrik dari masing-masing merk
 - 1) Rasio powder dan liquid untuk satu sampel yaitu 2 kali dari standar rasio aturan pabrik. *Glass Ionomer Cement* merk GC Fuji IX, FX Ultra, dan Ionglass R menggunakan 2 sendok peres powder dengan 2 tetes liquid (1:1), untuk *Glass Ionomer Cement* merk ShangChi menggunakan 2 sendok peres powder dengan 4 tetes liquid (1:2)
 - 2) Proses *mixing* dilakukan di atas *paper pad* yang diletakkan di atas *glass plate* menggunakan agate spatel. Powder dibagi menjadi 2 bagian sama besar. Bagian pertama powder diaduk dengan liquid selama 10 detik kemudian masukkan sisa powder dan diaduk selama 15-20 detik hingga konsistensi *milky*.
- d. Adonan *Glass Ionomer Cement* dimasukkan ke dalam cetakan menggunakan *plastic filling instrument* dan diratakan
- e. Bagian atas cetakan dilapisi *celluloid strip* dan diberi beban 0,5 kg sampai mengeras
- f. Sampel dikeluarkan dari cetakan dan kelebihan sampel dipotong menggunakan *scalpel*

- g. Lakukan hal yang sama untuk 28 sampel
- h. Sampel diletakkan pada wadah tertutup dan disimpan selama 24 jam

3.8.2 Uji Kekuatan Tekan Sampel

- a. Sampel diletakkan pada meja objek pengujian menggunakan pinset
- b. *Universal Testing Machine* merk Controlab dinyalakan kemudian diberi tekanan dengan *crosshead speed* 1mm/menit
- c. Tekanan diberi secara meningkat hingga terjadi fraktur pada sampel
- d. Nilai beban pada saat sampel mengalami fraktur dicatat
- e. Nilai kekuatan tekan kemudian dihitung menggunakan rumus:

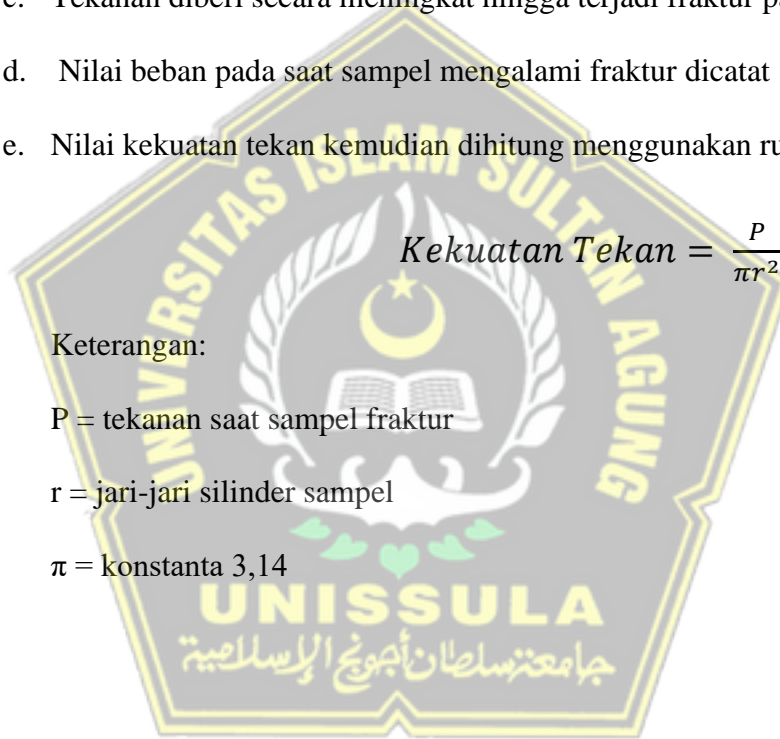
$$\text{Kekuatan Tekan} = \frac{P}{\pi r^2}$$

Keterangan:

