

REKONSTRUKSI DISKUS INTERVERTEBRALIS LUMBALIS 1 DAN LUMBALIS 2 MENGUNAKAN APLIKASI SOLIDWORKS

*Ruth Febrianti Berlian Wahyudi¹, Jamari², Tri Indah Winarni³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

³Dosen Jurusan Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: ruthfebi02@gmail.com

Abstrak

Studi biomekanika tulang belakang atau vertebra lumbalis memiliki interpretasi yang lebih baik terhadap temuan klinis dan radiologis yang dapat membantu dalam pengobatan atau prediksi masalah medis pada lumbal. Maka dari itu diperlukan pengkajian mengenai metode komputasi untuk merekonstruksi model tulang belakang. Fokus pada penelitian ini adalah pada vertebra lumbalis 1 dan 2 yang dimodelkan dari data CT scan pasien menggunakan software MIMICS dan SOLIDWORKS 2020 untuk memodelkan komponen diskus intervertebralis. Model ini nantinya dapat digunakan untuk menganalisis mekanika kontak menggunakan software ANSYS.

Kata kunci: diskus intervertebralis; lumbar; rekonstruksi

Abstract

Biomechanical studies of the lumbar spine or lumbar vertebrae provide a better interpretation of clinical and radiological findings that can assist in treating or predicting medical issues in the lumbar region. Therefore, an investigation into computational methods is needed to reconstruct spine models. The focus of this research is on lumbar vertebrae 1 and 2, modeled from patient CT scan data using MIMICS and SOLIDWORKS 2020 to include intervertebral disc components. These models will be used to analyze contact mechanics using ANSYS software.

Keywords: intervertebral disc; lumbar; reconstruction

1. Pendahuluan

Studi biomekanika tulang belakang atau vertebra lumbalis memiliki interpretasi yang lebih baik terhadap temuan klinis dan radiologis. Hal ini membantu dalam pengobatan atau prediksi masalah medis pada lumbal dengan dasar ilmiah yang kuat [1]. Rangkaian tulang belakang atau columna vertebralis merupakan struktur anatomi kompleks yang terdiri dari tulang vertebra, diskus intervertebralis, dan ligamentum-ligamentum yang berfungsi sebagai axis tubuh manusia. Rangkaian tulang belakang manusia ini terdiri dari 24 ruas tulang belakang yang disebut dengan vertebra, tulang sacrum, dan coccygeus. Vertebra ini menjadi struktur utama tulang belakang dalam menahan beban [2]. Rangkaian tulang belakang ini bekerja bersama untuk memberikan dukungan struktural dan kemampuan gerak tubuh. Sistem tulang belakang terdiri dari struktur yang kompleks seperti vertebra, diskus intervertebralis, ligamen, dan otot [3]. Vertebra lumbalis 1 (L1) dikatakan sebagai bagian yang paling umum terjadinya patah tulang belakang karena letaknya pada thoracolumbal junction [2].

