

**PENGARUH *FILLER* TITANIUM DIOKSIDA (TiO₂) TERHADAP
KEKERASAN RESIN AKRILIK *SELF-CURED***

STUDY IN VITRO

Karya Tulis Ilmiah



Diajukan Oleh

Monalisa

31101700051

Kepada

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

2021



Karya Tulis Ilmiah

**PENGARUH *FILLER* TITANIUM DIOKSIDA (TiO₂) TERHADAP
KEKERASAN RESIN AKRILIK *SELF-CURED***

Study penelitian in vitro

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

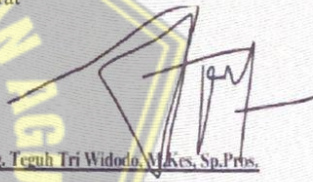
Monalisa

31101700051


Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 13 Agustus 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

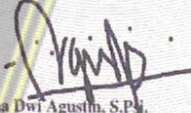
Ketua Dewan Penguji I


drg. Teguh Tri Widodo, M.Kes, Sp.Pros.

Anggota Dewan Penguji I


drg. Helmi Fathurrahman, Sp.Pros.

Anggota Dewan Penguji II


Erna Dwi Agustih, S.Pd.

Semarang, 16 AUG 2021

Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Islam Sultan Agung
Dekan,



drg. Suryono S.H., M.M., Ph.D
NIK. 231014025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Monalisa

NIM : 31101700051

Dengan ini saya menyatakan bahwa Karya Tulis Ilmiah yang berjudul:

Pengaruh *Filler* Titanium Dioksida (TiO₂) Terhadap Kekerasan Resin Akrilik *Self-Cured*

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, 18 Agustus 2021



Monalisa

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“We will be in full bloom at the end of these hardships”

(Suga)

PERSEMBAHAN

Karya Tulis ini dipersembahkan kepada

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung

Dosen Pembimbing dan Penguji

Kedua Orangtua dan Kakak

Teman-teman Xalvadenta FKG Unissula Angkatan 2017

Semua Pihak yang Membantu dalam Pembuatan Karya Tulis Ilmiah ini



PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya peneliti dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah dengan judul “Pengaruh *Filler* Titanium Dioksida (TiO_2) Terhadap Kekerasan Resin Akrilik *Self-Cured*” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Kedokteran Gigi di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta sahabat dan pengikutnya.

Dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini tidak akan terselesaikan tanpa bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. drg. Suryono S.H, M.M., Ph.D selaku dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Islam Sultan Agung
2. drg. Teguh Tri Widodo, M.Kes, Sp.Pros. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran serta masukan yang membangun sehingga Karya Tulis Ilmiah ini bisa menjadi lebih baik.
3. drg. Helmi Fathurrahman, Sp.Pros. selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan, motivasi serta meluangkan waktu, pikiran dan tenaga selama penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Erna Dwi Agustin, S.Psi. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan serta meluangkan waktu, pikiran dan

tenaga selama penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini sehingga terselesaikan dengan baik.

5. Kedua orang tua, Bapak Ghofarudin dan Setyowati Budiningsih beserta kakak-kakak saya Irfan Pradika, Riko Fernandes dan Aden Insani yang selalu mendoakan, memberi dukungan dan semangat dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah.
6. Bapak/Ibu asisten laboratorium yang telah membantu dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah.
7. Para sahabat, Isabella, Lia Setiyaningrum, Dian Novita, Morin Nurul, Waritsa Arbyta serta teman-teman seperjuangan Xalvadenta 2017 yang senantiasa menemani dan memotivasi dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang turut membantu dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini.

Peneliti menyadari bahwa Karya Tulis Ilmiah ini jauh dari sempurna. Maka dari itu, kritik dan saran sangat peneliti harapkan. Akhir kata, semoga Karya Tulis Ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 18 Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KTI	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
ABSTRAK	14
<i>ABSTRACT</i>	15
BAB 1 PENDAHULUAN.....	16
1.1 Latar Belakang	16
1.2 Rumusan Masalah	19
1.3 Tujuan Penelitian.....	20
1.3.1 Tujuan umum	20
1.3.2 Tujuan khusus	20
1.4 Manfaat Penelitian.....	20
1.4.1 Manfaat teoritis	20
1.4.2 Manfaat praktis	21
1.5 Orisinalitas Penelitian	21
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	23
2.1 Resin Akrilik.....	23
2.2 Gigi Tiruan	27
2.3 Gigi Tiruan Sebagian Lepas.....	28
2.4 Mahkota Sementara.....	29
2.5 Sendok Cetak Individual	30

2.6	Filler.....	31
2.7	Titanium Dioksida.....	32
2.8	Uji Mekanis Material.....	35
2.9	Kerangka Teori.....	41
2.10	Kerangka Konsep.....	42
2.11	Hipotesis.....	42
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		43
3.1	Jenis Penelitian.....	43
3.2	Rancangan Penelitian.....	43
3.3	Variabel Penelitian.....	43
3.3.1	Variabel terikat.....	43
3.3.2	Variabel bebas.....	44
3.3.3	Variabel terkontrol.....	44
3.3.4	Variabel tidak terkontrol.....	44
3.4	Definisi Operasional.....	44
3.5	Sampel Penelitian.....	45
3.6	Instrumen Penelitian.....	45
3.6.1	Alat.....	45
3.6.2	Bahan.....	46
3.7	Cara Penelitian.....	46
3.7.1	Pembuatan sampel resin akrilik <i>self-cured</i>	46
3.7.2	Proses pembuatan silanisasi TiO ₂	47
3.7.3	Pembuatan cetakan (<i>Mold</i>).....	48
3.7.4	Pengukuran kekerasan.....	50
3.8	Skema Alur penelitian.....	53
3.9	Tempat dan Waktu Penelitian.....	54
3.10	Rencana Pengolahan dan Analisis Data.....	54
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		55
4.1	Hasil Penelitian.....	55
4.2	Pembahasan.....	57

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gigi tiruan sebagian lepasan akrilik	29
Gambar 2. 2 Alat <i>Vickers Hardness Tester</i>	37
Gambar 2. 3 Contoh gambaran hasil penekanan pada uji kekerasan <i>Vickers</i>	38
Gambar 2. 4 Contoh nilai kekerasan yang tampak pada layar	38
Gambar 2. 5 Skema kerangka teori	41
Gambar 2. 6 Skema kerangka konsep	42
Gambar 3. 1 Skema rancangan penelitian.....	43
Gambar 3. 2 Alat <i>Vickers Hardness Tester</i>	51
Gambar 3. 3 Contoh gambar hasil uji kekerasan <i>Vickers</i>	52
Gambar 3. 4 Contoh nilai kekerasan yang tampak pada layar.....	52
Gambar 3. 5 Skema alur penelitian.....	53



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil uji kekerasan.....	55
Tabel 4. 2 Hasil uji normalitas dan homogenitas	56
Tabel 4. 3 Hasil uji anova	56
Tabel 4. 4 Hasil uji post hoc bonferroni	57



DAFTAR SINGKATAN

TiO ₂	: Titanium Dioksida
PMMA	: <i>Poly Metyl Methacrylate</i>
MMA	: <i>Metyl Methacrylate</i>
HVN	: <i>Hardness Vickers Number</i>



ABSTRAK

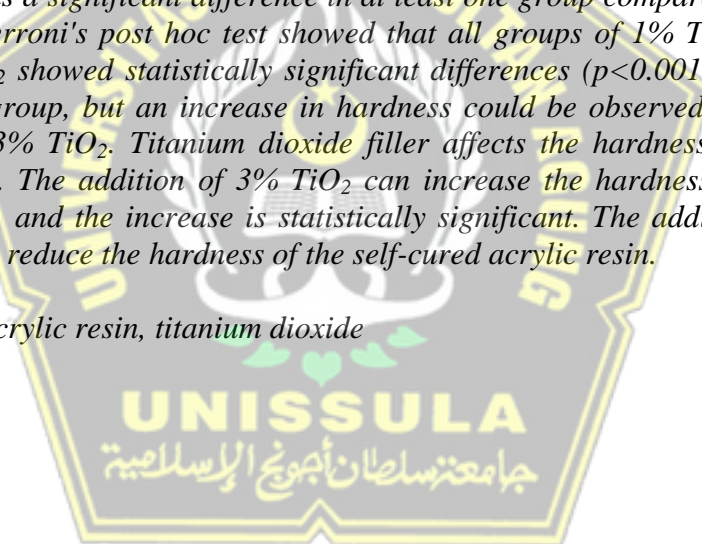
Resin akrilik (polimetil metakrilat) adalah bahan yang sering dipakai pada pembuatan basis gigi tiruan. Penambahan bahan antara lain titanium dioksida (TiO_2) untuk meningkatkan sifat mekanik juga dapat dilakukan pada resin akrilik *self-cured*. Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh penambahan titanium dioksida terhadap kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*. Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan *design true experimental in vitro* dengan rancangan penelitian *posttest only with control group design*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, pada bulan Maret 2021. Penambahan titanium dioksida dihitung berdasarkan berat, yaitu 1%, 3%, maupun 5% berat filler dibandingkan dengan berat total. Kekerasan resin akrilik *self-cured* diukur dengan menggunakan Vickers Hardness Tester. Tiap kelompok terdiri dari 6 sampel, dengan total sebanyak 24 sampel. Rerata paling tinggi yaitu pada kelompok dengan penambahan TiO_2 3% ($15,377 \pm 0,455$ HVN), sedangkan paling rendah yaitu pada kelompok dengan penambahan TiO_2 5% ($11,39 \pm 0,163$ HVN). Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai $p < 0,001$ yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna setidaknya pada salah satu kelompok dibandingkan kelompok lainnya. Uji *post hoc Bonferroni* menunjukkan bahwa seluruh kelompok TiO_2 1%, TiO_2 3%, dan TiO_2 5% menunjukkan perbedaan bermakna secara statistik ($p < 0,001$) terhadap kelompok kontrol, namun peningkatan kekerasan dapat diamati hanya pada penambahan TiO_2 3%. *Filler* titanium dioksida berpengaruh terhadap kekerasan resin akrilik *self-cured*. Penambahan TiO_2 3% dapat meningkatkan kekerasan resin akrilik *self-cured*, dan peningkatannya bermakna secara statistik. Penambahan TiO_2 1% atau 5% akan menurunkan kekerasan resin akrilik *self-cured*.

Kata kunci: resin akrilik, titanium dioksida

ABSTRACT

Acrylic resin (polymethyl methacrylate) is a material that is often used in the manufacture of denture bases. The addition of materials such as titanium dioxide (TiO_2) to improve mechanical properties can also be done on self-cured acrylic resin. This study aimed to assess the effect of adding titanium dioxide to the hardness of the self-cured acrylic resin denture base. The type of this research is quantitative research with true experimental in vitro design with posttest only with control group design. The study was conducted at the Engineering Materials Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Vocational School, Gadjah Mada University, in March 2021. The addition of titanium dioxide was calculated by weight, namely 1%, 3%, or 5% by weight of the filler compared to the total weight. The hardness of the self-cured acrylic resin was measured using a Vickers Hardness Tester. Each group consisted of 6 samples, with a total of 24 samples. The highest average was in the group with 3% TiO_2 addition (15.377 ± 0.455 HVN), while the lowest was in the group with 5% TiO_2 addition (11.39 ± 0.163 HVN). The results of the ANOVA test showed a p value < 0.001 which indicated that there was a significant difference in at least one group compared to the other group. Bonferroni's post hoc test showed that all groups of 1% TiO_2 , 3% TiO_2 , and 5% TiO_2 showed statistically significant differences ($p < 0.001$) compared to the control group, but an increase in hardness could be observed only with the addition of 3% TiO_2 . Titanium dioxide filler affects the hardness of self-cured acrylic resin. The addition of 3% TiO_2 can increase the hardness of self-cured acrylic resin, and the increase is statistically significant. The addition of 1% or 5% TiO_2 will reduce the hardness of the self-cured acrylic resin.

Keywords: acrylic resin, titanium dioxide



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kehilangan gigi adalah suatu kondisi terlepasnya gigi asli dari tempatnya, contoh yang sering terjadi adalah hilangnya gigi permanen akibat dari penyakit periodontal, karies dan trauma (Anshary dkk., 2014). Kehilangan gigi merupakan salah satu masalah penting dari sisi epidemiologi yang dibuktikan oleh tingginya indeks kehilangan gigi di Indonesia mencapai sekitar 80% (Mangkat dkk., 2015). Faktor penting yang mempengaruhi kehilangan gigi adalah usia. Peningkatan usia diketahui berhubungan dengan peningkatan jumlah gigi yang hilang (Murwaningsih dan Wahyuni, 2019). Akibat kehilangan gigi mencakup penyakit periodontal, rotasi dan migrasi dari gigi lain, wajah tampak asimetris, perubahan posisi jaringan lunak mulut, impaksi makanan, serta terjadinya peningkatan beban pada jaringan penyokong yang memicu turunnya linggir dan menipisnya tulang alveolar (Siagian, 2016). Salah satu upaya untuk mteencegah masalah akibat kehilangan gigi adalah dengan penggunaan gigi tiruan (Utama dkk., 2018).

Penggunaan berbagai jenis gigi tiruan secara umum bertujuan untuk memperbaiki kualitas hidup penggunanya (Massie dkk., 2016). Jenis dari gigi tiruan mencakup gigi tiruan lengkap, gigi tiruan sebagian lepasan, dan

gigi tiruan cekat (Jayaraman dkk., 2018). Gigi tiruan lepasan memiliki struktur yang terdiri dari basis, anasir, dan cengkram (Wahjuni dkk., 2019). Kondisi patah, retak, atau kerusakan lain sering dijumpai pada basis gigi tiruan. Pada sebuah penelitian oleh Bhattacharya dkk (2014) ditemukan bahwa insidensi gigi tiruan yang patah adalah 81 dari 646 gigi tiruan (12,5%). Dari 81 gigi tiruan yang patah, 40,8% merupakan gigi tiruan untuk rahang atas dan 59,2% merupakan gigi tiruan untuk rahang bawah. Omran dkk, (2017) mengatakan bahwa, sekitar 70% gigi tiruan akan mengalami kerusakan dalam 3 tahun awal pemakaiannya.

Resin akrilik (polimetil metakrilat) adalah bahan kedokteran gigi yang sering dipakai pada pembuatan basis gigi tiruan. Selain itu, resin akrilik juga digunakan pada saat dilakukan reparasi basis gigi tiruan (Alrahlah dkk., 2018). Resin akrilik *heat-cured* lebih sering dipakai dan diteliti dibandingkan resin akrilik *self-cured* (Marsigid dan Gunawan, 2019). Muchtar dkk., (2018) mengatakan bahwa resin akrilik *heat-cured* merupakan resin yang teraktivasi menggunakan panas yang memiliki kekurangan diantaranya : terdapat monomer sisa, porus, mudah menyerap air, serta kurang tahan dari goresan dan abrasi. Resin akrilik *self-cured* adalah resin akrilik yang teraktivasi secara kimia dan prosesnya tidak memerlukan penggunaan energi termal serta dapat dimanipulasi pada suhu kamar (Pramidi dan Herdiyati, 2015).