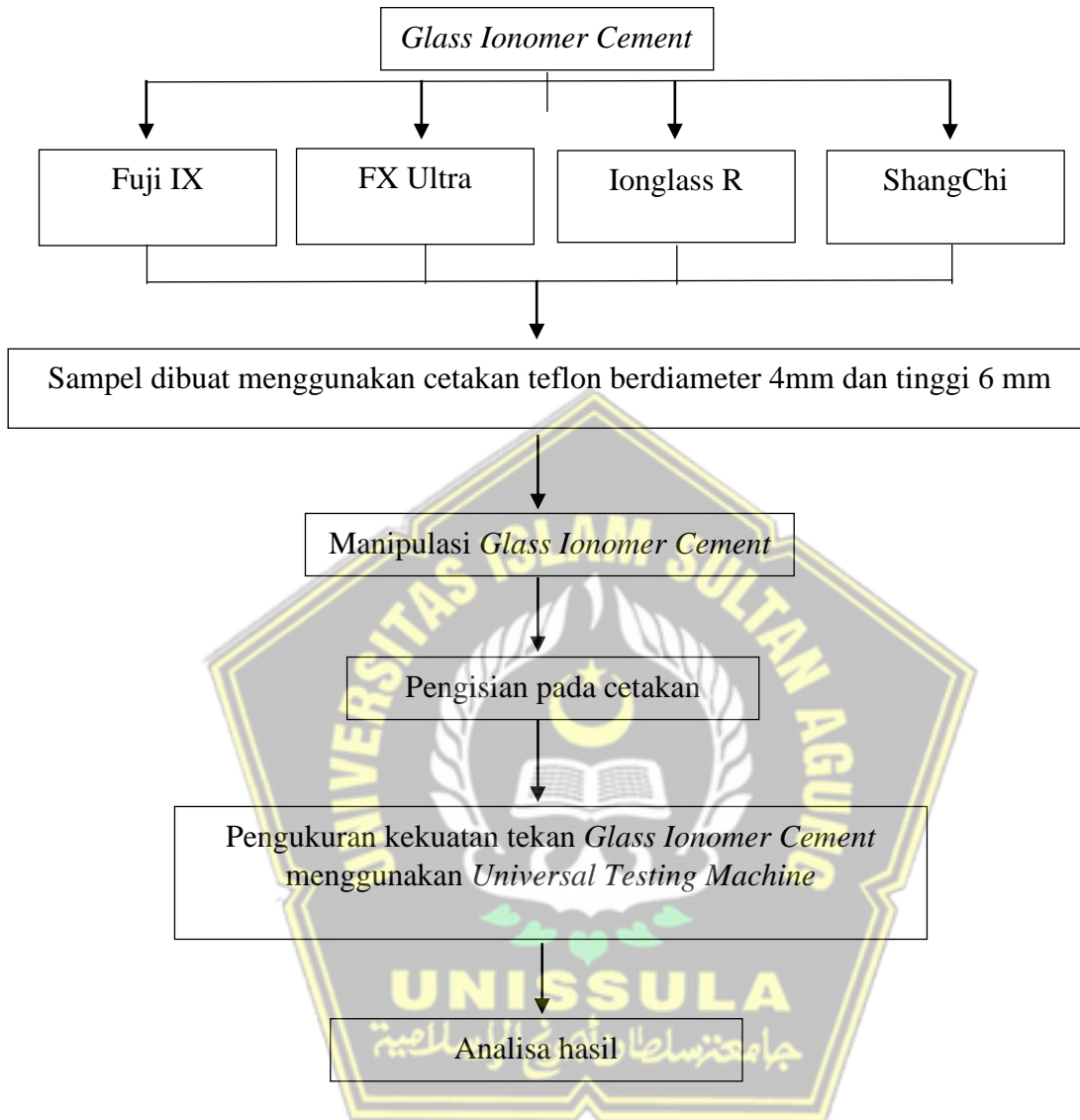
P = tekanan saat sampel fraktur

r = jari-jari silinder sampel

π = konstanta 3,14



3.9 Alur Penelitian

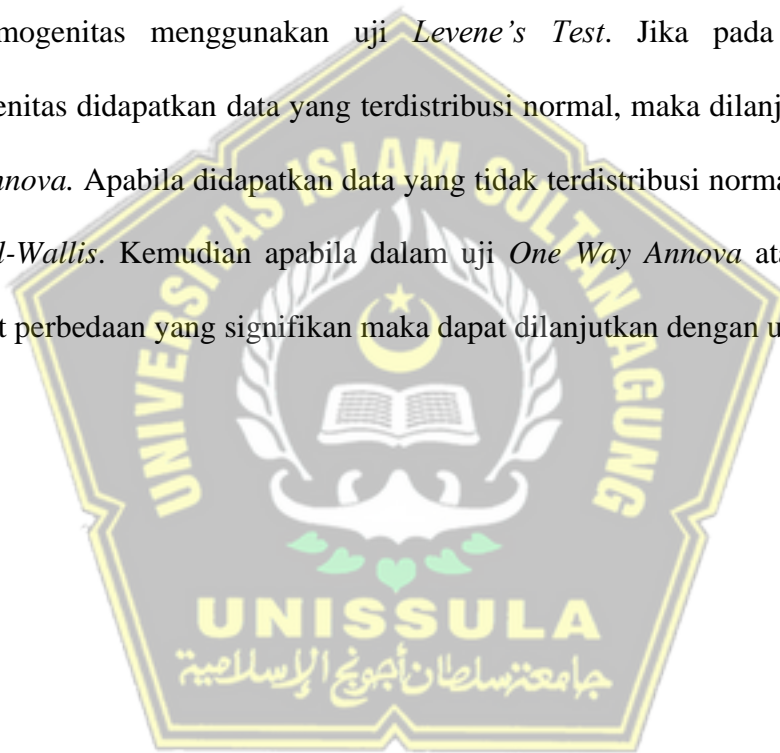


3.10 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta pada bulan Oktober 2021.

3.11 Analisis Hasil

Data dari uji kekuatan tekan yang didapatkan kemudian dilakukan uji normalitas menggunakan uji *Saphiro-Wilk* karena jumlah sampel tidak lebih dari 50 Lalu dilakukan uji homogenitas menggunakan uji *Levene's Test*. Jika pada uji normalitas dan homogenitas didapatkan data yang terdistribusi normal, maka dilanjutkan dengan uji *One Way Annova*. Apabila didapatkan data yang tidak terdistribusi normal, maka dilakukan uji *Kruskal-Wallis*. Kemudian apabila dalam uji *One Way Annova* atau uji *Kruskal-Wallis* terdapat perbedaan yang signifikan maka dapat dilanjutkan dengan uji *Post Hoc*.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini telah mendapat persetujuan etik No. 334/B.1-KEPK/SA-FKG/XI/2021. Pada penelitian ini telah dilakukan uji kekuatan tekan pada 4 merk *Glass Ionomer Cement*. Hasil penelitian mengenai uji kekuatan tekan dari beberapa merk *Glass Ionomer Cement* Konvensional Tipe II memiliki nilai rata-rata seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 1 nilai rata-rata kekuatan tekan beberapa merk Glass Ionomer Cement

Kelompok	N	Kekuatan Tekan (MPa)	
		Mean	Std Deviasi
Fuji IX	6	37,8200	3,13436
FX Ultra	6	33,3067	4,76101
Ionglass R	6	16,8533	1,37212
