

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Resin komposit merupakan salah satu bahan restoratif pilihan di bidang kedokteran gigi karena kemampuannya meniru sifat mekanis dan memberikan hasil estetika menyerupai gigi asli (Cho et al., 2022). Keunggulan ini membuat resin komposit banyak digunakan pada restorasi gigi anterior maupun posterior (Josic et al., 2023). Performa klinis resin komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk komposisi material, karakteristik *filler*, dan mode penyinaran (Cho et al., 2022; Kamaraj, 2020; Miletic, 2018).

Meskipun banyak digunakan dalam restorasi gigi, resin komposit konvensional memiliki keterbatasan, salah satunya adalah penyusutan selama polimerisasi yang dapat menimbulkan celah mikro pada antarmuka gigi dan tepi restorasi. Kondisi ini meningkatkan risiko karies sekunder yang menjadi salah satu penyebab utama kegagalan restorasi. Worthington et al. (2021) melaporkan bahwa restorasi resin komposit memiliki hampir dua kali lipat risiko kegagalan dibandingkan amalgam, terutama disebabkan oleh tingginya kejadian karies sekunder.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dikembangkan resin komposit *fluoride release* yang mampu melepaskan ion fluor. Salah satu jenisnya adalah *Surface Pre-Reacted Glass-ionomer* (S-PRG) *filler* yang dapat membantu remineralisasi jaringan gigi, menghambat perkembangan lesi sekunder, serta memperpanjang umur restorasi (Miletic, 2018; Zenkner-Neto et al., 2022). *Filler fluoride release* memiliki manfaat terapeutik, termasuk meningkatkan ketahanan terhadap demineralisasi, merangsang regenerasi kompleks dentin-pulpa, memperkuat gigi, menetralkan asam, meningkatkan mineralisasi, menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur, serta menghambat aktivitas matriks metaloproteinase (Imazato et al., 2023; Inoue et al., 2022; Mayumi, Miyaji, & Sugaya, 2020; Miyaji et al., 2020).

Meskipun memiliki manfaat biologis, resin komposit *fluoride release* cenderung memiliki kekuatan mekanis yang lebih rendah dibandingkan resin komposit dengan *filler* lain (Kula et al., 2024). Hal ini menjadi tantangan khususnya pada restorasi gigi posterior yang memerlukan daya tahan tinggi terhadap tekanan kunyah (Imazato, n.d.; Kaga et al., 2023). Salah satu pendekatan untuk meningkatkan kekuatan mekanisnya adalah dengan menambahkan *filler* jenis lain, seperti *ceramic cluster*. *Ceramic cluster filler* memiliki struktur mikro yang homogen sehingga dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan mekanis resin komposit (Elfakhri et al., 2022; Kim, 2012). Dengan demikian, kombinasi antara *filler fluoride release* yang bersifat bioaktif dengan *ceramic cluster* yang unggul secara mekanis diharapkan dapat menghasilkan material restorasi dengan keseimbangan optimal antara sifat biologis dan daya tahan mekanis.

Selain faktor komposisi dan jenis *filler*, mode penyinaran juga memengaruhi sifat fisik dan mekanis resin komposit. Mode *soft-start* memulai penyinaran dengan intensitas rendah yang meningkat secara bertahap untuk mengurangi stres polimerisasi, sedangkan mode normal menggunakan intensitas konstan selama proses polimerisasi (Bengal et al., 2024; Kotecha et al., 2024; Makhdoom et al., 2018). Pemilihan mode penyinaran yang tepat dapat membantu mengoptimalkan sifat resin komposit, termasuk kekerasan mikro, terutama jika dikombinasikan dengan desain *filler*



Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kekerasan mikro resin komposit *fluoride release* dengan dua jenis *filler*, yaitu S-PRG dan *ceramic cluster*, menggunakan dua mode penyinaran, yaitu *soft-start* dan normal.

1.2. Perumusan Masalah

Apakah jenis S-PRG *filler* dan *ceramic cluster* serta mode penyinaran normal dan *soft-start* mempengaruhi kekerasan mikro resin komposit *fluoride release*?

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan

1.3.1.1 Tujuan Umum

Mengevaluasi pengaruh mode penyinaran yang berbeda terhadap kekerasan mikro resin komposit *fluoride release* dengan kandungan *ceramic cluster filler* dan S-PRG *filler*.