Berbagai modifikasi telah dicoba untuk meningkatkan sifat

mekanik resin akrilik (Kundie dkk, 2018). Penambahan alumunium oksida dapat membantu resin akrilik *heat-cured* dalam meningkatkan sifat mekanik kekuatan fleksural dan kekerasannya (Pentapati dkk., 2017). Hamad (2017) mengatakan bahwa, penambahan zirkonium dioksida dapat meningkatkan kekuatan impak dan kekuatan fleksural resin akrilik *heat-cured*. Penambahan titanium dioksida (TiO_2) pada resin akrilik *heat-cured* dapat meningkatkan kekerasan resin akrilik *heat-cure*, ketahanan terhadap fraktur, dan kekuatan fleksural (Gad dkk., 2017). Penambahan bahan antara lain titanium dioksida (TiO_2) untuk meningkatkan sifat mekanik juga dapat dilakukan pada resin akrilik *self-cured* (Naji dkk., 2018). Silikon dioksida dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, dan kekuatan transversal ketika ditambahkan pada resin akrilik *heat-cured* (Fatihallah dan Jani, 2016). Keempat bahan tersebut terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik resin akrilik.

Titanium dioksida (TiO_2) sebagai bahan tambahan anorganik dalam pembuatan resin akrilik memiliki berbagai sifat biokimiawi yang baik seperti antimikroba, biokompatibel, stabil secara kimia, dan tidak beracun (Akay dan Avukat, 2019). Titanium dioksida (TiO_2) juga memiliki sifat fisik yang baik seperti tingkat kekerasan tinggi dan indeks bias tinggi, serta murah (Badr, 2019). Penggunaan titanium dioksida (TiO_2) pada resin akrilik *heat-cured* terbukti meningkatkan *microhardness* seiring dengan peningkatan TiO_2 yang digunakan (Ahmed dkk., 2016).

Pada penelitian lain dilaporkan bahwa spesimen resin akrilik *heat-cured* yang dimodifikasi dengan nanopartikel titanium dioksida semakin menunjukkan pengurangan sifat lentur dan ketahanan resin akrilik (Hamouda dan Beyari, 2014). Titanium dioksida (TiO_2) dapat dijadikan bahan pilihan ketika melakukan reparasi menggunakan resin akrilik *self-cured* karena memiliki banyak potensi kelebihan tersebut.

Dalam Islam, memperbaiki gigi yang hilang sebagai pengobatan diperbolehkan sebagaimana disebutkan dalam hadist yang tertulis :

أَنَّهُ أُصِيبَ أَنْفُهُ يَوْمَ الْكُلَابِ فِي الْجَاهِلِيَّةِ، فَاتَّخَذَ أَنْفًا مِنْ وَرَقِ
فَأَنْتَنَ عَلَيْهِ فَأَمَرَهُ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ أَنْ يَتَّخِذَ أَنْفًا مِنْ
ذَهَبٍ

“Hidungnya terkena senjata pada peristiwa perang Al-Kulab di zaman jahiliyah. Kemudian beliau tambal dengan perak, namun hidungnya semakin membusuk. Kemudian Nabi shallallahu ‘alaihi wa sallam memerintahkannya untuk menggunakan tambal hidung dari emas.” (HR. An-Nasai 5161, Shahih Bukhari Muslim) (Al-Albani, 2005).

Berdasarkan pemaparan mengenai potensi penambahan titanium dioksida (TiO_2) dalam memperbaiki sifat mekanis resin akrilik *self-cured*, kemudian penulis tertarik untuk melakukan penelitian terhadap pengaruh dari penambahan titanium dioksida (TiO_2) terhadap kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah terdapat pengaruh *filler* titanium dioksida (TiO_2) terhadap kekerasan resin akrilik *self-cured*?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan umum

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan titanium dioksida (TiO_2) terhadap kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*.

1.3.2 Tujuan khusus

- a. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan TiO_2 1% terhadap sifat mekanik kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*.
- b. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan TiO_2 3% terhadap sifat mekanik kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*.
- c. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan TiO_2 5% terhadap sifat mekanik kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan mampu mengetahui pengaruh penambahan *filler* titanium dioksida (TiO_2) terhadap kekerasan

basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*.

1.4.2 Manfaat praktis

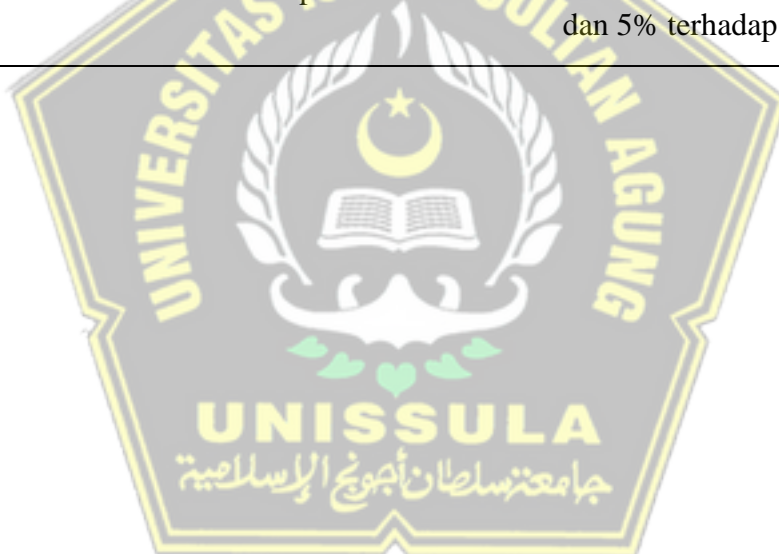
Penelitian ini dapat menambah pengetahuan dan memberikan informasi bagi peneliti maupun klinisi tentang konsentrasi titanium dioksida (TiO_2) yang dapat ditambahkan untuk menghasilkan kekerasan terbaik pada basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*, sebagai dasar prinsip *beneficence* untuk memberikan pelayanan terbaik bagi pasien.

1.5 Orisinalitas Penelitian

Tabel 1.1 Orisinalitas Penelitian

Peneliti	Judul Penelitian	Perbedaan
Naji dkk., 2018	Effects of incorporation of 2.5 and 5 wt% TiO_2 nanotubes on fracture toughness, flexural strength, and microhardness of denture base poly methyl methacrylate (PMMA)	Membandingkan kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik self cured setelah penambahan titanium dioksida 2,5% dan 5% terhadap control
Hamouda dan Beyari, 2014	Addition of Glass Fibers and Titanium Dioxide Nanoparticles to the Acrylic Resin Denture Base Material: Comparative Study with the Conventional and High Impact Types	Membandingkan pelepasan monomer, defleksi pada fraktur, kekuatan fleksural, modulus fleksural, dan ketangguhan basis gigi tiruan resin akrilik heat cured setelah penambahan titanium dioksida 5% dan serat kaca terhadap control
Ahmed dkk.,	Effect of Titanium Dioxide Nano Particles Incorporation	Membandingkan kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik heat

2016	on Mechanical and Physical Properties on Two Different Types of Acrylic Resin Denture Base	cured konvensional dengan resin akrilik heat cured high impact setelah penambahan titanium dioksida 1% dan 5%
Alrahlah dkk., 2018	Titanium Oxide (TiO ₂)/ Polymethylmethacrylate (PMMA) Denture Base Nanocomposites: Mechanical, Viscoelastic and Antibacterial Behavior	Membandingkan kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik heat cured setelah penambahan titanium dioksida 1%, 2%, dan 3% terhadap control
Badr, 2019	Investigating Some of the Mechanical Properties of Glass-Ionomers Cements Modified with ZnO and TiO ₂ Nanoparticles	Membandingkan kekuatan fleksural dan kekuatan tarik diametral resin akrilik heat cured setelah penambahan zinc oksida dan titanium dioksida 1%, 3%, dan 5% terhadap control



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resin Akrilik

Resin akrilik atau yang dikenal juga sebagai polymethyl methacrylate (PMMA) adalah polimer dari metil metakrilat, dengan rumus kimia $(C_5H_8O_2)_n$. Saat ini material basis gigi tiruan didominasi oleh resin akrilik (Jambur dkk., 2016). Resin akrilik terdiri dari dua kelompok yaitu turunan dari asam akrilik dan asam metakrilik yang berpolimerisasi dengan menggunakan cara yang sama. Pembentukan dari resin akrilik pada dasarnya terjadi ketika tercampurnya polimer dan monomer sehingga memicu terjadinya proses polimerisasi sampai kemudian terbentuk polimer rantai panjang (Juwita dkk., 2018).

Komposisi material basis gigi tiruan PMMA konvensional umumnya terdiri dari butiran pra-polimerisasi (bubuk PMMA) dan monomer (Methyl Methacrylate, MMA). Monomer metilmetakrilat akan menjalani proses polimerisasi adisi radikal bebas, menghasilkan polimetilmetakrilat (PMMA) rantai panjang. Proses ini meliputi tahap-tahap aktivasi, inisiasi, propagasi, dan terminasi (Nejatian dkk., 2020).

PMMA mengalami polimerisasi adisi dimana reaksi polimerisasi radikal bebas terjadi pada molekul yang mengandung ikatan rangkap karbon. Reaksi mengalami inisiasi reaksi oleh radikal bebas yang dihasilkan oleh pemicu yang

mengaktivasi molekul tersebut (dapat berupa panas, bahan kimia, atau cahaya) (Ali dkk., 2013). Tahap inisiasi diikuti oleh tahap propagasi di mana monomer lain yang terikat pada radikal bebas dengan cepat menggeser elektron bebas ke ujung rantai. Rantai terus tumbuh sampai radikal bebas mengalami terminasi (Nejatian dkk., 2020).

Tahap terminasi dapat terjadi dalam beberapa cara. Bahan lain dapat bereaksi dengan radikal bebas sehingga mengurangi inisiasi atau meningkatkan laju terminasi. Terminasi bisa terjadi karena adanya reaksi antara radikal bebas 2 rantai yang sedang tumbuh sehingga dapat terbentuk molekul yang stabil. Reaksi rantai ini dapat diakhiri, baik dengan pertukaran atom hidrogen dari satu rantai yang tumbuh ke rantai yang lain maupun penggabungan langsung. Berkurangnya kecepatan inisiasi akan memperlambat polimerisasi dan meningkatkan laju terminasi (Murakami dkk., 2013). Umumnya polimerisasi dihambat oleh oksigen, hidrokuinon, dan eugenol. Penambahan hidrokuinon kadar rendah dilakukan untuk memperpanjang masa simpan cairan monomer (Nejatian dkk., 2020). Ada tiga jenis resin akrilik yang didasarkan pada perbedaan mekanisme aktivasi polimerisasi, yaitu resin yang diaktifkan oleh panas (*heat-cured*), secara kimia (*self-cured*), dan yang diaktifkan oleh cahaya (*light-cured*) (Sundari dkk., 2016).

Resin akrilik *heat-cured* masih merupakan salah satu material pilihan untuk pembuatan basis gigi tiruan. Material resin akrilik *heat-cured* mempunyai beberapa keuntungan yaitu proses pembuatannya mudah, secara estetik cukup bagus, ekonomis, mudah direparasi, dan cukup stabil ketika dipakai di rongga mulut (Gad

dan Abualsaud, 2019). Resin akrilik *heat-cured* biasanya tersedia sebagai bubuk dan cairan. Komposisi bubuk mencakup butiran poli metil metakrilat, benzoil peroksida sebagai inisiator, pigmen/pewarna, opacifiers berupa titanium/seng oksida, plasticizer dibutyl phthalate, dan serat sintetis berupa nilon/akrilik. Komponen cairan berupa monomer metil metakrilat, hidrokuinon, dan zat pengikat silang yaitu etilen glikol dimetakrilat (Nejatian dkk., 2020).

Kelebihan resin akrilik *self-cured* yaitu proses dasar manipulasi akrilik *self-cured* lebih mudah dengan waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat, karena tidak membutuhkan energi panas dan dapat dilakukan pada suhu kamar, tidak seperti resin akrilik *heat-cured* yang membutuhkan energi panas dan waktu yang lebih lama (Ibrahim dkk., 2018). Polimerisasi resin akrilik terjadi antara inisiator dan aktivator. Inisiator polimerisasi berupa benzoil peroksida sedangkan aktivator berupa dimetil para-toluidin tanpa dilakukan pemanasan. Polimerisasi resin *self-cured* tidak pernah tuntas, resin akrilik *self-cured* umumnya mengandung 5% monomer residual. Monomer residual akan bertindak sebagai plasticizer yang membuat resin lebih fleksibel (kekuatan transfer berkurang) (Jambur dkk., 2016).

Resin akrilik *self-cured* umumnya tersedia sebagai bubuk dan cairan. Komposisi bubuk mencakup butiran poli metil metakrilat, benzoil peroksida sebagai inisiator, pigmen/pewarna, dan serat sintetis berupa nilon/akrilik. Komponen cairan tersusun atas monomer metil metakrilat, aktivator berupa dimetil para-toluidin, dan zat pengikat silang yaitu etil glikol dimetil dimetakrilat. Lebih sedikit penyusutan ditemukan daripada resin akrilik *heat-cured*, karena proses

polimerisasi yang tidak lengkap. Stabilitas warna dilaporkan lebih rendah daripada resin akrilik *heat-cured* (Jambur dkk., 2016). Resin akrilik *self-cured* terasa lebih lembut, berat molekul rendah, warna stabil dalam jangka panjang, tingkat penyusutan minimal, dan memiliki siklus polimerisasi stabil dengan hasil akhir yang baik. Resin akrilik *self-cured* memiliki beberapa sifat tidak menguntungkan yaitu memiliki tingkat kekuatan yang rendah dan tingkat kekerasan yang rendah (Hamad, 2017). Resin akrilik *self-cured* diketahui dapat mengalami pelepasan bahan kimia tertentu seperti formaldehida, metil metakrilat, asam metakrilat, dan asam benzoat, menyebabkan reaksi serius pada jaringan di sekitarnya. Hal ini menyebabkan material resin akrilik *self-cured* dikontraindikasikan bagi mereka yang memiliki reaksi hipersensitivitas terhadap senyawa-senyawa tersebut (Shusta dkk., 2016).

Sebagai alternatif dari PMMA konvensional, kini bisa dijumpai beberapa resin berbasis dimethacrylate yang dapat memulai proses polimerisasi dengan bantuan cahaya tampak. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa resin akrilik *light-cured* menunjukkan kekerasan permukaan, kekuatan fleksural, modulus fleksural, kekuatan transversal yang lebih tinggi, serta stabilitas warna yang lebih baik dibandingkan resin akrilik jenis lain (Asal dan Al-Alshiekh, 2017). Resin akrilik *light-cured* tersedia juga sebagai bubuk dan cairan dengan komposisi yang umumnya sama dengan resin akrilik *heat-cured*. Komposisi bubuk mencakup butiran poli metil metakrilat, benzoil peroksida sebagai inisiator, pigmen/pewarna (misalnya: kadmium sulfida, merkuri sulfida, oksida besi, karbon hitam), opacifiers

berupa titanium/seng oksida, dan partikel anorganik (misalnya: fiber glass zirconium silikat). Komponen cairan tersusun atas monomer metil metakrilat, hidrokuinon sebagai inisiator, plasticizer butil metakrilat, dan zat pengikat silang yaitu etilen glikol dimetakrilat (Jambur dkk., 2016).