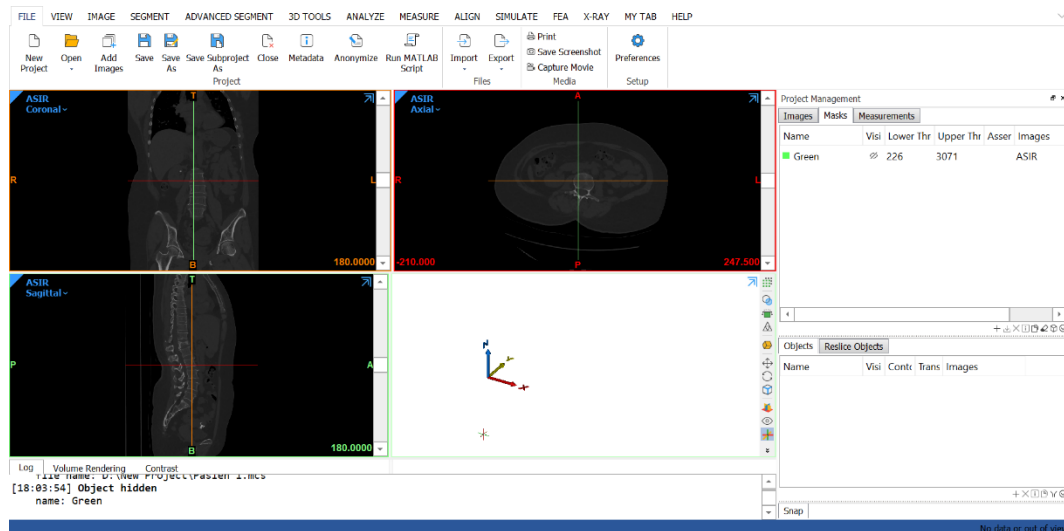
Pada manusia, transisi ke postur vertikal menghasilkan sejumlah perubahan dalam struktur tulang dan otot yang dapat diartikan sebagai langkah untuk berpindah ke posisi tegak. Tulang belakang mengalami perubahan menuju posisi yang lebih tegak, yang pada gilirannya mengurangi beban yang diberikan kepada otot-otot paravertebral di bagian belakang [4]. Maka dari itu diperlukan pengkajian mengenai metode komputasi untuk merekonstruksi model tulang belakang. Pada penelitian ini, data geometri model tulang dikumpulkan menggunakan computerized tomography (CT) yang digunakan untuk menghasilkan gambaran buatan tulang, diambil pada jarak 1,5 mm melalui bidang sagital, koronal, dan horizontal. Dalam rekonstruksi tulang belakang, struktur tulang L1 hingga L2 direkonstruksi dalam bentuk model anatomi digital 3D menggunakan gambar tomografi yang terkomputasi manusia [5]. Haiyun, et al membuat model tulang belakang yang terdiri dari vertebra (*cortical bone*) dan diskus intervertebralis. Vertebra sendiri memiliki bagian ekor tulang yang disebut dengan posterior. Sedangkan diskus intervertebralis terletak di antara 2 vertebra dalam hal ini di antara L1 dan L2 [6]. Rekonstruksi model tulang belakang dapat digunakan untuk penelitian terkait finite element method (FEM). Melalui analisis FEM pada tulang-tulang tersebut dapat memperoleh pemahaman tentang dampak variasi antar-subjek terhadap hasil simulasi [7]. Penelitian mengenai tulang belakang telah banyak dilakukan oleh beberapa negara. Penelitian termasuk transfer beban dalam berbagai loading condition [2] tegangan von mises [5], Range of Motion (ROM) tulang belakang [8] serta studi mengenai mekanika kontak lainnya [9], [10], [11].

Masih sedikit penelitian antropometri, khususnya di Indonesia, yang meneliti keseluruhan aspek dari parameter tulang spinopelvic pada individu lanjut usia yang sama dengan geometri asli dari tulang belakang milik pasien. Maka diperlukan suatu penelitian parameter antropometri pada tulang belakang terutama pada individu usia dewasa tua di Indonesia dengan simulasi elemen hingga. Fokus pada penelitian ini adalah pada vertebra lumbalis 1 dan 2 yang dimodelkan dari data CT scan pasien menggunakan software MIMICS dan SOLIDWORKS 2020 untuk memodelkan komponen diskus intervertebralis. Model ini nantinya dapat digunakan untuk menganalisis mekanika kontak menggunakan software ANSYS.

2. Bahan dan Metode Penelitian

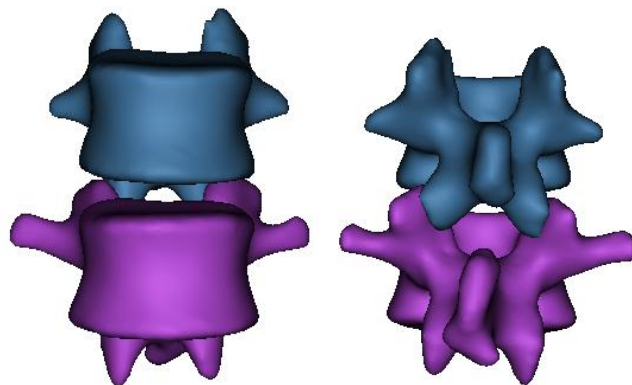
Penelitian ini mengkaji tegangan von Mises pada komponen utama, yaitu cortical bone, endplate, dan diskus intervertebralis. Penelitian ini dilakukan dengan merekonstruksi vertebra lumbalis 1 hingga lumbalis 2 pada pasien. Proses rekonstruksi menggunakan perangkat lunak Mimics 21.0

Untuk memodelkan tulang vertebra lumbalis 1 hingga lumbalis 2, diperlukan data CT-scan dari pasien. Data ini diperoleh melalui hasil CT-scan di Rumah Sakit dr. Kariadi. Kemudian, data hasil CT-Scan diubah menjadi format DICOM dan diproses menggunakan perangkat lunak Mimics 21.0.



