

**APLIKASI TEKNOLOGI *REVERSE ENGINEERING* DENGAN
METODE FOTOGRAFMETRIK DALAM TAHAPAN PROSES
PRODUKSI GIGI PALSU**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Mencapai derajat Sarjana Teknik Industri



RINALDI YULIAN WIDODO

16 06 08872

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul

Aplikasi Teknologi *Reverse Engineering* dengan Metode Fotogrametri dalam Tahapan Proses Produksi Gigi Palsu

yang disusun oleh

RINALDI YULIAN WIDODO

16 06 08872

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 22 Desember 2021

		Keterangan
Dosen Pembimbing I	: Dr. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T.	Telah Menyetujui
Dosen Pembimbing II	: Dr. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T.	Telah Menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	: Dr. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T.	Telah Menyetujui
Penguji 2	: Kristanto Agung Nugroho, S.T., M.Sc.	Telah Menyetujui
Penguji 3	: Dr. Parama Kartika Dewa SP., ST., MT	Telah Menyetujui

Yogyakarta, 22 Desember 2021
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Fakultas Teknologi Industri
Dekan,

ttd

Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc.

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rinaldi Yulian Widodo

NPM : 160608872

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul “Aplikasi Teknologi *Reverse Engineering* dalam Tahapan Proses Produksi Gigi Palsu” merupakan hasil penelitian saya pada Tahun Akademik 2019/2020 yang bersifat original dan tidak mengandung plagiasi dari karya manapun.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku termasuk untuk dicabut gelar Sarjana yang telah diberikan Universitas Atma Jaya Yogyakarta kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar - benarnya

Yogyakarta, 20 November 2021

Yang Menyatakan



Rinaldi Yulian Widodo

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tidak dapat dipungkiri bahwa kedua orang tua menjadi salah satu motivasi terbesar penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Dukungan kalian sangat berarti bagi penulis, sehingga penulis sangat ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada kalian. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ayah dan ibu bahagia, karena selama ini masih belum dapat berbuat yang lebih.

Teman - teman juga menjadi salah satu penyemangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Proses pembuatan tugas akhir yang tidak sebentar ini membuat dukungan dari teman teman sangat berarti. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada teman – teman Teknik Industri angkatan 2016. Terlebih kepada Hofdam, Wisnu, Celi, Windi, Dicky, dan Dewok yang selalu memberikan bantuan dan semangat kepada penulis daro awal kuliah sampai penyelesaian tugas akhir ini, terimakasih atas segala bantuan kalian semua. Semoga keakraban kita selalu terjaga.

Penulisan tugas akhir ini juga tak luput dari peran serta Angelina Neta Sagita, yang selalu memberikan dukungan serta motivasi tiada henti kepada penulis. Terimakasih atas segala bantuannya dan kesabarannya selama pengerjaan tugas kahir ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena dengan berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Aplikasi Teknologi *Reverse Engineering* dalam Tahapan Proses Produksi Gigi Palsu” dengan lancar. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, terdapat beberapa pihak yang ikut berpartisipasi dan memberikan bantuan, oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Ibu Ririn Diar Astanti, S. T., M.MT., D. Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ibu Lenny Halim, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Bapak Dr. T. Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bantuan berupa pikiran, saran, dan motivasi dalam penyelesaian dan penyusunan tugas akhir ini dari awal hingga akhir.
5. Drg. Prpto Widodo dan Kingkong Dental Lab yang bersedia membantu penulis dalam pengerjaan gigi tiruan.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari pembaca agar kedepannya dapat menjadi lebih baik lagi. Penulis sangat berharap kedepannya semoga penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, November 2021

Rinaldi Yulian Widodo

DAFTAR ISI

BAB	JUDUL	HAL
	Halaman Judul	i
	Halaman Pengesahan	ii
	Pernyataan Originalitas	iii
	Halaman Pengesahan	iv
	Kata Pengantar	v
	Daftar Isi	vi
	Daftar Tabel	viii
	Daftar Gambar	ix
	Intisari	xii
1	Pendahuluan	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Rumusan Masalah	4
	1.3. Tujuan	4
	1.4. Batasan Masalah	5
2	Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	6
	2.1. Tinjauan Pustaka	6
	2.2. Dasar Teori	9
3	Metodologi Penelitian	18
	3.1. Tahap Pendahuluan	21
	3.2. Tahap Penelitian	22
	3.3. Tahap Analisis dan Pembahasan	23
	3.4. Tahap Kesimpulan dan Saran	23
4	Profil Data	24
	4.1. Pengambilan Data	24
	4.2. Data Gigi Tiruan Keseluruhan dan Profil Pasien	25
	4.3. <i>Photogrammetry</i>	25
	4.4. Proses Pengolahan data Objek	28
	4.5. Proses 3D Printing	33

