

**ANALISIS KEKERASAN MIKRO DAN POROSITAS DENTIN GIGI TIKUS  
WISTAR SETELAH APLIKASI *PULP-OUT* SEBAGAI ALTERNATIF  
BAHAN DEVITALISASI PULPA**



**Oleh:**

**MUSTAKIM MUSTAFA  
J025191012**

**Pembimbing:**

- 1. DR. drg. Maria Tanumihardja, MDSc**
- 2. DR. drg. Aries Chandra Trilaksana, Sp.KG(K)**

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS  
PROGRAM STUDI KONSERVASI GIGI  
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

**ANALISIS KEKERASAN MIKRO DAN POROSITAS DENTIN GIGI TIKUS  
WISTAR SETELAH APLIKASI *PULP-OUT* SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN  
DEVITALISASI PULPA**

**TESIS**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai  
Gelar Profesi Spesialis Bidang Ilmu Konservasi Gigi**

**Disusun dan Diajukan Oleh**

**MUSTAKIM MUSTAFA**

**J025 19 1012**

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS**

**PROGRAM STUDI KONSERVASI GIGI**

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

## PENGESAHAN TESIS

### ANALISIS KEKERASAN MIKRO DAN POROSITAS DENTIN GIGI TIKUS WISTAR SETELAH APLIKASI *PULP-OUT* SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN DEVITALISASI PULPA

Diajukan oleh

MUSTAKIM

J025191012

Telah disetujui,

Makassar, 20 Juli 2022

Pembimbing I

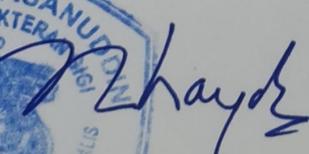
Pembimbing II

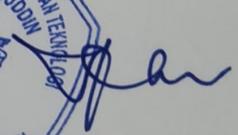
  
Dr. drg. Maria Tanumihardja, MDSc  
NIP. 19610216 198702 2 001

  
Dr. drg. Aries Chandra Trilaksana, Sp.KG(K)  
NIP.19760327 200212 1 001

Ketua Program Studi  
Pendidikan Dokter Gigi Spesialis  
Konservasi Gigi

Dekan  
Fakultas Kedokteran Gigi  
Universitas Hasanuddin

  
Dr. drg. Nurhayaty Natsir, Ph. D, Sp. KG(K)  
NIP. 19640518 199103 2 001

  
Prof. Dr. drg. Edy Machmud, Sp. Pros(K)  
NIP. 19631104 199401 1 001

# TELAH DIUJI OLEH PANITIA PENGUJI TESIS

PADA TANGGAL 29 JUNI 2022

## PANITIA PENGUJI TESIS:

**Ketua** : Dr. drg. Maria Tanumihardja, MDSc  
**Anggota** : Dr. drg. Aries Chandra Trilaksana, Sp.KG(K)  
Dr. drg. Juni Jekti Nugroho, Sp.KG(K)  
drg. Christine A. Rovani, Sp.KG(K)  
Prof. Dr. drg. Irene Edith Riuewpassa, M.Si

Mengetahui

Ketua Program Studi

Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi



*Nurhayaty Natsir*  
drg. Nurhayaty Natsir, Ph.D, Sp.KG(K)  
NIP : 19640518 199103 2 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : drg. Mustakim Mustafa

NIM : J025191012

Program Studi : Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa tesis yang saya tulis ini merupakan karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juli 2022

Yang menyatakan,



**drg. Mustakim Mustafa**

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “**Analisis Kekerasan Mikro Dan Porositas Dentin Gigi Tikus Wistar Setelah Aplikasi *Pulp-Out* Sebagai Alternatif Bahan Devitalisasi Pulpa**”.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. **Prof. drg. Muhammad Ruslin, M.Kes, Ph.D., Sp.BM (K)** selaku Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kemahasiswaan Universitas Hasanuddin dan mantan Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi Universitas Hasanuddin Makassar.
2. **Prof. Dr. drg. Edy Machmud, Sp.Pros(K)** selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin beserta seluruh pimpinan fakultas atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi Universitas Hasanuddin Makassar.
3. **Dr. drg. Maria Tanumihardja, M.DSc** selaku Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam memberikan arahan, masukan serta dukungan untuk menyelesaikan penelitian ini.
4. **Dr. drg. Aries Chandra Trilaksana, Sp.KG (K)** selaku Pembimbing Kedua yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam memberikan arahan, masukan serta dukungan untuk menyelesaikan penelitian ini.

5. **drg. Nurhayaty Natsir, Ph.D, Sp.KG (K)** selaku Ketua Program Studi PPDGS Konservasi Gigi FKG Unhas serta sebagai dosen dan penguji yang telah bersedia memberikan bimbingan, saran dan koreksi terhadap hasil penelitian ini.
6. **Dr. drg. Juni Jekti Nugroho, Sp.KG (K)** selaku Kepala Departemen Konservasi FKG Unhas, sebagai Penasehat Akademik serta sebagai dosen dan penguji yang telah bersedia memberikan bimbingan, saran dan koreksi terhadap hasil penelitian ini.
7. **drg. Christine Anastasia Rovani, Sp.KG (K)** sebagai dosen dan penguji yang telah bersedia memberikan ilmu, bimbingan, saran, dan koreksi terhadap hasil penelitian ini.
8. **drg. Noor Hikmah, Sp.KG** sebagai dosen yang selalu memberikan ilmu, bimbingan dan masukan selama Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi.
9. **drg. Wahyuni Suci Dwiandhany, Ph.D, Sp.KG (K)** sebagai dosen yang selalu memberikan ilmu, bimbingan dan masukan selama Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi.
10. **Prof. Dr. drg. Irene Edith Riewpassa, M.Si** selaku penguji atas segala koreksi, saran dan masukannya terhadap penelitian ini.
11. **drg. Andi Tajrin, M.Kes, SpBM (K)** selaku Direktur RSGMP Unhas beserta seluruh Direksi dan manajemen atas kesempatan yang diberikan di wahana pendidikan RSGMP Unhas.
12. Seluruh staf dosen Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi FKG Unhas yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan pengetahuan selama menempuh pendidikan.
13. Seluruh staf tenaga kependidikan fakultas beserta perawat dan pegawai RSGMP atas bantuan dan kerjasamanya selama saya menempuh pendidikan.

14. **Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST, MT** selaku Kepala Laboratorium Metalurgi Fisik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta staff yang telah banyak membantu dalam proses penelitian ini.
15. **Lukman Muslimin, S.Farm, Apt** beserta seluruh staf Laboratorium Sekolah Tinggi Farmasi yang telah banyak membantu dalam proses penelitian ini.
16. Seluruh staf Laboratorium Terpadu FKG Unhas yang telah banyak membantu dalam proses penelitian ini.
17. Sejawat saya senior dan junior residen Konservasi Gigi yang telah banyak membantu selama proses keresidenan ini beserta seluruh sejawat residen PPDGS FKG Unhas.
18. Sahabat-sahabat seperjuangan Residen Konservasi Gigi "*Lambe Turah No Secret*" Angkatan 2019; Muthmainnah '**Inna**' Majaya, Sulton **Rahmi**, Harmiyati '**Ammi**' Gappar, Murniati '**Murni**' Muhiddin, St. Asmaul '**Cemma**' Husna, Chandra '**Cand**' Firdaus, Musthika '**Thika**' Jathiasih, Warni '**Nini**' Eka Muthia, Sartika '**Tika**' Rombelayuk, Nurvita '**Vita**' Titi Ikawati, dan Esfandiary '**Ari**'. Terima kasih segala kebersamaan, kekompakan, suka dan duka yang kita lalui bersama selama ini. Semoga persahabatan ini abadi selamanya.
19. Sahabat-sahabatku Angkatan '97 FKG Unhas, terkhusus **drg. Irfan Dammar, Sp.Pros, drg. Ardiansyah S. Pawinru, Sp.Ortho, drg. Abul Fauzi, Sp.BM(K), drg. Rahmat, Sp.Pros, drg. Saifuddin Suhri, M.Kes, Sp.BM, drg. Pra Purnama Ramadhan, SpPros, drg. Akmal Eddy Madda**, beserta seluruh sahabat OKLUSI, terima kasih atas doa dan dukungannya serta tetap menjadi sahabat-sahabat terbaik hingga hari ini.
20. Ucapan terima kasih yang tak terhingga secara khusus kepada:
  - a. Istri tercinta **dr. Suryani Said** beserta anak-anakku **Mushaffar Maulana Mustakim, Ghaizan Abdillah Mustakim** dan **Annisa Nurhafidzah Mustakim**, terima kasih

atas segala doa, dukungan dan kesabaran kalian selama saya menempuh pendidikan.

