

## ANALISIS NUMERIK TERHADAP SAMBUNGAN PROTOTIPE PENGANTI TULANG PANGGUL PATAH PADA MANUSIA MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK SOLIDWORKS

M. Yusuf R. Siahaan<sup>1\*</sup>, Rakhmad Arief Siregar<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

\*Email: [yusufsiahaan@staff.uma.ac.id](mailto:yusufsiahaan@staff.uma.ac.id)

### ABSTRAK

Implan panggul membutuhkan bentuk geometris yang kompleks untuk merekonstruksi area cacat tulang yang tidak biasa, serta kekuatan mekanik yang tinggi untuk menahan beban tekan yang tinggi. Desain fiksasi penting pada implan panggul, mengingat bahwa fiksasi mengamankan implan panggul ke tulang yang tersisa, sementara juga menanggung sejumlah besar beban yang ditempatkan pada tulang. dalam penelitian ini, klasifikasi model sambungan dirancang untuk meningkatkan stabilitas mekanis implan panggul dan menganalisis sambungan prototipe panggul menggunakan simulasi solidworks. Dengan mengklasifikasikan suatu model sambungan. simulasi yang dilakukan dan distribusi tegangan antara daerah tegangan yang tinggi diamati daerah sambungan pada tulang panggul bagian pubis.

**Kata kunci:** Panggul, Tulang pubis; Implan, Desain fiksasi, *Von mises stress*.

### ABSTRACT

Hip implants require complex geometric shapes to reconstruct unusual areas of bone deformity, as well as high mechanical strength to withstand high compressive loads. The fixation design is important in pelvic implants, given that the fixation of the hip implant to the remaining bone, while a large load is placed on the bone. In this study, the classification of the joint model was designed to improve the mechanism of the hip joint and to analyze the hip prototype using solidworks simulation. By classifying a connection model. simulations were carried out and the stress distribution between stress areas was observed at the joint area of the pubic hip bone.

**Keywords:** *pelvis; pubic bone; implants; fixation design; von mises stress*.

### Pendahuluan

Tulang panggul merupakan salah satu tulang yang berperan penting dalam tubuh manusia dimana tulang panggul terletak di bagian bawah perut dan antara kedua tulang pinggul. Tulang ini berfungsi sebagai penyangga dan melindungi berbagai organ dalam sistem pencernaan dan reproduksi. Kasus patah tulang panggul umumnya disebabkan oleh trauma tekanan tinggi, kecelakaan lalu lintas atau terjadi setelah jatuh dari ketinggian. Trauma panggul kompleks masih merupakan cedera yang mengancam jiwa pasien. Negara Jepang untuk kurun waktu beberapa tahun terakhir sedikitnya ada 150.000 kasus ditemukan membutuhkan pergantian tulang panggul, sedangkan di Indonesia pergantian tulang panggul mencapai 200-400 jiwa per tahunnya [1][2]. Kebutuhan akan implan pada tulang panggul buatan di beberapa negara maju sangat besar dengan model dan dimensi yang berbeda-beda baik ketebalan dan panjang tulang [3].

Implementasi tulang panggul buatan pada tubuh manusia membutuhkan sambungan yang tepat dan nyaman digunakan. Untuk menghasilkan sambungan tersebut dilakukan perancangan dan analisis sambungan pengganti tulang panggul buatan menggunakan perangkat lunak Solidworks dengan karakteristik yang kuat dan aman dari infeksi maupun dislokasi. Campuran bahan bio untuk memperkuat struktur plat seperti banana stem memberikan hasil akhir yang menjanjikan [4], penggunaan teknologi AM (Additive Manufacturing) untuk implan medis, pembahasan konsentrasi tegangan pada plat, pengaruh laju regangan dan simulasi numerik telah dikaji sebelumnya [5-8] Penelitian ini menentukan jenis-jenis sambungan yang dapat digunakan pada pengganti tulang panggul tubuh manusia, memodelkan jenis-jenis

sambungan, dan menganalisis kekuatan jenis sambungan yang dapat digunakan pada pengganti tulang panggul tubuh manusia dengan menggunakan perangkat lunak Solidworks [9].

