

## Kolumna Vertebral sebagai Parameter Estimasi Usia dan Determinasi Jenis Kelamin

### Vertebral Column as the Parameter of Age Estimation and Sex Determination

Roben S. Pasaribu, Ayu Rahmadhani, Ria Puspitawati

Divisi Odontologi Forensik Departemen Biologi Oral Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

Email: [rpuspitawati2013@gmail.com](mailto:rpuspitawati2013@gmail.com)

Received: July 22, 2023; Accepted: September 8, 2023; Published online: September 10, 2023

**Abstract:** Age estimation and sex determination using bone parameters have high accuracy. Vertebral column is a group of five types of bones; each type has specific characteristics, shape, and properties. The unique and specific characteristics of each type of vertebra differ between sexes and change with age. This phenomenon makes the vertebral column as a potential parameter for age estimation and sex determination. This was a literature review study aimed to discuss about using vertebral column as the parameter of age estimation and sex determination. The results showed that age estimation using vertebral column parameters by observing osteophyte formation had a correlation of  $r=0.7$  and  $p<0.01$ . Maturation of the vertebral column and age showed a correlation of  $r=0.695$  and  $p<0.001$ . Age estimation by observing the vertebral column maturation in the age group 15-22 years showed 95% accuracy. Sex determination using vertebral column parameters showed high accuracy, reaching 93% in the lumbar vertebrae and 86-89.7% in the cervical vertebrae. In conclusion, vertebral column has great potential in the forensic investigation since it can be used as a parameter for age estimation and sex determination.

**Keywords:** vertebral column; age; sex; bone maturation; osteophyte; forensic identification

**Abstrak:** Estimasi usia dan determinasi jenis kelamin dengan menggunakan parameter tulang memiliki akurasi yang baik. Kolumna vertebral tersusun dari lima kelompok jenis tulang yang memiliki ciri, bentuk, dan karakteristik yang spesifik. Karakteristik unik dan spesifik dari masing-masing jenis tulang vertebra dapat menunjukkan perbedaan antar jenis kelamin dan perubahan seiring bertambahnya usia. Fenomena demikian menjadikan kolumna vertebral berpotensi sebagai parameter dalam estimasi usia dan determinasi jenis kelamin. Studi ini merupakan suatu *literature review* yang bertujuan untuk mengetahui penggunaan kolumna vertebral sebagai parameter estimasi usia dan determinasi jenis kelamin. Hasil studi mendapatkan estimasi usia menggunakan parameter kolumna vertebral dengan melihat pembentukan osteofit menunjukkan korelasi  $r=0,7$  dan signifikansi  $p<0,01$ . Maturasi kolumna vertebral dan usia menunjukkan korelasi  $r=0,695$  dan  $p<0,001$ . Estimasi usia dengan melihat maturasi kolumna vertebral pada rentang usia 15-22 tahun memberikan akurasi mencapai 95%. Determinasi jenis kelamin menggunakan parameter kolumna vertebral menunjukkan akurasi tinggi mencapai 93% pada kolumna vertebral bagian lumbar dan 86-89,7% pada bagian servikal. Simpulan studi ini ialah kolumna vertebral merupakan salah satu jenis tulang yang memiliki potensi besar dalam dunia forensik untuk dijadikan sebagai parameter estimasi usia dan determinasi jenis kelamin.

**Kata kunci:** kolumna vertebral; usia; jenis kelamin; maturasi tulang; osteofit; identifikasi forensik

## **Pendahuluan**

Kolumna vertebral (tulang belakang) merupakan kumpulan tulang yang memberikan dukungan dan kelenturan pada tubuh, melindungi organ dan saraf spinal, serta menopang berat tubuh dan didefinisikan sebagai garis tengah punggung dari pangkal tengkorak hingga tulang ekor.<sup>1,2</sup> Telah diketahui bahwa kolumna vertebral dapat digunakan sebagai parameter estimasi usia dan jenis kelamin dalam identifikasi forensik ialah kolumna vertebral.<sup>1</sup>

Estimasi usia dianggap sebagai salah satu proses identifikasi biologis terpenting.<sup>2</sup> Identifikasi biologis terdiri dari empat komponen, yaitu usia, waktu kematian, jenis kelamin, bentuk tubuh dan ras. Informasi ini sangat penting untuk mempersempit proses penyaringan profil orang yang meninggal dengan biaya yang lebih murah dan dalam jangka waktu yang lebih singkat.<sup>2</sup> Estimasi usia menggunakan kolumna vertebral dapat dilakukan dengan cara mengevaluasi perubahan maturitas osifikasi melalui radiograf dan mengukur pembentukan osteofit,<sup>2</sup> yaitu pertumbuhan tulang di daerah persendian sebagai respon terhadap rangsangan yang diterima oleh persendian berupa tekanan atau beban.<sup>3</sup>

Penggunaan kolumna vertebral dalam estimasi usia telah banyak dilakukan dalam penelitian terdahulu, dan pada berbagai kelompok populasi berbeda antara lain di Jepang, Thailand, Amerika dan Afrika.<sup>4-8</sup> Perubahan pada kolumna vertebral akibat proses degenerasi juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Namking et al<sup>2</sup> melakukan penelitian pada populasi Thailand dan melaporkan adanya peningkatan pembentukan osteofit pada kolumna vertebral seiring bertambahnya usia. Prevalensi subjek penelitian yang mengalami pembentukan proses osteofit pada populasi ini sebesar 85%.

