



Analisis Perbedaan Antropometri Vertebra Thorax (T12) Antara Pria dan Wanita dengan Menggunakan *Image CT Scan 3D*: Pendekatan Teknik *Geometric Morphometric*

Ghiffari Satrya Pratama^{1*}, Afiana Rohmani², Arief Tajally³

¹⁻³Universitas Muhammadiyah Semarang, Indonesia

Alamat: Jl. Kedungmundu No.18, Kedungmundu, Kec. Tembalang, Kota Semarang,
Jawa Tengah 50273

Korespondensi penulis: ghiffarisatrya93@gmail.com*

Abstract. *The determination of human skeletons and fragments has significant value from both a legal and humanitarian perspective, which generally includes the evaluation of teeth, bones, fingerprints, and genetic material. However, fingerprinting and DNA methods are not without their limitations. Sex determination is an important first step in biological profiling, which plays a role in victim matching. Research on sex identification using T12 vertebrae with Geometric Morphometric (GM) techniques is still relatively rare. The GM technique deeply explores the dimensions and shape of objects. This study used an analytic observational design with a retrospective cross-sectional approach, involving 100 CT scan samples from Dr. Kariadi Hospital. Gender was used as the independent variable, while size (centroid size) and shape (principal component) were the dependent variables. The results of independent t-test and Mann-Whitney analysis showed a significant difference in T12 vertebra size between men and women ($p = 0.000$), but not in shape ($p = 0.439$). Based on the GM technique, it was revealed that the difference in T12 vertebrae between men and women was in size, not shape.*

Keywords: *Centroid size, Geometric Morphometric, Principal Component, Vertebra T12*

Abstrak. Penentuan kerangka dan fragmen manusia memiliki nilai signifikan baik dari segi hukum maupun kemanusiaan, yang umumnya meliputi evaluasi terhadap gigi, tulang, sidik jari, dan materi genetik. Akan tetapi, metode sidik jari dan DNA tidak luput dari keterbatasan. Penentuan jenis kelamin merupakan langkah awal penting dalam penyusunan profil biologis, yang berperan dalam pencocokan korban. Penelitian mengenai identifikasi jenis kelamin menggunakan vertebra T12 dengan teknik Geometric Morphometric (GM) masih relatif jarang. Teknik GM secara mendalam mengeksplorasi dimensi dan bentuk objek. Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan retrospektif cross-sectional, melibatkan 100 sampel CT scan dari RSUP dr. Kariadi. Jenis kelamin dijadikan variabel bebas, sementara ukuran (centroid size) dan bentuk (principal component) merupakan variabel terikat. Hasil analisis independent t-test dan Mann-Whitney menunjukkan perbedaan ukuran vertebra T12 yang signifikan antara pria dan wanita ($p = 0.000$), namun tidak pada bentuknya ($p = 0.439$). Berdasarkan teknik GM, terungkap bahwa perbedaan vertebra T12 antara pria dan wanita terletak pada ukuran, bukan bentuknya.

Kata kunci: Centroid size, Geometric Morphometric, Principal Component, Vertebra T12

1. LATAR BELAKANG

Identifikasi kerangka manusia sangat penting secara hukum dan kemanusiaan, terutama untuk mengungkap identitas, penyebab, dan waktu kematian, terutama pada kasus korban bencana atau kecelakaan yang sulit dikenali. Identifikasi jenis kelamin menjadi langkah awal penting dengan akurasi hingga 50%, dan tulang vertebra, khususnya T12, merupakan alternatif signifikan karena morfologinya yang unik sebagai vertebra transisi antara toraks dan lumbal (Pastor et al., 2005). Vertebra toraks bawah dan lumbal atas, yang berfungsi menopang berat badan, cenderung utuh dan menunjukkan dimorfisme seksual yang signifikan (Yu et al., 2012),

dengan akurasi hingga 94,2% pada berbagai populasi. Teknik Geometric Morphometric (GM) digunakan untuk menganalisis perbedaan bentuk dan ukuran vertebra T12, membedakan variabilitas dengan lebih akurat, terutama melalui teknologi seperti CT dan MRI, yang memberikan deskripsi rinci struktur anatomi (Franklin, 2013).