Insyallah setelah ini kita semua bisa berkumpul kembali.

- b. Kedua orangtua saya yang luarbiasa; Ayahanda **H. Mustafa, AmaPd** dan Ibunda **Hj. Syabiah Wahab** tercinta yang tak pernah berhenti mendoakan dan memberikan dukungan moril maupun materil selama penulis menjalani proses pendidikan.
- c. Bapak mertua **alm. H. Muhammad Said** dan Ibu mertua **Almh. Hj. Husniah**, semoga Allah merahmati keduanya.
- d. Saudara-saudariku tersayang; **Muslina Mustafa, SE** dan **Drs. Muh. Taba, MS, Musliani Mustafa, SKM, Musniati Mustafa, SAg** dan **Muh. Yunus, SE, MS, Ir. Muslim Mustafa, ST** dan **Yusniar Yahya, SKM** beserta ponakan-ponakanku. Terimakasih atas segala doa dan dukungannya kepada penulis selama ini baik moril maupun materi.

21. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal.

Penulisan tesis ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan oleh karenanya penulis memohon maaf atas segala kekurangan dan keterbatasan dari penulis. Akhir kata, semoga penulisan tesis ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam menambah khasanah ilmu pengetahuan khususnya dibidang Kedokteran Gigi.

Wabillahi Taufiq wal Hidayah

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

**ANALISIS KEKERASAN MIKRO DAN POROSITAS DENTIN GIGI TIKUS WISTAR  
SETELAH APLIKASI PULP-OUT SEBAGAI ALTERNATIF  
BAHAN DEVITALISASI PULPA**

**Mustakim<sup>1</sup>, Maria Tanumihardja<sup>2</sup>, Aries Chandra Trilaksana<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Fakultas Kedokteran Gigi  
Universitas Hasanuddin

<sup>2</sup>Dosen Departemen Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

**ABSTRAK**

**Latar Belakang:** Bahan devitalisasi berbasis herbal telah diteliti berpotensi dimanfaatkan dalam perawatan saluran akar bila penggunaan anastesi lokal tidak efektif. Kombinasi getah jarak pagar dengan akar sidaguri dan melittin (*pulp-out*) telah diteliti dapat mematikan pulpa namun mekanismenya belum banyak diketahui. **Tujuan:** Mengevaluasi kekerasan mikro dan porositas dentin gigi tikus wistar setelah aplikasi *pulp-out*. **Metode:** Penelitian *eksperimental laboratoris* dengan disain *post test with control group*. Dua belas gigi tikus wistar dibagi kedalam 2 kelompok yaitu kelompok uji dan kelompok kontrol. Pada kelompok uji dilakukan preparasi gigi pada permukaan labial hingga mencapai setengah ketebalan dentin kemudian diaplikasikan *pulp-out* pada dasar kavitas lalu ditutup dengan GIC, sedangkan pada kelompok kontrol tidak ada perlakuan. Pada hari ke 7 dilakukan eutanasia dan gigi diekstraksi. Seluruh sampel gigi hewan uji dilakukan uji kekerasan mikro dentin dengan alat *Vickers Hardness Tester* dan uji porositas dentin dengan alat *Laser Scanning Microscope* (LSM). **Hasil:** Nilai rerata kekerasan gigi setelah aplikasi *pulp-out* yaitu 22.23 HV (SD  $\pm$  3.50809) sedangkan nilai rerata kekerasan gigi kelompok kontrol tanpa aplikasi *pulp-out* yaitu 27.70 HV (SD  $\pm$  1.70176), dengan nilai  $p = 0,31$  pada tingkat signifikansi 95%. Terjadi penurunan kekerasan gigi yang tidak berbeda bermakna antara sampel uji dan sampel kontrol. Hasil foto CLSM dengan pembesaran 1000 kali pada permukaan sampel nampak garis-garis putih yang menunjukkan tubulus dentin yang terbuka dengan intensitas yang lebih banyak daripada kelompok control dan terlihat konsisten pada semua sampel, dan menggambarkan porositas. **Kesimpulan:** *Pulp-out* menurunkan kekerasan mikro dan porositas dentin gigi.

**Kata Kunci:** *Pulp-out*, Kekerasan mikro dentin, porositas dentin.

## DENTIN MICROHARDNESS AND POROSITY OF WISTAR RATS TEETH FOLLOWING HERBAL BASED DEVITALIZING AGENT APPLICATION

Mustakim<sup>1</sup>, Maria Tanumihardja<sup>2</sup>, Aries Chandra Trilaksana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student of Specialist Dentistry Education Program Faculty of Dentistry Hasanuddin University

<sup>2</sup>Lecturer of the Department of Dental Conservation, Faculty of Dentistry Hasanuddin University

### ABSTRACT

**Background:** Herbal-based devitalizing materials have been studied to have potency to be used when local anesthetics are ineffective. Combination of jatropa gum with sidaguri root and mellitin (pulp-out) can necrotize the pulp, however its mechanism is still unknown. **Objective:** To evaluate the microhardness and porosity of the dentin of Wistar rats after pulp-out application. **Methods:** This was laboratory experimental research with post test design with control group. Twelve teeth of wistar rats were allocated into 2 groups, the test group and the control group. In the test group, teeth were prepared on the labial surface until half thickness of the dentin, then pulpout was applied to the base of cavity, covered with GIC. On the 7th day, euthanasia and extraction were performed to test the dentin microhardness with Vickers Hardness Tester and the dentin porosity test with the Laser Scanning Microscope (LSM). **Results:** The mean value of tooth hardness after pulp-out application was 22.23 HV (SD  $\pm$  3.50809) while the mean value of tooth hardness in the control group without pulp-out application was 27.70 HV (SD  $\pm$  1.70176), with p value = 0.31 at 95% significance level. There was a decrease in tooth hardness which was not significantly different between the test sample and the control sample. CLSM photo shows white lines on the sample surface as the exposed dentinal tubules with a higher intensity compared to the control group. **Conclusion:** Pulp-out decreased the microhardness and porosity of the dentin of teeth.

