

Desain dan Simulasi Dental Implant Resistens Menggunakan Finite Elemen Analysis

Firman Firdhaus, Handoko*

Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*Penulis korespondensi: handoko.dtm@ugm.ac.id

Histori artikel: diserahkan 14 Juni 2023, direviu 20 Agustus 2023, direvisi 26 Oktober 2023

ABSTRACT

Tooth decay is a developmental disorder and trauma that causes tooth extraction. The solution is to make dental implants and dentures to restore normal contours, function, comfort, aesthetics, speech, and health. However, the problem of complications that arise is also a concern to be resolved; this occurs due to damage to the dental implant component itself. Based on these problems, it is necessary to conduct research to produce dental implants with good strength and service life by considering the value of stress and force distribution. This study discusses the differences in implant designs with different thread geometries: square, buttress, standard V-thread, and reverse buttress. This study used a static test in FEA (finite element analysis) SOLIDWORKS software using the ISO 14801 standard, using a loading of 100 N, the direction of vertical loading is 00, and using TiZr (Titanium Zirconium) material in the implant. The simulation results are validated by comparing the von Mises current study value with the existing research literature with a limit of $\pm 5\%$. After the validation results are appropriate, the results are analyzed. The results of this study indicate that the buttress-type dental implant design is the most suitable dental implant to be applied. This is supported by the high value of the buttress type von Mises, which is 14.4 MPa. As for the square type, standard V-thread and reverse buttress type have a von Mises value of 13.8 MPa, 12.5 MPa, and 13.8 MPa. In addition, the profile of the buttress type is also very consistent, according to some literature, because it increases the transfer of stress to the surrounding bone according to the symmetrical profile.

Keywords: Dental Implants, TiZr, Static Tests, Finite Element Analysis, Von Mises

DOI : <https://doi.org/10.18196/jqt.v5i1.18831>

WEB : <https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/18831>

PENDAHULUAN

Penyakit gigi termasuk karies gigi, cacat pada perkembangan enamel, erosi gigi, dan penyakit periodontal memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kepercayaan diri dan kualitas hidup (Moynihan & Petersen, 2004). Periodontal merupakan penyakit infeksi pada gusi yang dapat memengaruhi struktur penyangga gigi, jaringan ikat, dan penyangga tulang, dimana 57% di antaranya menjadi penyebab kehilangan gigi. Efeknya adalah rasa sakit, gigi goyang, rasa tidak nyaman, dan gangguan dalam proses mengunyah makanan. Karies gigi adalah gigi berlubang akibat interaksi yang berkepanjangan dari bakteri penghasil asam, karbohidrat yang memfermentasi, dan faktor host seperti air liur dan gigi. Penyakit ini dapat berkembang biak dengan baik pada mahkota dan akar gigi yang jika dibiarkan dapat menyebabkan kerusakan total pada gigi (Isabel & Ribeiro, 2016).

Masalah komplikasi yang timbul juga menjadi perhatian untuk diselesaikan, hal ini terjadi karena adanya kerusakan pada komponen implan gigi seperti sekrup yang tidak stabil, kegagalan mekanis, dan penyangga. Sejak pengembangan produk implan gigi dilakukan dan untuk memperbaiki kekurangan dari produk yang ada, penting untuk memperhatikan hal tersebut guna memperpanjang umur implan gigi dan memberikan kenyamanan bagi pasien. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk menghasilkan implan gigi yang memiliki kekuatan dan masa pakai yang baik dengan mempertimbangkan nilai tegangan dan distribusi gaya. Karena implan gigi berfungsi untuk mentransfer gaya ke jaringan di sekitarnya, maka desainnya juga perlu diperhatikan untuk menjamin kesehatan aplikasi implan. Implan dengan permukaan yang tidak berlekuk, rata, dan halus menghasilkan gaya geser, sedangkan implan berlekuk meningkatkan area kontak antara jaringan

tulang dan implan. Selain itu, tipe implan gigi yang berlekuk lebih cocok diaplikasikan karena mampu mendistribusikan gaya. Penelitian ini menggunakan desain implan dengan ulir geometris yang berbeda yaitu *standard V-thread*, *square thread*, *reverse buttress thread*, dan *buttress thread*.