Resin akrilik jenis apapun memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Perlu dilakukan tindakan lanjutan untuk dapat meningkatkan sifat yang baik dan mengurangi kelemahan pada basis gigi tiruan sebagian lepasan akrilik. Salah satu cara yang bisa dilakukan adalah penggunaan *filler* (Akay dan Avukat, 2019). Resin akrilik *self-cured* dapat digunakan antara lain untuk prosedur pembuatan sendok cetak, perbaikan gigi, penambahan postdam pada basis gigi tiruan rahang atas, dan berperan dalam pelapisan ulang dan *rebasing* dengan hasil yang memuaskan, baik dalam hal estetika dan fungsi (Ibrahim dkk., 2018).

2.2 Gigi Tiruan

Gigi tiruan merupakan gigi buatan untuk menggantikan fungsi pengunyahan gigi alami dan struktur-struktur yang menyertainya (Rahmah dkk., 2017). Berdasarkan pemakaiannya, secara garis besar gigi tiruan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu gigi tiruan lepasan dan gigi tiruan cekat (Mangkat dkk., 2015). Gigi tiruan cekat adalah pengganti satu atau lebih dari gigi yang hilang dengan gigi tiruan yang dipasang berupa gigi penyangga dilekatkan bersama-sama dengan gigi pengganti (Susianawati dkk., 2016). Gigi tiruan lepasan adalah pengganti untuk

hilangnya satu atau beberapa gigi yang hilang atau untuk seluruh gigi asli yang hilang diganti dengan menggunakan gigi tiruan yang didukung oleh gigi asli, mukosa, atau kombinasi dari gigi dan mukosa, yang dapat dipasang maupun dilepas sendiri oleh pasien tanpa bantuan klinisi (Mokodompit dkk., 2015). Pembuatan gigi tiruan lepasan ini bertujuan untuk membantu mempertahankan gigi yang masih ada, mengembalikan fungsi pengunyahan, memperbaiki oklusi, mengembalikan fungsi fonasi, estetik serta untuk mempertahankan jaringan lunak mulut yang masih ada agar tetap dalam kondisi sehat (Wahjuni dan Mandanie, 2017). Gigi tiruan lepasan terbagi lagi menjadi dua jenis, yaitu gigi tiruan lengkap dan gigi tiruan sebagian (Rahmayani dan Idawani, 2013).

2.3 Gigi Tiruan Sebagian Lepas

Gigi tiruan sebagian lepasan adalah protesa yang menggantikan satu atau beberapa gigi asli yang hilang dengan menggunakan gigi tiruan dalam satu lengkung geligi yang dapat dipasang dan dilepas sendiri oleh pasien (Setyowati dkk., 2019). Komponen nya terdiri dari elemen gigi, cengkram, dan basis (Sofya dkk., 2016). Berdasarkan material basisnya, gigi tiruan sebagian lepasan terbagi menjadi dua macam yaitu, gigi tiruan sebagian lepasan akrilik dan gigi tiruan sebagian lepasan kerangka logam (Setyowati dkk., 2019).

Kelebihan yang dimiliki oleh basis gigi tiruan resin akrilik ini adalah dari segi estetik nya yang baik, karena dapat disesuaikan dengan warna normal gingiva serta nyaman saat digunakan. Tetapi pada bahan tersebut juga mempunyai

kelemahan seperti mudah untuk menyerap cairan serta sifat porus yang nantinya menjadikan tempat untuk pengendapan dari sisa makanan sehingga mikroorganisme dapat berkembang biak (Fueki dkk., 2014), (Wahjuni dan Mandanie, 2017). Material ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan kerangka logam, serta memiliki penggolongan lebih lanjut berdasarkan proses pembuatannya yang memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing (Marsigid dan Gunawan, 2019).



Gambar 2. 1 Gigi tiruan sebagian lepasan akrilik
(Wahjuni dan Mandanie, 2017)

2.4 Mahkota Sementara

Mahkota sementara adalah gigi tiruan sementara yang dipasang untuk menjaga stabilisasi oklusal, fungsi mastikasi, dan memenuhi estetis dalam interval waktu tertentu sebelum dipasang mahkota definitif (Driscoll dkk., 2017). Mahkota sementara umumnya digunakan sekitar dua minggu, setelah dilakukannya tahap preparasi pada gigi sampai selesainya pembuatan mahkota definitif (Arora dkk.,

2016).

Teknik pembuatan mahkota sementara terbagi menjadi dua, yaitu menggunakan teknik langsung maupun teknik tidak langsung (Wijaya dan Andryas, 2019). Teknik langsung adalah pembuatan mahkota sementara yang dibuat langsung di dalam mulut pasien menggunakan bantuan matriks setelah gigi dipreparasi (Regish dkk., 2011). Teknik tidak langsung adalah pembuatan mahkota sementara di luar mulut pasien yaitu dikerjakan di atas model kerja (Prasad dkk., 2012).

Teknik secara tidak langsung lebih memerlukan banyak waktu karena membutuhkan proses laboratorium terlebih dahulu, berbeda dengan teknik langsung yang tidak memerlukan dilakukannya proses laboratorium (Regish dkk., 2011). Tetapi untuk pembuatan mahkota sementara dengan teknik tidak langsung mempunyai kelebihan karena tidak berkontak langsung ke jaringan gigi yang dapat melindungi pulpa dari trauma terhadap resin (Prasad dkk., 2012).

2.5 Sendok Cetak Individual

Sendok cetak adalah bagian terpenting dari prosedur pembuatan impresi yang memfasilitasi dokter gigi untuk membawa material ke mulut dan mengendalikannya dengan baik (Bhochhibhoya dkk., 2018). Resin akrilik *self-cured* juga dapat dipakai sebagai bahan dari pembuatan sendok cetak individual (Juwita dkk., 2018). Penggunaan sendok cetak individual untuk membuat cetakan impresi akan menghasilkan kesesuaian yang baik. Sendok cetak individual

meminimalkan volume bahan impresi yang memungkinkan proses polimerisasi lebih seragam, sehingga menghasilkan akurasi impresi yang lebih baik (Yamamoto dkk., 2018).

2.6 Filler

Filler adalah bahan tambahan untuk meningkatkan sifat polimer dan biasanya terdiri dari berbagai komposisi, ukuran, dan distribusi partikel yang umumnya berasal dari material anorganik (Kundie dkk., 2018). Beberapa penelitian dilakukan tentang penggunaan *filler* untuk memperkuat resin basis gigi tiruan, dan mereka menemukan adanya peningkatan yang signifikan dalam beberapa sifatnya. Baru-baru ini, penambahan nanofiller telah disarankan untuk meningkatkan sifat resin akrilik. Luas permukaan, ukuran halus, dan distribusi nanofiller yang homogen dapat meningkatkan stabilitas termal dan sifat termal resin akrilik. Sifat-sifat resin yang diperkuat oleh nanofiller tergantung dari jenis, ukuran, bentuk, dan konsentrasi terhadap partikel yang ditambahkan (Gad dkk., 2017). Secara umum, berbagai jenis *filler* terbagi dalam golongan oksida logam, logam mulia, mineral, dan karbon.

Penguatan resin akrilik dengan *filler* golongan oksida logam meningkatkan sifat fisik dan mekanik material, serta sensasi rangsangan panas dan dingin pasien. Sensasi makanan yang lebih baik dan mukosa mulut yang lebih sehat diharapkan dapat dicapai dengan menambahkan *filler* golongan oksida logam ke resin basis gigi tiruan (Safi, 2014).

Penambahan partikel titanium dioksida (TiO_2) dapat meningkatkan kekuatan fleksural, ketahanan terhadap fraktur, kekerasan, serta konduktivitas resin akrilik (Kul dkk., 2016). Selain itu, juga dilaporkan adanya peningkatan yang signifikan dalam kekuatan impak dan penurunan yang signifikan dalam penyerapan air dan kelarutan pada penambahan titanium dioksida (TiO_2) pada resin akrilik (Ahmed dkk., 2016).

2.7 Titanium Dioksida

A. Fase

Terdapat tiga fase pada titanium dioksida yaitu, fase anatase, fase rutil, dan fase brookite. Pembentukan pada ketiga fase yang berbeda tersebut tergantung dari jenis oktahedral kompleks yang menjadi penyusunnya, sesuai dengan derajat keasaman dan konsentrasi ion klorida dalam larutan. Pada fase rutil memiliki prekursor $[\text{Ti}(\text{OH})\text{Cl}_3(\text{OH}_2)_2]^0$, sedangkan pada anatase dan brookite memiliki prekursor yang sama yaitu $[\text{Ti}(\text{OH})\text{Cl}_2(\text{OH}_2)_2]^0$.

B. Sifat

Serbuk titanium dioksida diketahui bersifat higroskopis sehingga sangat mudah menyerap molekul air (Purwiandono dan Kartini, 2015). Sifat unggul dari titanium dioksida mencakup stabil secara kimiawi, biokompatibilitas tinggi, dan tidak beracun. Selain itu bubuk titanium dioksida memiliki sifat fisik yang baik karena energi permukaan tinggi, kekerasan tinggi, indeks bias tinggi, serta harganya murah (Badr, 2019). Titanium memiliki biokompatibilitas yang unggul, densitas

rendah, sifat mekanik yang unggul, dan ketahanan tinggi terhadap korosi. Sifat-sifat titanium ini setara dengan paduan emas (Saeed dkk., 2020).

C. Manfaat

Manfaat penambahan partikel titanium dioksida sebagai aditif dalam kedokteran gigi yaitu dapat meningkatkan opasitas (Jorge dkk., 2013). Titanium dioksida berwarna keputihan, sehingga ketika ditambahkan pada *denture base* akrilik maka jumlah cahaya yang diserap meningkat sehingga spesimen yang diberi tambahan titanium dioksida memiliki opasitas lebih tinggi dibandingkan dengan akrilik murni. Perubahan ini adalah karena adanya molekul titanium dioksida dalam matriks, yang menyerap lebih banyak cahaya daripada matriks polimer (Gad dan Abualsaud, 2019).

D. Mekanisme

Peningkatan kekerasan yang diamati dengan penambahan titanium dioksida dapat dikaitkan dengan peningkatan kekakuan matriks PMMA karena pengurangan volume bebas dan mobilitas molekulnya. Sifat nanomekanis PMMA dan nanokompositnya terdegradasi dengan meningkatnya kedalaman penetrasi. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan silang pada lapisan permukaan material lebih besar dari pada lapisan di bagian dalam material, sehingga terjadi peningkatan kekerasan pada permukaan (Alrahlah dkk., 2018). Hasil serupa juga ditunjukkan pada penelitian menggunakan polimer lain, yaitu sifat mekanis di permukaan menunjukkan nilai yang lebih tinggi daripada di bagian dalam (Albarrag dkk., 2017).

E. Ikatan Antar Material

Penelitian mengenai ikatan antar material antara PMMA dan titanium dioksida menemukan bahwa mereka berinteraksi secara kimiawi dan fisik. Titanium dioksida dapat bereaksi dengan gugus -COOR dari polimer PMMA dalam dua cara berbeda. Ketika titanium dioksida kontak dengan PMMA, mereka membentuk ikatan silang dengan PMMA. Ketika jumlah muatan titanium dioksida dalam PMMA meningkat, ikatan ini juga meningkat (Alrahlah dkk., 2018). Semua ini dimungkinkan karena adanya gugus hidroksil di permukaan titanium dioksida dan gugus -C=O (karbonil), -OH (hidroksil), -COOH (karboksil), dan -COOR (ester) dalam matriks polimer akrilik (Gad dan Abualsaud, 2019).

F. Pemanfaatan Titanium Dioksida dalam Kedokteran Gigi

Penambahan *filler* titanium dioksida terbukti dapat meningkatkan kekerasan resin akrilik, terutama pada resin akrilik *heat-cured*. Peningkatan kekerasan permukaan dapat dihubungkan dengan dua faktor: kandungan *filler* yang tepat dan penggunaan *silane-coupling agent* yang meningkatkan ikatan antara *filler* dan matriks resin (Gad dan Abualsaud, 2019). Semakin tinggi kadar *filler* titanium dioksida maka akan makin bertambah kekerasannya, hal ini dikaitkan dengan peningkatan jumlah ikatan antara matriks dan *filler*, yang membutuhkan lebih banyak energi untuk memutus ikatan-ikatan yang terbentuk (Mosalman dkk., 2017). Penelitian lain melaporkan peningkatan nilai kekerasan yang mencapai 20%, 30%, dan 34% dengan masing-masing penambahan 1%, 2%, dan 3% *filler* titanium dioksida dibandingkan dengan resin akrilik murni tanpa *filler*. Hal ini dijelaskan oleh adanya peningkatan kekakuan material karena adanya partikel kaku di dalam

matriks serta adanya pengurangan mobilitas matriks (Hashem dkk., 2017).

Alwan dan Alameer (2015) menyimpulkan bahwa penambahan 3% *filler* titanium dioksida menyebabkan peningkatan kekerasan permukaan yang signifikan dibandingkan dengan resin akrilik murni sedangkan Ahmed dkk. (2016) menyarankan perlunya menambahkan 5% *filler* titanium dioksida untuk meningkatkan kekerasan permukaan resin akrilik *heat-cured* secara signifikan. Hasil pengukuran kekerasan lebih tinggi pada permukaan resin akrilik dan menurun ketika makin dalam menuju bagian inti resin akrilik, ini menunjukkan ikatan silang yang lebih tinggi pada permukaan resin akrilik (Gad dan Abualsaud, 2019). Penambahannya dalam konsentrasi besar memiliki efek buruk pada kekuatan fleksural resin akrilik. Penambahan titanium dioksida dalam konsentrasi sekitar 1% memiliki efek positif pada kekuatan impak. Penambahan sekitar 5% titanium dioksida meningkatkan kekerasan mikro resin akrilik (Saeed dkk., 2020). Titanium dioksida berpotensi untuk meningkatkan sifat mekanik material. Penelitian ini akan menggunakan resin akrilik self-cured sebagai material uji. Titanium dioksida diharapkan dapat meningkatkan nilai kekerasan basis gigi tiruan sebagian lepasan akrilik.

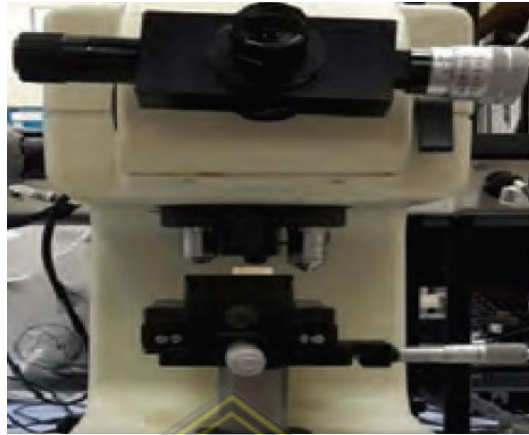
2.8 Uji Mekanis Material

Sering dijumpai masalah dari adanya penggunaan gigi tiruan lepasan berbahan resin akrilik, di antaranya fraktur atau patah yang disebabkan karena terjatuh, dapat pula terjadi pada saat digunakan untuk mengunyah atau tergigit

benda yang terlalu keras. Fraktur pada basis gigi tiruan ini dapat terjadi karena adanya dua kekuatan berbeda yakni kekuatan fleksural dan kekuatan impak (Hadianto dkk., 2013). Pada basis gigi tiruan yang mengalami fraktur dan kemudian dilakukan reparasi berulang lama-kelamaan akan mempengaruhi kekerasan dari basis akrilik pada gigi tiruan. Resin akrilik juga sensitif terhadap panas, kekerasannya pun akan berkurang jika mengalami pemanasan secara berulang (Marsigid dan Gunawan, 2019). Penting untuk melakukan uji mekanis material agar dapat menentukan sifat basis gigi tiruan lepasan berbahan resin akrilik. Beberapa uji mekanis yang perlu dilakukan diantaranya : uji kekerasan, uji kekuatan fleksural, dan uji kekuatan impak.