**Keywords:** Pulp-out, Dentin Microhardness, Dentin Porosity.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KETERANGAN TELAH DIUJI</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	x
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1. Tujuan Umum.....	3
1.3.2. Tujuan Khusus.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.4.1. Manfaat IPTEK.....	3
1.4.2. Manfaat Klinis.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
1.1. Struktur Dentin.....	4
1.2. Jaringan Pulpa.....	5
1.3. Inflamasi Pulpa.....	6
1.4. Perawatan Saluran Akar.....	7
1.4.1. Perawatan Saluran Akar Vital dengan Cara Anastesi.....	7

1.4.2. Perawatan Saluran Akar Vital dengan Bahan Devitalisasi Pulpa.....	8
1.5. <i>Pulp-out</i> .....	10
1.6. Tanaman Jarak Pagar ( <i>Jatropha curcas</i> ).....	11
1.7. Tanaman Sidaguri ( <i>S. rhombifolia</i> ).....	12
1.8. Melittin ( <i>Apis mellifera</i> ).....	13
1.9. Kekerasan Mikro Gigi.....	14
2.10. Uji Kekerasan Mikro.....	16
2.11. Uji Porositas.....	17
<b>BAB III KERANGKA PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1. Kerangka Teori.....	19
3.2. Kerangka Konsep.....	20
3.3. Hipotesis Penelitian.....	20
<b>BAB IV METODELOGI PENELITIAN.....</b>	<b>21</b>
4.1. Jenis Penelitian.....	21
4.2. Desain Penelitian.....	21
4.3. Waktu Penelitian.....	21
4.4. Lokasi Penelitian.....	21
4.5. Sampel Penelitian.....	21
4.5.1. Kriteria Inklusi.....	21
4.5.2. Kriteria Eksklusi.....	21
4.6. Perhitungan Besar Sampel.....	22
4.7. Variabel Penelitian.....	23
4.8. Definisi Operasional Variabel Penelitian.....	23
4.9. Kriteria Objektif.....	23
4.10. Alat dan Bahan.....	23
4.11. Data Penelitian.....	24
4.12. Prosedur Penelitian.....	24
4.13. Alur Penelitian.....	27

<b>BAB V HASIL PENELITIAN.....</b>	<b>28</b>
5.1. Hasil Pemeriksaan Uji Kekerasan.....	29
5.2. Hasil Pemeriksaan Uji Porositas.....	31
<b>BAB VI PEMBAHASAN.....</b>	<b>34</b>
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>37</b>
7.1. Kesimpulan.....	37
7.2. Saran.....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>43</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 5.1.</b> Nilai rata-rata kekerasan gigi kelompok kontrol dan kelompok uji.....	30
<b>Tabel 5.2.</b> Uji Normalitas dan Homogenitas Kekerasan setiap kelompok .....	30
<b>Tabel 5.3.</b> Nilai rata-rata kekerasan gigi setelah aplikasi <i>Pulp-out</i> .....	31

## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik 5.1.</b> Nilai kekerasan gigi setelah aplikasi <i>Pulp-out</i> .....	29
--	----

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> A. Prinsip pengukuran kekerasan Knoop dan B. Uji indentasi piramida berlian (Vickers).....	17
<b>Gambar 5.1.</b> Lokasi pengukuran nilai kekerasan dan porositas pada sampel.....	29
<b>Gambar 5.2.</b> Tampilan kontur 3-Dimensi permukaan sampel untuk mengamati porositas.....	32
<b>Gambar 5.3.</b> Tampilan permukaan sampel.....	33

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Salah satu komponen penting dari sakit gigi sebagai sekuel karies gigi adalah inflamasi pulpa. Untuk penanganan inflamasi pulpa yang bersifat ireversibel, dokter gigi menggunakan bahan devitalisasi pulpa apabila anestesi lokal menjadi kurang efektif (Walimbe *et al.*, 2015). Bahan devitalisasi pulpa mampu mematikan saraf sehingga rasa nyeri dapat dihilangkan (*painless*) secara permanen (Zhen, 2013). Efektivitas bahan devitalisasi dapat dipengaruhi oleh kemampuan penetrasi bahan tersebut ke dalam dentin dan mencapai pulpa.

Arsenik trioksida ( $As_2O_3$ ) merupakan agen devitalisasi populer yang dulu banyak digunakan untuk pulpa gigi yang mengalami inflamasi karena terbatasnya anestetikum. Arsen menyebabkan paralisis otot polos kapiler dan pembuluh darah, menyebabkan perdarahan, trombosis dan gangguan nutrisi yang berujung pada nekrotik pulpa (Sukartini & Darlian, 2008). Penggunaan arsenik untuk perawatan endodontik memiliki dampak kemungkinan adanya kebocoran dari saluran akar ke jaringan periodontal melalui foramen apikal, saluran akar lateral atau aksesori, atau retakan pada gigi. Hal ini dapat menyebabkan iritasi dan sensitivitas pada jaringan keras dan lunak, yang mengarah ke nekrosis tulang yang meluas (Lu P-C *et al.*, 2015).

Paraformaldehida merupakan agen devitalisasi populer lainnya yang juga biasa digunakan baik sebagai desinfektan maupun untuk devitalisasi pulpa yang mengalami inflamasi ketika anestesi lokal tidak efektif. Formaldehida merupakan antiseptik kuat berspektrum luas dengan kerja yang lambat. Manfaat klinis paraformaldehida tidak terbatas pada pulpa, tetapi menembus melalui dentin yang memiliki efek destruktif pada

jaringan periodontal dan tulang (Ozgoz *et al.*, 2018). Disamping itu formaldehid dilaporkan dapat menimbulkan iritasi pada mukosa dan kulit, toksik, bersifat mutagenik dan karsinogenik (Walimbe *et al.*, 2015).

Alternatif bahan devitalisasi terus diteliti dan salah satunya bersumber dari bahan alam. *Pulp-out* sebagai ekstrak hasil kombinasi antara getah jarak (*J. curcas*), akar sidaguri (*S. rhombifolia*), dan melittin (*Apis mellifera*), telah diteliti memiliki potensi sebagai alternatif bahan devitalisasi pulpa, akan tetapi mekanisme dalam mendevitalisasi pulpa belum banyak diketahui (Tanumihardja *et al.*, 2019).

Penelitian *in-vitro* yang dilakukan oleh Tanumihardja *et al.*, dengan menggunakan gigi premolar manusia, menunjukkan aplikasi bahan *pulp-out* pada kavitas gigi menyebabkan penurunan kekerasan gigi, dan semakin lama interaksi bahan *pulp-out* pada kavitas gigi semakin meningkat penurunan kekerasan pada dasar kavitas gigi. Pada penelitian yang sama juga menunjukkan aplikasi *pulp-out* mampu menimbulkan erosi pada dasar kavitas gigi dan peningkatan erosi sejalan dengan peningkatan durasi perlakuan sampel (Tanumihardja *et al.*, 2021a). Penelitian ini menggambarkan *pulp-out* berpenetrasi ke dalam pulpa melalui porositas yang terjadi. Selanjutnya penelitian *in vivo* pada hewan coba perlu dilakukan untuk mengkonfirmasi hasil penelitian *in vitro* tersebut sebelum diaplikasikan ke manusia.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk mengetahui bagaimana efek aplikasi *pulp-out* pada kavitas gigi terhadap kekerasan mikro dan porositas dentin pada gigi tikus wistar.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Bagaimana kekerasan mikro dan porositas dentin gigi tikus wistar setelah aplikasi *pulp-out* ?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

### **1.3.1. Tujuan Umum**

Mengevaluasi kekerasan mikro dan porositas dentin gigi tikus wistar setelah aplikasi *pulp-out*.

### **1.3.2. Tujuan Khusus**

- Memeriksa kekerasan mikro dentin pada dasar kavitas setelah aplikasi *pulp-out*.
- Memeriksa porositas dentin pada dasar kavitas setelah aplikasi *pulp-out* dengan menggunakan *Confocal Laser Scanning Microscope (CLSM)*

## **1.4. Manfaat Penelitian**

### **1.4.1. Manfaat IPTEK**

Memberikan tambahan pengetahuan mengenai manfaat aplikasi *pulp-out* sebagai alternatif bahan devitalisasi pulpa.