Determinasi jenis kelamin juga menjadi salah satu aspek terpenting dalam mengidentifikasi kerangka yang ditemukan. Penentuan jenis kelamin mampu memberi peluang untuk mengeksklusikan korban hingga 50%. Penentuan jenis kelamin yang dilakukan berdasarkan tulang pelvis dan tengkorak merupakan parameter yang sering digunakan, namun, pada kecelakaan massal atau korban mutilasi, biasanya terjadi fragmentasi kerangka atau kerangka yang ditemukan tidak utuh, sehingga dibutuhkan parameter berdasarkan tulang yang lain.<sup>4</sup> Determinasi jenis kelamin menggunakan kolumna vertebral telah dilaporkan oleh Wescott yang melakukan pengukuran vertebra servikal dengan akurasi 81,7% sampai 83,4%.<sup>9</sup> Marlow dan Pastor<sup>10</sup> melakukan penelitian dengan menggunakan metode yang dilakukan oleh Wescott, dan memperoleh hasil akurasi yaitu 70,91 hingga 78,98%.

Telaah literatur ini bertujuan mendiskusikan potensi dan akurasi kolumna vertebral sebagai parameter dalam proses estimasi usia dan determinasi jenis kelamin di dunia forensik sehingga dapat digunakan menjadi salah satu parameter dalam melakukan identifikasi jenazah terutama pada kasus temuan tulang belulang.

## **Kolumna vertebral**

Kolumna vertebral terdiri dari lima tipe kelompok tulang yang dinamai berdasarkan regio dimana tulang tersebut berada yaitu servikal, torakal, lumbar, sakrum, dan koksigeal. Kelima kelompok tulang tersebut membentuk satu kesatuan yang saling terhubung dengan adanya persendian antar setiap tulang sehingga mampu menopang bagian posterior tubuh manusia sekaligus menjadi tumpuan pergerakan leher dan batang tubuh.<sup>2,11</sup>

Terdapat karakteristik spesifik yang dimiliki oleh masing-masing kelompok tulang vertebra tersebut. Vertebra servikal di regio leher memiliki korpus yang relatif pipih/tipis, dengan foramen transversal di kedua pangkal prosesus transversalnya. Kelompok tulang vertebra servikal terdiri dari tujuh tulang yaitu servikal 1-7 (C1-C7). Ketujuh tulang tersebut menopang leher manusia. Ciri khas dari tulang-tulang vertebra servikal berupa adanya foramen transversal pada setiap sisi korpus yang membedakannya dengan kelompok tulang lain dari kolumna vertebralis.<sup>1,12</sup>

Penggunaan tulang vertebra servikal digunakan sebagai parameter untuk menilai maturasi osifikasi karena vertebra servikal memiliki hubungan kuat dengan proses pertumbuhan. Pertumbuhan ukuran dan bentuk terlihat secara nyata dan dapat dinilai dengan melakukan

observasi dan pengukuran menggunakan radiografi sefalometrik. C3 dan C4 merupakan tulang servikal yang digunakan karena terlihat jelas di foto radiografi sefalometri sedangkan C1 dan C2 tidak menunjukkan perubahan absolut sehingga sulit dinilai. Tulang C5 dan C6 tidak digunakan karena terkadang tidak terlihat pada foto sefalometrik.<sup>13</sup>

Vertebra torakal terdiri dari 12 tulang, yaitu T1-T12. Semua tulang T1-T10 memiliki *rib facets/facies costalis* pada setiap sisi korpusnya pada permukaan anterior dari prosesus transversal, sedangkan T11 dan T12 memiliki *rib facets* langsung pada korpusnya.<sup>1,12</sup> Vertebra lumbal memiliki diameter besar dengan korpus luas tanpa foramen transversal tetapi memiliki *costal facets* yang merupakan bagian yang bersendi dengan tulang rusuk. Vertebra lumbal ditandai prosesus spinosus yang pendek dan lebar serta prosesus transversal yang berbentuk *flat*. Lumbal 1 (L1) memiliki bentuk yang mirip dengan T12, namun T12 memiliki *costal facets* yang jelas sedangkan L1 tidak.<sup>1,12</sup> Vertebra sakrum berbentuk segitiga sekop yang pada awal pembentukannya merupakan lima tulang vertebra dan setelah matur berfusi sehingga menjadi satu tulang besar yang menunjukkan peluasan pada daerah lateral (*alae; wings*). Vertebra koksigeal (*coccyx*, tulang ekor) terdiri dari 3-5 segmen kolumna vertebral,<sup>2,11</sup> biasanya empat segmen yang terhubung.<sup>1,12</sup>