A. Uji Kekerasan

Kekerasan adalah sifat yang memberikan gambaran kemampuan menahan goresan, menahan tekanan, dan ketahanan abrasi suatu material (Lubis dan Putranti, 2019). Kekerasan pada bagian permukaan seringkali digunakan sebagai petunjuk dari kemampuan suatu bahan untuk bisa menahan dari adanya pengikisan yang timbul akibat teknik pembersihan gigi tiruan dengan bahan yang bersifat abrasif serta diperlukan untuk mencegah kemungkinan terjadi patah/fraktur pada basis gigi tiruan. Penentuan angka kekerasan dilakukan menggunakan alat uji kekerasan salah satunya berupa *Vickers Hardness Tester* (Gambar 2.3) dengan satuan VHN (Mughtar dkk., 2018).



Gambar 2. 2 Alat *Vickers Hardness Tester*

(Jafary dkk., 2019).

Kekerasan permukaan secara mikro dapat diukur menggunakan alat yang disebut dengan *Microvickers Hardness Tester*. *Microvickers Hardness Tester* secara luas digunakan untuk mengetahui perubahan pada kekerasan permukaan suatu material. Penggunaan yang umum adalah untuk menilai tahap awal pelarutan enamel yang berkaitan dengan demineralisasi serta pelemahan permukaan gigi. Selain itu, uji kekerasan permukaan juga dapat mengetahui penambahan mineral pada permukaan gigi yang mengindikasikan terjadinya remineralisasi strukturnya (Aswal dkk., 2016; Lindawati dan Novia, 2017).

Uji kekerasan permukaan dilakukan dengan meletakkan sampel penelitian di atas meja obyektif. Gambar yang dihasilkan diatur sampai gambar terlihat fokus, selanjutnya tekan tombol start dan lensa akan bergeser berganti dengan *diamond indenter*. Ujung *diamond indenter* akan bergerak turun menekan sampel dengan beban tertentu dan dalam waktu tertentu. Setelah itu, *diamond indenter* akan naik

kembali ke posisi seperti semula dan berganti dengan lensa. Hasil penetrasi kemudian dilihat dan diamati melalui lensa mikroskop dengan pembesaran 400 kali sehingga akan tampak bentuk piramida (Gambar 2.4). Panjang diagonal yang dihasilkan indenter diukur dengan menempatkan 2 tanda garis pada ujung bentukan piramida yang ada pada alat penguji, kemudian tombol baca ditekan sehingga keluar hasil nilai kekerasan pada layar (Gambar 2.5) dengan satuan *Vickers Hardness Number* (VHN) (Aswal dkk., 2016; Izzah dkk., 2019).



Gambar 2. 3 Contoh gambaran hasil penekanan pada uji kekerasan *Vickers* (Muchtar dkk., 2018)



Gambar 2. 4 Contoh nilai kekerasan yang tampak pada layar

(Aswal dkk., 2016)

B. Uji Kekuatan Fleksural

Kekuatan fleksural (*flexural strength*) adalah gambaran kemampuan menahan beban dari tekanan kunyah pada suatu protesa. Kekuatan fleksural sangat dipertimbangkan sebagai indikator kekuatan dari suatu material (Hadianto dkk., 2013). Kekuatan fleksural yang buruk dapat menyebabkan bahan basis gigi tiruan tidak mampu menahan beban berlebih. Kekuatan fleksural yang tinggi dibutuhkan oleh suatu material untuk tahan terhadap tekanan penguyahan. Uji kekuatan fleksural dapat dilakukan antara lain dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) (Sundari dkk., 2016).

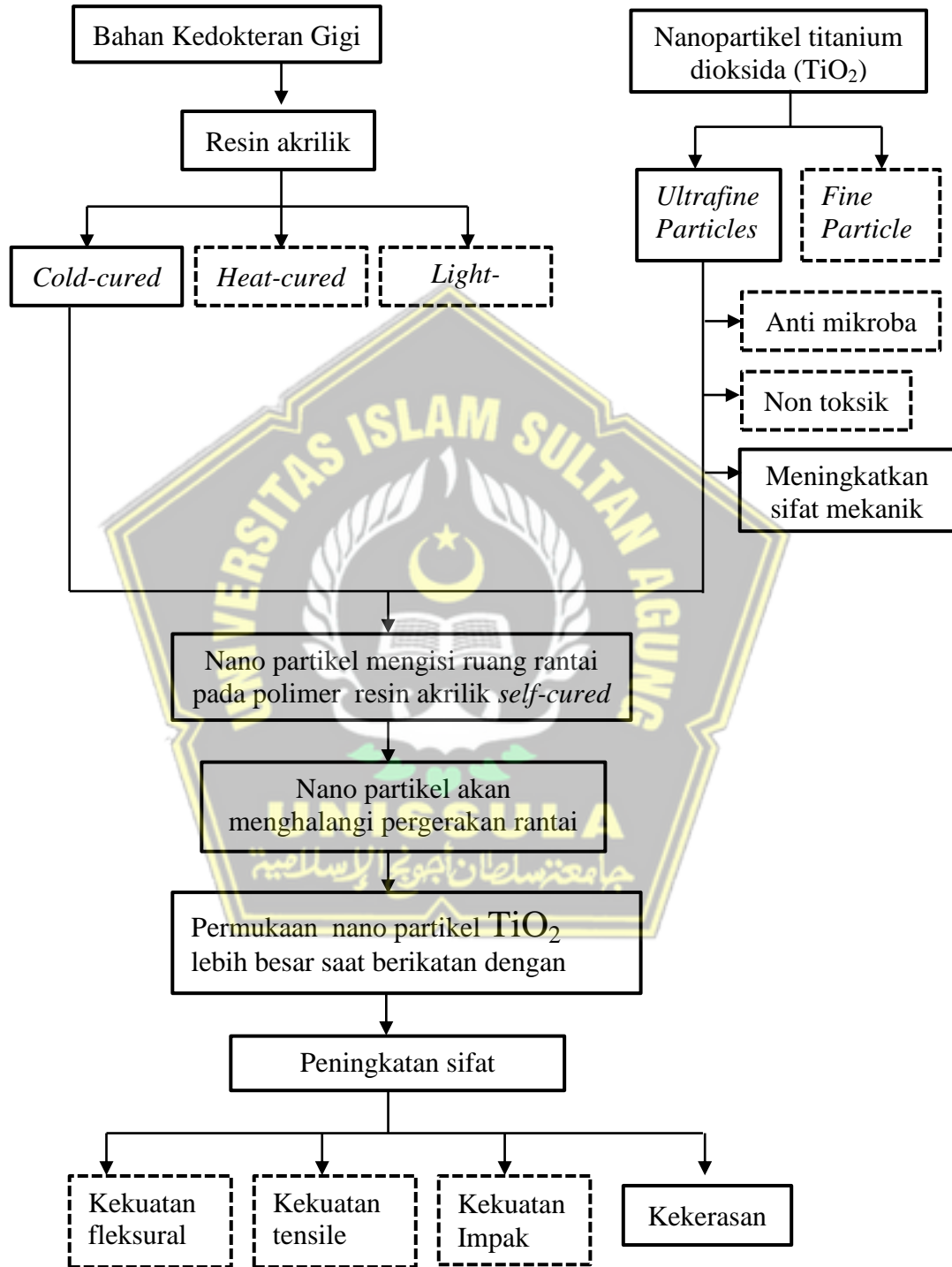
C. Uji Kekuatan Impak

Kekuatan impak adalah kekuatan dari suatu material agar tidak mudah mengalami patah dan memunyai daya tahan bila material tersebut mendapat tekanan yang besar secara tiba-tiba. Kekuatan impak yang optimal diperlukan untuk mencegah kemungkinan terjadi fraktur pada basis gigi tiruan yang terbuat dari resin akrilik. Fraktur tersebut dapat terjadi jika antara lain gigi tiruan resin akrilik terjatuh membentur benda yang keras (Hadianto dkk., 2013). Uji kekuatan impak dapat menggunakan antara lain alat Charpy tester khusus polimer. Kekuatan impak didapatkan dengan cara memberikan energi impak yang menyebabkan patahnya batang sampel basis gigi tiruan dengan bandul dengan kekuatan tertentu (Putranti dan Ulibasa, 2015). Sifat-sifat mekanis yang diuji dari material basis gigi tiruan lepasan berbahan resin akrilik dipengaruhi oleh banyak hal, antara lain penggunaan

filler. *Filler* yang potensial untuk meningkatkan sifat-sifat mekanis suatu material adalah titanium dioksida.

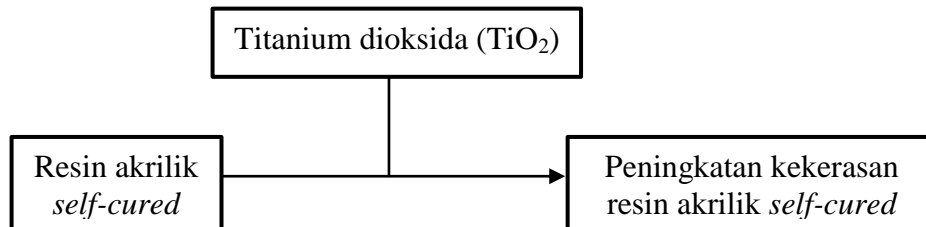


2.9 Kerangka Teori



Gambar 2. 5 Skema kerangka teori

2.10 Kerangka Konsep



Gambar 2. 6 Skema kerangka konsep

2.11 Hipotesis

Filler titanium dioksida (TiO₂) berpengaruh terhadap kekerasan resin akrilik *self-cured*.



BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan *design true experimental in vitro*.

3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian eksperimental murni yang digunakan pada penelitian ini adalah *posttest only with control group design*.



Gambar 3. 1 Skema rancangan penelitian

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekerasan resin akrilik *self-cured*.

3.3.2 Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penambahan filler titanium dioksida.

3.3.3 Variabel terkontrol

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah :

- a. Komposisi basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured* sebagai sampel penelitian,
- b. Prosedur pembuatan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*,
- c. Tempat pembuatan sampel penelitian,
- d. Waktu pembuatan sampel penelitian,
- e. Suhu pembuatan dan penyimpanan sampel penelitian,
- f. Bentuk dan ukuran sampel penelitian: persegi panjang dengan ukuran 65 mm x 10 mm x 2,5 mm.

3.3.4 Variabel tidak terkontrol

Variabel tidak terkontrol dalam penelitian ini adalah ketebalan aktual resin akrilik *self-cured*.

3.4 Definisi Operasional

- 1) Penambahan *filler* titanium dioksida adalah suatu proses menambahkan titanium dioksida dalam kadar tertentu sebagai bahan

pengisi saat proses pembuatan. Kadar *filler* dihitung berdasarkan berat, yaitu 1%, 3%, maupun 5% berat *filler* dibandingkan dengan berat total.

- 2) Kekerasan resin akrilik *self-cured* adalah tingkat keras lunaknya resin akrilik self cured yang dapat diukur dengan menggunakan *Vickers Hardness Tester*. Hasil pengukuran memiliki satuan *Vickers Hardness Number* (VHN), dengan skala data berupa numerik kontinyu.

3.5 Sampel Penelitian

Sampel dihitung dengan rumus Federer, yaitu $(t-1)(r-1) \geq 15$ (Rawung dkk. 2016). Diketahui jumlah kelompok (t) berdasarkan kadar titanium dioksida yang ditambahkan adalah 4, kemudian jumlah sampel per kelompok (r) dapat dihitung sebagai berikut:

$$(t-1)(r-1) \geq 15 \rightarrow (4-1)(r-1) \geq 15 \rightarrow (r-1) \geq 15/3 \rightarrow r \geq 5+1 \rightarrow r \geq 6$$

Tiap kelompok akan terdiri dari 6 sampel, dengan total sebanyak 24 sampel. Pembagian sampel dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Kelompok 1: 6 sampel yang ditambah titanium dioksida 1%
- b. Kelompok 2: 6 sampel yang ditambah titanium dioksida 3%
- c. Kelompok 3: 6 sampel yang ditambah titanium dioksida 5%
- d. Kelompok 4: 6 sampel yang tidak ditambah titanium dioksida (kontrol).

3.6 Instrumen Penelitian

3.6.1 Alat

- a. Alat uji kekerasan *Vickers Hardness Tester*

- b. Kuvet dan pres
- c. Malam
- d. Pisau malam
- e. Gelas ukur, tabung erlenmeyer
- f. Kertas gosok (amplas), bur
- g. Sonikator, *magnetic stirrer*
- h. *Rotary evaporator, vacuum buchner, oven*

3.6.2 Bahan

- a. Monomer dan polimer resin akrilik *self-cured* (merk hillon)
- b. Titanium dioksida (merk cotiox)
- c. *Silane coupling-agent*.

3.7 Cara Penelitian

3.7.1 Pembuatan sampel resin akrilik *self-cured*

Unit eksperimen yang menjadi sampel pada penelitian ini adalah lempeng resin akrilik jenis *self-cured* dengan ukuran 65 mm x 10 mm x 2,5 mm (sesuai ISO No. 1567 tahun 1999) dengan kriteria sampel permukaan halus dan rata, tidak porus, dan ukuran lempeng sama. Pembuatan sampel resin akrilik *self-cured* dilakukan oleh tekniker. Sampel yang digunakan sebanyak 24 buah. Tiap kelompok akan mendapatkan

perlakuan berbeda yaitu ditambahkan *filler* titanium dioksida (TiO_2) dalam kadar 1%, 3%, dan 5%, sedangkan satu kelompok akan dibiarkan menjalani prosedur pembuatan standar sebagai kontrol.

3.7.2 Proses pembuatan silanisasi TiO_2

1. Siapkan tabung berisi 200 ml etanol murni kemudian masukkan nanopartikel TiO_2 seberat 30 gram.
2. Tabung erlenmeyer kemudian diletakkan pada sonikator dengan temperatur ruang selama 20 menit. Lalu digetarkan selama 20 menit menggunakan *magnetic stirrer* dengan getaran 250 rpm hingga homogen.
3. Tambahkan *silane coupling agent* sebanyak 1,5 ml (5% dari nanopartikel TiO_2) ke dalam campuran nanopartikel TiO_2 dan etanol menggunakan syringe steril. Lalu digetarkan menggunakan magnetic stirrer dengan getaran 250 rpm selama 60 menit.
4. Tuangkan ke dalam wadah yang tertutup dan dibiarkan selama 2 hari pada suhu ruang agar *silane coupling agent* dapat meresap secara optimal pada permukaan TiO_2 .
5. Uapkan etanol menggunakan *rotary evaporator* dengan suhu 60°C dan kecepatan 150 rpm selama 30 menit.
6. Gunakan alat *vacuum buchner* untuk menghilangkan sisa etanol dan *silane coupling agent* yang tersisa.