METODE

Persiapan

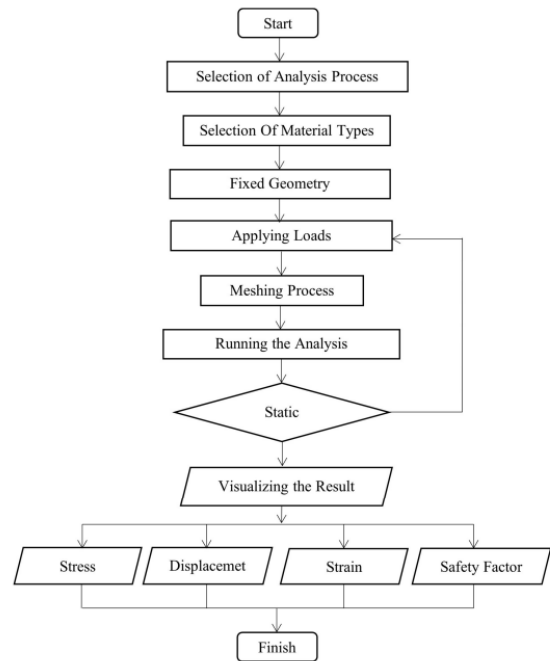
Pada tahap ini dilakukan berbagai persiapan untuk desain implan gigi. Penelitian ini menggunakan *software Autodesk Fusion 360 CAD* dan *software SOLIDWORKS Simulation*. Selain itu, penulis juga mempelajari latar belakang perancangan dan tujuan akhir perancangan implan gigi agar dalam proses penelitian tetap dalam urutan yang benar dan mendapatkan hasil yang maksimal.

Desain Implan Gigi

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan *software Autodesk Fusion 360* untuk merancang implan gigi. Sebelum menggambar implan gigi, hal pertama yang perlu diketahui adalah dimensi dan bentuk implan gigi. Sehingga penulis harus aktif mencari referensi dari berbagai sumber seperti jurnal, buku terkait dokter gigi, dan website dari perusahaan pembuat implan gigi yang telah diproduksi dan digunakan secara komersial selama ini. Data tersebut digunakan sebagai acuan dasar dalam proses perancangan agar bentuk dan ukuran implan gigi tidak jauh berbeda dengan implan gigi sebenarnya. Setelah data didapatkan, penulis membuat desain implan gigi sesuai referensi data, dimulai dengan membuat *Sketch* kemudian dilakukan proses *3D Part Modeling*, setelah semua part yang dibutuhkan telah selesai dilakukan proses *Assembly Modeling* dan desain siap untuk proses simulasi.

Analisis

Proses selanjutnya setelah mendapatkan data adalah menganalisis dan mengolah data yang telah terkumpul. Data hasil simulasi dimasukkan ke dalam grafik untuk perbandingan dan analisis lebih lanjut.

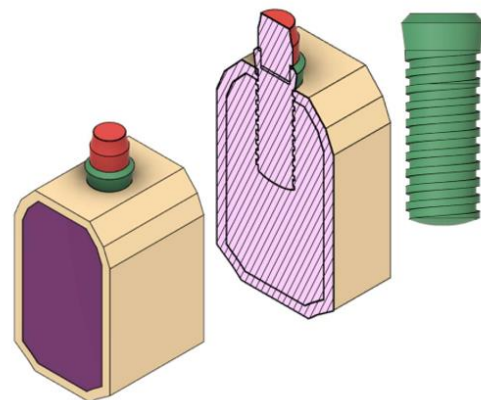


GAMBAR 1. Diagram alir simulasi

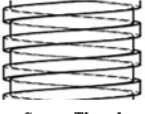
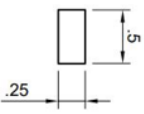

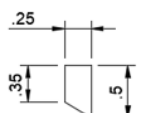

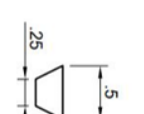

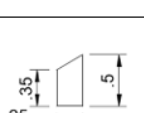
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain dan Hasil Material

Desain model 3D Pemasangan implan gigi dan model tubuh implant ditunjukkan pada Gambar 2. Implan gigi di variasikan dengan 4 macam tipe ulir. Perbandingan geometri menggunakan empat jenis ulir yang berbeda yaitu *standard V-thread*, *square thread*, *reverse buttress thread*, dan *buttress thread*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Jenis dan desain ulir tersebut digunakan untuk menentukan profil yang paling cocok untuk stabilisasi implan jangka panjang dan untuk menentukan geometri yang sesuai untuk distribusi beban implan.



