

## REKONSTRUKSI DAN PENGUKURAN PARAMETER ANTROPOMETRI TULANG VERTEBRA LUMBALIS 1 HINGGA SACRALIS 1

\*Dylan Paramartha<sup>1</sup>, Jamari<sup>2</sup>, Tri Indah Winarni<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>3</sup>Dosen Jurusan Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro

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

\*E-mail: [dylanparamartha@students.undip.ac.id](mailto:dylanparamartha@students.undip.ac.id)

### Abstrak

Permasalahan *lumbar spondylosis* merupakan suatu penyakit yang sering terjadi pada tulang punggung manusia terutama pada tulang punggung bagian bawah atau dikenal dengan bagian vertebra lumbalis. Penyakit ini disebabkan oleh beberapa akibat salah satunya yaitu degenerasi pada diskus tulang belakang. Untuk menganalisis permasalahan dari segi mekanis yang ada pada tulang vertebra lumbalis maka diperlukan adanya prosedur baik untuk mengukur parameter antropometri vertebra lumbalis maupun rekonstruksi tulang vertebra lumbalis dari file ct scan menjadi model tiga dimensi yang bisa disimulasikan menggunakan metode *finite element*. Pada studi ini digunakan data ct scan dari pasien wanita berusia 47 tahun dan berpotensi mengalami degenerasi pada diskus tulang belakang. Pada studi ini proses pengukuran parameter antropometri tulang vertebra lumbalis menggunakan *software* Mimics 21.0 diperoleh sudut lumbar *losrdosis* yang telah diukur menggunakan Cobb's yaitu sebesar 26.50° kemudian untuk nilai *ventral disc height* vertebra lumbalis 1 hingga sacralis 1 secara berturut-turut diperoleh 7.53 mm, 8.32 mm, 8.46 mm, 13.35 mm, dan 13.35 mm, sedangkan untuk *dorsal disc height* adalah 3.22 mm, 3.32 mm, 3.84 mm, 6.01 mm, dan 5.03 mm. Kemudian untuk rekonstruksi model vertebra lumbalis bisa dilakukan dengan metode segmentasi menggunakan *software* Mimics 21.0, kemudian proses *surface patching* menggunakan *software* Geomagic Studio 12.0, dan terakhir pembuatan komponen diskus intervertebrata menggunakan *software* Solidworks 2018.

**Kata kunci:** lumbar vertebrata; model reconstruction

### Abstract

The problem of lumbar spondylosis is a disease that often occurs in the human spine, especially in the lower back or known as the lumbar vertebrae. This disease is caused by several consequences, one of which is degeneration of the spinal discs. In order to identify mechanical problems in the lumbar vertebrae, a procedure is needed, both measuring the anthropometric parameters of the lumbar vertebrae and the procedure for reconstructing the lumbar vertebrae from ct scan files into a three-dimensional model that can be simulated using the finite element method. In this study, ct scan data was used from a 47-year-old patient where the patient had entered an advanced age and had the potential that the patient had degeneration of the spinal discs. In this study the process of measuring anthropometric parameters of the lumbar vertebrae using Mimics 21.0 software obtained the angle of lumbar loss that was measured using Cobb's, which was 26.50° then for the ventral disc height values of lumbar 1st to sacral 1st vertebrae respectively obtained 7.53mm, 8.32mm, 8.46 mm, 13.35 mm, and 13.35 mm, while the dorsal disc heights were 3.22 mm, 3.32 mm, 3.84 mm, 6.01 mm, and 5.03 mm. Then to reconstruct the lumbar vertebrae model it can be done by the segmentation method using Mimics 21.0 software, then the surface patching process using Geomagic Studio 12.0 software, and finally making intervertebral disc components using Solidworks 2018 software.

Keywords: lumbar vertebrata; model reconstruction

### 1. Pendahuluan

*Lumbar spondylosis* merupakan salah satu penyakit degenerative vertebra yang dasari oleh adanya degenerasi diskus dan terbentuknya osteofit pada vertebra [1]. *Lumbar spondylosis* merupakan osteoarthritis yang terjadi pada vertebra lumbar. Salah satu penyebab keluhan nyeri punggung bawah pada orang tua adalah *lumbar spondylosis* dan dapat berlanjut menjadi *lumbar spondylolisthesis* maupun stress fraktur pada pars interartikularis [2]. Apabila *lumbar spondylosis* berlanjut menjadi *lumbar spondylolisthesis*, maka akan menurunkan kualitas hidup, meningkatkan angka kesakitan dan meningkatkan kecenderungan untuk terapi pembedahan terutama pada orang tua [3]. Beberapa faktor yang berhubungan dengan kejadian *lumbar spondylosis* berdasarkan hasil penelitian antara lain adalah usia, jenis