1.3.1.2 Tujuan Khusus

1. Mengukur kekerasan mikro resin komposit *fluoride release* dengan *ceramic cluster filler* dan SPR-G *filler* setelah dilakukan penyinaran dengan mode normal dan mode soft start.
2. Membandingkan perbedaan kekerasan mikro antar kelompok resin komposit berdasarkan mode penyinaran mode soft-start dan normal.

1.3.2. Manfaat

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan mengenai sifat mekanis resin komposit *fluoride release*, khususnya dalam hal kekerasan mikro dan kontribusi *filler* dan faktor mode penyinaran.
2. Memberikan informasi kepada praktisi kedokteran gigi atau industri material kedokteran gigi mengenai optimalisasi penggunaan resin komposit *fluoride release* melalui modifikasi *filler* dan mode penyinaran.

1.4. Hipotesa Penelitian

- 1) H₀: Jenis S-PRG *filler* dan *ceramic cluster* serta mode penyinaran normal dan *soft-start* tidak mempengaruhi kekerasan mikro resin komposit *fluoride release*.
- 2) H₁: Jenis S-PRG *filler* dan *ceramic cluster* serta mode penyinaran normal dan *soft-start* mempengaruhi kekerasan mikro resin komposit *fluoride release*.



BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

2.1.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratoris.

2.1.2 Desain Penelitian

Desain penelitian adalah post-test only control group design.

2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

2.2.1 Waktu penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April – Mei 2025

2.2 Lokasi Penelitian

- a. Pembuatan sampel penelitian dilakukan di Laboratorium Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin
- b. Pengukuran kekerasan mikro dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Hasanuddin

2.3. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

2.3.1. Variabel Penelitian

- | | |
|---------------------------------------|---|
| Variabel bebas (<i>independent</i>) | : Mode penyinaran (normal dan <i>soft-start</i>) |
| Variabel terikat (<i>dependent</i>) | : Kekerasan mikro, komposit <i>fluoride release</i> |
| Variabel kendali | : Ukuran sampel, waktu penyinaran, |
| Variabel antara | : Polimerisasi |

2.3.2. Definisi Operasional

- a. Mode penyinaran normal adalah mode penyinaran yang dilakukan dengan intensitas cahaya konstan selama proses polimerisasi dengan output sebesar 1200 mW/cm² selama 10 detik.
- b. Mode penyinaran *soft-start* adalah mode penyinaran yang dimulai dengan intensitas rendah dan meningkat bertahap hingga mencapai 1400 mW/cm² dengan total durasi 15 detik.



kekerasan mikro adalah ketahanan material terhadap deformasi plastis, yang biasanya diukur dengan menggunakan gaya lekukan. Tingkat kekerasan permukaan mikroskopis resin komposit diukur dengan menggunakan Vickers Hardness Number (VHN) dengan *Vickers Hardness Tester* dengan beban 1000 gf dan dwell-time 20 detik yang diperoleh dari rata-rata tiga titik indentasi pada blok resin komposit.

- d. Resin komposit dengan SPR-G *filler* adalah bahan restoratif resin komposit berbasis polimer yang mengandung kombinasi Surface Pre-Reacted Glass-ionomer (S-PRG) *filler*.
- e. Resin komposit dengan *ceramic cluster filler* adalah partikel pengisi anorganik yang terdiri atas agregat mikroskopis dari partikel keramik seperti zirkonia dan silika, yang saling bergabung membentuk struktur berkluster.

2.4 Bahan dan Alat

2.4.1 Bahan

- Resin komposit Beautifil-II *Universal*, Shofu Inc., Japan *shade A1*.
- Resin komposit Beautifil *Injectable X*, Shofu Inc., Japan *shade A1*.
- Resin komposit TMR-Z *Fill 10 Universal*, Yamakin Co., LTD., Japan *shade A1*.
- Resin komposit TMR-Z *Fill 10 Flow*, Yamakin Co., LTD., Japan *shade A1*.