4.6.	Pengaplikasian Objek Hasil <i>3D Printing</i> pada Pembuatan Gigi Tiruan	35
5	Analisis Data dan Pembahasan	37
5.1.	Analisis Profil Data dan Data Cetakan Gigi Tiruan	37
5.2.	Analisis Proses <i>Photogrammetry</i>	38
5.3.	Analisis Error yang Terjadi pada <i>Photogrammetry</i>	50
5.4.	Analisis Data Objek Hasil Proses <i>Photogrammetry</i>	53
5.5.	Analisis Dimensi Hasil Pengolahan Data	62
5.6.	Analisis Hasil Pencetakan 3 Dimensi	63
5.7.	Analisis Pengaplikasian Objek Hasil <i>3D Print</i> pada Pembuatan Gigi Tiruan	71
6	Kesimpulan dan Saran	81
6.1.	Kesimpulan	81
6.2.	Saran	82
	Daftar Pustaka	xiii

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	Dimensi Cetakan Gigi Tiruan	25
Tabel 4.2.	Spesifikasi Kamera Canon 600D	27
Tabel 4.3.	Dimensi Objek Sebelum <i>Scaling</i>	32
Tabel 4.4.	Dimensi Objek Setelah <i>Scaling</i>	33
Tabel 4.5.	Spesifikasi Mesin Printer 3D	34
Tabel 5.1.	Perbandingan Dimensi Objek Sebenarnya dan Objek 3D	62
Tabel 5.2.	Perbandingan Dimensi Objek Hasil Print dengan Objek 3D CAD	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1.	Diagram Alir Metode Penelitian	19
Gambar 3.2.	Diagram Alir Metode Penelitian Lanjutan	20
Gambar 4.1.	Titik Lokasi Klinik Gigi drg, Prapto Widodo	24
Gambar 4.2.	Klinik gigi drg. Prapto Widodo	23
Gambar 4.3.	Cetakan Gigi Tiruan	26
Gambar 4.4.	Kamera DSLR Canon 600D	25
Gambar 4.5.	Proses <i>Photogrammetry</i>	29
Gambar 4.6.	Hasil <i>Photogrammetry</i> Gigi Atas dan Bawah	30
Gambar 4.7.	Proses <i>Scaling</i> Objek pada <i>Software Powershape 2014</i>	31
Gambar 4.8.	Dimensi Objek Sebelum Proses <i>Scaling</i>	32
Gambar 4.9.	Dimensi Objek Setelah <i>Scaling</i>	33
Gambar 4.10.	Mesin Phrozen Sonic Mini	34
Gambar 4.11.	Tahapan <i>3D Printing</i>	35
Gambar 4.12.	Proses Pembuatan Gigi Tiruan	36
Gambar 5.1.	Pengukuran Objek	38
Gambar 5.2.	Pengaturan Objek Saat Pengambilan Foto	39
Gambar 5.3.	Proses dan Peralatan Pengambilan Foto	40
Gambar 5.4.	Hasil Persebaran dengan 48 Titik	41
Gambar 5.5.	Hasil Persebaran dengan 216 Titik Foto	42
Gambar 5.6.	Proses <i>Add Photos</i>	43
Gambar 5.7.	<i>Align Photos</i>	43
Gambar 5.8.	Hasil <i>Align Photos</i>	44
Gambar 5.9.	Proses <i>Build Dense Cloud</i>	45
Gambar 5.10.	Hasil Proses <i>Dense Cloud</i>	45
Gambar 5.11.	Penyeleksian <i>Cloud</i> yang Tidak Dibutuhkan	46
Gambar 5.12.	Proses <i>Build Mesh</i>	46
Gambar 5.13.	Hasil dari <i>Build Mesh</i>	47
Gambar 5.14.	Proses <i>Build Texture</i>	48
Gambar 5.15.	Hasil Dari <i>Build Texture</i>	48
Gambar 5.16.	Proses Pengubahan Format ke <i>.STL</i>	49
Gambar 5.17.	Proses <i>Export to .STL Model</i>	49
Gambar 5.18.	Bentuk 3D Format <i>.STL</i>	50
Gambar 5.19.	Objek <i>Error</i> pada Proses <i>Align Photos</i>	51