GAMBAR 2. Model 3D Pemasangan Implan Gigi dan Model Tubuh Implan

Dental implant type	Geometry and dimensions
 Square Thread	
 Buttress Thread	
 Standard V-Thread	
 Reverse Buttress Thread	

GAMBAR 3. Jenis Implan Gigi

Hasil Simulasi

Analisis dilakukan dengan arah pembebanan yang diterima oleh implan gigi dan beberapa asumsi yang digunakan selama analisis yaitu:

1. Implan gigi diberi beban 100 N.
2. Beban yang diterima implan gigi dilakukan dengan arah vertikal atau $\theta = 0^\circ$.
3. Tempatkan beban dan fokus sesuai dengan posisi dan situasi yang sebenarnya.
4. Tegangan yang diizinkan harus di bawah kekuatan luluh material.

Hasil analisis masing-masing jenis implan ditunjukkan pada Gambar 4 sampai Gambar 7. Setelah dilakukan analisis statik, diperoleh hasil nilai yang bervariasi untuk setiap jenis benang, baik nilai tegangan, regangan, deformasi, maupun faktor keamanan. Tabel 1 menunjukkan hasil keseluruhan dari proses analisis yang dilakukan menurut data yang diperoleh dari beberapa macam literatur. Validasi dilakukan dengan menggunakan nilai von Mises dari beberapa literatur untuk memastikan bahwa hasil simulasi sudah benar. Jika nilai yang diperoleh hanya berbeda $\pm 5\%$ dari literatur, maka nilai yang diperoleh valid dan benar. Berikut adalah tabel nilai von Mises dari beberapa literatur yang digunakan sebagai validasi yang ditunjukkan pada Tabel 2.

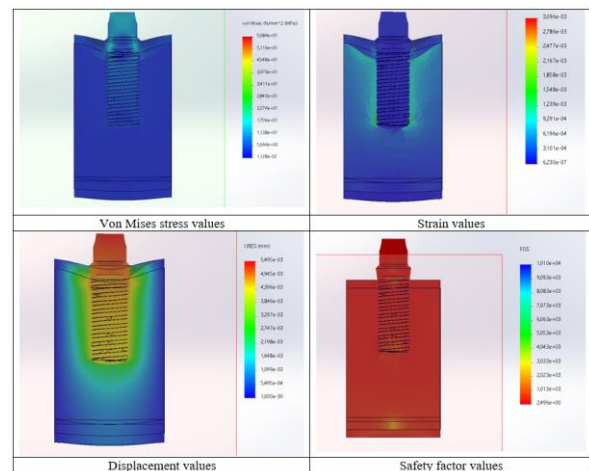
TABEL 1. Hasil simulasi semua tipe

Jenis utas	Variabel	Nilai
Jenis benang persegi	Stress (MPa)	13.8
	Perpindahan (mm)	0,0049
	Tekanan	0,00071
Jenis penopang	Faktor keamanan	2000
	Stress (MPa)	14.4
	Perpindahan (mm)	0,003
Tipe V-thread standar	Tekanan	0,0016
	Faktor keamanan	2900
	Stress (MPa)	12.5
Jenis penopang terbalik	Perpindahan (mm)	0,0015
	Tekanan	0,0014
	Faktor keamanan	1000
Jenis penopang terbalik	Stress (MPa)	12.8
	Perpindahan (mm)	0,0015
	Tekanan	0,0017
Jenis penopang terbalik	Faktor keamanan	14000