Tabel 2.1 Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama Bahan	Pabrik	Nomor	Komposisi	Filler (vol%-wt%)	Instruksi Pabrik
1.	Beautifil II <i>Universal</i>	Shofu Inc. (Jepang)	71428	Bis-GMA, TEGDMA, <i>S-PRG filler</i> dari bahan dasar <i>fluoroboroalu- minosilicate glass,</i> alumina, Camphorquino- ne, pigmen. Nanohybrid	83.3 wt% 68.6 vol% 0.01–4.0 μm ; 0.8 μm	- Bersihkan permukaan gigi secara menyeluruh untuk menghilangkan plak. - Pilih warna yang sesuai dengan menggunakan <i>shade guide</i> saat gigi masih lembab. - Preparasi kavitas. - Isolasi dengan <i>rubber dam</i>. - Jika pulpa terbuka atau kavitas dekat dengan pulpa, tutup pulpa dengan kalsium hidroksida, dll. Jangan gunakan bahan yang mengandung eugenol karena dapat menghambat polimerisasi atau adhesi bahan. - Aplikasikan bahan adesif sesuai instruksi pabrik. - Aplikasikan Beautifil II pada kavitas dan bentuk sesuai anatomi gigi. Tutup rapat setelah digunakan. - <i>Light-curing</i>. Jika kavitas dalam, lakukan teknik inkremental secara bertahap dan <i>light-curing</i> tidak melebihi 2 mm. Jika permukaan kavitas besar, lakukan penyinaran dalam beberapa bagian. Unit <i>light-cure</i> Halogen: 20 detik, panjang gelombang 400-500 nm, intensitas cahaya $\geq 500 \text{ mW/cm}^2$; LED: 10 detik, panjang gelombang: 440-490 nm, intensitas cahaya $\geq 1000 \text{ mW/cm}^2$.



2. Beautifil
Injectable X

Shofu
Inc.
(Jepang)

72097

Bis-GMA,
TEGDMA, Bis-
MPEPP, S-
PRG filler
dari bahan
dasar
fluoroboroalu-
minosilicate
glass Al₂O₃,
photoinisiator,
pigmen.

Nanohybrid



- Setelah proses *light-curing*, buat kontur gigi, kemudian lakukan *finishing* dan *polishing*.
- Bersihkan permukaan gigi secara menyeluruh untuk menghilangkan plak.
- Pilih warna yang sesuai dengan menggunakan *shade guide* saat gigi masih lembab.
- Preparasi kavitas.
- Isolasi dengan *rubber dam*.
- Jika pulpa terbuka atau kavitas dekat dengan pulpa, tutup pulpa dengan Ca(OH)₂, dll. Jangan gunakan bahan yang mengandung eugenol karena dapat menghambat polimerisasi atau adhesi bahan.
- Aplikasikan bahan adesif sesuai instruksi pabrik.
- Aplikasikan Beautifil Injectable X pada kavitas dan bentuk sesuai anatomi gigi. Tutup rapat setelah digunakan.
- *Light-curing*. Jika kavitas dalam, lakukan teknik inkremental secara bertahap dan *light-curing* tidak melebihi 2 mm. Jika permukaan kavitas besar, lakukan *light-cure* dalam beberapa bagian. Unit *light-cure* Halogen: 20 detik, panjang gelombang 400-500 nm, intensitas cahaya ≥ 500 mW/cm²; LED: 10 detik, panjang gelombang: 440-490 nm, intensitas cahaya ≥ 1000 mW/cm².
- Setelah proses *light-curing*, buat kontur gigi, kemudian lakukan *finishing* dan *polishing*.



3.	TMR-Z Fill 10 <i>Universal</i>	Yamakin Co., LTD. (Jepang)	230AA BZX00 066000	Methacrylate monomer, inorganic <i>fillers</i> (silica, alumina, and zirconia), pigments, dll.	55 vol% < 20 μ m 0.5-50 μ m	- Bersihkan permukaan gigi. - Pilih warna dengan shade guide. - Preparasi kavitas. Hilangkan karies dan bentuk kavitas sesuai prinsip preparasi. Isolasi untuk mencegah kontaminasi saliva. - Aplikasi bonding sesuai dengan instruksi pabrik. - Penambalan dan <i>curing</i>. Untuk unit <i>light-cure</i>. Halogen: 20 detik, panjang gelombang 400-515 nm, intensitas cahaya 400 mW/cm²; LED: 10 detik, panjang gelombang: 450-480 nm, intensitas cahaya $\geq$ 1000 mW/cm². Ketebalan 1.5 mm setiap <i>curing</i>.
						