Gambar 5.20	Hasil Objek yang Cacat Format .STL	51
Gambar 5.21	Hasil <i>Algin Photos</i> yang Tidak Beraturan	52
Gambar 5.22	Hasil Persebaran Foto dari 192 Titik Foto	53
Gambar 5.23	Perbandingan Dimensi Objek	54
Gambar 5.24	Pengaturan <i>Units and Tolerance</i>	55
Gambar 5.25	Proses <i>Import</i> dari file .stl ke dalam <i>Software Powershape 2014</i>	56
Gambar 5.26	Proses Membuat <i>Line Around Box</i>	57
Gambar 5.27	Pemberian <i>Workplane</i> pada Titik Tengah Objek	58
Gambar 5.28	Hasil dari Proses <i>Convert Object</i>	59
Gambar 5.29	Perbandingan Dimensi Objek Berdasarkan Perspektif Sebelum dan Sesudah di <i>Rotate</i>	60
Gambar 5.30	Proses <i>Scaling</i> Objek	61
Gambar 5.31	Dimensi Hasil dari Proses <i>Scaling</i>	62
Gambar 5.32	Mesin 3D Printer Phrozen Sonic Mini	63
Gambar 5.33	<i>Setup Software Chitobox</i>	64
Gambar 5.34	Proses <i>Import file</i> ke <i>Software Chitobox</i>	65
Gambar 5.35	Proses <i>Rotating</i> Objek	66
Gambar 5.36	Hasil <i>Rotating</i> Objek	66
Gambar 5.37	Proses Simulasi <i>Slicing</i> Objek	67
Gambar 5.38	Resin pada Bak Penampungan	68
Gambar 5.39	Tahapan dalam Pemilihan File pada <i>Phrozen Sonic Mini</i>	68
Gambar 5.40	Proses Pencetakan Objek pada Mesin <i>Phrozen Sonic Mini</i>	69
Gambar 5.41	Hasil Akhir Pencetakan 3D	70
Gambar 5.42	Hasil Cetakan Negatif dengan Material <i>Alginate</i>	72
Gambar 5.43	Hasil Cetakan Positif dari Pengeciran <i>Gypsum</i>	72
Gambar 5.44	Hasil dari Proses Penyusunan Gigi Tiruan dengan Dasar <i>Wax</i>	73
Gambar 5.45	Proses Penanaman Model Kerja ke dalam <i>Cuvet</i>	74
Gambar 5.46	Proses <i>Boiling Out</i>	74
Gambar 5.47	Hasil <i>Boling Out</i>	75
Gambar 5.48	Proses Pengisian Bahan <i>Acrylic</i>	75
Gambar 5.49	Proses <i>Curing</i>	76
Gambar 5.50	Proses <i>Finishing</i> Gigi Tiruan	76
Gambar 5.51	Proses <i>Polishing</i> Gigi Tiruan	77

Gambar 5.52	Hasil Akhir Gigi Tiruan	77
Gambar 5.53	Kerusakan yang Terjadi pada Hasil 3D Printing	78
Gambar 5.54	Proses Pembuktian Kepresisian Gigi Tiruan	79



INTISARI

Gigi merupakan salah satu bagian dari mulut yang mempunyai peranan sangat penting. Kehilangan gigi dapat mengganggu proses mencerna makanan dan mengurangi estetika wajah. Salah satu upaya untuk menggantikan gigi yang hilang yaitu dengan cara menggunakan gigi palsu. Seiring dengan perkembangan jaman, pembuatan gigi tiruan menjadi lebih modern. Pembuatan gigi secara modern dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut *Intraoral Digital Scanner (IOS)*. Hal ini merupakan sebuah inovasi untuk meminimalisir atau mengeliminasi kekurangan dari metode pencetakan gigi konvensional. Penggunaan metode IOS sendiri memerlukan biaya yang cukup besar. Hal ini akan berimbang pula dengan harga gigi tiruan yang dihasilkan. Kendala inilah yang akan dijadikan penulis untuk menemukan sebuah metode *scanning* dengan harga yang lebih murah. Metode *scanning* ini dilakukan secara manual dengan menggunakan kamera DSLR atau bisa disebut dengan teknik fotogrametri atau *photogrammetry*. Penggunaan fotogrametri dilakukan dengan objek sebuah cetakan gigi positif gigi tiruan. Hasil fotogrametri dari cetakan positif tersebut kemudian diproses lebih lanjut untuk mendapatkan *3D model*. *3D model* tersebut kemudian dicetak menggunakan *3D printing* untuk menghasilkan objek fisik. Terdapat perbedaan dimensi dari objek asli dengan objek hasil *3D printing* sebesar kurang dari 0,1 cm. Hasil dari *3D printing* tersebut kemudian di proses hingga menjadi gigi tiruan yang dapat digunakan oleh pasien. Penggunaan teknik fotogrametri sebagai pengganti mesin *scanning* terbukti dapat memberikan hasil yang cukup presisi. Hal ini dibuktikan dengan hasil gigi tiruan yang cocok saat dipasangkan dengan cetakan gigi tiruan awal yang dijadikan objek fotogrametri

Kata kunci: gigi tiruan, 3D scanning, teknik fotogrametri, 3D print