kelamin, etnis, body mass index (BMI) dan juga *lumbar load*. Penelitian Chaiwanichsiri et al menunjukkan hasil yang berbeda dimana tidak terdapat korelasi obesitas dengan kejadian *lumbar spondylosis* [2]. Pada *lumbar spondylosis*, proses degenerasi diskus ataupun *aging* akan menyebabkan terjadinya penyempitan diskus intervertebralis (*disk space narrowing*). Teori lain menyebutkan bahwa faktor genetik, nutrisi [4] dan juga loading pada vertebra juga dapat berperan dalam penyempitan diskus intervertebralis. Pengurang densitas sel diskus yang digantikan oleh fibrosit menandai proses aging pada degenerasi diskus intervertebralis [5]. Proses apoptosis terprogram juga berperan dalam mengurangi populasi sel diskus dari waktu ke waktu. Manusia memiliki kelengkungan lumbar yang sangat berperan dalam keseimbangan sagittal [6]–[9]. Keseimbangan sagittal ini ditopang oleh spinopelvic parameter dan juga hip joint parameter [10], [11]. Spinopelvic parameter terdiri atas Sacral Slope (SS), Pelvic Tilt (PT), Lumbar Lordosis (LL), Pelvic Incidence (PI) [12]. Hip joint parameter terdiri atas Center-Edge (CE) Angle, Acetabular Depth, Head-Neck Ratio, Pelvic Width, Neck-Shaft Angle [13]–[15].

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data berupa *ct scan* dari pasien wanita berusia 47 tahun yang ada di Rumah Sakit Sultan Agung, Semarang. Model geometri diperoleh dari data CT scan dalam bentuk DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) file yang kemudian dimasukan ke dalam *software* Mimics 21.0 untuk proses segmentasi tulang vertebra lumbar dan untuk proses *smoothing* model, setelah itu model yang sudah jadi dimasukan ke *software* Geomagic Studio 12.0 untuk proses *surfacing*. Kemudian untuk proses pembuatan disc interveetebrata digunakan *software* Solidworks 2018 dan Design Modeler. Untuk meshing dan simulasi digunakan *software* ANSYS 2020 R1 [16][17]–[20]. Pada vertebra lumbalis terdapat parameter antropometri antara lain Pelvic Incidence (PI), Lumbar Lordosis (LL), Sacral Slope (PT), Pelvic Tilt (PT), *ventral disc heigh* (vDH), dan *dorsal disc height* (dDH) [21][22].

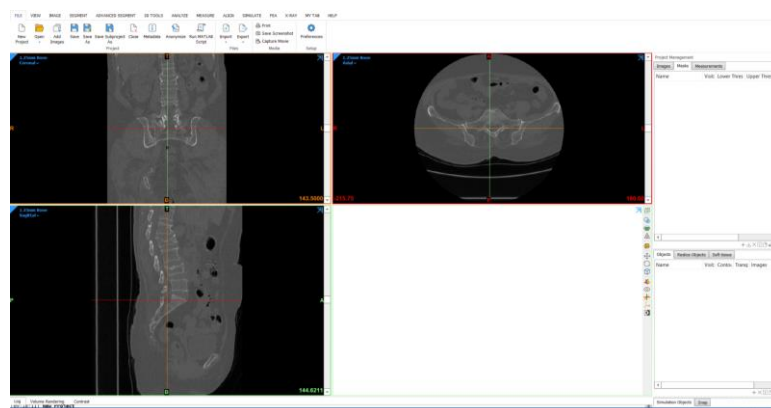
## 3. Hasil dan Pembahasan

Parameter antropometri diukur adalah lumbar losrdosis, *disc height* [12]. Pengukuran menggunakan *software* Mimics 21.0 dengan fitur *measure*. Diperoleh bahwa sudut lumbar losrdosis yang telah diukur menggunakan Cobb's method [21] pada pasien wanita usia 47 tahun deperoleh yaitu sebesar 26.50°. Untuk data parameter ventral dan dorsal disc height [12] dapat dilihat pada Tabel 3.1

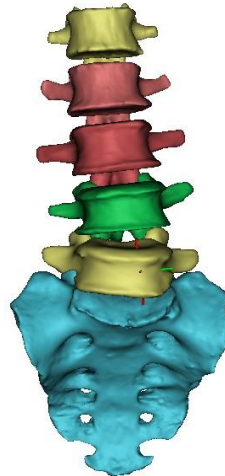
**Tabel 3. 1** Dimensi parameter *ventral* dan *dorsal disc height*

Vertebra lumbar	<i>Disc height</i>
L1 – L2	5.37 mm
L2 – L3	5.82 mm
L3 – L4	6.15 mm
L4 – L5	9.68 mm
L5 – S1	8.54 mm

Selanjutnya adalah proses rekonstruksi tulang vertebra lumbalis yang dimulai dengan rekonstruksi cortical bone menggunakan *software* Mimics 21.0 dengan menginput file hasil ct scan dalam bentuk DICOM ( Digital Imaging and Communications in Medicine) kemudian direkonstruksi dengan menggunakan metode segemntasi, Untuk tampilan *software* Mimics 21.0 dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan untuk hasil rekonstruksi *cortical bone* dapat dilihat pada Gambar 3.2.