4.	TMR-Z Fill 10 <i>Flow</i>	Yamakin Co., LTD. (Jepang)	230AA BZX00 066000	Methacrylate monomer, inorganic <i>fillers</i> (silica, alumina, and zirconia), pigments, dll.	42 vol% < 20 μ m 0.5-50 μ m	- Koreksi dan polishing hasil restorasi dengan silicone point, dll. - Bersihkan permukaan gigi. - Pilih warna dengan shade guide. - Preparasi kavitas. Hilangkan karies dan bentuk kavitas sesuai prinsip preparasi. Isolasi untuk mencegah kontaminasi saliva. - Aplikasi bonding sesuai dengan instruksi pabrik. - Penambalan dan <i>curing</i>. Untuk unit <i>light-cure</i>. Halogen: 20 detik, panjang gelombang 400-515 nm, intensitas cahaya 400 mW/cm²; LED: 10 detik, panjang gelombang: 450-480 nm, intensitas cahaya $\geq$ 1000 mW/cm². Ketebalan 1.5 mm setiap <i>curing</i>. - Koreksi dan polishing hasil restorasi dengan silicone point, dll
 Optimized using trial version www.balesio.com						

2.4.2 Alat

- Cetakan kubus silikon 5x5x5
- Plastic filling instrument (Nexton Mfg., Pakistan)
- Digital caliper (Adoric, USA)
- Light Meter Light Cure (Woodpecker, Guilin, Cina)
- Light cure LED (Noblesse-E; intensitas cahaya 1000 ± 200 mW/cm²; Panjang gelombang 430nm~490nm)
- Kertas Amplas grit 5000 dan 7000.
- EVE Diacomp Plus Twist (EVE Ernst Vetter GmbH, Jerman)
- Aquadest
- Ultrasonic cleaner (Krisbow, Indonesia)
- *Vickers Hardness Tester Machine* (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan)

2.5 Sampel Penelitian

Penelitian ini menggunakan 4 jenis resin komposit dengan dua jenis mode penyinaran dengan pembagian sebagai berikut:

- Kelompok I (TU-S): TMR-Z Fill 10 *Universal* penyinaran *soft-start*.
- Kelompok II (TU-N): TMR-Z Fill 10 *Universal* penyinaran normal.
- Kelompok III (TF-S): TMR-Z Fill 10 *Flow* penyinaran *soft-start*
- Kelompok IV (TF-N): TMR-Z Fill 10 *Flow* penyinaran normal.
- Kelompok V (BU-S): Beautifil-II *Universal* penyinaran *soft-start*.
- Kelompok VI (BU-N): Beautifil-II *Universal* penyinaran normal.
- Kelompok VII (BF-S): Beautifil Injectable-X penyinaran *soft-start*.
- Kelompok VIII (BF-S): Beautifil Injectable-X penyinaran normal.

2.6. Perhitungan Besar Sampel

Besar sampel penelitian dihitung menggunakan rumus Federer

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



Jumlah kelompok penelitian
Jumlah sampel
Jumlah penelitian

$$7n \geq 15 + 7$$
$$n \geq 3.14$$

Optimized using
trial version
www.balesio.com

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah sampel untuk setiap kelompok penelitian adalah 3 sampel. Untuk memenuhi syarat distribusi normal pada uji statistik maka ditetapkan sampel untuk setiap kelompok penelitian adalah 5, sehingga jumlah keseluruhan sampel untuk satu kelompok uji adalah $8 \times 5 = 40$ sampel. 40 sampel untuk pengukuran kekerasan mikro permukaan.

2.7 Prosedur Penelitian

2.7.1. Persiapan Sampel

Lakukan kalibrasi *light curing unit* dengan light meter untuk memastikan *output* cahaya sebesar 1200 mW/cm² untuk mode normal dan 1400 mW/cm² untuk output maksimal mode *soft-start* pada setiap pembuatan sampel.