### **1.4.2. Manfaat Klinis**

- a. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi dokter gigi dan dokter gigi spesialis konservasi gigi khususnya mengenai kekerasan mikro dan porositas dentin setelah aplikasi *pulp-out* sebagai alternatif bahan devitalisasi pulpa.
- b. Diharapkan *pulp-out* dapat dijadikan alternatif bahan devitalisasi pulpa dalam bidang konservasi gigi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Struktur Dentin**

Dentin membentuk bagian terbesar dari struktur gigi dan memanjang hampir sepanjang gigi. Secara eksternal, dentin ditutupi oleh enamel pada anatomi mahkota dan sementum pada anatomi akar. Secara internal, dentin membentuk dinding jaringan pulpa (ruang dan saluran pulpa) (Boushell L.W & Sturdevant J.R, 2019). Dentin memiliki struktur unik yang terdiri dari tubulus dentinalis yang memancar keluar dari pulpa dan dikelilingi oleh kolagen yang termineralisasi. Tubulus dentinalis mengandung cairan jaringan dan memberikan dentin banyak sifat yang sangat bersangkutan dengan kesehatan dan penyakit gigi dan untuk restorasi kerusakan pada gigi. Secara kolektif, dentin menurut berat terdiri dari 70% bahan anorganik dan 20% bahan organik. Bahan anorganik terdiri dari kristal apatit, dalam hubungan serupa dengan kolagen seperti yang terjadi pada tulang, tetapi dengan pengaturan fisik yang berbeda yang ditentukan oleh adanya tubulus dentinalis (Kaidonis, *et al.*, 2016).

Tubulus dentinalis adalah saluran kecil yang tersisa dari proses dentinogenesis dan meluas melalui seluruh lebar dentin dari pulpa ke DEJ (*dentino-enamel junction*) (Boushell L.W & Sturdevant J.R, 2019). Pergerakan cairan dalam tubulus dentinalis menyebabkan rasa sakit. Pergerakan ini dapat terjadi melalui perbedaan tekanan osmosis saat dentin terbuka secara patologis atau bedah, melalui perubahan besar dalam suhu, atau saat dan setelah pembedahan gigi dan pengeringan gigi dalam prosedur restorasi. Sensibilitas dentin sangat mungkin dimediasi oleh ujung saraf dalam lapisan odontoblast dan sub-odontoblast pada pulpa. Saat pulpa mengalami inflamasi akut, atau saat ada area

inflamasi akut dalam inflamasi pulpa kronis, sensibilitas dentin dapat meningkat (Kaidonis, *et al.*, 2016).

## **2.2. Jaringan Pulpa**

Pulpa gigi adalah jaringan ikat seperti jaringan ikat lainnya di dalam tubuh yang terdiri dari saraf, pembuluh darah, bahan dasar, cairan interstitial, odontoblas, fibroblas, dan komponen seluler lainnya (Gopikrishna & Chandra, 2014). Pada foto radiografi, dokter gigi melihat pulpa sebagai garis gelap yang berjalan ke apikal di tengah akar. Meskipun mirip dengan jaringan ikat lainnya dalam tubuh manusia, jaringan pulpa merupakan jaringan ikat khusus karena fungsi dan lingkungannya (Kim, Heyeraas, *et al.*, 2008).s

Struktur dentin menciptakan lingkungan khusus untuk pulpa. Ruang pulpa menjadi terbatas oleh pembentukan dentin pada gigi permanen manusia dewasa. Volume ini secara terus menerus dikurangi oleh penambahan lapisan dentin sekunder sepanjang hidup serta oleh deposisi dentin reparatif sebagai respon terhadap rangsangan yang berbahaya (Gopikrishna & Chandra, 2014). Pulpa gigi sensitif terhadap berbagai rangsangan yang berasal dari faktor-faktor eksternal seperti infeksi mikroba dan/atau iritasi mekanis atau kimia selama prosedur perawatan gigi. Jaringan gigi berbeda dengan jaringan ikat lainnya. Dalam jaringan lunaknya (pulpa dan pulpa-dentin kompleks) tertutup dalam jaringan keras yang termineralisasi (enamel, dentin dan sementum) dan jaringan pulpa disuplai oleh jaringan kaya neurovaskular yang mengatur berbagai mediator inflamasi (Park *et al.*, 2015).

### 2.3. Inflamasi Pulpa

Inflamasi pulpa adalah reaksi fisiologis lokal jaringan pulpa terhadap rangsangan atau iritasi yang berbahaya. Faktor utama yang menyebabkan inflamasi pada pulpa gigi adalah masuknya mikroorganisme melalui karies gigi atau celah pada gigi yang disebabkan oleh fraktur iatrogenik, menimbulkan reaksi fisiologis dan morfologis dasar dalam jaringan vaskular, limfatik, dan jaringan ikat. Faktor resistensi *host*, intensitas, durasi, dan virulensi iritan memodifikasi ciri, luas, dan keparahan perubahan jaringan pulpa dan manifestasi klinisnya (Gopikrishna & Chandra, 2014).

Inflamasi membawa ke area sel-sel fagosit untuk mencerna bakteri atau debris seluler; antibodi untuk mengenali, menyerang, dan menghancurkan benda asing; edema atau cairan untuk melarutkan dan menetralkan iritan; dan fibrin untuk membatasi penyebaran inflamasi. Agen yang cedera dapat menyebabkan perubahan jaringan yang reversibel atau ireversibel (Gopikrishna & Chandra, 2014).

Inflamasi pulpa bisa reversibel, yang jika penyebabnya dihilangkan, inflamasi akan menghilang dan pulpa akan kembali normal. Rangsangan ringan atau sesaat seperti karies insipien, erosi servikal, atau atrisi oklusal, sebagian besar prosedur operatif, kuretase periodontium yang dalam, dan fraktur email yang menyebabkan tubulus dentin terbuka adalah faktor-faktor yang dapat mengakibatkan inflamasi reversibel (Torabinejad & Shabahang, 2009).

Sebaliknya, inflamasi ireversibel merupakan perkembangan dari inflamasi reversibel, bisa terjadi akibat pengambilan dentin yang luas selama prosedur operatif, terganggunya aliran darah pulpa akibat trauma atau akibat pergerakan gigi secara ortodontik. Inflamasi ireversibel tidak bisa pulih walau penyebabnya dihilangkan, dan seiring dengan waktu pulpa akan menjadi nekrosis (Torabinejad & Shabahang, 2009).

Inflamasi yang ireversibel bisa bersifat akut, subakut, atau kronis yang mungkin sebagian atau total. Pulpa mungkin terinfeksi atau steril. Secara klinis pulpa yang meradang akut dianggap bersifat simptomatik, pulpa yang meradang kronis tidak menunjukkan gejala (asimptomatik). Inflamasi ireversibel simptomatik ditandai dengan nyeri spontan intermiten dan rasa sakit terus-menerus. Perubahan suhu yang tiba-tiba menyebabkan nyeri yang berkepanjangan. Nyeri spontan terus menerus dapat dipengaruhi dari perubahan posisi tubuh misalnya pasien berbaring atau membungkuk. Inflamasi yang ireversibel dalam berbagai bentuknya membutuhkan terapi endodontik (Cohen S, 1994).

## **2.4. Perawatan Saluran Akar**

Perawatan saluran akar merupakan salah satu jenis perawatan yang bertujuan mempertahankan gigi agar tetap dapat berfungsi. Tujuan utama perawatan saluran akar adalah untuk mengeliminasi bakteri dan mencegah reinfeksi sehingga gigi dapat bertahan selama mungkin di rongga mulut (Apriyono, 2010). Perawatan saluran akar dapat dilakukan pada gigi vital dengan cara anestesi, gigi yang diberi obat devitalisasi atau gigi yang nekrosis.

### **2.4.1. Perawatan Saluran Akar Vital dengan Cara Anestesi**

Anestesi lokal diperlukan dalam melakukan perawatan saluran akar pada gigi yang masih vital. Pemberian anestesi lokal di lokasi kerja direkomendasikan bagi sebagian besar pasien untuk menghilangkan rasa sakit dan mengurangi saliva saat melakukan preparasi gigi (Irmaleny, 2012).

Anestetikum yang sering digunakan adalah Lidocaine yang telah digunakan sejak tahun 1948. Anestetikum ini merupakan anestetikum lokal

golongan amida pertama, memiliki onset yang cepat, lebih stabil, serta tingkat toksisitas dan alergenik yang rendah dibanding anestetikum lainnya (Muharammy *et al.*, 2016).