TABEL 2. Nilai Von Mises dari beberapa literatur

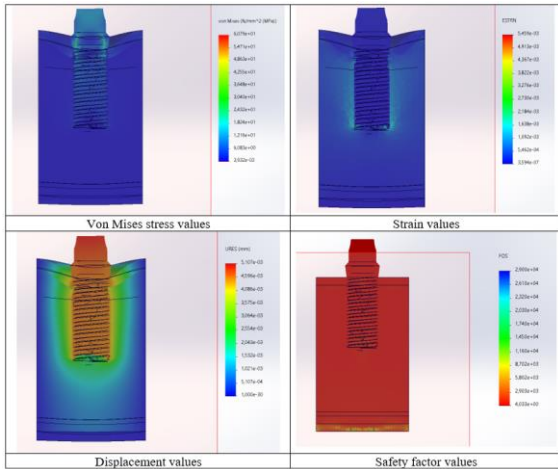
Referensi	Max von mises stress pada implan (MPa)
Yang dan Xiang 2007 (3D)	10.580
Chun et al. 2022 (2D)	14.461
Kaman et al. 2013 (3D)	12.437
Topkaya et al. 2018 (3D)	12.416

1) Hasil simulasi pada implan gigi tipe square thread



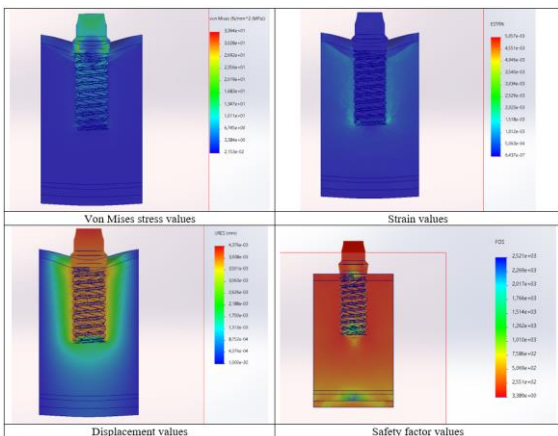
GAMBAR 4. hasil simulasi implan tipe square thread

2) Hasil simulasi pada implan gigi jenis *buttress thread*



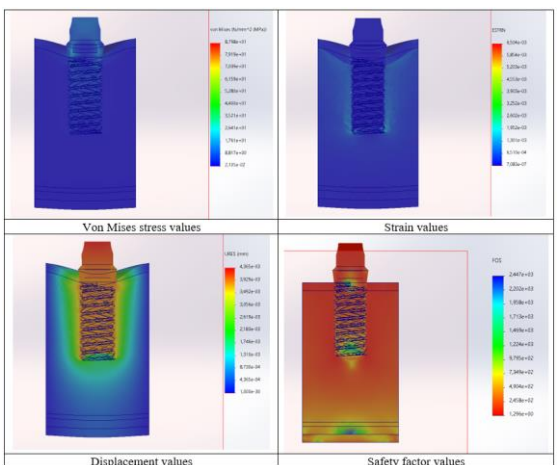
GAMBAR 5. hasil simulasi implant tipe buttress thread

3) Hasil simulasi pada implan gigi tipe *standard V-thread*

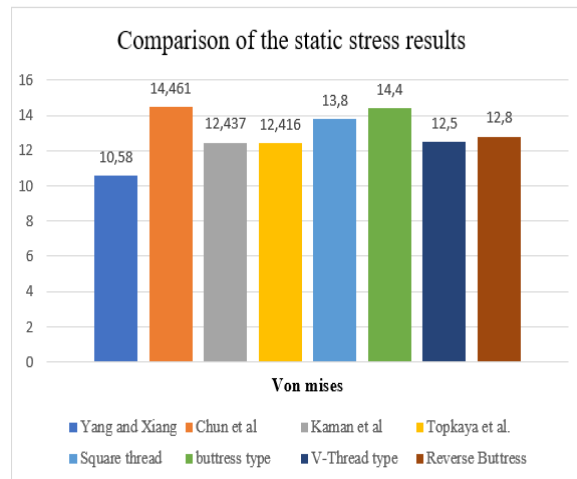


GAMBAR 6. Hasil simulasi implant tipe standard V-thread

4) Hasil simulasi pada implan gigi jenis *reverse buttress thread*



GAMBAR 7. Hasil simulasi implant tipe *reverse buttress thread*



GAMBAR 8. Diagram Perbandingan hasil tegangan statik penelitian ini dengan penelitian sebelumnya pada literatur

Berdasarkan diagram perbandingan tegangan statik hasil penelitian saat ini dan penelitian terdahulu yang ditunjukkan pada Gambar 8 didapatkan nilai von Mises yang paling rendah adalah tipe *Standard V-thread* dengan nilai von Mises sebesar 12,5 MPa, sedangkan von Mises tertinggi adalah tipe *Buttress thread* dengan nilai von Mises sebesar 14,4 MPa. Nilai von Mises tipe *square thread* dan *reverse buttress thread* masing-masing adalah 13,8 MPa dan 12,8 MPa.