- Kelompok 1 (TU-S) : Resin komposit TMR-Z Fill 10 *Universal* dibuat dalam cetakan silicon berukuran 5x5x5 secara inkremental dengan ketebalan 1mm pada lapisan dasar dilanjutkan 2 mm tiap lapisan. Setiap lapisan dilakukan penyinaran selama 15 detik dengan mode *soft-start*.
- Kelompok II (TU-N): Resin komposit TMR-Z Fill 10 *Universal* dibuat dalam cetakan silicon berukuran 5x5x5 secara inkremental dengan ketebalan 1mm pada lapisan dasar dilanjutkan 2 mm tiap lapisan. Setiap lapisan dilakukan penyinaran selama 10 detik dengan mode Normal.
- Kelompok III (TF-S): Resin komposit TMR-Z Fill 10 *Flow* dibuat dalam cetakan silicon berukuran 5x5x5 secara inkremental dengan ketebalan 1mm pada lapisan dasar dilanjutkan 2 mm tiap lapisan. Setiap lapisan dilakukan penyinaran selama 15 detik dengan mode *soft-start*.
- Kelompok IV (TF-N): Resin komposit TMR-Z Fill 10 *Flow* dibuat dalam cetakan silicon berukuran 5x5x5 secara inkremental dengan ketebalan 1mm pada lapisan dasar dilanjutkan 2 mm tiap lapisan. Setiap lapisan dilakukan penyinaran selama 10 detik dengan mode Normal.
- Kelompok V (BU-S): Resin komposit Beautifil-II *Universal* dibuat dalam cetakan silikon berukuran 5x5x5 secara inkremental dengan ketebalan 1mm pada lapisan dasar dilanjutkan 2 mm tiap lapisan. Setiap lapisan dilakukan penyinaran selama 15 detik dengan mode *soft-start*.
- Kelompok VI (BU-N): Resin komposit Beautifil-II *Universal* dibuat dalam cetakan silicon berukuran 5x5x5 secara inkremental dengan ketebalan 1mm pada lapisan dasar dilanjutkan 2 mm tiap lapisan. Setiap lapisan dilakukan penyinaran selama 10 detik dengan mode Normal.
- Kelompok VII (BF-S): Resin komposit Beautifil Injectable-X dibuat dalam cetakan silicon berukuran 5x5x5 secara inkremental dengan ketebalan 1mm pada lapisan dasar dilanjutkan 2 mm tiap lapisan. Setiap lapisan dilakukan penyinaran selama 15 detik dengan mode *soft-start*.



- Kelompok VIII(BF-S): Resin komposit Beautifil Injectable-X dibuat dalam cetakan silikon berukuran 5x5x5 secara inkremental dengan ketebalan 1mm pada lapisan dasar dilanjutkan 2 mm tiap lapisan. Setiap lapisan dilakukan penyinaran selama 10 detik dengan mode Normal.

Sampel kemudian dikeluarkan dari cetakan dan dihaluskan dengan menggunakan kertas amplas dengan *grit* 5.000 dan 7000 secara bertahap, lalu dilanjutkan dengan polishing menggunakan EVE Diacomp Plus Twist 2 tahap, *medium pre-polisher (pink)* dan *fine high-shine polisher (grey)*. Ukuran sampel dipastikan mempunyai ukuran 5x5x5 mm dengan *digital caliper*. Sampel dibersihkan dengan cara direndam dalam *ultrasonic cleaner* dan larutan aquabidest untuk memastikan tidak ada sisa serbuk *polishing* pada blok resin komposit.

2.7.2 Prosedur Uji Kekerasan Mikro

Pengukuran kekerasan mikro permukaan dilakukan dengan menggunakan *Vickers Hardness Tester* pada 3 titik indentasi. Beban yang digunakan sebesar 100 g dengan *dwell-time* 20 detik. prosedur kerja *Vickers Hardness Tester*:

1. Letakkan sampel pada meja pengujian dan atur ketinggian meja, sesuaikan dengan tingkat fokus antara mikroskop dan sampel yang dapat dilihat melalui monitor *display*.
2. Tekan tombol *start* sehingga indenter secara otomatis akan berpindah ke sampel.
3. Tentukan titik tengah pertemuan garis vertikal dan horizontal.

Prosedur penelitian dapat dilihat pada gambar 2, kerangka teori dapat dilihat pada gambar 3, dan kerangka konsep pada gambar 4.