7. TiO_2 yang sudah menjalani silanisasi dikeringkan di dalam oven suhu 60°C selama 20 jam, kemudian dikeluarkan dari oven.
8. TiO_2 diproses menggunakan alat sonikator dengan kecepatan 250 rpm selama 3 menit untuk memecah partikel yang menggumpal.

3.7.3 Pembuatan cetakan (*Mold*)

1. Siapkan malam dibentuk sesuai ukuran 65 mm x 10 mm x 2,5 mm, kemudian tanam malam pada kuvet. Setelah dirasa kering, malam disiram dengan menggunakan air panas.
2. Pada pembuatan sampel kontrol yaitu resin akrilik self-cured tanpa penambahan TiO_2 , dilakukan pengukuran polimer dan monomer resin akrilik self-cured dengan perbandingan 12 gr : 6 ml. Lalu masukkan polimer dan monomer ke dalam pot porselen. Kemudian polimer dan monomer diaduk hingga homogen, ditunggu hingga fase *dough stage*. Lalu masukkan adonan resin akrilik self-cured ke dalam mold.
3. Pada pembuatan sampel resin akrilik self-cured dengan penambahan nanopartikel TiO_2 konsentrasi 1%, nanopartikel TiO_2 yang telah disilanisasi ditimbang sebanyak 0,18 gr. Perhitungan tersebut setara dengan 1% dari total berat polimer dan monomer. Maka perbandingan TiO_2 : polimer : monomer adalah 0,18 gr : 11,82 gr : 6 ml. Nanopartikel TiO_2 , polimer, dan monomer diaduk pada pot porselen hingga homogen. Kemudian ditunggu hingga

fase *dough stage*. lalu masukkan adonan resin akrilik self-cured ke dalam mold.

4. Pada pembuatan sampel resin akrilik self-cured dengan penambahan nanopartikel TiO₂ konsentrasi 3%, nanopartikel TiO₂ yang telah disilanisasi ditimbang sebanyak 0,54 gr. Perhitungan tersebut setara dengan 3% dari total berat polimer dan monomer. Maka perbandingan TiO₂ : polimer : monomer adalah 0,54 gr : 11,46 gr : 6 ml. Nanopartikel TiO₂, polimer, dan monomer diaduk pada pot porselen hingga homogen. Kemudian ditunggu hingga fase *dough stage*. lalu masukkan adonan resin akrilik self-cured ke dalam mold.
5. Pada pembuatan sampel resin akrilik self-cured dengan penambahan nanopartikel TiO₂ konsentrasi 5%, nanopartikel TiO₂ yang telah disilanisasi ditimbang sebanyak 0,9 gr. Perhitungan tersebut setara dengan 5% dari total berat polimer dan monomer. Maka perbandingan TiO₂ : polimer : monomer adalah 0,9 gr : 11,1 gr : 6 ml. Nanopartikel TiO₂, polimer, dan monomer diaduk pada pot porselen hingga homogen. Kemudian ditunggu hingga fase *dough stage*. lalu masukkan adonan resin akrilik self-cured ke dalam mold.
6. Letakkan plastik *cellophane* yang sudah diberi air di atas kuvet bawah lalu menutup dengan kuvet atas. Kuvet dipres selama 5

menit, kemudian keluarkan kuvet dari press kuvet. Kuvet dibuka dan sampel dikeluarkan dari kuvet.

7. Bagian sampel resin akrilik self-cured yang kasar diratakan dengan menggunakan bur *fraser*, kemudian dihaluskan menggunakan kertas pasir secara berurutan dari nomer 100 dilanjutkan nomer 500 kemudian nomer 1500. Pemolesan dilakukan dengan menggunakan bur *feltcone* yang diberi *pumice* dan bur *brush* yang diberi *kryet*.

3.7.4 Pengukuran kekerasan

1. Letakkan sampel di tengah alat tekan supaya kekuatan betul-betul tertuju pada garis uji tengah lempeng. Pastikan meletakkan sampel di atas meja obyek pada alat pengukur tepat di tengah lensa.
2. Fokuskan dengan memutar pegangan untuk fokus searah jarum jam. Setelah gambar tampak fokus, tombol start ditekan, lensa bergeser berganti dengan *diamond indenter*.
3. Tekan tombol agar sistem hidrolik akan mendorong ujung *diamond indenter* turun menekan sampel dengan beban tertentu dan dalam waktu tertentu, kemudian secara otomatis alat akan berhenti bekerja. Setelah itu, *diamond indenter* akan naik dan bergeser berganti dengan lensa seperti pada posisi semula.

4. Hasil penetrasi diamati melalui lensa mikroskop dengan pembesaran 400 kali sehingga akan tampak bentukan piramida (Gambar 2.4).

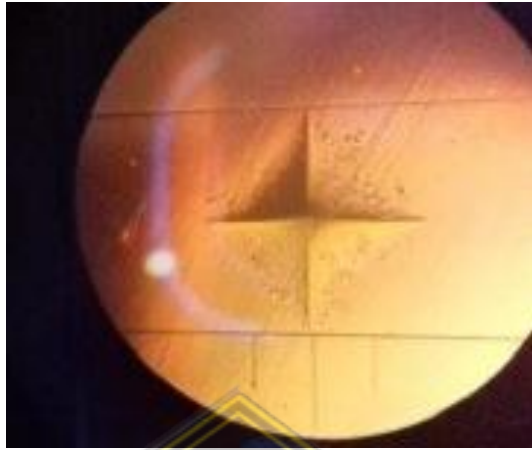
Panjang dari diagonal yang dihasilkan indenter diukur dengan menempatkan 2 tanda garis pada ujung bentukan piramida yang ada pada alat penguji, kemudian tombol baca ditekan sehingga monitor akan menunjukkan angka jumlah beban yang diberikan pada sampel (Gambar 2.5) dengan satuan *Vickers Hardness*

Number (VHN). Rumus yang di pakai adalah
$$HV = 1.8544 \frac{F}{d^2}$$
 (Alhotan dkk., 2021). F adalah pembebanan dan d adalah diagonal rata-rata indentasi.



Gambar 3. 2 Alat *Vickers Hardness Tester*

(Jafary dkk., 2019).



Gambar 3. 3 Contoh gambar hasil uji kekerasan Vickers

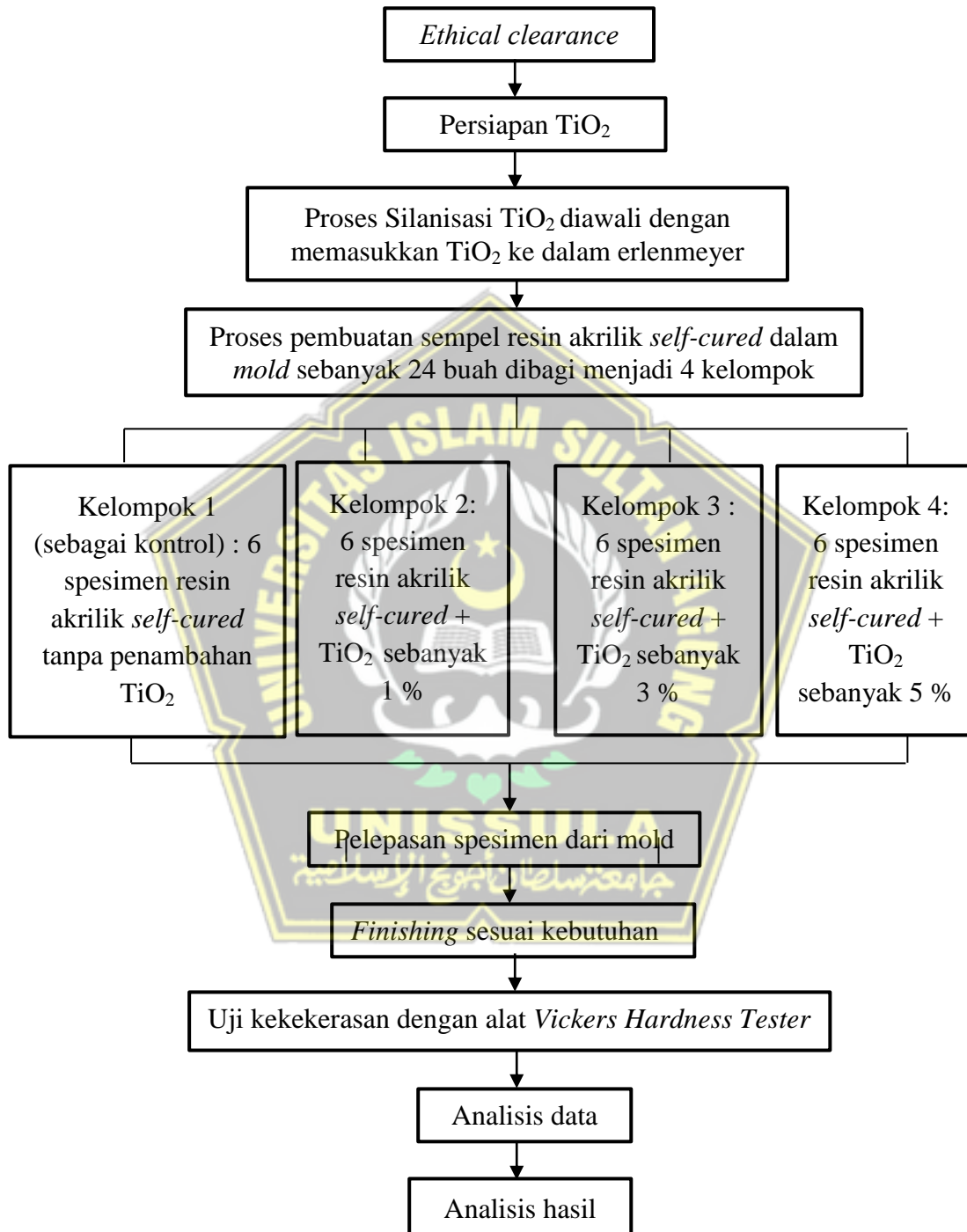
(Muchtar dkk., 2018)



Gambar 3. 4 Contoh nilai kekerasan yang tampak pada layar

(Aswal dkk., 2016)

3.8 Skema Alur penelitian



Gambar 3. 5 Skema alur penelitian

3.9 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2021.

3.10 Rencana Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data yang diperoleh dari uji kekerasan selanjutnya diolah menggunakan SPSS versi 20. Uji normalitas data yang bertujuan untuk menilai distribusi data nilai kekerasan untuk masing-masing kelompok menggunakan uji *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel penelitian <50 . Lalu dilakukan uji homogenitas yang bertujuan untuk menilai homogenitas varian data menggunakan *Levene's test*. Uji *Analysis of variance* (ANOVA) dipilih untuk membandingkan nilai kekerasan antar kelompok, jika data yang dihasilkan terdistribusi normal dan varian homogen atau ketika varian tidak homogen namun jumlah sampel sama antar kelompok, sedangkan jika data terdistribusi tidak normal dan variannya tidak homogen maka digunakan uji *Kruskal-Wallis*. Jika pada uji ANOVA atau alternatifnya ditemukan perbedaan bermakna maka akan dilakukan Uji *Post Hoc* Bonferroni.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh penambahan TiO_2 1%, 3%, dan 5% terhadap kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured* telah dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UGM pada bulan Maret 2021. Kekerasan diuji menggunakan alat *Hardness Micro Vickers* dengan pembebanan 100 gf sebanyak tiga kali dan hasil uji normalitas dan homogenitasnya ditampilkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil uji kekerasan basis gigi tiruan menggunakan *Hardness Micro Vickers* pada penambahan TiO_2 1%, 3%, 5%, dan kontrol.

Kelompok	n	Rerata (VHN)	SD
Kontrol	6	13,625	0,129
TiO_2 1%	6	12,542	0,131
TiO_2 3%	6	15,377	0,445
TiO_2 5%	6	11,39	0,163

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa rerata paling tinggi yaitu pada kelompok dengan penambahan TiO_2 3% ($15,377 \pm 0,455$), sedangkan paling rendah yaitu pada kelompok dengan penambahan TiO_2 5% ($11,39 \pm 0,163$). Selanjutnya dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas, hasilnya ditampilkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil uji normalitas dan homogenitas basis gigi tiruan menggunakan *Hardness Micro Vickers* pada penambahan TiO₂ 1%, 3%, 5%, dan kontrol.

Kelompok	n	<i>p-value</i> Uji <i>Saphiro-Wilk</i>	<i>p-value</i> Uji <i>Levene</i>
Kontrol	6	0,142	
TiO ₂ 1%	6	0,529	0,02
TiO ₂ 3%	6	0,865	
TiO ₂ 5%	6	0,926	

Semua kelompok memiliki hasil uji *Saphiro-Wilk* dengan nilai $p > 0,05$ yang berarti varian data dikategorikan normal. Lalu dilanjutkan dengan uji *Levene* untuk seluruh kelompok sekaligus dan diperoleh nilai $p = 0,02$, yang berarti varian data antar kelompok tergolong tidak homogen, namun karena besar sampel tiap kelompok sama maka dapat dilanjutkan dengan uji ANOVA (Tabel 4.3).

Tabel 4. 3 Hasil uji anova untuk membandingkan nilai rata-rata pada hasil pengukuran uji kekerasan basis gigi tiruan pada penambahan TiO₂ 1%, 3%, dan 5% terhadap kontrol.

Kelompok	n	Mean	F	P
Kontrol	6	13,625		
TiO ₂ 1%	6	12,542	267,11	<0,001
TiO ₂ 3%	6	15,377		
TiO ₂ 5%	6	11,39		

Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai $p < 0,001$ yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna setidaknya pada salah satu kelompok dibandingkan kelompok lainnya. Untuk mengetahui kelompok manakah yang memiliki perbedaan bermakna maka dilakukan uji *post hoc Bonferroni* (Tabel 4.3)

Tabel 4. 4 Hasil uji post hoc bonferroni untuk menunjukkan kelompok dengan perbedaan bermakna pada uji kekerasan basis gigi tiruan menggunakan *Hardness Micro Vickers* pada penambahan TiO₂ 1%, 3%, 5%, dan kontrol.

Kelompok (I)	Kelompok (J)	Selisih rerata (I-J)	P
Kontrol	TiO ₂ 1%	1,083	<0,001
	TiO ₂ 3%	-1,752	<0,001
	TiO ₂ 5%	2,235	<0,001
TiO ₂ 1%	Kontrol	-1,083	<0,001
	TiO ₂ 3%	-2,835	<0,001
	TiO ₂ 5%	1,152	<0,001
TiO ₂ 3%	Kontrol	1,752	<0,001
	TiO ₂ 1%	2,835	<0,001
	TiO ₂ 5%	3,987	<0,001
TiO ₂ 5%	Kontrol	-2,235	<0,001
	TiO ₂ 1%	-1,152	<0,001
	TiO ₂ 3%	-3,987	<0,001

Tabel 4.4 menunjukkan perbedaan bermakna secara statistik ($p < 0,001$) pada kelompok TiO₂ 1%, TiO₂ 3%, dan TiO₂ 5% terhadap kelompok kontrol. Kelompok TiO₂ 1%, dan TiO₂ 5%, memiliki angka bernilai negatif menunjukkan bahwa kekerasan mengalami penurunan ketika dilakukan penambahan TiO₂ sebanyak 1% atau 5%. Peningkatan kekerasan dapat diamati hanya pada penambahan TiO₂ sebanyak 3%.