## Teori

### Tulang Panggul Tubuh Manusia

Tulang merupakan sebuah material komposit yang terdiri dari kolagen yang diperkuat oleh Kristal hidroksiapatit. Tulang terdiri dari suatu struktur selular yang berpori (Tulang ringan/tulang kanseolus) yang diselimuti suatu kulit yang lebih padat. Sifat mekanik tulang berupa porositas dan kerapatannya bervariasi dan bergantung pada lokasi, pembebanan di daerah tersebut. Kerapatan menentukan kekuatan dan kelakuan tulang yang tumbuh berkembang untuk menahan beban tubuh yang ada.

Beban yang terdapat pada tulang panggul bersifat dinamis. Sementara itu hasil pengukuran lainnya menunjukkan besarnya gaya maksimum yang terjadi pada tulang panggul orang dewasa sebesar 610 N [10]. Dimana dalam pengukuran ini dibantu dengan suatu alat yang dapat mengukur besarnya gaya yang terjadi pada tulang panggul baik gaya vertikal ( $F_z$ ), gaya arah depan ( $F_x$ ), gaya arah ke samping ( $F_y$ ), dan gaya total ( $F$ ). Beban dari gaya otot yang bekerja pada tulang panggul ketika bergerak kadang melebihi berat badan seseorang. Pada dasarnya, ada dua macam gaya, yaitu *bending forces* dan *twisting force* [11].



Gambar 1. Hasil pengukuran besarnya gaya pada tulang panggul [10].

### Sambungan Tulang Panggul

Sambungan tulang panggul adalah suatu alat yang digunakan untuk mengikat dan memposisikan letak tulang panggul normal kembali, misalnya saat tulang retak atau tulang patah. Hal ini dilakukan dengan tindakan operasi, Sambungan tulang panggul dirancang untuk tetap berada di dalam tubuh manusia secara permanen maupun sementara [11]. Berikut ini Jenis jenis sambungan tulang panggul, yaitu;

#### 1. Sambungan Matta

Sambungan Matta Pelvis dirancang untuk mengatasi semua fraktur acetabulum dan panggul. Anatomi tulang panggul yang sangat kompleks, khususnya daerah acetabular memerlukan reduksi anatomis yang sempurna jika ingin dicapai hasil fungsional dan tahan lama yang baik [11].

#### 2. Sambungan infrapectineal

Sambungan Infrapectineal Plate memiliki 3 tipe, dengan perbedaan pada ukuran dan banyaknya jumlah lubang sekrup. Sambungan jenis ini menumpang pada sisi tulang pubis dan ishium[11].



Gambar 2. Jenis Sambungan Matta [11].



Gambar 3. Jenis sambungan Infrapectineal [11].

Material alat sambungan pada tubuh manusia sudah sejak lama dikembangkan, material tersebut dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu metal, polimer, keramik dan komposit. Karakter yang dibutuhkan dari bahan alat sambungan yaitu kekuatan dan ketangguhan, selain kekuatan salah satu karakter material yang dibutuhkan adalah tahan terhadap karat dan korosi [12].

#### 1. Ti-6Al-4V

Ti-6Al-4V paduan titanium ini banyak dipilih sebagai bahan dasar alat sambungan orthopedi karena

telah diproduksi secara luas dan jika dibandingkan dengan jenis paduan titanium lainnya, paduan ini memiliki performa yang lebih baik. Prinsip penggunaan biomaterial logam sebagai bahan baku alat sambungan orthopedi didasarkan pada karakteristik kompatibilitas biomekanik, biokimia dan kompatibilitas biologi yang cukup baik terhadap tubuh manusia.