Shangchi	6	11,4100	2,78839

Tabel 4.1 menunjukkan hasil rata-rata kekuatan tekan sampel penelitian. Kelompok *Glass Ionomer Cement* merk Fuji IX memiliki kekuatan tekan paling tinggi dibandingkan kelompok *Glass Ionomer Cement* lainnya yaitu 37,818 MPa, posisi kedua yaitu kelompok *Glass Ionomer Cement* merk FX Ultra sebesar 33,307 MPa, kemudian posisi ketiga adalah kelompok *Glass Ionomer Cement* merk Ionglas R dengan kekuatan tekan 16,852. Kekuatan tekan paling rendah ditempati kelompok *Glass Ionomer Cement* merk Shangchi yaitu 11,412 MPa.

Sebelum dilaksanakan uji komparatif untuk membandingkan nilai kekuatan tekan dari beberapa merk *Glass Ionomer Cement* perlu dilakukan uji normalitas serta uji homogenitas terlebih dahulu. Hasil dari uji normalitas kekuatan tekan dari beberapa merk *Glass Ionomer Cement* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Uji Normalitas dan Uji Statistic

Kelompok	<i>Shapiro-Wilk</i>	<i>Levene Test</i>	<i>ANOVA</i>
Fuji IX	,101		
FX Ultra	,661	,170	,000*
Ionglass R	,830		
Shangchi	,919		

Keterangan: *Signifikan

Pada tabel 4.2 terlihat bahwa nilai uji normalitas dan dan homogenitas $p > 0,005$ yang artinya data terdistribusi normal dan homogen. Sehingga dilanjutkan dengan uji One-Way ANOVA. Pada uji One-Way ANOVA didapatkan nilai signifikansi $p = 0.000$ yang artinya terdapat perbedaan kekuatan tekan yang signifikan di antara kelompok uji. Dilakukan uji lanjutan *Post-Hoc* untuk membandingkan kekuatan tekan antar kelompok.

