

## DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL LUAR.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSYARATAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR ISTILAH .....	xiv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Perumusan Masalah.....	9
C. Tujuan Penelitian.....	10
D. Manfaat Penelitian.....	10
E. Keaslian Penelitian .....	10
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	14
A. Telaah Pustaka.....	14
1. Perawatan Saluran Akar .....	14
2. Instrumen <i>File</i> NiTi Putar .....	15
3. Desain Geometrik <i>File</i> Endodontik.....	18
4. Kecepatan Putar pada <i>File</i> Endodontik.....	25
5. Resistensi Kegagalan Torsional .....	26
6. Perkembangan Instrumen NiTi Putar Terkini .....	28
7. Prinsip-prinsip Mekanika .....	31
8. <i>Micro-CT Scanner</i> .....	35
9. <i>Computer Aided Design</i> (CAD) .....	36
10. <i>Finite Element Analysis</i> (FEA) .....	37
B. Landasan Teori .....	39
C. Hipotesis.....	42
BAB III. METODE PENELITIAN.....	43
A. Jenis Penelitian .....	43
B. Identifikasi Variabel .....	43
C. Tempat dan Waktu Penelitian .....	44
D. Definisi Operasional.....	44
E. Subjek Penelitian.....	45
F. Alat Penelitian .....	45
G. Tahapan Penelitian .....	47
H. Alur Penelitian.....	53
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	54

A. Hasil Penelitian .....	54
B. Pembahasan .....	59
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
A. Kesimpulan.....	65
B. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA .....	66
LAMPIRAN .....	72

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sifat material <i>file</i> endodontik yang digunakan pada simulasi menggunakan <i>ANSYS 2020 R2</i> .....	49
Tabel 2. Nilai rerata dan standar deviasi tegangan <i>file</i> endodontik pada semua kelompok dengan desain <i>taper</i> 4%, 6%, dan 8%, <i>pitch</i> dengan jumlah <i>threads</i> 9, 12, 15 dengan satuan Mega Pascal (MPa).....	55
Tabel 3. Hasil uji normalitas <i>Shapiro-Wilk</i> nilai tegangan pada <i>file</i> endodontik dengan <i>taper</i> dan <i>pitch</i> yang berbeda.....	55
Tabel 4. Hasil uji homogenitas variansi <i>Levene's Test</i> nilai tegangan pada <i>file</i> endodontik berdasarkan <i>taper</i> dan <i>pitch</i> .....	56
Tabel 5. Hasil uji ANAVA satu jalur nilai tegangan berdasarkan kelompok <i>taper</i> dan <i>pitch</i> .....	56
Tabel 6. Hasil uji <i>post hoc</i> LSD nilai tegangan kelompok <i>taper</i> .....	57
Tabel 7. Data sampel penelitian.....	74
Tabel 8. Hasil pengukuran nilai tegangan dengan satuan Mega Pascal (MPa).....	84
Tabel 9. Hasil rerata dan standar deviasi nilai tegangan berdasarkan <i>taper</i> ....	85
Tabel 10. Hasil rerata dan standar deviasi nilai tegangan berdasarkan <i>pitch</i> ....	85
Tabel 11. Hasil uji normalitas data <i>Shapiro-Wilk</i> berdasarkan kelompok <i>taper</i> .....	86
Tabel 12. Hasil uji homogenitas <i>Levene's Test</i> berdasarkan kelompok <i>taper</i> ...	86
Tabel 13. Hasil uji <i>One Way ANOVA</i> nilai tegangan berdasar kelompok <i>taper</i> .	87
Tabel 14. Hasil uji <i>Post Hoc</i> LSD nilai tegangan berdasar kelompok <i>taper</i> ....	87
Tabel 15. Hasil uji normalitas data <i>Shapiro-Wilk</i> nilai tegangan berdasarkan kelompok <i>pitch</i> .....	88
Tabel 16. Hasil uji homogenitas <i>Levene's Test</i> nilai tegangan berdasarkan kelompok <i>pitch</i> .....	88
Tabel 17. Hasil uji <i>One Way ANOVA</i> nilai tegangan berdasar kelompok <i>pitch</i> .	89
Tabel 18. Statistik deskriptif rerata dan standar deviasi interaksi <i>taper</i> dan <i>pitch</i> terhadap nilai tegangan.....	90
Tabel 19. Hasil uji normalitas data <i>Shapiro-Wilk</i> nilai tegangan pada interaksi <i>taper</i> dan <i>pitch</i> .....	91
Tabel 20. Hasil uji homogenitas <i>Levene's Test</i> nilai tegangan pada interaksi <i>taper</i> dan <i>pitch</i> .....	91
Tabel 21. Hasil Uji <i>Two Way ANOVA</i> nilai tegangan pada interaksi <i>taper</i> dan <i>pitch</i> .....	92