## 2. Stainless Steel 316L

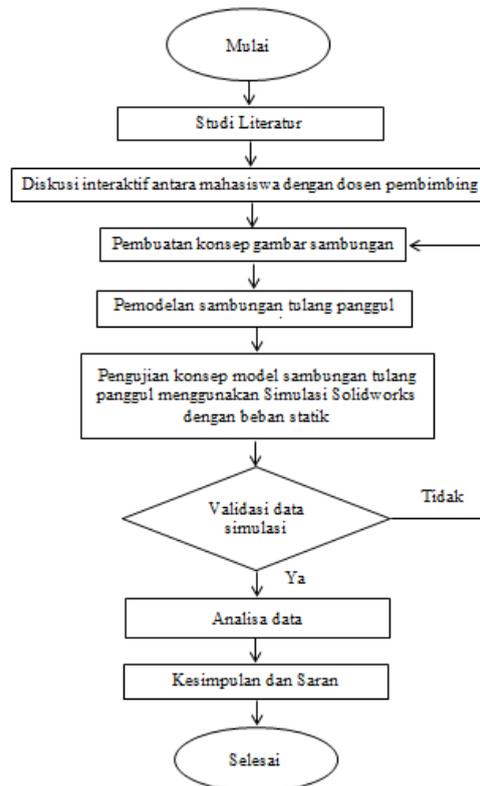
Stainless Steel 316L adalah baja tahan karat yang digunakan untuk keperluan pembuatan peralatan medis, diantaranya yaitu seperti pembuatan alat sambungan dan alat-alat operasi. Material jenis baja ini memiliki kekuatan yang sangat bagus dan memiliki karakteristik tahan panas dan tahan karat.

## Solidworks

Solidworks merupakan perangkat lunak pada komputer yang berfungsi untuk melakukan pemodelan desain dan dapat melakukan analisa struktur kekuatan dalam bentuk numerik. Perangkat lunak tersebut dapat membantu untuk merancang komponen *manufacturing* baik itu dalam permesinan, *furniture*, dan sebagainya yang membutuhkan part atau assembly dengan metode analisis statik maupun dinamis [13].

## METODOLOGI PENELITIAN

1. Studi literatur
2. Diskusi interaktif
3. Pembuatan konsep gambar sambungan
4. Pemodelan sambungan tulang panggul
5. Pengujian menggunakan Simulasi Solidworks
6. Validasi data simulasi
7. Analisa data



Gambar 4. Diagram alir penelitian.

## Hasil

Penentuan konsep sambungan menggunakan analisis morfologi untuk memilih model sambungan yang paling baik dari segi kekuatan, kenyamanan dan ekonomis ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1. Analisis morfologi menentukan spesifikasi konsep sambungan.**

No	Kriteria	Persyaratan	Tingkat kebutuhan
1	Geometri	1. Panjang $\pm$ 100 mm	D
		2. Lebar $\pm$ 50 mm	W
		3. Ketebalan $\pm$ 3.5 mm	W
		4. Radius $\pm$ 108 mm	D
2	Material	1. Mudah didapat	D
		2. Aman terhadap Tubuh	D
		3. Kekuatan baik	D
		4. Murah	W
3	Ergonomi	1. Bentuk menarik	D
		2. Ringan	D
4	Keselamatan	1. Higenis	D
		2. Tidak menimbulkan dislokasi, infeksi	D
5	Produksi	1. Biaya produksi murah	W
		2. Dapat dikembangkan	W

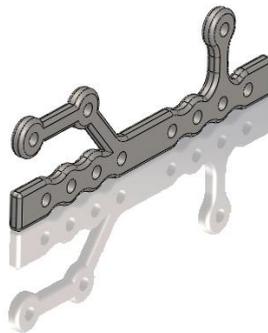
**Tabel 2. Matrik morfologi pada model sambungan.**

Sub solusi konsep				
Model Sambungan	Pengait Sambungan	Lubang	Sudut Sambungan	Bahan
Pelat stryker matta	Sekrup	Lubang tegak lurus	Datar	Stainless Steel 316L
Pelat infrapektineal	Kawat	Lubang kerucut	Kampuh poligon	Titanium Ti6Al4V
Pelat Ramus	Paku femoral	Lubang miring	Cembung	Titanium ASTM

Berdasarkan data analisis dan matriks morfologi diperoleh hasil 3 konsep model sambungan tulang panggul yang dapat dilihat pada gambar 5-7.