Tabel 4. 3 Uji *Post-Hoc*

	Fuji IX	FX Ultra	Ionglass R	Shangchi
Fuji IX		,155	,000	,000
FX Ultra	,155		,000	,000
Ionglass R	,000	,000		,053
Shangchi	,000	,000	,053	

Hasil uji *Post-Hoc* pada tabel 4.3 dari beberapa merk Glass Ionomer Cement Konvensional Tipe II menunjukkan perbedaan nilai kekuatan tekan yang signifikan dari tiap kelompok uji ($p < 0.05$), kecuali untuk merk Fuji IX dengan FX Ultra dan merk Ionglass R dengan Shangchi ($p > 0.05$). Dengan demikian membuktikan bahwa terdapat perbedaan nilai kekuatan tekan pada beberapa merk *Glass Ionomer Cement* Konvensional Tipe II. Perbedaan yang signifikan didapatkan antara kelompok segmen harga tinggi (Fuji IX, FX Ultra) dengan segmen harga yang lebih rendah (Ionglass R, Shangchi). Dimana didapatkan nilai kekuatan tekan merk Fuji IX tidak berbeda secara signifikan dengan merk FX Ultra, begitu halnya antara merk Ionglass R dengan Shangchi.

4.2 Pembahasan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwasanya terdapat perbedaan nilai kekuatan tekan pada beberapa merk *Glass Ionomer Cement* Konvensional Tipe II. Hasil analisa statistik didapatkan nilai kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* merk Fuji IX (37,8200 MPa) dan merk FX Ultra (33,307) memiliki nilai kekuatan tinggi yang tinggi. Sedangkan untuk *Glass Ionomer Cement* merk Ionglass R (16,8533 MPa) dan merk Shangchi (11,4100 MPa) memiliki nilai kekuatan tekan yang cenderung rendah dibandingkan dengan dua merk lainnya. Kekuatan tekan merupakan salah satu indikator penting karena kekuatan tekan yang tinggi diperlukan untuk menahan beban tekan mastikasi (Cho *et al.*, 1999). Kekuatan tekan adalah kemampuan suatu material dalam menahan beban pengunyahan (Roeroe, *et al.*, 2015). Bahan restoratif yang digunakan dalam kedokteran gigi perlu memiliki daya tahan jangka panjang dalam rongga mulut. Kekuatan tekan yang rendah akan menyebabkan kegagalan restorasi secara klinis yang salah satunya

dipengaruhi oleh beban kunyah, proses polimerisasi, jenis Glass Ionomer Cement, dan rasio *powder-liquid* (Xie *et al.*, 2000; Okada *et al.*, 2001).

Diketahui bahwa variasi rasio *powder* terhadap *liquid Glass Ionomer Cement* memengaruhi sifat fisik dan mekanik dari material. Rasio *powder* dengan *liquid* yang lebih tinggi dapat meningkatkan viskositas atau kekentalan dari *Glass Ionomer Cement* ((Yap, *et al.*, 2003)). *Glass Ionomer Cement* yang memiliki viskositas tinggi memiliki sifat mekanik yang lebih baik (Yap, *et al.*, 2003). Faktor eksternal yang turut memengaruhi viskositas yaitu suhu, kelembaban lingkungan pada saat *mixing*, waktu, dan teknik manipulasi ((Aryanto, *et al.*, 2013; Diansari, *et al.*, 2016)).

Faktor lain yang memengaruhi kekuatan tekan yaitu jenis *Glass Ionomer Cement*. Beberapa jenis *Glass Ionomer Cement* memiliki perbedaan pada ukuran partikel, setting time, serta komposisi dari jenis tersebut (Xie *et al.*, 2000).

Tabel 4. 4 Perbedaan beberapa merk *Glass Ionomer Cement*

Merk	Komposisi powder	Komposisi liquid	Rasio p:l	Setting time	Harga
Fuji IX	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fluoroaluminosilicate glass, 2. Pigments, 3. Fluorescent material, 4. Strontium 5. Polyacrylic acid 	<ol style="list-style-type: none"> 1. acrylic acid 2. tricarboxylic acid co-polymer, 3. tartaric acid, 4. distilled-water 	3,4g:1.0g	2 menit 20 detik	Rp. 9xx.xxx
FX Ultra	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fluoroaluminosilicate glass, 2. Pigment 3. Polyacrylic acid 	<ol style="list-style-type: none"> 1. acrylic acid 2. polybasic-carboxylic acid 3. distilled water 	2,7g:1.0g	2 menit 30 detik	Rp. 5xx.xxx
Ionglass	<ol style="list-style-type: none"> 1. Polyacrylic acid 2. sodium 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tartaric acid 2. purified water 	2,5g:1.0g	4 menit	Rp.