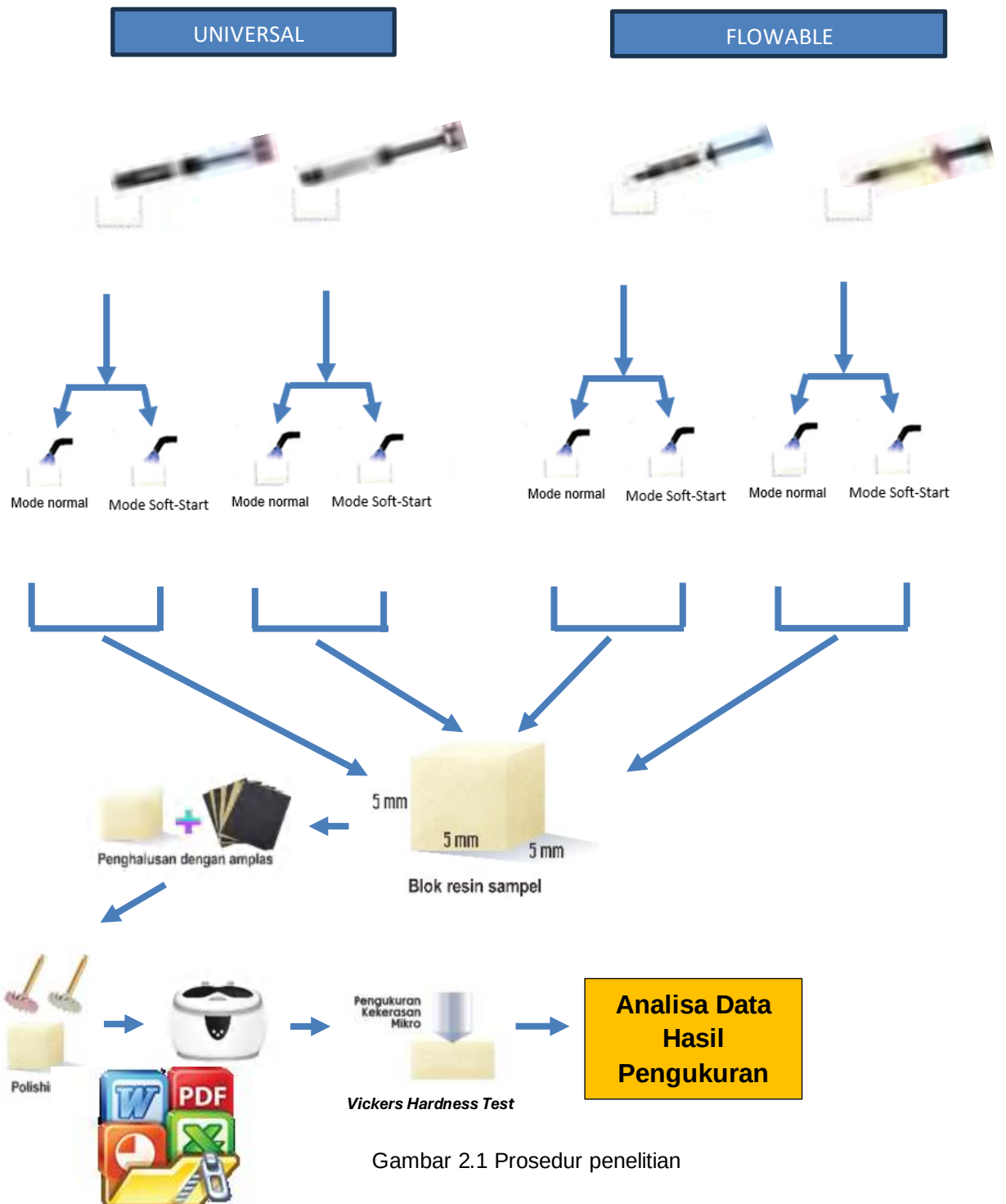
2.8 . Analisis Data

Jenis data	: Data primer
Pengelolaan data	: SPSS 26 untuk Windows 11
Analisis data	: Uji analisis Kruskal Wallis dilanjutkan Uji Mann-Whitney
Penyajian data	: dalam bentuk tabel dan gambar



engamatan

s (VH) ditentukan dari nilai rata-rata 3 titik indentasi pada setiap



Gambar 2.1 Prosedur penelitian