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Fenomena pseudoelastik NiTi pada 2 konfigurasi kristal berdasarkan temperatur .....	16
Gambar 2. Deformasi fase <i>martensite</i> dan <i>austenite</i> pada <i>alloy</i> NiTi.....	17
Gambar 3. Desain geometri bentuk penampang melintang berbagai <i>file</i> NiTi putar berbasis segitiga, persegi panjang, dan S .....	19
Gambar 4. Desain <i>tip cutting</i> (aktif) dan <i>noncutting</i> (pasif) <i>file</i> endodontik putar .....	20
Gambar 5. Gambaran <i>taper file</i> endodontik.....	21
Gambar 6. Gambaran <i>rake angle file</i> endodontik.....	22
Gambar 7. Skema representasi <i>flute</i> , <i>cutting edge</i> , <i>helix angle</i> dan <i>pitch</i> dari suatu <i>file</i> endodontik putar.....	22
Gambar 8. Skema representasi sudut <i>helix</i> , <i>cutting edge</i> , <i>flute</i> , <i>relief</i> , dan <i>land</i> .....	24
Gambar 9. Desain <i>variable cross-section</i> , rekomendasi kecepatan putar (300-450 rpm) dan torsi maksimal (2,5 N.cm) <i>file One curve</i> .....	30
Gambar 10. Grafik tegangan terhadap regangan.....	32
Gambar 11. <i>Micro-CT scanner nanoVoxel 4000</i> .....	45
Gambar 12. Hasil pemindaian <i>file One Curve</i> menggunakan <i>micro-CT scanner nanoVoxel 4000</i> dengan format (.STL).....	47
Gambar 13. Tahap rekonstruksi desain <i>file</i> menggunakan <i>software Autodesk Inventor Professional 2018</i> .....	48
Gambar 14. Hasil desain geometri <i>file</i> yang dibuka menggunakan <i>software ANSYS 2020 R2</i> .....	49
Gambar 15. Hasil proses <i>meshing</i> menggunakan <i>ANSYS 2020 R2</i> .....	50
Gambar 16. Hasil proses penentuan <i>boundary condition</i> menggunakan <i>ANSYS 2020 R2</i> .....	50
Gambar 17. Skema alur penelitian.....	52
Gambar 18. Hasil pembuatan desain <i>file</i> endodontik 3 dimensi menggunakan <i>software Autodesk Inventor Professional 2018</i> sesuai <i>file One Curve (Micro Mega)</i> .....	53
Gambar 19. Hasil simulasi beban torsional <i>file</i> endodontik dengan desain <i>taper</i> 6% dan jumlah <i>threads</i> 12.....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. <i>Ethical Clearance</i> .....	71
Lampiran 2. Surat Ijin Penelitian Laboratorium Dinamika Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM.....	72
Lampiran 3. Jumlah sampel penelitian.....	73
Lampiran 4. Hasil desain tiga dimensi beserta modifikasi <i>taper</i> dan jumlah <i>threads</i> menggunakan <i>Autodesk Inventor Professional 2018</i> .....	74
Lampiran 5. Hasil simulasi beban torsional pada semua desain <i>file</i> menggunakan <i>software ANSYS 2020 R2</i> .....	77
Lampiran 6. Hasil pengukuran volume massa pada semua desain <i>file</i> menggunakan <i>software Autodesk Inventor Professional 2018</i> ....	80
Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran Nilai Tegangan.....	83
Lampiran 8. Data Hasil Rerata dan Standar Deviasi Pengukuran Tegangan...	84
Lampiran 9. Uji Normalitas dan Homogenitas Nilai Tegangan Berdasarkan <i>Taper</i> .....	85
Lampiran 10. Uji Statistik Parametrik ANOVA satu arah dan Post Hoc LSD <i>Taper</i> terhadap Nilai Tegangan.....	86
Lampiran 11. Uji Normalitas dan Homogenitas Nilai Tegangan Berdasarkan <i>Threads</i> .....	87
Lampiran 12. Uji Statistik Parametrik ANOVA satu arah <i>Threads</i> terhadap Nilai Tegangan.....	88
Lampiran 13. Data Statistik Deskriptif Rerata dan Standar Deviasi Interaksi <i>Taper</i> dan <i>Pitch</i> terhadap Nilai Tegangan.....	89
Lampiran 14. Uji Normalitas dan Homogenitas Interaksi <i>Taper</i> dan <i>Pitch</i> terhadap Nilai Tegangan.....	90
Lampiran 15. Uji Statistik Parametrik <i>Two Way</i> ANOVA <i>Taper</i> dan <i>Pitch</i> terhadap Nilai Tegangan.....	91