**Gambar 5. Konsep model 1.**

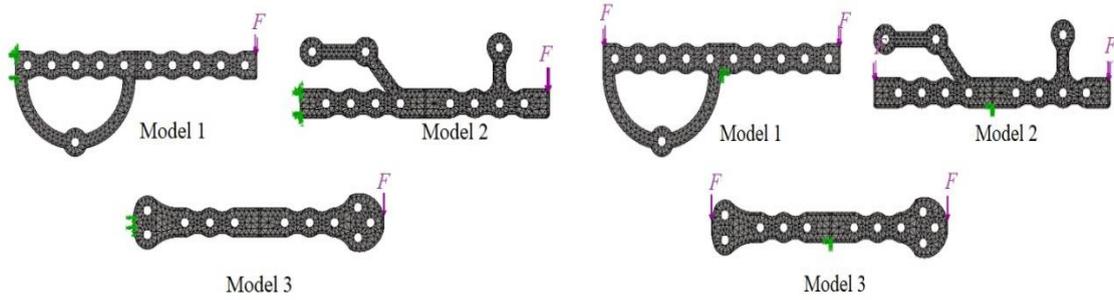


**Gambar 6. Konsep model 2**

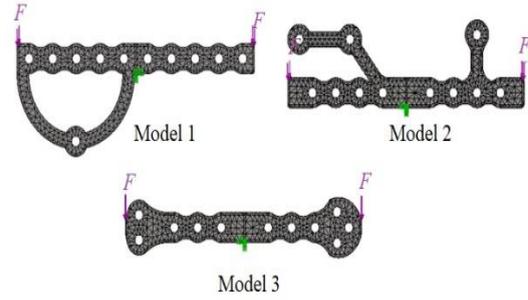


**Gambar 7. Konsep model 3.**

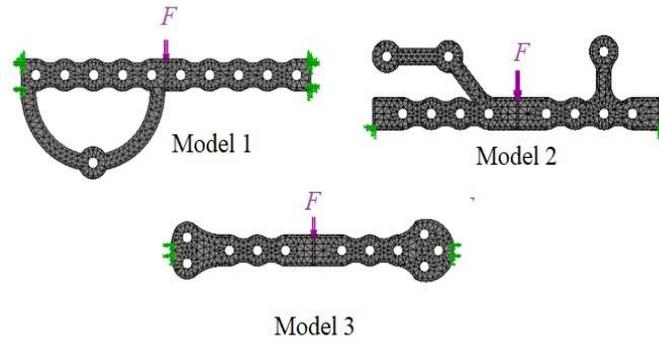
Analisis numerik dilakukan terhadap ketiga konsep model dengan variasi letak pembebanan statik dan tumpuan yang ditunjukkan pada gambar 8-13.



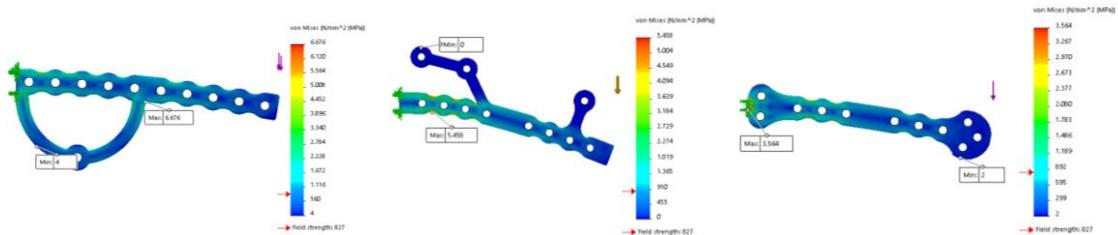
Gambar 8. Pengujian variasi 1.