2. KAJIAN TEORITIS

Identifikasi forensik memanfaatkan keunikan struktur tubuh manusia, termasuk sidik jari, DNA, dan anatomi tulang, untuk menentukan identitas individu dengan metode visual, rinci, dan ilmiah. Tulang, khususnya column vertebra, memiliki karakteristik unik yang dapat dianalisis melalui morfologi dan dimensi untuk mengidentifikasi jenis kelamin. Teknologi seperti CT scan meningkatkan akurasi dengan menghasilkan gambar penampang tubuh secara detail, sementara software analisis 3D seperti Stratovan Checkpoint mendukung visualisasi dan pengukuran linier tulang. Vertebra thoracalis 12 (T12), sebagai bagian dari column vertebra, menunjukkan perbedaan morfologi antara jenis kelamin yang dapat diidentifikasi menggunakan CT scan, menunjukkan potensinya sebagai indikator dalam analisis forensik.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di RSUP Dr. Kariadi Semarang pada November - Januari 2021 dengan disiplin ilmu terkait Anatomi, Forensik, dan Radiologi, menggunakan desain penelitian observasional analitik dengan rancangan cross sectional dan pendekatan retrospektif. Sampel terdiri dari pasien yang menjalani CT Scan regio vertebra thorax antara 2018-2021, dengan teknik non probability sampling dan purposive sampling. Penelitian ini memanfaatkan data CT scan dan alat seperti komputer, software Checkpoint Stratovan, dan internet untuk analisis morfometrik 3D. Data diproses melalui editing, coding, processing, dan cleaning, sebelum dianalisis dengan software MorphoJ dan SPSS. Analisis univariat digunakan untuk mendeskripsikan variabel jenis kelamin dan bentuk vertebra thoracalis 12, sedangkan analisis bivariat menguji pengaruh jenis kelamin terhadap bentuk vertebra menggunakan uji ANOVA dan t-test. Ethical Clearance telah diajukan ke Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Muhammadiyah Semarang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Analisis Sample

Penelitian ini dilaksanakan di RSUP Dr. Kariadi Semarang, mencakup bidang anatomi, radiologi, dan forensik. Menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan cross-sectional, penelitian melibatkan 100 sampel CT Scan abdomen yang memenuhi kriteria inklusi. Sampel diambil dengan teknik non-probability sampling melalui purposive sampling, dengan kriteria pasien yang memiliki riwayat CT Scan lengkap (nama, usia, jenis kelamin, ras) serta gambar tulang yang jelas dan tanpa kelainan tulang belakang.

2. Analisis Data

a) Analisis Univariat

Analisis univariat pada penelitian ini menggunakan 100 sampel. Sampel dikategorikan berdasarkan jenis kelamin. Pada penelitian ini didapatkan hasil karakteristik seperti pada tabel 1 analisis univariat.

Tabel 1. Jumlah sampel berdasarkan jenis kelamin

Jenis Kelamin	Frekuensi	Presentase
Pria	40	40%
Wanita	60	60%

Berdasarkan tabel data sampel image CT Scan menunjukkan jumlah sampel laki laki sebanyak 40 sampel dengan presentase 40 % dan untuk sampel perempuan sebanyak 60 sampel dengan presentase 60 %.

b) Analisis Bivariat

Analisis bivariat ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan centroid size (ukuran) dan PC (bentuk) antara jenis kelamin pria dan wanita.