#### **2.4.2. Perawatan Saluran Akar Vital dengan Bahan Devitalisasi Pulpa**

Devitalisasi pulpa merupakan teknik operatif yang paling sering digunakan pada berbagai perawatan untuk inflamasi pulpa gigi yang ireversibel. Pemberian devitalisasi pulpa dilakukan pada penderita yang menolak dianastesi, penderita yang alergi terhadap anestetikum atau penderita yang menolak dianastesi ulang. Hal ini disebabkan karena bahan devitalisasi mampu mematikan saraf sehingga rasa nyeri dapat dihilangkan (*painless*) secara permanen (Zhen, 2013).

Arsenik trioksida adalah bahan devitalisasi yang digunakan pertama kali oleh Haly Abbas pada tahun 1492. Penggunaan arsenik trioksida selama perawatan saluran akar memberikan penghilang rasa sakit yang cepat (Chen *et al.*, 2014). Bahan tersebut bekerja dengan menyebabkan paralisis pada serabut saraf, destruksi dan dekomposisi akson pada selubung medula, sehingga menyebabkan vasodilatasi, hiperemi dan hemoragi yang mengakibatkan terganggunya sirkulasi darah dalam sel, merusak aktivitas respirasi mitokondria sehingga fungsi vital sel akan hilang yang lama kelamaan akan mengalami kematian (Zhen, 2013).

Arsenik trioksida memiliki kelemahan seperti respon nyeri setelah pengaplikasian obat. Hal ini disebabkan karena arsen bersifat toksis dan menyebabkan pembuluh darah pecah di dalam ruang pulpa. Beberapa penelitian menyatakan arsenik trioksida dapat memicu alergi dan kerugian lain adalah kesulitan dalam membatasi penyebarannya yang tidak terkendali (Zhen, 2013).

Bahan devitalisasi lainnya yaitu formaldehida - paraformaldehida. Bahan ini dapat berbentuk formalin, bahan *parapaste*, atau paraformaldehida. Sebagai xenobiotik, bahan ini berdampak pada sistem imunitas tubuh bahkan pada tingkat konsentrasi rendah. Paraformaldehida dapat menyebabkan sensitivitas yang berlebihan dan telah diklasifikasikan sebagai agen korosif dan karsinogenik (Antoniak *et al.*, 2017). Bahan-bahan ini mematikan saraf lebih lambat dan memberikan efek *bleeding* lebih banyak dibandingkan dengan bahan arsenik, memberikan respon nyeri, serta efek toksisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan arsenik (Sukartini & Darlian, 2008).

Paraformaldehid ketika bekerja pada pulpa dapat menyebabkan kelumpuhan dinding pembuluh darah dan perdarahan pembuluh darah untuk membentuk trombosis, mengakibatkan gangguan sirkulasi darah sehingga pulpa secara bertahap mengalami anhidrasi dan nekrosis (Zhen, 2013). Paraformaldehid bekerja tidak terbatas pada pulpa, tetapi menembus melalui dentin dan secara bertahap dilepaskan sebagai formaldehida (Ozgoz *et al.*, 2018).

Paraformaldehida, yang merupakan produk dari polimerisasi formaldehida, mengalami depolimerisasi yang lambat di dalam kavitas gigi. Akibatnya, molekul formaldehida secara bertahap menembus ke dalam pulpa, menyebabkan nekrosis jaringan setelah 6-8 hari. Saat terpapar formaldehida, jaringan pulpa mengalami iritasi, kemudian terjadi nekrosis dan mumifikasi. Seluruh proses yang terjadi berjalan dengan lambat dan mengikuti depolimerisasi bertahap paraformaldehida pada kavitas gigi, yang mengurangi risiko iritasi serabut periodontal (Antoniak *et al.*, 2017).

Ciri penting lain dari paraformaldehida adalah kemampuannya untuk mematikan pulpa dan membuat garis demarkasi pada tepi serabut periodontal.

Kerugian paraformaldehida adalah pasien mengalami rasa sakit saat aplikasi. Lidokain ditambahkan dalam paraformaldehida untuk menghilangkan rasa sakit pada devitalisasi pulpa (Antoniak *et al.*, 2017).

Beberapa penelitian dilakukan untuk mencari alternatif bahan devitalisasi lainnya antara lain dengan memanfaatkan bahan-bahan alam. Beberapa bahan alam yang telah diteliti dan memiliki efek melisiskan pembuluh darah adalah getah jarak pagar (*Jatropha curcas Linn*). Bahan alam lainnya yang diteliti dapat mengurangi nyeri adalah akar sidaguri, daun srikaya, serai dan melittin.

## **2.5. Pulp-out**

*Pulp-out* merupakan campuran antara ekstrak getah jarak, ekstrak akar sidaguri dan melittin dengan dosis 50mg (25% getah jarak + 25% akar sidaguri + 1% melittin). Getah jarak pagar diperoleh dari batang jarak pagar dengan cara diiris. Getah selanjutnya dilakukan pengeringan beku dengan cara liofilisasi (proses pengawetan yang dihilangkan kelembabannya melalui sublimasi, yaitu penguapan molekul air) hingga kering.

Penelitian Tanumihardja *et al.* (2019) menunjukkan bahwa *pulp-out* berpotensi digunakan sebagai bahan devitalisasi pulpa. Penelitian yang dilakukan pada kelinci sebagai hewan coba, menunjukkan *pulp-out* mampu melisiskan sel dalam pemeriksaan histopatologi. Kematian sel tersebut mulai ditunjukkan pada pemberian dosis 5% dan lisis sel meningkat banyak pada pemberian dosis 50%.

Penelitian berikutnya oleh Tanumihardja *et al.*, (2021b) yang mengamati bagaimana lisis sel terjadi setelah aplikasi *pulp-out* pada kavitas gigi yang telah di bur, menggambarkan kematian sel terjadi pada pengamatan ekspresi Caspase-3. Caspase-3 adalah enzim yang berperan sebagai eksekutor dalam melisiskan sel secara terprogram.

Jalur kematian sel setelah aplikasi *pulp-out* memiliki kemiripan dengan jalur kematian sel yang menggunakan bahan devitalisasi komersil yaitu melalui jalur nekrosis.

## 2.6. Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)

*Jatropha* adalah tanaman dari famili *Euphorbiaceae*. *Jatropha* memiliki arti tanaman penyembuh atau tanaman obat dan merupakan tanaman yang mudah ditemui. *Jatropha* memiliki beberapa jenis spesies yaitu *Jatropha curcas*, *Jatropha integerima*, *Jatropha gossypifolia* dan *Jatropha multifida*. Salah satu *Jatropha* yang banyak terdapat di Indonesia adalah *Jatropha curcas*. Getah jarak pagar memiliki banyak kandungan fitokimia yaitu flavonoid, saponin, tannin, alkaloid dan *protease curcain* yang lebih banyak dan memiliki sifat antiinflamasi, antibakteri, antikanker, antifungi, antinyeri, dan antiseptik. Getah jarak pagar memiliki aktivitas antiinflamasi, aktivitas koagulan dan aktivitas desinfektan dan antiparasit dimana semua aktivitas itu dapat membantu mempercepat penyembuhan luka (Ridha, 2016). Selain itu, getah jarak dapat juga digunakan untuk menghentikan pendarahan pada kulit dan mempunyai sifat antimikroba melawan bakteri *Staphylococcus*, *Streptococcus*, dan *Escherichia coli*. Air getah dan daun jarak yang digiling dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus*, *Bacillus*, dan *Micrococcus* (Jasmadi *et al.*, 2016).