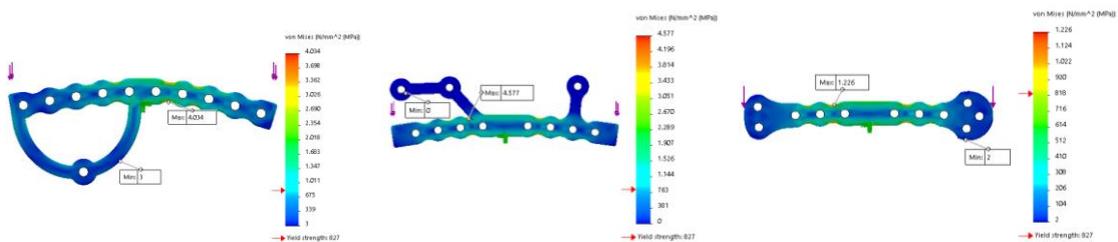
Gambar 9. Pengujian variasi 2.



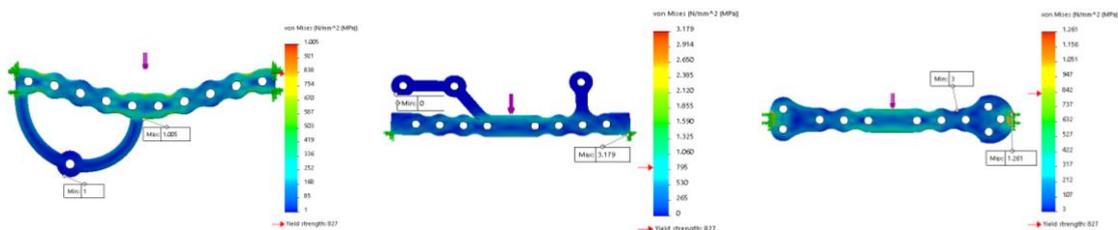
Gambar 10. Pengujian variasi 3.



Gambar 11. Tampilan hasil pengujian variasi 1 terhadap 3 konsep model.



Gambar 12. Tampilan hasil pengujian variasi 2 terhadap 3 konsep model.

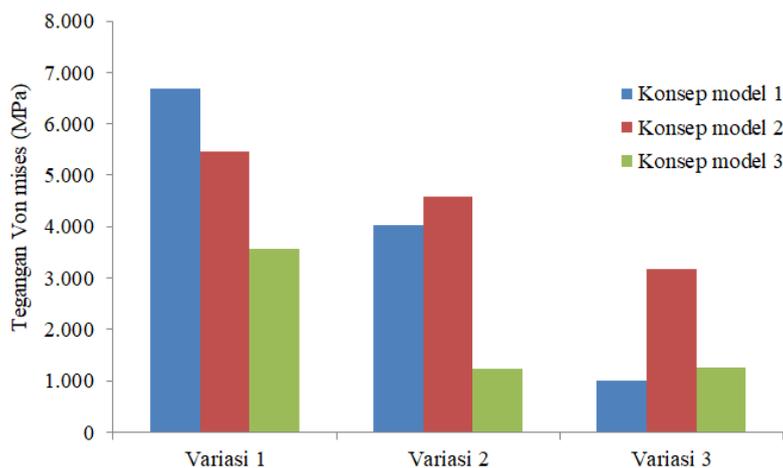


Gambar 13. Tampilan hasil pengujian variasi 3 terhadap 3 konsep model.

Berdasarkan data tampilan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak Solidworks diperoleh hasil seperti pada tabel 3.

**Tabel 3. Nilai Tegangan Von mises hasil simulasi numerik menggunakan Solidworks.**

Uraian	Tegangan Von mises (MPa)		
	Pengujian variasi 1	Pengujian variasi 2	Pengujian variasi 3
Konsep model 1, F = 735 N	6.676	4.034	1.005
Konsep model 2, F = 735 N	5.458	4.577	3.179
Konsep model 3, F = 735 N	3.564	1.226	1.261



**Gambar 14. Grafik Tegangan Von mises hasil simulasi numerik Solidworks.**

Nilai tegangan Von mises terbesar dimiliki oleh konsep model 1 sesuai hasil simulasi numerik dengan pengujian variasi 1 dan nilai tegangan Von mises terkecil juga ada pada konsep model 1 dari hasil simulasi numerik dengan pengujian variasi 3.