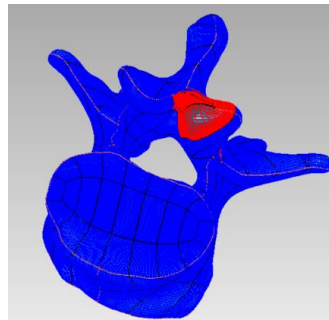


**Gambar 3. 1** Tampilan *software* Mimics 21.0



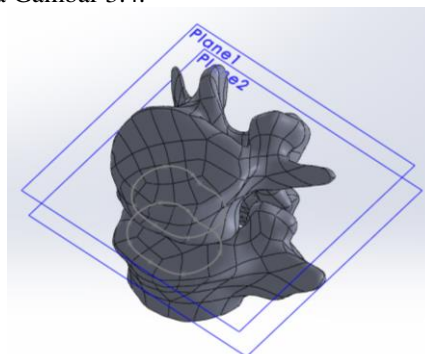
**Gambar 3. 2** Hasil rekonstruksi *cortical bone* tulang vertebra lumbalis 1- sacralis 1

Tulang vertebra lumbalis yang telah direkonstruksi kemudian dimasukkan ke dalam software Geomagic Studio 12.0 untuk dilakukan proses *surface patching* agar surface menjadi lebih smooth dan teratur. Untuk proses *surface patching* dapat dilihat pada Gambar 3.3



**Gambar 3. 3** *Surface patchig* pada *software* Geomagic Studio 12.0

Setelah semua permukaan pada kompone vertebra lumbalis telah rapi, tahap selanjutnya yaitu proses pembuatan diskus intervertebrata menggunakan *software* Solidworks 2018 untuk lebih jelasnya proses pembuatan diskus intervertebrata dapat dilihat pada Gambar 3.4.



**Gambar 3. 4** Pembuatan diskus intervertebrata menggunakan *software* Solidworks 2018

Setelah melalui langkah-langkah diatas maka terbentuklah model hasil rekonstruksi tulang vertebra lumbali 1 hingga sacralis 1 dimana model ini dapat digunakan untuk simulasi analisis dengan studi kasus tertentu.