*Jatropha curcas* merupakan tanaman perdu yang mempunyai getah berwarna putih dan agak keruh. Getahnya biasa digunakan sebagai obat kumur pada kelainan gusi berdarah. Diketahui bahwa getah *J. Curcas* mempunyai rasa pahit yang sejuk namun beracun. Getah tersebut melancarkan darah, menghilangkan bengkak, menghentikan perdarahan serta menghilangkan gatal (Jasmadi *et al.*, 2016). Dari skrining fitokimia yang dilakukan Siregar, ternyata getah *J. Curcas* mengandung antara lain sterol atau triterpen, aglikon flavon, tanin, senyawa pereduksi, glikosida steroid, poliose dan

saponin. Senyawa tanin dapat menyebabkan presipitasi protein, sedangkan saponin dapat mempengaruhi sel dan dapat menyebabkan hemolisis. Senyawa yang lain memiliki peran dalam antiinflamasi, antiseptik, antimikroba, dan lain-lain. Sifat getah yang asam dapat mempengaruhi kelarutan komponen jaringan keras gigi (Siregar, 2000).

## 2.7. Tanaman Sidaguri (*S. rhombifolia*)

Sidaguri termasuk dalam genus *Sida* famili *Malvaceae*, memiliki beberapa spesies antara lain *Sida acuta*, *Sida rhombifolia*, *Sida retusa* dan *Sida subcordata*. *Sida rhombifolia* L merupakan jenis sidaguri yang mudah ditemukan sehingga telah banyak diteliti. Seluruh bagian tumbuhan sidaguri memiliki efek. Secara *in vitro* *Sida rhombifolia* terbukti memiliki efek analgetik dan antiinflamasi. Herbal sidaguri telah dikemas dan dipasarkan untuk digunakan sebagai obat penurun asam urat. Bunga sidaguri dapat digunakan sebagai obat luar pada gigitan serangga (Kinho *et al.*, 2011).

Daun sidaguri memiliki aktivitas antibakteri yang cukup baik terhadap bakteri gram positif seperti *S. aureus*, *S. epidermidis* dan bakteri gram negatif *P. aeruginosa* dan *Escherichia coli*, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai obat cacing, bisul, kurap dan gatal-gatal. Akar sidaguri digunakan untuk mengobati rematik, asma, influenza, sakit gigi dan mengurangi rasa nyeri pada pembengkakan akibat sakit gigi. Tumbuhan ini digunakan dengan cara menggigitkannya pada bagian gigi yang sakit, atau berkumur dengan air rebusan akar sidaguri (Ema., 2012).

Secara umum, daun sidaguri mengandung flavonoid, alkaloid, kalsium oksalat, tanin, saponin, fenol, asam amino, dan minyak atsiri. Batang sidaguri mengandung kalsium oksalat dan tanin. Sementara bagian akar mengandung alkaloid, steroid, dan efedrine. Senyawa flavonoid dapat menghambat aktivitas xantin oksidase dan bersifat menangkap radikal bebas superoksida sehingga mampu menurunkan kadar asam urat

dan mengobati gout. Tanin yang terdapat pada herba sidaguri mempunyai aktivitas antioksidan dan dapat menghambat pertumbuhan sel tumor. Saponin sebagai antimikrob, dan kalsium oksalat dapat memperbaiki kekurangan kalsium dalam tubuh. Selain itu, sidaguri juga berkhasiat sebagai antiinflamasi, antigout, obat mencret, disentri, sakit kuning, dan sakit gigi (Syafurullah, 2015).

Sidaguri secara empiris juga telah lama digunakan oleh masyarakat sebagai obat antiinflamasi terutama pada pengobatan bengkak pada gigi. Penelitian laboratoris yang dilakukan menyimpulkan bahwa ekstrak etanol akar Sidaguri mempunyai daya antiinflamasi untuk meredakan peradangan periapikal pada hewan uji dengan model lesi periapikal yang terinduksi LPS dan berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut (Tanumihardja *et al.*, 2016).

## **2.8. Melittin (*Apis mellifera*)**

Melittin adalah unsur utama racun lebah (*Apis mellifera*) yang terhitung sekitar 40-50% dari berat racun lebah kering, memiliki struktur linier yang terdiri dari 26 asam amino (Hossen *et.al.*, 2017). Racun ini terutama diproduksi di perut lebah pekerja dan berasal dari campuran sekresi asam dan basa yang meliputi campuran kompleks protein, ditemukan beberapa enzim (mengkatalisasi reaksi spesifik), beberapa peptida (yang terdiri dari dua atau lebih asam amino) dan berbagai komponen molekul rendah, seperti karbohidrat (2% dari racun berat kering), fosfolipid (5% berat kering racun), asam amino (1% berat kering racun), mineral (3-4% berat kering racun), dan senyawa volatil (5-8% berat kering racun) (Lee & Bae, 2016).

Racun lebah merupakan komponen yang digunakan lebah untuk perlindungan terhadap musuh, sejumlah penelitian baru-baru ini melaporkan bahwa racun lebah bersifat radioprotektif, anti-mutagenik, anti-nosiseptif, anti-kanker, dan memiliki

aktivitas anti-inflamasi (Lee & Bae, 2016). Dalam dosis tinggi, melittin dapat menyebabkan rasa gatal, inflamasi, dan nyeri lokal; di sisi lain, dosis kecil melittin menghasilkan efek antiinflamasi yang luas. Ada beberapa kajian yang berfokus pada beragam fungsi serta aspek farmakologis melittin, akan tetapi peran antiinflamasi melittin masih sangat terbatas. Banyak laporan baru-baru ini menunjukkan beberapa mekanisme anti-inflamasi melittin dalam berbagai jenis model penyakit (Lee & Bae, 2016). Meskipun melittin telah menunjukkan sifat terapeutik yang signifikan, toksisitasnya harus dinetralkan untuk digunakan sebagai agen antiinflamasi.

Melittin memiliki efek sitotoksik yang bermanfaat sebagai anti-tumor, tetapi menghambat aplikasi terapi melittin untuk tujuan lain (Chen *et al.*, 2010). Karena bentuk asli melittin menyebabkan lisis dan toksisitas sel secara non-spesifik, upaya termasuk mutasi dan fusi protein untuk mengurangi toksisitas melittin untuk mengantarkannya ke lesi target spesifik sedang dikembangkan. Asthana *et al.* (2004) menunjukkan bahwa substitusi alanin dalam motif *leucine zipper* melittin menghasilkan pengurangan hemolitik yang signifikan, tetapi tidak pada aktivitas anti-bakteri. Hal ini menunjukkan bahwa mutasi spesifik lesi dapat mengurangi toksisitas melittin tanpa mempengaruhi aktivitas terapeutiknya. Rayahin *et al.* (2014) menunjukkan bahwa fusi protein melittin dengan *glutathione S-transferase* menunjukkan sifat anti-inflamasi dan toksisitas minimal. Pengembangan teknik aplikasi menggunakan *nanocarriers* memungkinkan aplikasi melittin yang aman ke lesi yang ditargetkan tanpa mempengaruhi sel-sel non-target (Lee & Bae, 2016).

## **2.9. Kekerasan Mikro Gigi**

Secara histologis, jaringan keras gigi terdiri dari email, dentin dan sementum. Enamel adalah jaringan keras yang menutupi mahkota gigi. Dentin membentuk sebagian

besar gigi dan sebagai fondasi yang lebih keras, memberikan dukungan yang cukup untuk email yang lebih kaku dan getas. Di daerah akar, dentin ditutupi oleh sementum, yang ditahan oleh serat ligamen periodontal yang memberikan dukungan untuk berbagai gerakan gigi selama pengunyahan. Jaringan-jaringan ini membentuk struktur yang sangat terorganisir dan kompleks dengan kemampuan fungsional dan struktural yang ideal. Hidroksi apatit merupakan komponen anorganik yang terbanyak ditemukan dalam email dan dentin. Kandungan komponen ini menjadikan gigi adalah jaringan yang terkeras pada tubuh (Scheid RC *et al.*, 2012).