Tabel 2. Analisis centroid size berdasarkan jenis kelamin

	Minimum	Maximum	Rerata	Standar Deviasi	Uji t test (p value)
Laki laki	11.9	15.2	13.3	0.527	
Perempuan	11.1	14.7	12.3	0.821	0.00

Tabel 3. Hasil uji normalitas dan homogenitas dari centroid size

	Kolmogorov-Smirnov Sig.	Shapiro-Wilk Sig.	Levene Test Sig.
Centroid Size	0.200	0.736	0.494

Hasil uji normalitas dengan Uji Shapiro-Wilk menunjukkan $p = 0,736$ ($p > 0,05$), yang menandakan distribusi normal pada centroid size tiap kelompok. Uji homogenitas dengan Levene test menghasilkan $p = 0,494$ ($p > 0,05$), menunjukkan homogenitas data centroid size. Dengan data yang normal dan homogen, analisis bivariat dilanjutkan menggunakan uji independent t-test untuk menguji perbedaan centroid size antar jenis kelamin. Hasil t-test

menunjukkan $p = 0.000$ ($p < 0,05$), mengindikasikan perbedaan signifikan antara centroid size vertebra T12 pria dan wanita.

Tabel 4. Hasil uji normalitas dan homogenitas dari shape vertebra thoracalis 12 berdasarkan jenis kelamin

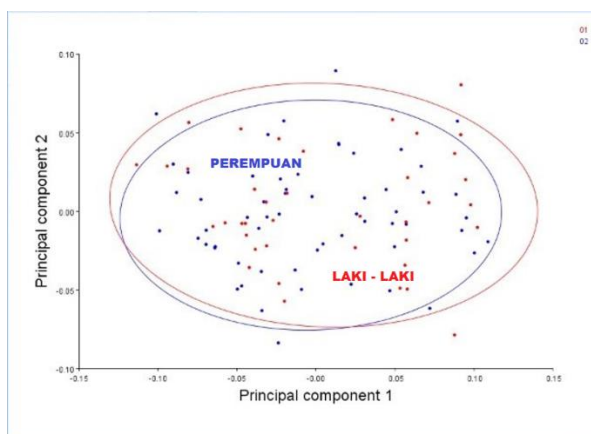
		Kolmogorov-Smirnov Sig.	Shapiro-Wilk Sig.	Levene Test Sig.
PC 1	Laki-Laki	0.003	0.0006	0.050
	Perempuan	0.200	0.113	
		Sig.	Sig.	Sig.
PC 2	Laki-Laki	0.200	0.792	
	Perempuan	0.200	0.991	0.616

Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov menunjukkan variasi bentuk PC 1 tidak terdistribusi normal ($p > 0,05$), sedangkan PC 2 terdistribusi normal ($p < 0,05$). Uji homogenitas Levene menunjukkan varian antar jenis kelamin homogen ($p < 0,05$) untuk kedua PC. Karena variasi bentuk PC 1 tidak normal dan homogen, perbedaan jenis kelamin dianalisis dengan Uji Mann-Whitney, sementara PC 2 yang normal dan homogen diuji dengan independent t-test. Hasil uji Mann-Whitney pada PC 1 menunjukkan $p = 0,439$ ($p > 0,05$), yang berarti tidak ada perbedaan signifikan. Pada uji independent t-test untuk PC 2, $p = 0,093$ ($p > 0,05$) juga menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan bentuk tulang vertebra T12 antara pria dan wanita.

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan bentuk dan ukuran tulang vertebra T12 antara laki-laki dan perempuan sebagai dasar identifikasi dalam bidang forensik. Hasil analisis pada sampel CT scan di RSDK Semarang menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada ukuran vertebra T12 antar jenis kelamin ($p = 0,000$), dengan laki-laki memiliki ukuran lebih besar, sedangkan bentuk (shape) vertebra T12 tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Ukuran vertebra diukur menggunakan teknik Geometric Morphometric melalui centroid size menggunakan software MorphoJ, sementara variabel bentuk dianalisis melalui PCA untuk menyederhanakan koordinat x, y, dan z menjadi PC1 dan PC2. Hasil menunjukkan bahwa PC1 mencakup 21,52% dan PC2 mencakup 9,06% dari keseluruhan variasi bentuk, tetapi grafik axis PC1 dan PC2 memperlihatkan kurva elips antar jenis kelamin saling tindih, menegaskan tidak adanya perbedaan bentuk yang signifikan. Perbedaan ukuran dominan

ditemukan pada vertebral body, yang dipengaruhi aktivitas fisik dan proses pertumbuhan lebih panjang pada laki-laki dibandingkan perempuan.