## DAFTAR ISTILAH

<i>Alloy</i>	: Logam campuran
<i>Apical seal</i>	: Penutupan bagian apikal saluran akar menggunakan material obturasi
<i>Austenite</i>	: Struktur <i>alloy</i> NiTi pada fase temperatur tinggi
<i>Boundary condition</i>	: Kondisi batas yang akan diberi perlakuan beban
<i>Computer-aided design</i>	: Bentuk otomatisasi yang membantu perancangan spesifikasi gambar menggunakan perhitungan program komputer
<i>Cross-section</i>	: Bentuk penampang melintang instrumen
<i>Cyclic fatigue</i>	: Kelelahan suatu instrumen akibat siklus putaran dalam saluran akar bengkok yang terjadi terus-menerus
<i>Finite element analysis</i>	: Metode numerik menggunakan komputer untuk menguji suatu struktur kompleks berdasarkan sifat materialnya yang kemudian diberikan perlakuan gaya-gaya untuk analisis tujuan tertentu
<i>Fixed support</i>	: Tumpuan
<i>Flute</i>	: Alur pada permukaan area kerja instrumen
<i>In silico</i>	: Metode penelitian berbasis komputer
<i>In vitro</i>	: Metode penelitian pada mikroba atau material yang dilakukan di luar tubuh makhluk hidup
<i>Inner core</i>	: Inti bagian dalam penampang instrumen
Kontinu	: Gerakan instrumen putar yang searah
<i>Martensite</i>	: Struktur <i>alloy</i> NiTi pada fase temperatur rendah
<i>Mesh</i>	: Suatu struktur material yang berbentuk seperti jaring pada <i>finite element analysis</i>
<i>Meshing</i>	: Proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen-elemen kecil
<i>Pitch</i>	: Jarak antar titik ulir suatu instrumen
<i>R-phase</i>	: Fase di antara <i>austenite</i> dan <i>martensite</i> pada <i>alloy</i> NiTi
Resiprok	: Gerakan instrumen putar dengan arah bolak-balik
<i>Shape memory</i>	: Kemampuan instrumen NiTi untuk menyimpan bentuk yang sudah dideformasi
<i>Taper</i>	: Kenaikan diameter instrumen setiap milimeter dari ujung hingga poros instrumen
Tegangan Von Mises	: Tegangan yang digunakan untuk memprediksi tingkat kegagalan material terhadap kondisi pembebanan
<i>Threads</i>	: Ulir pada instrumen
<i>Tip</i>	: Ujung instrumen

- Torsional failure* : Kegagalan instrumen yang terjadi saat ujung instrumen terkunci dalam saluran akar sementara poros instrumen masih dalam keadaan berputar
- Variable cross-section* : Bentuk penampang melintang instrumen yang bervariasi (lebih dari 1) dalam 1 instrumen
- Volumetric pixel* : *Pixel* yang diberi elemen volume sehingga menjadi bentuk tiga dimensi
- Yield strength* : Tegangan minimum ketika material kehilangan elastisitasnya