Perubahan kekerasan mikro gigi merupakan salah satu indikator yang dapat memberikan bukti tidak langsung dari kehilangan atau perolehan mineral pada jaringan keras gigi karena sensitif terhadap komposisi dan perubahan permukaan struktur gigi akibat aplikasi suatu bahan (Soha F. Massoud *et al.*, 2017). Bahan yang dapat menurunkan kekerasan mikro gigi antara lain bahan *bleaching* gigi yang memiliki efek samping menurunkan kekerasan dentin. Bahan *bleaching* yang bersifat asam dapat melarutkan material anorganik yang terkandung di dalam dentin (Oliveira DPd *et al.*, 2007).

Penelitian yang dilakukan oleh Maleknejad dkk., menunjukkan peningkatan diameter tubulus dentin dan kehilangan kandungan mineral setelah aplikasi 45% karbamid peroksida, 35% karbamid peroksida, sodium perborat yang dikombinasikan dengan 30% hidrogen peroksida. Sebaliknya, peningkatan diameter tubulus dentin dan kehilangan kandungan mineral dentin tidak ditemukan setelah aplikasi sodium perborat yang dikombinasikan dengan air (Maleknejad *et al.*, 2012).

Bahan herbal lain yang telah diteliti dapat menurunkan kekerasan struktur gigi adalah stroberi. Dalam sebuah penelitian *in vitro* untuk melihat pengaruh aplikasi pasta stroberi sebagai kandidat material *bleaching* terhadap perubahan warna dan kekerasan

permukaan enamel, hasil yang diperoleh menunjukkan penurunan kekerasan enamel yang signifikan setelah aplikasi pasta stroberi selama 2 minggu, 3 minggu, 4 minggu dan 5 minggu, bila dibandingkan dengan kekerasan enamel setelah diskolorisasi yang berelasi dengan durasi aplikasi pasta stroberi (Hartanto A, *et al.*, 2012).

Penelitian *in vitro* dengan bahan *pulp out* menunjukkan adanya penurunan kekerasan gigi (dasar kavitas gigi/dentin) setelah pemberian *pulp out* yang sebanding dengan lama kontak antara bahan *pulp out* dengan kavitas gigi (Tanumihardja *et al.*, 2021a). Pengamatan ini memiliki kemiripan pengamatan pada gigi yang diberikan bahan *bleaching*. Perlu data yang berkaitan dengan kekerasan gigi setelah aplikasi *pulp out* secara *in vivo*.

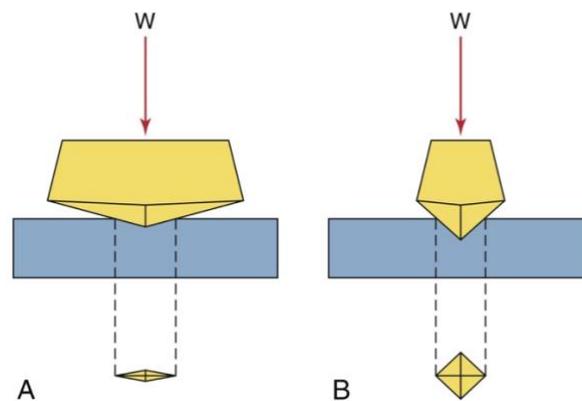
Kekerasan mikro dentin dipengaruhi oleh variasi dari tubulus dentinalis baik diameter dan jumlah tubulus dentinalis yang ada. Jumlah tubulus dentinalis pada dentin akar akan berkurang dari arah servikal kearah apikal sehingga kepadatan tubulus dentinalis akan menjadi lebih rendah dibagian apikal. Kepadatan tubulus dentinalis yang rendah dibagian apikal akan meningkatkan kekuatan tarik. Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat fisik yang mempengaruhi nilai kekerasan mikro (Pashley D, 2002).

## **2.10. Uji Kekerasan Mikro**

Uji kekerasan termasuk dalam spesifikasi *American Dental Association* (ADA) untuk bahan material kedokteran gigi. Ada beberapa jenis tes kekerasan permukaan yang sebagian didasarkan pada kemampuan permukaan material untuk menahan penetrasi oleh titik berlian atau steel ball di bawah beban tertentu. Tes yang paling sering digunakan dalam menentukan kekerasan mikro bahan material kedokteran gigi adalah *Vickers* dan *Knoop* (Shen C, 2003).

Kekerasan dapat didefinisikan secara luas sebagai resistensi terhadap indentasi atau penetrasi permukaan. Konsep yang paling umum dari zat keras dan lunak adalah ketahanan relatifnya terhadap indentasi. Oleh karena itu, kekerasan adalah ukuran ketahanan terhadap deformasi plastis dan diukur sebagai gaya per satuan luas indentasi (Pfeifer C.S., 2019).

Uji kekerasan mikro dengan metode *Vickers* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak 136 derajat yang ditekan pada permukaan material uji tersebut pada beban 1 sampai 100 kg dan waktu diterapkan selama 10 sampai 15 detik. Metode perhitungan *Vickers Hardness Number* (VHN) yaitu beban dibagi dengan luas proyeksi lekukan. Panjang diagonal indentasi diukur dan diambil rerata. *Vickers hardness test* ini digunakan dalam spesifikasi ADA untuk *dental casting gold alloys*. Uji ini sesuai untuk digunakan dalam mengukur kekerasan struktur gigi (Kumayasari & Sultoni, 2017).



**Gambar 2.1.** A. Prinsip pengukuran kekerasan Knoop.  
B. Uji indentasi piramida berlian (*Vickers*).

## 2.11. Uji Porositas

Uji porositas dapat dilakukan untuk mendapatkan gambaran penetrasi suatu zat ke dalam struktur dentin. Porositas adalah volume pori ( $V_p$ ) material yang relatif

terhadap total volume material ( $V_t$ ) dikalikan dengan 100. Porositas dinyatakan dalam persentase.  $O T [\%] = V_p / V_t \times 100$  (Perlea, 2017).

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk uji porositas dentin adalah *Scanning Electron Microscope* (SEM). Alat ini dapat digunakan untuk mengevaluasi celah mikro pada jaringan keras gigi dan memperlihatkan detail topografi permukaan dan kekasaran yang berbeda. Gambar SEM berwarna abu-abu sehingga warna dentin tidak berpengaruh dalam mencapai fokus yang benar (Syed, 2017).