Gambar 1. Grafik axis PC1 dan PC2 antar jenis kelamin

Kelemahan penelitian ini meliputi jumlah sampel yang terbatas sehingga kurang mampu menggambarkan variasi bentuk tulang antar kelompok, ketidakseimbangan jumlah sampel laki-laki dan perempuan yang dapat memengaruhi hasil, serta belum adanya visualisasi bentuk dan ukuran tulang vertebra T12 antar jenis kelamin. Penelitian lanjutan disarankan untuk melibatkan tulang vertebra lain, menggunakan sampel lebih besar, dan teknik geometric morphometric yang lebih mendalam agar mampu menampilkan visualisasi ukuran dan bentuk tulang untuk identifikasi kelompok berdasarkan usia, jenis kelamin, dan lainnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan temuan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa terdapat disparitas signifikan pada ukuran (size) vertebra T12 antar jenis kelamin, tetapi tidak pada bentuk (shape)-nya. Disarankan untuk melaksanakan penelitian lanjutan pada tulang vertebra lainnya sebagai alternatif identifikasi untuk tujuan penyelidikan forensik, serta menggunakan sampel yang lebih luas dan teknik geometric morphometric yang lebih komprehensif guna menghasilkan visualisasi ukuran dan bentuk tulang untuk membedakan jenis kelamin.

DAFTAR REFERENSI

- Akca, M. D. (2003). *Generalized Procrustes analysis and its applications in photogrammetry*. Swiss Federal Institute of Technology. Retrieved from ftp://roggero1.polito.it:22/public/biblio/isometrie/2003CH_Praktikum_Procrustes.pdf
- Badr El Dine, F. M. M., & El Shafei, M. M. (2015). Sex determination using anthropometric measurements from multi-slice computed tomography of the 12th thoracic and the first lumbar vertebrae among adult Egyptians. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 5(3), 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.ejfs.2014.07.005>

- Bastir, M., Higuero, A., Ríos, L., & García Martínez, D. (2014). Three-dimensional analysis of sexual dimorphism in human thoracic vertebrae: Implications for the respiratory system and spine morphology. *American Journal of Physical Anthropology*, 155(4), 513–521. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22604>
- Cavaignac, E., Li, K., Faruch, M., Savall, F., Chiron, P., Huang, W., & Telmon, N. (2017). Three-dimensional geometric morphometric analysis reveals ethnic dimorphism in the shape of the femur. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 4, 1–8.
- Del Val, J. L., & De Agreda, J. A. P. (1993). Principal components analysis. *Atencion Primaria*, 12(6), 333–338.
- Fardon, D. F., Williams, A. L., Dohring, E. J., Murtagh, F. R., Rothman, S. L. G., & Sze, G. K. (2014). Lumbar disc nomenclature: Version 2.0: Recommendations of the combined task forces of the North American Spine Society, the American Society of Spine Radiology, and the American Society of Neuroradiology. *Spine*, 39(24), E1448–E1465.
- Fauad, M. F. M., Alias, A., Noor, K. M. K. M., Choy, K. W., Ng, W. L., Chung, E., & Wu, Y. S. (2021). Sexual dimorphism from third cervical vertebra (C3) on lateral cervical radiograph: A 2-dimensional geometric morphometric approach. *Forensic Imaging*, 24, 200441.
- González Ballester, M., & Ballester, M. A. G. (1999). Morphometric analysis of brain structures in MRI (Doctoral dissertation, University of Oxford).
- Indriati, E. (2014). Forensic anthropological roles in disaster victim identification of two Jakarta hotels' bomb blasts. *Damianus Journal of Medicine*, 13(2), 148–157.
- Jeanne Joice, E. I., Suryobroto, B., Budiarti, S., & Hartana, A. (2018). Craniofacial shape of Arfak people based on geometric morphometric features. *Makara Journal of Science*, 7–16.
- Klingenberg, C. P. (2016). Size, shape, and form: Concepts of allometry in geometric morphometrics. *Development Genes and Evolution*, 226(3), 113–137.
- Lee, J. H., Kim, Y. S., Lee, U. Y., Park, D. K., Jeong, Y. G., Lee, N. S., ... & Han, S. H. (2014). Sex determination using upper limb bones in Korean populations. *Anatomy & Cell Biology*, 47(3), 196–201.
- Lois Zolniski, S., Torres-Tamayo, N., García-Martínez, D., Blanco-Pérez, E., Mata-Escolano, F., Barash, A., ... & Bastir, M. (2019). 3D geometric morphometric analysis of variation in the human lumbar spine. *American Journal of Physical Anthropology*, 170(3), 361–372.
- Marlow, E. J., & Pastor, R. F. (2011). Sex determination using the second cervical vertebra: A test of the method. *Journal of Forensic Sciences*, 56(1), 165–169.
- Mitteroecker, P., Gunz, P., Windhager, S., & Schaefer, K. (2013). A brief review of shape, form, and allometry in geometric morphometrics, with applications to human facial morphology. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 24(1), 59–66.