Gambar 1. Data CT Scan pasien pada tampilan awal aplikasi MIMICS 21.0

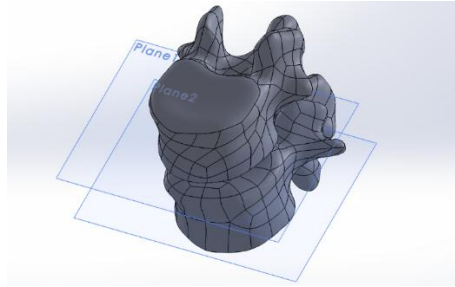
Setelah tulang lumbal 1 dan 2 direkonstruksi, model tersebut digunakan untuk memodelkan diskus intervertebralis pada SOLIDWORKS 2020 dan ANSYS 2020.



Gambar 2. Hasil rekonstruksi *cortical bone* tulang vertebra lumbalis1-lumbalis 2

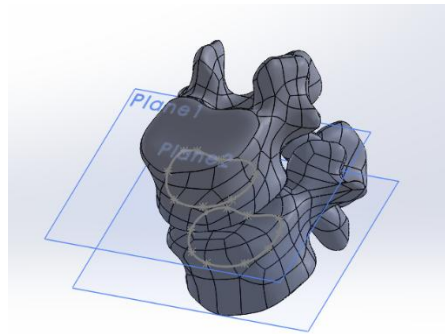
3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan diskus intervertebralis dilakukan dengan aplikasi Solidworks 2020 dan Ansys 2020. Pertama buka aplikasi Solidworks 2020. Setelah software terbuka masukan file .igs L1 dan L2 > klik Features > Reference Geometry > Plane > pada First References pilih front plane > atur posisi plane ada mendekati tengah antara L1 – L2 > klik Ok.



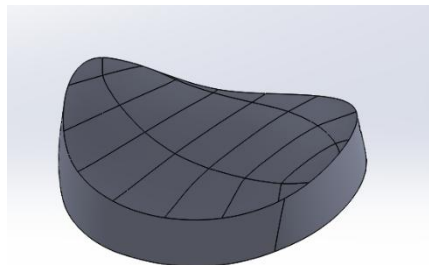
Gambar 3. Reference Geometry

Langkah selanjutnya adalah membuat sketsa pada plane 1 dan plane 2. Klik kanan pada Plane1 > sketch > klik fitur spline > gambar bentuk Annulus Fibrosus > klik OK



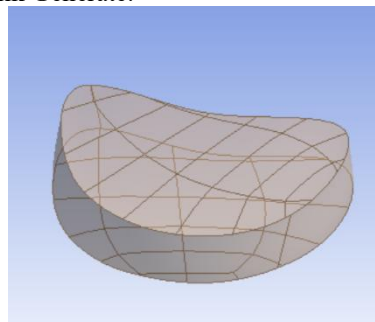
Gambar 4. Sketch Diskus Intervertebralis pada Plane 1 dan Plane 2

Selanjutnya pilih Features > Lofted Boss/Base > pilih kedua sketch yang telah dibuat > pada kolom Option, uncheck merge result dan merge tangent faces > klik ok. Selanjutnya untuk memisahkan bagian Diskus Intervertebralis dari L1-L2 klik Features > Intersect > pilih L1, L2, dan Lofted part > pilih Create Intersecting Regions > klik Intersect > uncheck merge result > klik Ok > hide seluruh model selain Diskus Intervertebralis > simpan dalam bentuk parasolid (.x_t).



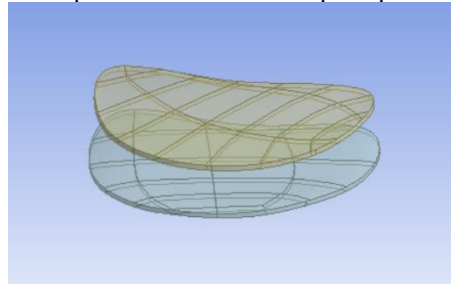
Gambar 5. Model Diskus Intervertebralis

Untuk membuat endplate maka dibutuhkan aplikasi Ansys 2020. Setelah software Ansys 2020 muncul > klik Component Systems > Geometry > Import Geometry > masukan file parasolid > Edit Geometry in Design Modeler. Selanjutnya klik kanan pada Import 1 > klik Generate.