R	<i>fluorosilicate</i>					1xx.xxx
	3. <i>calcium</i>					
	4. <i>aluminium</i>					
Shangchi	1. <i>SiliconOxid-e,</i>	1. <i>Asam akrilat,</i>	2,0g:1.0g	6 menit		Rp.
	2. <i>Calcium-Fluoride</i>	2. <i>Asam-Tartarat</i>				
		3. <i>Asam Fosfat</i>				7x.xxx

Hasil analisis statistik menunjukkan perbedaan nilai kekuatan tekan dari beberapa merk *Glass Ionomer Cement* Konvensional Tipe II. Pada hasil analisis statistic didapatkan nilai kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* merk Fuji IX (37.818 MPa), merupakan nilai kekuatan tekan tertinggi dibanding dengan merk lainnya. *Glass Ionomer Cement* merk Fuji IX memiliki nilai kekuatan tekan tertinggi dari merk lainnya. Hal ini disebabkan oleh perbedaan komposisinya (Xie *et al.*, 2000). Komposisi utama *Glass Ionomer Cement* adalah polimer asam seperti asam *polyalkenoik*, komposisi kedua yakni *glass* yang akan bereaksi dengan asam, dan komposisi ketiga yaitu air (Sidhu and Nicholson, 2016). Pada *Glass Ionomer Cement* merk Fuji IX terdapat komposisi tambahan yang berbeda dari merk lainnya yaitu *Strontium (Sr)*. Keberadaan *strontium* pada senyawa kaca mampu meningkatkan kemampuan mekanik serta kinerja klinis dan karakteristik biologis dari semen (Khaghani *et al.*, 2013). *Strontium* dapat bersubstitusi dengan kalsium di dalam komposisi dari struktur hidroksi apatit. Substitusi ini terjadi agar hidroksi apatit dapat berasimilasi dengan struktur komposisi kimia dari gigi sehingga meningkatkan sifat-sifat biologis dan mekanis serta antibakterial (Özbek, *et al.*, 2016).

Faktor lainnya yang memengaruhi kekuatan yaitu *setting time*, pada *Glass Ionomer Cement* merk Fuji IX memiliki *setting time* lebih cepat dari merk-merk lain yaitu 2 menit 20 detik. Reaksi *setting* yang lebih cepat dapat menghasilkan sifat mekanik yang unggul dan memiliki ketahanan aus yang baik sehingga dapat mencapai kekuatan yang

cukup untuk menahan beban pengunyahan (Yap, *et al.*, 2003). *Glass Ionomer Cement* merk Fuji IX dikembangkan sebagai alternatif tumpatan amalgam untuk restorasi posterior dan diketahui memiliki viskositas tinggi sehingga memiliki sifat fisik yang baik (Upadhy P and Kishore, 2005). Namun, dari segi ekonomis merk Fuji IX memiliki harga jual yang paling tinggi dibandingkan dengan merk lainnya yakni Rp. 9xx.xxx dengan kemasan *powder* 15gr dan *liquid* 6,4 ml yang mana hampir sama seperti kemasan merk lainnya dengan harga di bawah Fuji IX.

Salah satu hal yang dapat memengaruhi kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* merk FX Ultra yakni FX Ultra memiliki kandungan *polyacrilic acid* pada powder yang mana dapat meningkatkan sifat mekanik dari kekuatan tekan (Kaga *et al.*, 2020). Selain itu *Glass Ionomer Cement* merk FX Ultra memiliki rasio *powder* 2,7gr : *liquid* 1,0g yang mana lebih rendah dari merk Fuji IX dan lebih tinggi dari merk Ionglass R dan Shangchi. Hal tersebut berhubungan dengan kecepatan reaksi *setting* dimana *Glass Ionomer Cement* merk FX Ultra memiliki kecepatan *setting time* 2 menit 30 detik yang mana lebih cepat dari merk Ionglass R dan Shangchi namun lebih lama 10 detik dibandingkan merk Fuji IX. *Glass Ionomer Cement* merk FX Ultra dengan kekuatan tekan di bawah merk Fuji IX dari segi ekonomis mempunyai harga jual Rp. 5xx.xxx yang cukup jauh lebih terjangkau dari Fuji IX.

Kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* merk Ionglass R dapat dipengaruhi dari rasio *powder* dan *liquid* yang mana merk Ionglass R memiliki rasio *powder* dan *liquid* yang lebih rendah dari Fuji IX dan FX Ultra dengan rasio *powder* 2,5gr : *liquid* 1,0g yang memengaruhi kecepatan *setting time*, *setting time* Ionglass R yaitu 4 menit yang mana lebih lama dari merk Fuji IX dan FX Ultra. Tetapi dari segi ekonomis harga jual Ionglass

R sebesar Rp. 1xx.xxx dengan kemasan *powder* 10gr : *liquid* 8g dengan harga yang jauh lebih murah dari merk Fuji IX dan FX Ultra.

Glass Ionomer Cement merk Shangchi memiliki nilai kekuatan tekan (11.4100 MPa) yang merupakan nilai kekuatan tekan paling rendah dari *Glass Ionomer Cement* merk lainnya. Hal ini dapat dipengaruhi oleh rasio *powder* dan *liquid* dimana merk Shangchi memiliki rasio *powder* dan *liquid* yang lebih rendah dari merk lainnya yaitu rasio *powder* 2.0gr : *liquid* 1.0g. Semua bahan dengan rasio *powder* dan *liquid* yang sama atau di bawah 2:1 dianggap memiliki viskositas atau kekentalan yang rendah sehingga memiliki kekuatan mekanik berupa kekuatan tekan yang lebih rendah (Menezes-Silva *et al.*, 2020). *Glass Ionomer Cement* merk Shangchi memiliki *setting time* 6 menit yang mana lebih lama dari merk-merk lainnya. Dengan nilai kekuatan tekan yang paling rendah merk Shangchi memiliki harga jual yang jauh berbeda dan paling terjangkau dibanding merk lainnya yakni Rp. 7x.xxx dengan kemasan yang lebih banyak dari merk lain yaitu *powder* 20gr : *liquid* 15ml.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan berikut didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan nilai kekuatan tekan pada beberapa merk *Glass Ionomer Cement* Konvensional Tipe II merk Fuji IX, FX Ultra, Ionglass R, dan Shangchi. Bahan restorasi gigi memiliki peran utama untuk menggantikan struktur gigi yang hilang, penting untuk bahan restorasi memiliki sifat mekanik yang baik sehingga mengarah ke daya tahan secara jangka panjang di rongga mulut (Khodadadi *et al.*, 2015). Dengan kekuatan tekan yang tinggi ketahanan dari bahan restoratif akan lebih baik karena material mampu menahan beban mastikasi dimana proses pengunyahan di dalam rongga mulut merupakan tekanan yang rutin dan alamiah (Menezes-Silva *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil penelitian

perbedaan segmen harga antar merk menunjukkan kualitas yang berbeda. *Glass Ionomer Cement* dengan segmen harga yang lebih tinggi (Fuji IX, FX Ultra) menunjukkan kualitas yang lebih baik dan kuat dibanding *Glass Ionomer Cement* dengan segmen harga yang lebih rendah (Ionglass R, Shangchi). Hal ini disebabkan pada *Glass Ionomer Cement* dengan segmen harga yang tinggi memiliki komposisi yang lebih lengkap seperti kandungan *Strontium* pada merk Fuji IX. Selain itu pada *Glass Ionomer Cement* segmen harga tinggi juga memiliki rasio powder dengan liquid yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Glass Ionomer Cement* segmen harga yang lebih rendah. Hal tersebut berdampak pada keunggulan sifat mekanik dan kekuatan dari *Glass Ionomer Cement* yang dihasilkan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian terkait perbedaan nilai kekuatan tekan pada beberapa merk *Glass Ionomer Cement* Konvensional Tipe II, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dalam penelitian ini didapatkan nilai kekuatan *Glass Ionomer Cement* merk Fuji IX sebesar 37,8200 MPa.
2. Dalam penelitian ini didapatkan nilai kekuatan *Glass Ionomer Cement* merk FX Ultra sebesar 33,3067 MPa.
3. Dalam penelitian ini didapatkan nilai kekuatan *Glass Ionomer Cement* merk Ionglass R sebesar 16,8533 MPa.
4. Dalam penelitian ini didapatkan nilai kekuatan *Glass Ionomer Cement* merk Shangchi sebesar 11,4100 MPa.
5. Nilai rerata kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* Konvensional Tipe II merk Fuji IX > FX Ultra > Ionglass R > Shangchi.

5.2 Saran

Hasil dari penelitian yang di lakukan, maka peneliti memberi sejumlah saran sebagai berikut:

1. Diperlukan pengembangan penelitian mengenai sifat fisik maupun sifat mekanik lainnya dari *Glass Ionomer Cement* yang diuji.