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa rekonstruksi tulang terutama pada bagian vertebra lumbalis 1 hingga sacralis 1 dapat dilakukan dengan memiliki file hasil ct scan dalam bentuk DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) yang kemudian direkonstruksi secara bertahap menggunakan software Mimics 21.0, Geomagic Studio 12.0, dan Solidworks 2018. Selain itu nilai parameter antropometri tulang vertebra lumbalis juga dapat diukur secara presisi menggunakan *software* Mimics 21.0 dengan memakai fitur *measure*.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] R. Tsujimoto *et al.*, “Prevalence of lumbar spondylosis and its association with low back pain among community-dwelling Japanese women,” *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–6, 2016, doi: 10.1186/s12891-016-1343-x.
- [2] Y. Aoki *et al.*, “Prevalence of lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in patients with degenerative spinal disease,” *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–4, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-63784-0.
- [3] C. Yilgor *et al.*, “Relative lumbar lordosis and lordosis distribution index: Individualized pelvic incidence-based proportional parameters that quantify lumbar lordosis more precisely than the concept of pelvic incidence minus lumbar lordosis,” *Neurosurg. Focus*, vol. 43, no. 6, pp. 1–9, 2017, doi: 10.3171/2017.8.FOCUS17498.
- [4] M. Benoist, “Natural history of the aging spine,” *Eur. Spine J.*, vol. 12, no. SUPPL. 2, pp. 86–89, 2003, doi: 10.1007/s00586-003-0593-0.
- [5] K. Singh and F. M. Phillips, “The biomechanics and biology of the spinal degenerative cascade,” *Semin. Spine Surg.*, vol. 17, no. 3 SPEC. ISS., pp. 128–136, 2005, doi: 10.1053/j.semss.2005.06.001.
- [6] T. B. Id, G. C. Id, and F. Galbusera, “Dependence of lumbar loads on spinopelvic sagittal alignment : An evaluation based on musculoskeletal modeling,” pp. 1–18, 2019.
- [7] Y. Cho and D. Ph, “Evaluation of Global Sagittal Balance in Koreans Adults,” vol. 60, no. 5, pp. 560–566, 2017.
- [8] T. B. Sullivan, N. Marino, F. G. Reighard, and P. O. Newton, “Relationship Between Lumbar Lordosis and Pelvic Incidence in the Adolescent Patient : Normal Cohort Analysis and Literature Comparison \*,” *Spine Deform.*, vol. 6, no. 5, pp. 529–536, 2018, doi: 10.1016/j.jspd.2018.02.002.
- [9] J. Tonosu, H. Oka, K. Watanabe, H. Abe, and A. Higashikawa, “Characteristics of the spinopelvic parameters of patients with sacroiliac joint pain,” *Sci. Rep.*, no. 0123456789, pp. 1–5, 2021, doi: 10.1038/s41598-021-84737-1.
- [10] J. C. Le Huec, W. T. Y. Mohsinaly, and C. B. A. Faundez, “Sagittal balance of the spine,” *Eur. Spine J.*, vol. 28, no. 9, pp. 1889–1905, 2019, doi: 10.1007/s00586-019-06083-1.
- [11] J. C. Le Huec and S. A. Leijssen, “Pelvic parameters : origin and significance,” vol. 20, pp. 564–571, 2011, doi: 10.1007/s00586-011-1940-1.
- [12] M. Hohenhaus *et al.*, “The challenge of measuring spinopelvic parameters: inter-rater reliability before and after minimally invasive lumbar spondylodesis,” *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 23, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.1186/s12891-022-05055-9.
- [13] G. A. M. D. Daysal, B. M. D. Goker, E. M. D. Gonen, M. D. M. D. Demirag, and S. M. D. Haznedaroglu, “Brief report The relationship between hip joint space width , center edge angle and acetabular depth,” pp. 1446–1451, 2007, doi: 10.1016/j.joca.2007.05.016.
- [14] A. V Pavlova *et al.*, “Survey of Health and Development,” no. April, pp. 248–259, 2017, doi: 10.1111/joa.12631.
- [15] C. S. Fischer *et al.*, “The neck – shaft angle : an update on reference values and associated factors,” vol. 91, no. 1, pp. 53–57, 2020, doi: 10.1080/17453674.2019.1690873.
- [16] X. Lu *et al.*, “Biomechanical effects of interbody cage height on adjacent segments in patients with lumbar degeneration: a 3D finite element study,” *J. Orthop. Surg. Res.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: 10.1186/s13018-022-03220-3.
- [17] C. Nan, Z. Ma, Y. Liu, L. Ma, J. Li, and W. Zhang, “Impact of cage position on biomechanical performance of stand-alone lateral lumbar interbody fusion: a finite element analysis,” *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 23, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: 10.1186/s12891-022-05873-x.
- [18] H. Shen, G. R. Fogel, J. Zhu, Z. Liao, and W. Liu, “Biomechanical Analysis of Different Lumbar Interspinous Process Devices: A Finite Element Study,” *World Neurosurg.*, vol. 127, pp. e1112–e1119, 2019, doi: 10.1016/j.wneu.2019.04.051.
- [19] G. Eremina, A. Smolin, J. Xie, and V. Syrkashev, “Development of a Computational Model of the Mechanical Behavior of the L4–L5 Lumbar Spine: Application to Disc Degeneration,” *Materials (Basel)*, vol. 15, no. 19, pp. 1–19, 2022, doi: 10.3390/ma15196684.
- [20] M. Zhang, W. Ren, Z. Mo, J. Li, F. Pu, and Y. Fan, “Biomechanics of adjacent segment after three-level lumbar fusion, hybrid single-level semi-rigid fixation with two-level lumbar fusion,” *Comput. Methods Biomech. Biomed. Engin.*, vol. 25, no. 4, pp. 455–463, 2022, doi: 10.1080/10255842.2021.1959557.
- [21] G. S. Skaf, C. M. Ayoub, N. T. Domloj, M. J. Turbay, C. El-zein, and M. H. Hourani, “Effect of Age and Lordotic Angle on the Level of Lumbar Disc Herniation,” vol. 2011, no. di, 2020, doi: 10.4061/2011/950576.
- [22] W. Zhang *et al.*, “C7 sacral tilt (C7ST): a novel spinopelvic parameter reveals the relationship between pelvic parameters and global spinal sagittal balance and converts pelvic parameters into spinal parameters,” *Eur. Spine J.*, vol. 29, no. 9, pp. 2384–2391, 2020, doi: 10.1007/s00586-020-06548-8.