### Kesimpulan

1. Jenis sambungan tulang panggul berhasil ditentukan berdasarkan data analisis dan matriks morfologi sehingga didapat 3 konsep sambungan yang dapat digunakan pada tubuh manusia.
2. Hasil 3 konsep sambungan diwujudkan pada pemodelan geometrik sambungan yang menyesuaikan dimensi tubuh manusia menggunakan perangkat lunak Solidworks.
3. Analisis numerik yang dilakukan dengan simulasi Solidworkd akibat beban statik diperoleh hasil nilai tegangan Von mises dari semua konsep model sambungan. Nilai tegangan Von mises tertinggi sebesar 6.676 MPa yang terjadi pada konsep model 1 dengan pengujian variasi 1 sedangkan nilai tegangan Von mises terendah sebesar 1.005 MPa dimiliki oleh konsep model 1 dengan pengujian variasi 3.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Medan Area yang telah membantu penelitian dan memberikan ijin penggunaan fasilitas laboratorium untuk terlaksananya penelitian ini.

**Daftar Pustaka.**

- [1] Dhaneswara, Y.A., "Analisis Pengaruh Clearance Terhadap Keausan dan Impingement Gerakan Salat pada Sendi Panggul Buatan Produk Undip Tipe Bipolar Menggunakan Metode Elemen Hingga", Skripsi, Universitas Diponegara, Indonesia, 2016.
- [2] Gapa, A.E.R., "Biomekanika Sendi Panggul Saat Berjalan Dan Salat", Skripsi, Universitas Diponegara, Indonesia, 2017.
- [3] Pearce, Evelyn C., *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2010
- [4] A.J. Zulfikar, B. Umroh, and M. Y. R. Siahaan, "Design and manufacture of skateboard from banana stem", JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy), vol. 3, no. 2, pp. 109-116, 2019.
- [5] S.F. Khan, K. W. Dalgarno, R. A. Siregar, "Indirect Additive Manufacturing (AM) of ApatiteWollastonite (A-W) Glass-Ceramic for Medical Implants", Applied Mechanics and Materials, vol. 786, pp. 354-360, 2015.
- [6] Rakhmad Arief Siregar, Khairul Umurani, Rahmatullah, Cahyo, "Pengaruh Diameter Lubang Pada Faktor Konsentrasi Tegangan Untuk Plat Isotropis", Jurnal RMME, vol 2, no. 1, pp. 17-23, 2019.
- [7] Siregar R. A., Daimaruya, M., Kobayashi, H., and Shimada H., "Strain rate effect on impact tensile stress of concretes by method of reflected tensile stress waves", J. Japan Exp. Mech., vol. 4, no. 3, pp. 56-61, 2004.
- [8] A.J. Zulfikar, A. Sofyan and M. Y. R. Siahaan, "Numerical Simulation on The Onion Dryer Frame Capacity of 5 kg/hour", JMEMME (Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy), vol. 2, no. 2, pp. 86-92, 2018.
- [9] Anditya, S. D., *Membuat desain komponen mekanis 2D & 3D Solidworks*. Yogyakarta: Percetakan Andi, 2016.
- [10] Marc-Daniel Ahrend, dkk., "Development of generic Asian pelvic bone models using CT-based 3D statistical modelling", Journal of Orthopaedic Translation, vol 20, pp. 100-106, 2020.
- [11] Michael Archdeacon, dkk., *Pelvis and Acetabulum System- Operative technique*, Rev 3, Switzerland: Stryker GmbH Bohnackerweg, 2017.
- [12] Junlei Li, dkk., "Materials evolution of bone plates for internal fixation of bone fractures, a review", Journal of Materials Science & Technology (JMST), vol 36, pp. 190-208, 2020.
- [13] M. Zainal Abdi, *Solidworks untuk Desain Manufaktur*, Bandung: Percetakan Modula, 2018.