2. Diperlukan publikasi mengenai nilai kekuatan tekan *Glass Ionomer Cement* Konvensional Tipe II pada merk Fuji IX, FX Ultra, Ionglass R, dan Shangchi sehingga praktisi lebih teliti terhadap berbagai macam pertimbangan klinis penggunaan bahan restorasi dengan harga dan kekuatan beberapa merk.



DAFTAR PUSTAKA

- Albers, H. F. (2002) 'Tooth-colored restoratives : principles and techniques Medicine and the internet — the essential guide for doctors', *BC Decker Inc*, (9 Edition).
- Andari, E. S., Wulandari, E. and Robin, D. M. C. (2014) 'Efek Larutan Kopi Robusta terhadap Kekuatan Tekan Resin Komposit Nanofiller (The Effect of Robusta Coffee Solution to Nanofilled Composite Resin Compressive Strength)', *Stomatognatic (J.K.G Unej)*, 11(1), pp. 6–11.
- Anusavice (2013) *Phillips' Science of Dental Materials*.
- Aryanto, M., Armilia, M. and Aripin, D. (2013) 'Compressive strength resin komposit hybrid post curing dengan light emitting diode menggunakan tiga ukuran lightbox yang berbeda', *Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)*, 46(2), p. 101. doi: 10.20473/j.djmk.v46.i2.p101-106.
- Bohner DDS, MSc, Ph, L. O. L. and Prates, L. H. M. (2018) 'Compressive Strength of a Glass Ionomer Cement Under the Influence of Varnish Protection and Dietary Fluids', *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*, 20(3), pp. 61–69. doi: 10.15517/ijds.2018.33607.
- Bonifácio, C. C. *et al.* (2013) 'The effect of GIC-brand on the survival rate of proximal-art restorations', *International Journal of Paediatric Dentistry*, 23(4), pp. 251–258. doi: 10.1111/j.1365-263X.2012.01259.x.
- BRESCIANI, E. *et al.* (2004) 'Compressive and Diametral Tensile Strength', 12(4), pp. 344–348.
- Cho, G. C. *et al.* (1999) 'Diametral and compressive strength of dental core materials.', *The Journal of prosthetic dentistry*, 82(3), pp. 272–276. doi: 10.1016/S0022-3913(99)70079-X.
- Diansari, V., Ningsih, D. S. and Moulinda, C. (2016) 'Evaluasi kekasaran permukaan Glass Ionomer Cement (GIC) konvensional setelah perendaman dalam minuman berkarbonasi', *J. Cakradonya Dent*, 8(2), pp. 111–116.
- Fitriyana, D. C., Pangemanan, D. H. C. and . J. (2014) 'Uji Pengaruh Saliva Buatan Terhadap Kekuatan Tekan Semen Ionomer Kaca Tipe Ii Yang Direndam Dalam Minuman Isotonik', *e-GIGI*, 2(2). doi: 10.35790/eg.2.2.2014.5900.
- Garain, R., Abidi, M. and Mehkri, Z. (2020) 'Compressive and Flexural Strengths of High-strength Glass Ionomer Cements: A Systematic Review', *International Journal of Experimental Dental Science*, 9(1), pp. 25–29. doi: 10.5005/jp-journals-10029-1207.
- Heyman HO, Swift EJ, R. A. (2014) 'Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry - South Asian Edition', (July 2013), pp. 25–48.
- Juliatri, J., Pangemanan, D. H. C. and Fitriyana, D. C. (2014) 'Saliva buatan meningkatkan kekuatan tekan semen ionomer kaca tipe II yang direndam dalam minuman isotonik