4.2 Pembahasan

Pengaruh penambahan TiO₂ 1% terhadap kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured* dapat dilihat dari hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa sampel dengan penambahan TiO₂ 1% memiliki kekerasan sebesar 12,542 VHN,

lebih rendah dari kontrol yaitu sebesar 13,625 VHN. Peningkatan kekerasan dapat dipengaruhi oleh dua faktor, kandungan *filler* yang lebih tinggi dan penggunaan *silane coupling agent*, yang berhubungan dengan peningkatan koneksi antara *filler* dan matriks (Alwan dan Alameer, 2015). Hasil penelitian Ahmed dkk (2016), yang meneliti pengaruh penambahan TiO_2 1% terhadap kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *heat-cured* ditemukan bahwa penambahan TiO_2 1% cenderung menurunkan kekerasan meskipun tidak bermakna secara statistik. Sehingga pada penambahan TiO_2 kadar terendah pada penelitian ini (1%) kemungkinan memang kurang berpengaruh terhadap kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*. Jadi pada penelitian ini pemberian TiO_2 1% hasilnya semakin menurunkan kekerasan basis gigi tiruan, dengan kemungkinan mekanisme kurangnya kandungan *filler* sehingga koneksi antara *filler* dan matriks tidak banyak terbentuk.

Pengaruh penambahan TiO_2 3% terhadap kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured* dapat dinilai melalui hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa sampel dengan penambahan TiO_2 3% memiliki kekerasan sebesar 15,377 VHN, lebih tinggi dari kontrol yaitu sebesar 13,625 VHN. Temuan bermakna dari penelitian ini ialah bahwa penambahan TiO_2 3% dapat meningkatkan kekerasan resin akrilik *self-cured*. Ikatan silang antar molekul pada lapisan permukaan material lebih besar dibandingkan lapisan internal material, menghasilkan peningkatan kekerasan pada permukaan material yang diuji (Alrahlah dkk., 2018). TiO_2 bertindak sebagai benda kaku dalam matriks PMMA yang mengarah pada

peningkatan kekakuannya, pengurangan mobilitas, dan volume bebasnya, tanpa mempengaruhi sifat elemen atau struktur komposit yang akhirnya nampak sebagai peningkatan kekerasan (Hashem dkk., 2017).

Nanotube titanium yang tersusun rapi dan memiliki ukuran nanotube yang lebih panjang dapat membantu menjaga stabilitas polimer yang ditambahkan TiO_2 (Naji dkk., 2018). Porras dkk (2016), mengevaluasi kekerasan pada komposit yang diperkuat dengan nanotube titanium. Mereka menyimpulkan bahwa nanotube titanium yang terdispersi dengan baik dapat meningkatkan sifat mekanik. Mereka juga menyarankan bahwa dalam nanotube non-aglomerasi, sifat mekanik yang lebih baik dari komposit polimer yang ditambahkan TiO_2 dapat dicapai dengan menggunakan TiO_2 nanotube yang berukuran lebih panjang.

Hasil pada penelitian ini sejalan Alwan dan Alameer (2015) yang melaporkan bahwa kekerasan permukaan resin akrilik *heat-cured* meningkat secara bermakna setelah penambahan TiO_2 3%. Alrahlah dkk (2018), melaporkan peningkatan kekerasan resin akrilik *heat-cured* sebesar 35% dengan penambahan TiO_2 sebanyak 3%. Penambahan TiO_2 sebanyak 2,5% juga berpengaruh meningkatkan secara signifikan kekerasan permukaan resin akrilik *heat-cured* pada penelitian oleh Naji dkk (2018). Jadi pada penelitian ini pemberian TiO_2 3% meningkatkan kekerasan basis gigi tiruan, dengan kemungkinan mekanisme yaitu optimalnya kandungan *filler* sehingga koneksi antara *filler* dan matriks banyak terbentuk dan terdispersi dengan baik.

Pengaruh penambahan TiO_2 5% terhadap kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured* dapat diketahui berdasarkan hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa sampel dengan penambahan TiO_2 5% memiliki kekerasan sebesar 11,39 VHN, lebih rendah dari kontrol yaitu sebesar 13,625 VHN. TiO_2 pada dasarnya memiliki kekerasan yang sangat tinggi, yang berkontribusi pada sifat mekanik resin. Sun dkk. 2011, menyampaikan bahwa terdapat proporsi massa TiO_2 optimal yang memungkinkan resin mencapai kekerasan maksimum, serta dijelaskan bahwa terdapat adanya pengaruh suhu yang besarnya berbeda-beda terhadap sifat fisik akrilik yang diteliti. Peningkatan kadar *filler* meningkatkan kekerasan permukaan komposit hingga mencapai tingkat optimal tertentu. Hal ini dapat dikaitkan dengan fakta bahwa ketika kadar *filler* sudah mencapai kadar optimal untuk matriks melalui penggunaan *stirrer* dan *mixer* maka aglomerasi (penggumpalan) komposit berkurang, dan akan kembali timbul aglomerasi jika melewati kadar optimal (Alhotan dkk., 2021).

Penelitian ini sejalan dengan penelitian Alhotan dkk. 2021, yang melaporkan bahwa tingkat kekerasan tertinggi yang dapat dicapai adalah pada penambahan TiO_2 3%. Jadi pada penelitian ini pemberian TiO_2 5% hasilnya menurunkan kekerasan basis gigi tiruan, dengan kemungkinan mekanisme ialah kelebihan kandungan *filler* dibandingkan kadar optimal (3%) sehingga terbentuk aglomerasi komposit yang menurunkan kekerasannya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan titanium dioksida (TiO_2) terhadap kekerasan basis gigi tiruan resin akrilik *self-cured*, dapat disimpulkan bahwa :

5.1.1 Penambahan TiO_2 3% dapat meningkatkan kekerasan resin akrilik *self-cured*, dan peningkatannya bermakna secara statistik.

5.1.2 Penambahan TiO_2 1% dan 5% akan menurunkan kekerasan resin akrilik *self-cured*.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, disarankan bahwa:

5.2.1 Perlu mempertimbangkan keuntungan dan kerugian penambahan TiO_2 terhadap berbagai sifat mekanik resin akrilik *self-cured*.

5.2.2 Perlu penelitian lain untuk meningkatkan kekerasan resin akrilik *self-cured*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M.A., El-Shennawy, M., Althomali, M.Y., dan Omar, A.A. 2016. Effect of Titanium Dioxide Nano Particles Incorporation on Mechanical and Physical Properties on Two Different Types of Acrylic Resin Denture Base. *World J. Nano Sci. Eng.* 6(3):111–119. diakses: <http://dx.doi.org/10.4236/wjnse.2016.63011> [17 Juni 2021]
- Akay, C., dan Avukat, E.N. 2019. Effect Of Nanoparticle Addition On Polymethylmethacrylate Resins. *Acta Sci. Dent. Sci.* 3(7):91–97. diakses: <https://actascientific.com/ASDS/pdf/ASDS-03-0577.pdf> [17 Juni 2021]
- Al-Albani, S.N. 2005. *Ringkasan Shahih Bukhari*. Jakarta: Pustaka As-Sunnah.
- Albarrag, A.M., Alothman, O.Y., Elsharawy, M.A., Al-Rez, M.F., dan Ansari, S.G. 2017. Effect of Nigella sativa extracts on Candida species adhesion to acrylic denture base material and on nanomechanical properties. *Sci. Adv. Mater.* 9(5):775–781. diakses: <https://www.ingentaconnect.com/contentone/asp/sam/2017/00000009/00000005/art00012> [17 Juni 2021]
- Alhotan, A., Yates, J., Zidan, S., dan Haider, J. 2021. Flexural Strength and Hardness of Filler-Reinforced PMMA Targeted for Denture Base Application. *Materials (Basel)*. 14(2659):1–14. diakses: <https://doi.org/10.3390/ma14102659> [17 Juni 2021]
- Ali, A.A. Al, Sheet, O.A., dan Taqa, A.A. 2013. The Effect of Different Curing Techniques on the Degree of Bond Conversion for Different Types of Acrylic Resin Materials. *Al Rafidain Dent J.* 13(2):351–357. diakses: <https://www.iasj.net/iasj/download/b0c6460d3943df57> [17 Juni 2021]
- Allen, N.S., Mahdjoub, N., Vishnyakov, V., Kelly, P.J., dan Kriek, R.J. 2018. The effect of crystalline phase (anatase, brookite and rutile) and size on the photocatalytic activity of calcined polymorphic titanium dioxide (TiO₂). *Polym. Degrad. Stab.* 150(2):31–36. diakses: <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S014139101830051X> [17 Juni 2021]
- Alrahlah, A., Fouad, H., Hashem, M., Niazy, A.A., dan Badah, A. 2018. Titanium Oxide (TiO₂)/polymethylmethacrylate (PMMA) denture base nanocomposites: Mechanical, viscoelastic and antibacterial behavior. *Materials (Basel)*. 11(7):1–15. diakses: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6073300/> [17 Juni 2021]
- Alwan, S.A., dan Alameer, S.S. 2015. The Effect of the Addition of Silanized Nano Titania Fillers on Some Physical and Mechanical Properties of Heat Cured Acrylic Denture Base Materials. *J. Baghdad Coll. Dent.* 27(1):86–91. diakses: <https://jbcd.uobaghdad.edu.iq/index.php/jbcd/article/view/639> [17 Juni 2021]
- Anshary, M.F., Cholil, dan Arya, I.W. 2014. Gambaran Pola Kehilangan Gigi Sebagian Pada Masyarakat Desa Guntung Ujung Kabupaten Banjar. *Dentino J. Kedokt. Gigi.* 2(2):138–143. diakses: <https://fkg.ulm.ac.id/id/wp-content/>

uploads/2016/01/GAMBARAN-POLA-KEHILANGAN-GIGI-SEBAGIAN-PADA-MASYARAKAT.pdf[17 Juni 2021]

- Arora,S., Arora,A., Upadhyaya,V., dan Jain,S.2016.Comparative evaluation of marginal leakage of provisional crowns cemented with different temporary luting cements: In vitro study.*J. Indian Prosthodont. Soc.*16(1):42–48.diakses: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4832796/>[17 Juni 2021]
- Asal,S.A., dan Al-Alshiekh,H.M.2017.Heat-cured acrylic resin versus light-activated resin: A patient, professional and technician-based evaluation of mandibular implant-supported overdentures.*Niger. J. Clin. Pract.* 20(12):1596–1603.diakses: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29378993/>[17 Juni 2021]
- Aswal,D., Batubara,F.Y., dan Panggabean,E.S.2016.Perbandingan antara Pemberian Keju Oles Olahan dengan dan tanpa Pasta CPP-ACP terhadap Kekerasan Permukaan Enamel.*Dentika Dent. J.*19(1):47–51.diakses: <https://talenta.usu.ac.id/dentika/article/view/149>[17 Juni 2021]
- Badr,R.M.A.2019.Investigating Some of the Mechanical Properties of Glass-Ionomers Cements Modified with ZnO and TiO₂ Nanoparticles.*Diyala J. Pure Sci.*15(4):85–97.diakses: <https://www.iasj.net/iasj/article/169539>[17 Juni 2021]
- Bhattacharya,S.R., Ray,P.K., Makhal,M., dan Sen,S.K.2014.Incidence and Causes of Fracture of Acrylic Resin Complete Denture.*J. Evol. Med. Dent. Sci.*3(69):14787–14793.diakses: <https://www.semanticscholar.org/paper/INCIDENCE-AND-CAUSES-OF-FRACTURE-OF-ACRYLIC-RESIN-Bhattacharya-Ray/f792c338f57b72087c39c09ba3d49b054d095c54>[17 Juni 2021]
- Bhochhibhoya,A., Acharya,B., Rana,S.B., Sharma,R., dan Maskey,B.2018.Survey of current materials and impression techniques for Complete Dentures among Nepalese Prosthodontists.*J. Coll. Med. Sci.*14(2):75–80.diakses: <https://www.nepjol.info/index.php/JCMSN/article/view/20242/19541> [17 Juni 2021]
- Campbell,S.D., Cooper,L., Craddock,H., Hyde,T.P., dan Seymour,D.W.2017.Removable partial dentures: The clinical need for innovation.*J. Prosthet. Dent.*118(3):273–280.diakses: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28343666/>[17 Juni 2021]
- Driscoll,C.F., Freilich,M.A., Guckes,A.D., Knoernschild,K.L., dan McGarry,T.J.2017.The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition.*J. Prosthet. Dent.*117(5):1–105.diakses: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28418832/>[17 Juni 2021]
- Fatihallah,A.A., dan Jani,G.H.2016.Evaluation the Effect of Adding Silanized Silicon Dioxide Nano Filler and Carbon Nanotube Composite on Some Properties of Heat Cured Acrylic Denture Base Material.*J. Al Rafidain Univ. Coll.*(38):1–15.diakses: https://www.researchgate.net/publication/325050355_Evaluation_the_Effect_of_Adding_Silanized_Silicon_Dioxide_Nano_Filler_and_Carbon_Nanotube_Composite_on_Some_Properties_of_Heat_Cured_Acrylic_Denture_Base[17 Juni 2021]
- Fueki,K., Ohkubo,C., Yatabe,M., Arakawa,I., dan Yatani,H.2014.Clinical

- application of removable partial dentures using thermoplastic resin-Part I: Definition and indication of non-metal clasp dentures.*J. Prosthodont. Res.*58(1):3–10.diakses: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24461323/>[17 Juni 2021]
- Gad,M.M., dan Abualsaud,R.2019.Behavior of PMMA denture base materials containing titanium dioxide nanoparticles: A literature review.*Int. J. Biomater.*6190610:1–14.diakses: <https://www.hindawi.com/journals/ijbm/2019/6190610/>[17 Juni 2021]
- Gad,M.M., Fouda,S.M., Harbi,F.A., Nöpänkangas,R., dan Raustia,A.2017.PMMA denture base material enhancement: A review of fiber, filler, and nanofiller addition.*Int. J. Nanomedicine.*12:3801–3812.diakses: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5440038/>[17 Juni 2021]
- Gazquez,M.J., Bolívar,J.P., Garcia,R., dan Vaca,F.2014.A Review of the Production Cycle of Titanium Dioxide Pigment.*Mater. Sci. Appl.*5(7):441–458.diakses: https://file.scirp.org/pdf/MSA_2014052916520642.pdf[17 Juni 2021]
- Hadianto,E., Widjijono, dan Herliansyah,M.K.2013.Pengaruh Penambahan Polyethylene Fiber Dan Serat Sisal Terhadap Kekuatan Fleksural Dan Impak Base Plate Komposit Resin Akrilik.*Indones. Dent. J.*2(2):57–67.diakses: <https://journal.umy.ac.id/index.php/di/article/view/577>[17 Juni 2021]
- Hamad,Q.A.2017.Investigation Some Mechanical Properties of Self Cured PMMA Resin Reinforced by Different Types of Nano Particles.*Iraqi J. Mech. Mater. Eng.*17(3):585–598.diakses: <https://www.iasj.net/iasj/article/136034>[17 Juni 2021]
- Hamouda,I.M., dan Beyari,M.M.2014.Addition of glass fibers and titanium dioxide nanoparticles to the acrylic resin denture base material: comparative study with the conventional and high impact types.*Oral Health Dent. Manag.*13(1):107–112.diakses: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24603926/>[17 Juni 2021]
- Hashem,M., Rez,M.F., Fouad,H., Elsarnagawy,T., dan Ansari,S.G.2017.Influence of titanium oxide nanoparticles on the physical and thermomechanical behavior of poly methyl methacrylate (PMMA): A denture base resin.*Sci. Adv. Mater.*9(6):938–944.diakses: <https://www.ingentaconnect.com/content/10.1166/sam.2017.3087>[17 Juni 2021]
- Ibrahim,I., Luthfia,P., dan Aryani,W.J.2018.The effect of denture cleansing solution (H2O2) on the water solubility of self-cured acrylic resin.*Padjadjaran J. Dent.*30(3):162–168.diakses: <http://jurnal.unpad.ac.id/pjd/article/download/16114/9831>[17 Juni 2021]
- Izzah,R., Arya,I.W., dan Sukmana,B.I.2019.Pengaruh Perendaman Ekstrak Daun Kemangi 12,5% dan Batang Pisang Mauli 25% terhadap Kekerasan Permukaan Resin Akrilik.*Dentin J. Kedokt. Gigi.*3(3):68–74.diakses: <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/dnt/article/view/1346>[17 Juni 2021]
- Jafary,M., Hashem,M.I., Khadhari,M.A., Alshammery,S.A., dan Assery,M.K.2019.Effect of Nanoparticles on Physico-Mechanical Properties of Flowable Dental Composite Resins.*Sci. Adv. Mater.*11(7):986–993.diakses:

- <https://www.ingentaconnect.com/contentone/asp/sam/2019/00000011/00000007/art00010>[17 Juni 2021]
- Jambur,H.R., Nadiger,V.G., dan Nadiger,G.S.2016.Application of Polymers in Denture and Its Developments.*J. Polym. Text. Eng.*3(5):43–48.diakses: <https://www.semanticscholar.org/paper/Application-of-Polymers-in-Denture-and-Its-Basak-Datta/279831fb6fe299ef49ee7812d2f4055440b60be8>[17 Juni 2021]
- Jayaraman,S., Singh,B.P., Ramanathan,B., Pazhaniappan,M., dan Kirubakaran,R.2018.Final-impresion techniques and materials for making complete and removable partial dentures.*Cochrane Database Syst. Rev.*(4):1–81.diakses: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29617037/>[17 Juni 2021]
- Jorge,J.R.P., Barão,V.A., Delben,J.A., Faverani,L.P., dan Assunção,W.G.2013.Titanium in Dentistry: Historical development, state of the art and future perspectives.*J. Indian Prosthodont. Soc.*13(2):71–77.diakses: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3634937/>[17 Juni 2021]
- Juwita,A., Widaningsih, dan Prabowo,P.B.2018.Perbedaan Kekuatan Impak Pada Bahan Resin Akrilik Self Cured dengan Penambahan Zirconium Dioxide (Zro2) Nanopartikel.*Dent. J. Kedokt. Gigi.*12(1):51–59.diakses: <http://journal-denta.hangtuah.ac.id/index.php/denta/article/download/167/150>[17 Juni 2021]
- Kul,E., Aladağ,L.İ., dan Yesildal,R.2016.Evaluation of thermal conductivity and flexural strength properties of poly(methyl methacrylate) denture base material reinforced with different fillers.*J. Prosthet. Dent.*116(5):803–810.diakses: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022391316300038>[17 Juni 2021]
- Kundie,F., Azhari,C.H., Muchtar,A., dan Ahmad,Z.A.2018.Effects of filler size on the mechanical properties of polymer-filled dental composites.*J. Phys. Sci.*29(1):141–165.diakses: <https://jps.usm.my/mechanical-properties-of-polymer-filled-dental-composites/>[17 Juni 2021]
- Lindawati,Y., dan Novia.2017.Efek obat kumur mengandung cengkeh terhadap kekerasan enamel gigi.*Makassar Dent J.*6(1):25–29.diakses: <http://jurnal.pdgimakassar.org/index.php/MDJ/article/view/18>[17 Juni 2021]
- Lubis,M.D.O., dan Putranti,D.T.2019.Pengaruh Penambahan Aluminium Oksida pada Bahan Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas terhadap Kekerasan dan Kekasaran Permukaan.*B-Dent J. Kedokt. Gigi Univ. Baiturrahmah.*6(1):1–8.diakses: <https://jurnal.unbrah.ac.id/index.php/bdent/article/view/202>[17 Juni 2021]
- Mangkat,Y., Wowor,V.N.S., dan Mayulu,N.2015.Pola Kehilangan Gigi Pada Masyarakat Desa Roong Kecamatan Tondano Barat Minahasa Induk.*J. e-Gigi.*3(2):508–514.diakses: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/egigi/article/view/10015/9600>[17 Juni 2021]
- Marsigid,D., dan Gunawan,I.2019.Pengaruh Pemanasan Berulang dengan Suhu yang Sama terhadap Impact Strength Resin Akrilik Berbagai Merk.*J. Imejing.*3(1):1–12.diakses: <http://ejournal.atro-bali.ac.id/index.php/imejing/>

- article/viewFile/34/27[17 Juni 2021]
- Massie,N.S.W., Wowor,V.N.S., dan Tendea,L.2016.Kualitas hidup manusia lanjut usia pengguna gigi tiruan di Kecamatan Wanea.*J. e-Gigi.4(2)*:133–139.diakses: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/egigi/article/view/13651>[17 Juni 2021]
- Mokodompit,R.I., Siagian,K. V., dan Anindita,P.S.2015.Persepsi Pasien Pengguna Gigi Tiruan Lepasn Berbasis Akrilik Yang Menggunakan Jasa Dokter Gigi Di Kotamobagu.*e-GIGI.3(1)*:216–222.diakses: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/egigi/article/download/8077/7637>[17 Juni 2021]
- Mosalman,S., Rashahmadi,S., dan Hasanzadeh,R.2017.The effect of TiO₂ nanoparticles on mechanical properties of poly methyl methacrylate nanocomposites.*Int. J. Eng. Trans. B Appl.30(5)*:807–813.diakses: http://www.ije.ir/article_72950.html[17 Juni 2021]
- Muchtar,A.E., Widaningsih, dan Apsari,A.2018.Pengaruh Perendaman Resin Akrilik Heat Cured dalam Ekstrak Sargassum ilicifolium Sebagai Bahan Pembersih Gigi Tiruan Terhadap Kekerasan Permukaan.*Dent. J. Kedokt. Gigi.12(1)*:1–8.diakses: <http://journal-denta.hangtuah.ac.id/index.php/denta/article/download/166/143>[17 Juni 2021]
- Murakami,N., Wakabayashi,N., Matsushima,R., Kishida,A., dan Igarashi,Y.2013.Effect of high-pressure polymerization on mechanical properties of PMMA denture base resin.*J. Mech. Behav. Biomed. Mater.20*:98–104.diakses: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23455166/>[17 Juni 2021]
- Murwaningsih,S., dan Wahyuni,S.2019.Hubungan Kehilangan Gigi Anterior dengan Estetika, Gangguan Bicara dan Status Nutrisi pada Pengunjung Puskesmas di Kota Bandar Lampung.*J. Ilm. Keperawatan Sai Betik.15(1)*:43–47.diakses: <https://ejournal.poltekkes-tjk.ac.id/index.php/JK EP/article/view/1320>[17 Juni 2021]
- Naji,S.A., Behroozibakhsh,M., Kashi,T.S.J., Eslami,H., dan Rakhshan,V.2018.Effects of incorporation of 2.5 and 5 wt% TiO₂ nanotubes on fracture toughness, flexural strength, and microhardness of denture base poly methyl methacrylate (PMMA).*J. Adv. Prosthodont.10(2)*:113–121.diakses: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29713431/>[17 Juni 2021]
- Nejatian,T., Nathwani,N., Taylor,L., dan Sefat,F.2020.Denture Base Composites: Effect of Surface Modified Nano- and Micro-Particulates on Mechanical Properties of Polymethyl Methacrylate.*Materials (Basel).13(307)*:1–20.diakses: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7013693/>[17 Juni 2021]
- Omran,A., Akil,H., dan Arifin,Z.2017.Impact strength, fracture toughness and hardness improvement of PMMA denture base through addition of nitrile rubber/ceramic fillers.*Saudi J. Dent. Res.8(1)*:26–34.diakses: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352003516300041>[17 Juni 2021]
- Paola,A., Bellardita,M., dan Palmisano,L.2013.Brookite, the least known TiO₂ photocatalyst.*Catalysts.3(1)*:36–73.diakses: <https://www.mdpi.com/2073-4344/3/1/36>[17 Juni 2021]

- Pentapati,L., Srinivas,K., Shankar,Y.R., Swetha,V., dan Krishna,M.H.2017.Effects of Addition of Aluminum Oxide on Flexural Strength and Hardness of Acrylic Resins.*IOSR J. Dent. Med. Sci.*16(3):1–6.diakses: <http://www.iosrjournals.org/iosr-jdms/papers/Vol16-issue3/Version-3/A1603030106.pdf>[17 Juni 2021]
- Porras,R., Bavykin,D.V., Zekonyte,J., Walsh,F.C., dan Wood,R.J.2016.Titanate nanotubes for reinforcement of a poly(ethylene oxide)/chitosan polymer matrix.*Nanotechnology.*27(19):1–10.diakses: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27039947/>[17 Juni 2021]
- Pramidi,M., dan Herdiyati,Y.2015.Penggunaan Removable Partial Denture dengan PMMA pada Anak Post-Labiopalatoplasty.*J. Mater. Kedokt. Gigi.*4(2):34–42.diakses: <http://jurnal.pdgi.or.id/index.php/jmkg/article/view/234>[17 Juni 2021]
- Prasad,K.D., Shetty,M., Alva,H., dan Prasad,A.D.2012.Provisional Restorations in Prosthodontic Rehabilitations - Concepts, Materials and Techniques.*Nitte Univ. J. Heal. Sci.*2(2):72–77.diakses: [http://nitte.edu.in/journal/june Split/Nitte University Journal June 2012_72_77.pdf](http://nitte.edu.in/journal/june%20Split/Nitte%20University%20Journal%20June%202012_72_77.pdf)[17 Juni 2021]
- Purwiandono,G., dan Kartini,I.2015.Synthesis of Porous TiO₂ with Starch Template and Its Photoactivity towards Photodegradation of Methylene Blue.*Eksakta J. Imu-Ilmu MIPA.*15(1):1–13.diakses: <https://journal.uii.ac.id/Eksakta/article/view/4376>[17 Juni 2021]
- Putranti,D.T., dan Ulibasa,L.P.2015.Pengaruh perendaman basis gigi tiruan resin akrilik polimerisasi panas dalam minuman tuak aren terhadap kekasaran permukaan dan kekuatan impak.*J. Mterial Kedokt. Gigi.*4(2):43–53.diakses: <http://jurnal.pdgi.or.id/index.php/jmkg/article/download/235/203>[17 Juni 2021]
- Rahmah,R.A., Saputera,D., dan Puspitasari,D.2017.Pengaruh Asap Rokok Terhadap Perubahan Warna Pada Basis Gigi Tiruan Resin Termoplastik Nilon.*Dentino J. Kedokt. Gigi.*2(1):84–89.diakses: <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/dentino/article/view/2606>[17 Juni 2021]
- Rahmayani,L., dan Idawani,M.2013.Perilaku pemakai gigi tiruan terhadap pemeliharaan kebersihan gigi tiruan lepasan.*J. PDGI.*62(3):83–88.diakses: <http://jurnal.pdgi.or.id/index.php/jpdgi/article/view/49>[17 Juni 2021]
- Rawung,V.J.R., Wowor,V.N.S., dan Siagian,K.V.2016.Uji Kekuatan Tekan Plat Resin Akrilik Polimerisasi Panas yang Direndam dalam Minuman Berkarbonasi.*Pharmacon J. Ilm. Farm. UNSRAT.*5(2):166–170.diakses: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/pharmacon/article/view/12185>[17 Juni 2021]
- Regish,K.M., Sharma,D., dan Prithviraj,D.R.2011.Techniques of fabrication of provisional restoration: An overview.*Int. J. Dent.*134659:1–5.diakses: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3195530/>[17 Juni 2021]
- Saeed,F., Muhammad,N., Khan,A.S., Sharif,F., dan Irfan,M.2020.Prosthodontics dental materials: From conventional to unconventional.*Mater. Sci. Eng. C.*106:1–17.diakses: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928493118331795>[17 Juni 2021]
- Safi,I.N.2014.Evaluation the Effect of Nano-Fillers (TiO₂, AL₂O₃, SiO₂)



- Addition on Glass Transition Temperature, E-Modulus and Coefficient of Thermal Expansion of Acrylic Denture Base Material.*J. Baghdad Coll. Dent.*26(1):37–41.diakses: <https://jbcd.uobaghdad.edu.iq/index.php/jbcd/article/view/294>[17 Juni 2021]
- Setyowati,O., Sujati, dan Wahjuni,S.2019.Pattern of Demand for Making Dentures at Dental Laboratory in Surabaya City, Indonesia.*J. Vocat. Heal. Stud.*3(1):1–5.diakses: <https://e-journal.unair.ac.id/JVHS/article/view/15194>[17 Juni 2021]
- Shusta,F.H., Rahman,M.M., Rahman,M.M., Islam,M.S., dan Islam,S.S.2016.Comparison of Changes of Gingival Condition in Self-Cured and Heat-Cured Acrylic Resin Provisional Crown in Fixed Prosthodontics Treatment.*J. Sci. Found.*13(2):31–35.diakses: <https://www.banglajol.info/index.php/JSF/article/view/27930>[17 Juni 2021]
- Siagian,K.V.2016.Kehilangan sebagian gigi pada rongga mulut.*e-Clinic.*4(1):1–6.diakses: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/eclinic/article/view/12316>[17 Juni 2021]
- Sofya,P.A., Rahmayani,L., Fatmawati,F., dan Bahan,A.2016.Tingkat Kebersihan Gigi Tiruan Sebagian Lepas Resin Akrilik Ditinjau Dari Frekuensi Dan Metode Pembersihan.*J. Syiah Kuala Dent. Soc.*1(1):91–95.diakses: <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JDS/article/view/4327>[17 Juni 2021]
- Sun,J., Forster,A.M., Johnson,P.M., Eidelman,N., dan Wu,W.L.2011.Improving performance of dental resins by adding titanium dioxide nanoparticles.*Dent. Mater.*27(10):972–982.diakses: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564111001692>[17 Juni 2021]
- Sundari,I., Sofya,P.A., dan Hanifa,M.2016.Studi Kekuatan Fleksural antara Resin Akrilik Heat Cured dan Termoplastik Nilon Setelah Direndam dalam Minuman Kopi Uleekareng (Coffea robusta).*J Syiah Kuala Dent Soc.*1(1):51–58.diakses: <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JDS/article/view/4321>[17 Juni 2021]
- Susianawati,Y.N., Indrastuti,M., dan Dipoyono,H.M.2016.Pengaruh Desain Preparasi Finishing Line Dan Semen Resin Terhadap Kebocoran Mikro Copping Logam Gigi Tiruan Cekat.*J. Kedokt. Gigi.*7(2):191–198.diakses: <https://journal.ugm.ac.id/jkg/article/view/30189/18248>[17 Juni 2021]
- Utama,I.G.K.P., Sudirman,P.L., dan Suarjana,K.2018.Gambaran dan faktor yang berhubungan dengan penggunaan gigi tiruan pada penduduk usia lanjut di Desa Selemadeg, Kabupaten Tabanan, Bali.*Bali Dent. J.*2(2):72–76.diakses: <http://jkg-udayana.org/ojs/index.php/bdj/article/view/111>[17 Juni 2021]
- Wahjuni,S., dan Mandanie,S.A.2017.Fabrication of Combined Prosthesis With Castable Extracoronary Attachments (Laboratory Procedure).*J. Vocat. Heal. Stud.*1(2):75–81.diakses: <https://e-journal.unair.ac.id/JVHS/article/view/6575>[17 Juni 2021]
- Wahjuni,S., Rejeki,S., dan Wafi,A.S.2019.Pembuatan Unilateral Overdenture dengan Retensi Kombinasi Horizontal dan Vertical Attachment (Prosedur Laboratoris).*J. Vocat. Heal. Stud.*3:11–16.diakses: <https://media.neliti.com/media/publications/289369-fabrication-of-unilateral-over-denture-w-969b5ba6.pdf>[17 Juni 2021]