- Ohoiwutun, Y. A. (2016). *Ilmu kedokteran forensik (interaksi dan dependensi hukum pada ilmu kedokteran)*.
- Oura, P., Karppinen, J., Niinimäki, J., & Junno, J. A. (2018). Sex estimation from dimensions of the fourth lumbar vertebra in Northern Finns of 20, 30, and 46 years of age. *Forensic Science International*, 290, 350.e1.
- Pal, A., De, S., Sengupta, P., Maity, P., & Dhara, P. C. (2016). Estimation of stature from hand dimensions in Bengalee population, West Bengal, India. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6(2), 90–98.
- Pelin, C., Duyar, I., Kayahan, E. M., Zagyapan, R., Ağildere, A. M., & Erar, A. (2005). Body height estimation based on dimensions of sacral and coccygeal vertebrae. *Journal of Forensic Sciences*, 50(2), JFS2004010–4.
- Ramadan, N., El-Salam, M. H. A., Hanoon, A. M., El-Sayed, N. F., & Al-Amir, A. Y. (2017). Age and sex identification using multi-slice computed tomography of the last thoracic vertebrae of an Egyptian sample. *Journal of Forensic Research*, 8(386), 2.
- Rohmani, A., Shafee, M. S., Ismail, N. A. N., Hadi, H., & Nor, F. M. (2022). Sex estimation using the first lumbar vertebra by geometric morphometric analysis of 3D computed tomography in the Malaysian population. *Forensic Imaging*, 30, 200511.
- Sanctis, D., Sequeira, D., Steinbauer, M. J., Field, R., Grytnes, J., Trigas, P., et al. (2016). This is the peer-reviewed version of the article, which has been published in final form by Wiley. *Global Ecology and Biogeography*, 25(3), 1097–1107.
- Sastroasmoro, S., & Ismael, S. (2014). *Perkiraan besar sampel dalam penelitian klinis. Dasar-Dasar Metodologi Penelitian*, 359.
- Slice, D., & University of Florida. (2014). *Morfometrik Geometris*.
- Snell, R. (n.d.). *Clinical anatomy by regions* (9th ed.). Retrieved from <http://thepoint.lww.com/snell9e>
- Urooge, A., & Patil, B. A. (2017). Sexual dimorphism of maxillary sinus: A morphometric analysis using cone beam computed tomography. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(3), ZC67.
- Varma, D. R. (2012). Managing DICOM images: Tips and tricks for the radiologist. *Indian Journal of Radiology and Imaging*, 22(1), 4–13.
- Yueniwati, Y. (2014). *Prosedur Pemeriksaan Radiologi: Untuk Mendeteksi Kelainan dan Cedera Tulang Belakang*. Universitas Brawijaya Press.
- Zelditch, M., Swiderski, D., & Sheets, H. D. (2012). *Geometric morphometrics for biologists: A primer*. Academic Press.
- Zheng, W., Cheng, F.-C., Cheng, K., Tian, Y., Lai, Y., Zhang, W.-S., Zheng, Y., & Li, Y. (2012). Sex assessment using measurements of the first lumbar vertebra. *Forensic Science International*, 219(1–3), 285.e1–285.e5. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.11.022>