Tipe *buttress thread* dengan nilai von Mises tertinggi merupakan tipe *thread* terbaik, cocok untuk profil implan yang dibuat dan hasilnya sesuai dengan literatur yang ada. Stres yang optimal akan mendorong regenerasi pembentukan tulang perifer di sekitarnya dan mengurangi efek negatif dari stres perisai yang disebabkan oleh perbedaan kekakuan antar muka implan tulang.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kalay et al., (2021), dijelaskan bahwa desain implan harus memenuhi kriteria vital stress transfer ke tulang sekitarnya. Setiap peningkatan tekanan pada tulang perifer mendorong regenerasi tulang dengan mendistribusikan kepadatan tulang. Sebaliknya, penurunan tekanan menyebabkan pengeroposan tulang sehingga mengendurkan implan dan kehilangan mekanik stabilitas. Tegangan transfer akan meningkat ketika ulir sekrup memiliki area kontak kecil dengan tulang di sekitarnya. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa tegangan tinggi dapat ditransfer ke tulang di sekitarnya dan profil *buttress thread* mampu mentransfer tegangan lebih

baik daripada profil *square thread*. Penelitian ini menunjukkan bahwa transfer tegangan tertinggi terjadi pada profil *buttress thread*, dimana tegangan ekuivalen tertinggi terjadi dan sesuai dengan literatur.

Tipe *V-thread* standar memiliki nilai von Mises maksimum yang lebih rendah daripada tipe lainnya. Ini karena transfer stres yang buruk dan optimal. Dalam desain implan, ditemukan bahwa geometri alur harus dipertimbangkan sedemikian rupa untuk meminimalkan efek proteksi stres dalam rekonstruksi tulang dan memungkinkan transfer stimulus yang diperlukan untuk rekonstruksi tulang.

KESIMPULAN

Tipe *buttress thread* memiliki nilai von Mises tertinggi (14,4 MPa) merupakan tipe *thread* terbaik untuk profil implan gigi. Profil ini yang paling sesuai untuk stabilisasi implan jangka panjang dan geometri yang sesuai untuk distribusi beban implan. Stress yang optimal akan mendorong regenerasi pembentukan tulang perifer di sekitarnya dan mengurangi efek negatif dari stres perisai yang disebabkan oleh perbedaan kekakuan antar muka implan tulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Chun, S. H., Hann, S., Khanlar, L. N., & Zandinejad, A. (2022). Computer-aided design and additively manufactured resin-bonded framework to retain an existing ceramic crown as the interim restoration after extraction: A dental technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*.
- Isabel, S., & Ribeiro, C. (2016). Dental Implants Resistance: Computational Analysis. *November*.
- Kalay, O. C., Karaman, H., Doğan, O., Yüce, C., Karpat, E., Dhanasekaran, L., & Khandaker, M. (2021). A comparative 3d finite element computational study of stress distribution and stress transfer in small-diameter conical dental implants. *Tehnički vjesnik*, 28(6), 2045-2054.
- Kaman, M. O., & Celik, N. (2013). Effects of thread dimensions of functionally graded dental implants on stress distribution. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 7(6), 1313-1319.
- Moynihan, P., & Petersen, P. E. (2004). Diet, nutrition and the prevention of dental diseases. *Public Health Nutrition*, 7(1a), 201–226.
- Topkaya, H. & Kaman, M. O. (2018). Effect of Dental Implant Dimensions on Fatigue Behaviour: A Numerical Approach. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23 (3), 249-260. DOI: 10.17482/uumfd.299899
- Yang, J., & Xiang, H. J. (2007). A three-dimensional finite element study on the biomechanical behavior of an FGBM dental implant in surrounding bone. *Journal of biomechanics*, 40(11), 2377-2385.