- Wijaya,W., dan Andryas,I.2019.Pengaruh teknik langsung dan tidak langsung pembuatan mahkota sementara resin akrilik autopolimerisasi terhadap ketepatan margin.*Padjajaran J. Dent. Res. Students.3*(2):104–109.diakses: <http://jurnal.unpad.ac.id/pjdrs/article/view/23906>[17 Juni 2021]
- Yamamoto,T., Sato,Y., Watanabe,H., Punj,A., dan Ohkubo,C.2018.A simple technique for impression taking of teeth and functionally generated paths.*Restor. Dent. Endod.43*(1):1–6.diakses: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5816998/>[17 Juni 2021]




LAMPIRAN

Lampiran 1. *Ethical Clearance*

 KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG <small>Sekretariat: Fakultas Kedokteran Gigi UNISSULA Jl. Raya Kaligawe Km.04 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584, Fax 024-6594366</small>	
KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK DESCRIPTION OF ETHICAL APPROVAL "ETHICAL APPROVAL" No. 278/B.1-KEPK/SA-FKG/VI/2021	
Protokol penelitian yang diusulkan oleh : <i>The research protocol proposed by</i>	
Peneliti utama <i>Principal In Investigator</i>	: MONALISA
Pembimbing <i>Supervisor</i>	: 1. drg. Helmi Fathurrahman, Sp.Pros 2. Ema Dwi Agustin, S.Psi
Nama Instutusi <i>Name of the Institution</i>	: FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI UNISSULA
Tempat Penelitian <i>Research Place</i>	: 1. OSCE CENTER FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI UNISSULA 2. LABORATORIUM KIMIA ANORGANIK UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG 3. LABORATORIUM BAHAN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS GAJAH MADA
Dengan Judul <i>Title</i>	: PENGARUH FILLER TITANIUM DIOKSIDA (TiO₂) TERHADAP KEKERASAN RESIN AKRILIK SELF-CURED
Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu: 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan / Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan 7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.	
<i>Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards : 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion /</i>	
<i>Guidelines This is as indicated by the fulfillment of the indicators of each standard.</i>	
Pernyataan Laik Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 1 Maret 2021 sampai dengan tanggal 1 Maret 2022.	
<i>This declaration of ethics applies during the period March 1, 2021 until March 1, 2022.</i>	
Semarang, 20 April 2021 Ketua Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Gigi UNISSULA	
Mengetahui, Wakil Dekan I	 <u>Dr. drg. Yayun Siti Roehmah, Sp. BM</u> NIK. 210100058
	  <u>drg. Nurhapsari, Sp.KG</u> 0012021

Lampiran 2. Surat Keterangan Penelitian



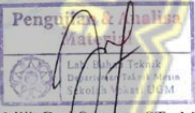
LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
SURAT KETERANGAN

Laboratorium Bahan Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM menerangkan bahwa:

Nama : Monalisa
 NIM : 31101700051
 Prodi : Kedokteran Gigi
 Institusi : Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Telah melakukan pengujian **kekerasan** menggunakan alat *Hardness Micro Vickers (HMV)* pada tanggal 15 Maret 2021 - 20 Maret 2021 di Laboratorium Bahan Teknik untuk Karya Tulis Ilmiah dengan judul: "Pengaruh *Filler Titanium Dioksida (TiO₂) Terhadap Kekerasan Resin Akrilik Self-Cured*"

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 20 Maret 2021
 Ka Sub.Lab. Bahan Teknik

 Lilik Dw. Setyana, ST., MT
 NIP. 197703312002121002

Lembar asli, tidak untuk digandakan

UNISSULA
 جامعة سلطان أبجوع الإسلامية

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

Lampiran 3. Hasil Analisa Data

Descriptives

Meanhvn

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% CI for Mean		Min	Max
					Lower	Upper		
1	6	13.625	.1291	.0527	13.490	13.760	13.5	13.8
2	6	12.542	.1308	.0534	12.404	12.679	12.3	12.7
3	6	15.377	.4450	.1817	14.910	15.844	14.7	16.0
4	6	11.390	.1628	.0665	11.219	11.561	11.2	11.6
Total	24	13.233	1.5185	.3100	12.592	13.875	11.2	16.0

Tests of Normality

	Group	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
meanhvn	1	.219	6	.200*	.875	6	.142
	2	.172	6	.200*	.923	6	.529
	3	.205	6	.200*	.966	6	.865
	4	.212	6	.200*	.861	6	.926

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Test of Homogeneity of Variances

meanhvn

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.097	3	20	.020

ANOVA

Meanhvn

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	51.741	3	17.247	267.114	.000
Within Groups	1.291	20	.065		
Total	53.033	23			

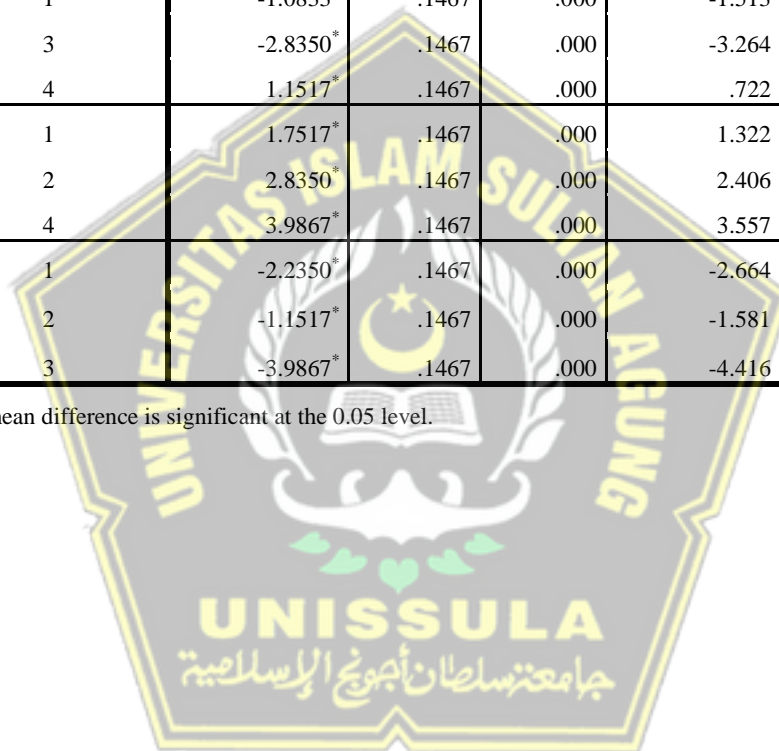
Multiple Comparisons

Meanhvn

Bonferroni

(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	1.0833*	.1467	.000	.654	1.513
	3	-1.7517*	.1467	.000	-2.181	-1.322
	4	2.2350*	.1467	.000	1.806	2.664
2	1	-1.0833*	.1467	.000	-1.513	-.654
	3	-2.8350*	.1467	.000	-3.264	-2.406
	4	1.1517*	.1467	.000	.722	1.581
3	1	1.7517*	.1467	.000	1.322	2.181
	2	2.8350*	.1467	.000	2.406	3.264
	4	3.9867*	.1467	.000	3.557	4.416
4	1	-2.2350*	.1467	.000	-2.664	-1.806
	2	-1.1517*	.1467	.000	-1.581	-.722
	3	-3.9867*	.1467	.000	-4.416	-3.557

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

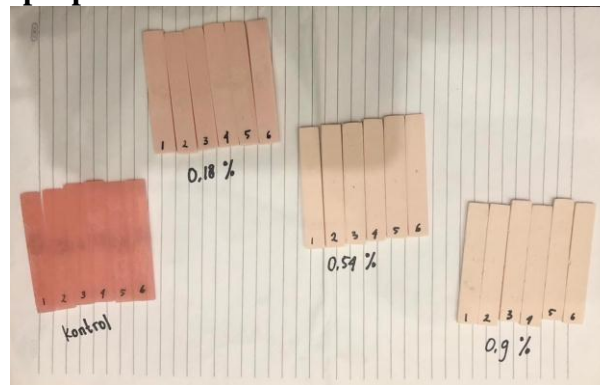


Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian

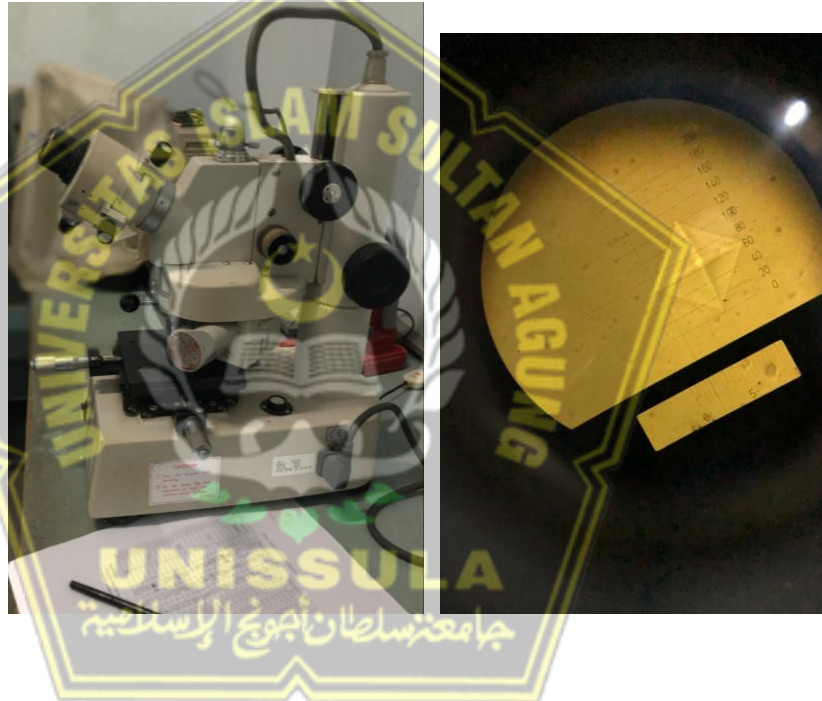
1. Proses silanisani TiO₂



2. Sampel penelitian



3. Uji kekerasan



KTI monalisa

ORIGINALITY REPORT

23%

SIMILARITY INDEX

22%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	journal-denta.hangtuah.ac.id Internet Source	6%
2	repositori.usu.ac.id Internet Source	2%
3	download.garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	2%
4	repositori.unhas.ac.id Internet Source	2%
5	core.ac.uk Internet Source	1%
6	jurnal.pdgi.or.id Internet Source	1%
7	123dok.com Internet Source	1%
8	es.scribd.com Internet Source	1%
9	repositori.unimus.ac.id Internet Source	<1%

10	idoc.pub Internet Source	<1 %
11	repository.unair.ac.id Internet Source	<1 %
12	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
13	pdfs.semanticscholar.org Internet Source	<1 %
14	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	<1 %
15	edoc.pub Internet Source	<1 %
16	Submitted to Udayana University Student Paper	<1 %
17	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
18	repository.trisakti.ac.id Internet Source	<1 %
19	ejournal3.undip.ac.id Internet Source	<1 %
20	etd.unsyiah.ac.id Internet Source	<1 %
21	ppjp.ulm.ac.id Internet Source	<1 %

22	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
23	repository.uksw.edu Internet Source	<1 %
24	thesis.umi.ac.id Internet Source	<1 %
25	journal.umi.ac.id Internet Source	<1 %
26	Submitted to iGroup Student Paper	<1 %
27	Putri Hagalang Sinta, Dewi Klarita Furtuna, Fatmaria Fatmaria. "UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL 96% UMBI BAWANG SUNA (Allium schoenoprasum L.) TERHADAP PERTUMBUHAN Staphylococcus aureus DAN Staphylococcus saprophyticus DENGAN METODE DIFUSI CAKRAM KIRBY-BAUER", Herb-Medicine Journal, 2020 Publication	<1 %
28	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	<1 %
29	media.neliti.com Internet Source	<1 %
30	pt.scribd.com Internet Source	<1 %

31	repository.uinsu.ac.id Internet Source	<1 %
32	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
33	W PANPA, P SUJARIDWORAKUN, S JINAWATH. "Photocatalytic activity of TiO ₂ /ZSM-5 composites in the presence of SO ₄ ²⁻ ion", Applied Catalysis B: Environmental, 2008 Publication	<1 %
34	docplayer.info Internet Source	<1 %
35	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
36	jurnal.unsyiah.ac.id Internet Source	<1 %
37	ojs3.unpatti.ac.id Internet Source	<1 %
38	Chusnul Chotimah, Rachmi Bachtiar, Muhammad Jayadi Abdi, Andi Tenri Biba, Maqhfirah Amiruddin. "Perbedaan Pengolesan Edible Coating Terhadap Ketahanan Warna Plat Akrilik Heat Cured Direndam Kopi Robusta", Sinnun Maxillofacial Journal, 2021 Publication	<1 %

39	Krista V. Siagian. "Kehilangan sebagian gigi pada rongga mulut", e-CliniC, 2016 Publication	<1 %
40	Yoghi B. Prabowo, Natalia P. Ibrahim, Indah Saraswati. "Pengaruh Variasi Waktu Perendaman dalam Ekstrak Daun Teh Hijau (Camellia sinensis) terhadap Stabilitas Dimensi Alginat", e-GiGi, 2021 Publication	<1 %
41	dimasariiefw.blogspot.com Internet Source	<1 %
42	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
43	Inda P. Kaliey, Vonny N. S. Wowor, Benedictus S. Lampus. "Perilaku pemeliharaan kebersihan gigi tiruan lepasan pada masyarakat Desa Kema II Kecamatan Kema", e-GIGI, 2016 Publication	<1 %
44	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
45	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
46	repository.uinjkt.ac.id Internet Source	<1 %

47 Learny T.M. Sormin, Jimmy F. Rumampuk, Vonny N.S. Wowor. "Uji kekuatan transversal resin akrilik polimerisasi panas yang direndam dalam larutan cuka aren", e-GIGI, 2017
Publication <1%

48 jurnal.ugm.ac.id
Internet Source <1%

49 www.scribd.com
Internet Source <1%

50 Shupe Sun, Xiaoming Liao, Guangfu Yin, Yadong Yao, Zhongbing Huang, Ximing Pu. "Enhanced electrochemical performance of TiO₂ nanotube array electrodes by controlling the introduction of substoichiometric titanium oxides", Journal of Alloys and Compounds, 2016
Publication <1%

Exclude quotes On Exclude matches < 5 words
Exclude bibliography On