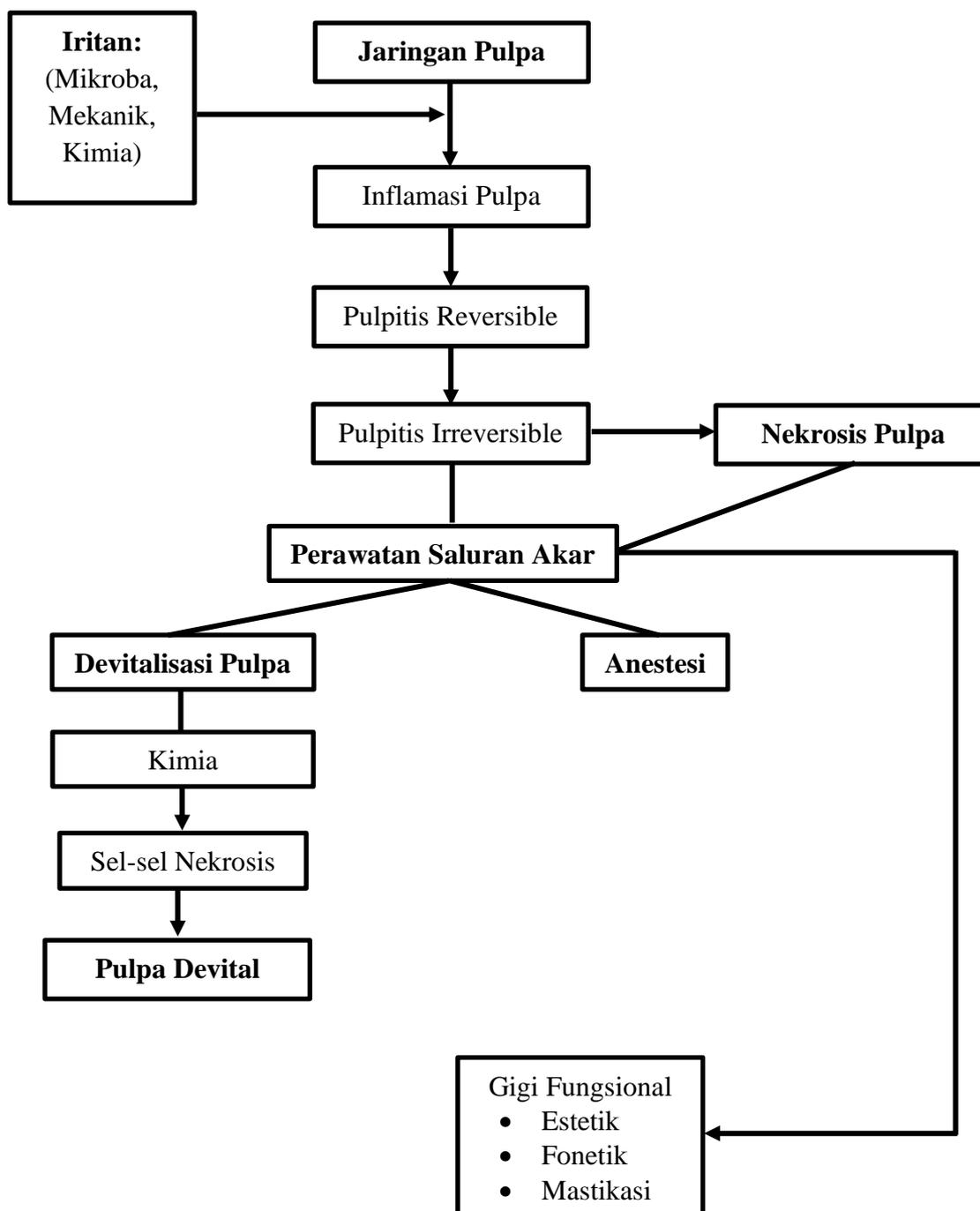
Selain alat SEM, terdapat juga alat *Laser Scanning Microscope* (LSM) yang dapat digunakan untuk menganalisis kekasaran permukaan bahan gigi, erosi gigi, dan mengevaluasi kekuatan ikatan *microtensile*. Alat ini mampu menghasilkan gambar beresolusi tinggi dan memungkinkan rekonstruksi 3D dari banyak struktur pada gigi. (Rashid, 2014).

Keuntungan dari LSM adalah resolusi gambar yang dihasilkan cukup tinggi dan dapat diperoleh dengan menggunakan panjang gelombang yang lebih pendek, kontras yang lebih besar dibandingkan dengan mikroskop konvensional, kemampuan memperoleh bagian optik dengan mengubah lubang jarum bukaan, rekonstruksi gambar 3D, dan tidak mudah blur pada spesimen tipis atau tebal. (Ye P *et al.*, 2016).

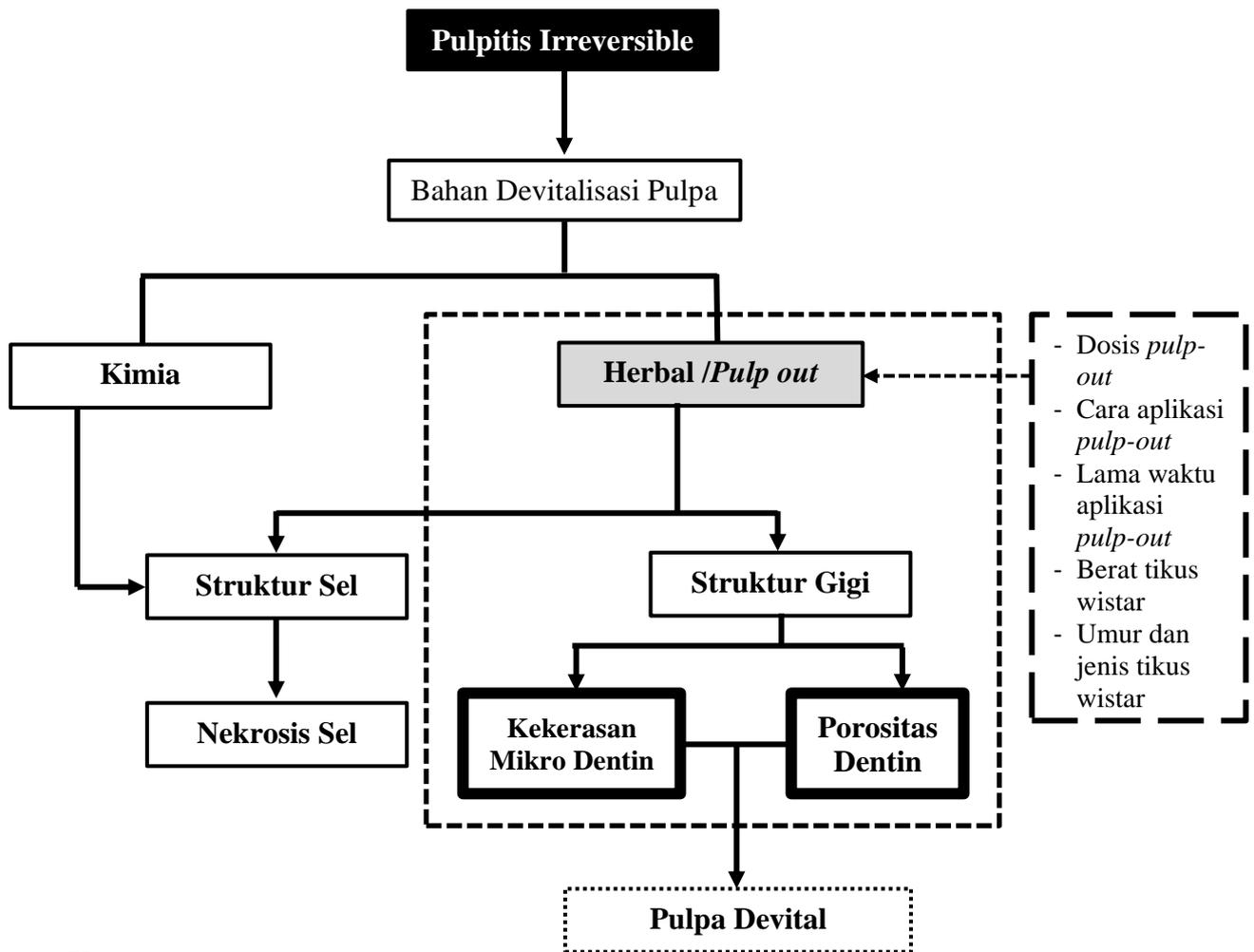
Dalam sebuah penelitian *in vitro* yang dilakukan untuk mengetahui bagaimana efek aplikasi *pulp out* pada dasar kavitas yang belum mencapai pulpa dengan menggunakan LSM, tampak terjadi sumur-sumur pada dasar kavitas yg diasumsikan sebagai erosi (Tanumihardja *et al.*, 2021a). Perlu data yang berkaitan dengan porositas gigi setelah aplikasi *pulp out* secara *in vivo*.

**BAB III**  
**KERANGKA PENELITIAN**

**3.1. Kerangka Teori**



### 3.2. Kerangka Konsep



#### Keterangan:

- Variabel dependen
- Variabel independen
- Variabel antara
- Variabel kendali
- Variabel yang diteliti

### 3.3. Hipotesis Penelitian

*Pulp-out* mampu menurunkan kekerasan mikro dentin dan meningkatkan porositas dentin pada dasar kavitas pada gigi tikus wistar.