Gambar 6. Model setelah merge faces

Untuk membuat endplate yang perlu dilakukan adalah klik Create > Thin Surfaces > ubah details of thin > klik generate > klik concept > boolean > ubah details of boolean > klik Generate > simpan model dalam bentuk parasolid. Lakukan cara yang sama untuk membuat superior atau inferior endplate pada model.



Gambar 7. Model Superior dan inferior endplate

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan rekonstruksi tulang lumbalis 1 hingga lumbalis 2 dengan fokus penelitian pada rekonstruksi diskus intervertebralis dan *endplate* (*superior endplate* dan *inferior endplate*) dengan menggunakan aplikasi SOLIDWORKS 2020.

Rekonstruksi tulang lumbalis 1 hingga lumbalis 2 berasal dari data CT Scan pasien yang didapat dari Rumah Sakit dr. Kariadi Semarang. Proses rekonstruksi dilakukan menggunakan aplikasi Mimics 21.0 dan Solidworks 2020.

5. Daftar Pustaka

- [1] A. Lomeli-Rivas and J. Larrinúa-Betancourt, "Biomecànica de la Columna lumbar: un enfoque clinico," *Acta Ortopédica Mex.*, vol. 33, no. 3, pp. 185–191, 2019.
- [2] M. H. Mazlan, M. Todo, H. Takano, and I. Yonezawa, "Finite Element Analysis of Osteoporotic Vertebrae with First Lumbar (L1) Vertebral Compression Fracture," *Int. J. Appl. Phys. Math.*, vol. 4, no. 4, pp. 267–274, 2014, doi: 10.7763/ijapm.2014.v4.297.
- [3] H. Christian *et al.*, "REKONSTRUKSI dan SIMULASI ELEMEN HINGGA PADA VERTEBRA LUMBALIS 1 SAMPAI SACRALIS 1 DENGAN KONDISI PEMBEBANAN BERBEDA," vol. 11, no. 1, pp. 126–131, 2023.
- [4] V. Filardi *et al.*, "Finite element analysis of sagittal balance in different morphotype: Forces and resulting strain in pelvis and spine," *J. Orthop.*, vol. 14, no. 2, pp. 268–275, 2017, doi: 10.1016/j.jor.2017.03.007.
- [5] A. R. Cho, S. B. Cho, J. H. Lee, and K. H. Kim, "Effect of augmentation material stiffness on adjacent vertebrae after osteoporotic vertebroplasty using finite element analysis with different loading methods," *Pain Physician*, vol. 18, no. 6, pp. E1101–E1110, 2015, doi: 10.36076/ppj.2015/18/e1101.
- [6] H. Li and Z. Wang, "Intervertebral disc biomechanical analysis using the finite element modeling based on medical images," *Comput. Med. Imaging Graph.*, vol. 30, no. 6–7, pp. 363–370, 2006, doi: 10.1016/j.compmedimag.2006.09.004.
- [7] F. Moshfeghifar, "Hip Joint Finite Element Modeling," 2022.
- [8] H. Lu, Q. Zhang, F. Ding, Q. Wu, and R. Liu, "Finite Element Analysis of Unilateral versus Bipedicular Bone-Filling Mesh Container for the Management of Osteoporotic Compression Fractures," *Biomed Res. Int.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/6850089.
- [9] I. Udofia, F. Liu, Z. Jin, P. Roberts, and P. Grigoris, "The initial stability and contact mechanics of a press-fit resurfacing arthroplasty of the hip," vol. 89, no. 4, pp. 549–556, 2007, doi: 10.1302/0301-620X.89B4.18055.
- [10] J. Jamari *et al.*, "The Effect of Bottom Profile Dimples on the Femoral Head on Wear in Metal-on-Metal Total Hip Arthroplasty," 2021.
- [11] X. Hua, J. Li, L. Wang, Z. Jin, R. Wilcox, and J. Fisher, "Contact mechanics of modular metal-on-polyethylene total hip replacement under adverse edge loading conditions," *J. Biomech.*, vol. 47, no. 13, pp. 3303–3309, 2014, doi: 10.1016/j.jbiomech.2014.08.015.