- (Artificial saliva increases the compressive strength of glass ionomer cement type II soaked in isotonic drinks)', *Journal of Dentomaxillofacial Science*, 13(2), p. 101. doi: 10.15562/jdmfs.v13i2.397.
- Kaga, N. *et al.* (2020) 'Protective effects of GIC and S-PRG filler restoratives on demineralization of bovine enamel in lactic acid solution', *Materials*, 13(9). doi: 10.3390/ma13092140.
- Kumala, Y. R., Rachmawati, D. and Sari, A. A. (2017) 'Modifikasi Resin Nano Dan Modifikasi Resin', *ODONTO Dental Journal*, 4, pp. 7–12.
- Kutuk, Z. B. *et al.* (2019) 'Mechanical properties and water sorption of two experimental glass ionomer cements with hydroxyapatite or calcium fluorapatite formulation', *Dental Materials Journal*, 38(3), pp. 471–479. doi: 10.4012/dmj.2018-085.
- Lengkey, C. H. E., Mariati, N. W. and Pangemanan, D. H. C. (2015) 'Gambaran Penggunaan Bahan Tumpatan Di Poliklinik Gigi Puskesmas Kota Bitung Tahun 2014', *e-GIGI*, 3(2). doi: 10.35790/eg.3.2.2015.9601.
- Manappallil, J. (2010) *Basic Dental Materials, Basic Dental Materials*. doi: 10.5005/jp/books/11146.
- Menezes-Silva, R. *et al.* (2020) 'Correlation between mechanical properties and stabilization time of chemical bonds in glass-ionomer cements', *Brazilian Oral Research*, 34, pp. 1–12. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2020.VOL34.0053.
- Moheet, I. A. *et al.* (2018) 'Evaluation of mechanical properties and bond strength of nano-hydroxyapatite-silica added glass ionomer cement', *Ceramics International*, 44(8), pp. 9899–9906. doi: 10.1016/j.ceramint.2018.03.010.
- Okada, K. *et al.* (2001) 'Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva', *Dental Materials*, 17(1), pp. 34–39. doi: 10.1016/S0109-5641(00)00053-1.
- Özbek, Y. Y., Baştan, F. E. and Üstel, F. (2016) 'Synthesis and characterization of strontium-doped hydroxyapatite for biomedical applications', *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 125(2), pp. 745–750. doi: 10.1007/s10973-016-5607-3.
- Roeroe, V. M., Wicaksono, D. A. and . J. (2015) 'Gambaran Kekuatan Tekan Bahan Tumpatan Semen Ionomer Kaca Yang Direndam Dalam Minuman Beralkohol', *e-GIGI*, 3(1). doi: 10.35790/eg.3.1.2015.6408.
- Sakaguchi, R. L. and Powers, J. M. (2012) *Craig 's Restorative Dental Materials Thirteenth Edition*.
- Shiozawa, M. *et al.* (2013) 'Effect of calcium chloride solution immersion on surface hardness of restorative glass ionomer cements', *Dental Materials Journal*, 32(5), pp. 828–833. doi: 10.4012/dmj.2013-143.
- Sidhu, S. and Nicholson, J. (2016) 'A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry', *Journal of Functional Biomaterials*, 7(3), p. 16. doi: 10.3390/jfb7030016.
- Singh, S. (2017) 'A Comparative Evaluation of Sorption, Solubility, and Compressive Strength of Three Different Glass Ionomer Cements in Artificial Saliva: An in vitro Study',

International Journal of Clinical Pediatric Dentistry, 10(1), pp. 49–54. doi: 10.5005/jp-journals-10005-1407.

- Sofiani, E. (2015) ‘PERBEDAAN KEKUATAN TEKAN PADA PENGGUNAAN GLASS IONOMER CEMENT (GIC) HIGH STRENGTH DAN SMART DENTIN REPLACEMENT (SDR) PADA CLOSE SANDWICH TECHNIQUE Pemilihan bahan restorasi yang tepat disesuaikan pada seleksi kasus yang ada . Karies yang sering muncul’, pp. 1–8.
- Sungkar, S. (2014) ‘Peran Kondisioner Pada Ahesi Bahan Restorasi Semen Ionomer Kaca Dengan Struktur Dentin’, *Cakradonya Dent J*, 6(2), pp. 678–744.
- Upadhya P, N. and Kishore, G. (2005) ‘Glass ionomer cement - The different generations’, *Trends in Biomaterials and Artificial Organs*, 18(2), pp. 158–165.
- Wajong, K. H., Damiyanti, M. and Irawan, B. (2017) ‘The effects of shelf life on the compressive strength of resin-modified glass ionomer cement’, *Journal of Physics: Conference Series*, 884(1). doi: 10.1088/1742-6596/884/1/012101.
- Yap, A. U. J., Pek, Y. S. and Cheang, P. (2003) ‘Physico-mechanical properties of a fast-set highly viscous gic restorative’, *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(1), pp. 1–8. doi: 10.1046/j.1365-2842.2003.01006.x.
- Zhang, J., Braun, P. and Banerjee, A. (2020) ‘In vitro compressive strength and edge stability testing of directly repaired glass-ionomer cements’, *Clinical Oral Investigations*, 24(9), pp. 3029–3038. doi: 10.1007/s00784-019-03170-x.