### **Estimasi Usia Berdasarkan Observasi Kolumna Vertebral**

Estimasi usia menggunakan tulang sebagai parameter dilakukan dengan melihat proses degenerasi. Penelitian degenerasi tulang telah dilakukan pada berbagai jenis tulang seperti adanya penutupan pada sutura kranial, perubahan pada permukaan aurikular, simpisis pubis, dan kolumna vertebral. Parameter ini memiliki potensi untuk digunakan didalam dunia forensik.<sup>2,14</sup>

Kolumna vertebral merupakan salah satu parameter yang digunakan karena kolumna vertebral memiliki ketahanan terhadap perubahan akibat taphonomik seperti keropos dan terfragmentasi setelah terjadi peningkatan interval waktu kematian. Selain itu, kolumna vertebral merupakan jenis tulang yang paling sering ditemukan tersisa pada tempat kejadian dibandingkan jenis tulang lain yang telah mengalami kerusakan akibat gigitan hewan atau proses terbakar. Kondisi ini menjadi alasan kuat sehingga kolumna vertebral memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis tulang lain ketika digunakan untuk mengestimasi usia korban.<sup>2,14</sup>

Estimasi usia menggunakan kolumna vertebral dapat dilakukan dengan mengevaluasi perubahan maturitas osifikasi melalui radiograf dan juga dengan menilai pembentukan osteofit. Osteofit adalah pertumbuhan tulang di daerah persendian sebagai respon terhadap rangsangan yang diterima oleh persendian berupa tekanan atau beban selama kurun waktu panjang.<sup>3</sup> Pertumbuhan osteofit merupakan indikator pertambahan usia. Perubahan ini terbukti dari hasil pengamatan pada hewan dan manusia dimana osteofit berbentuk tanpa adanya kerusakan tulang rawan.<sup>3,15</sup>

Proses maturasi tulang skeletal dapat digunakan untuk mengestimasi usia baik pada manusia yang hidup maupun jenazah. Pada hakekatnya proses maturasi terjadi pada semua tulang manusia. Estimasi usia berdasarkan maturasi osifikasi tulang karpal merupakan metode yang paling umum digunakan, namun, penggunaan teknik ini, terutama pada subjek hidup, perlu diwaspadai dengan secara hati-hati mempertimbangkan dosis radiasi yang digunakan sehingga estimasi usia menggunakan analisis maturasi pada tulang servikal vertebra menjadi alternatif yang direkomendasikan.<sup>16,17</sup>

### **Estimasi Usia Berdasarkan Observasi Pembentukan Osteofit**

Di antara setiap ruas vertebra, terdapat diskus/cakram (diskus intervertebralis), yaitu jaringan tulang rawan yang berfungsi menjaga kondisi masing-masing tulang bersendi sekaligus mendukung kelancaran fungsi motorik ruas kolumna vertebral. Meningkatnya usia meningkatkan risiko terjadinya osteoarthritis, yaitu penyakit degeneratif dengan gejala adanya peradangan yang meliputi berbagai jaringan yang membentuk persendian.<sup>2</sup>

Pembentukan osteofit merupakan salah satu respon tubuh terhadap rangsangan berupa tekanan yang diterima oleh persendian. Pada saat terjadi kerusakan tulang akibat tekanan maka

tubuh melakukan perbaikan dengan membentuk osteofit sehingga tulang dapat beradaptasi dengan beban. Pembentukan osteofit ini terjadi seiring bertambahnya usia. Proteoglikan, serabut kolagen dan cairan diskus intervertebralis merupakan komponen persendian yang dibutuhkan untuk proses menjaga homeostatis pada sendi terutama pada saat terjadi kerusakan. Pada saat penambahan usia, terjadi kemunduran fungsi sel tubuh yang menyebabkan pembentukan komponen-komponen tersebut juga menurun. Penurunan produksi cairan diskus dan proteoglikan akibat penambahan usia menyebabkan diskus intervertebralis menjadi tidak fleksibel. Hasil penelitian Shapiro menyatakan bahwa kerusakan pada persendian disebabkan gangguan osmotik dan hidrasi pada sendi. Hal ini dihubungkan dengan penurunan produksi proteoglikan sehingga diskus tidak berfungsi maksimal untuk mengompensasi tekanan yang diterima sendi.<sup>2</sup>

Pembentukan osteofit secara fisiologik seiring bertambahnya usia sebagai respon terhadap stimulus berupa tekanan dalam jangka panjang memungkinkan metode estimasi usia berdasarkan pembentukan osteofit.<sup>2</sup> Pembentukan osteofit pada kolumna vertebral sebagai parameter estimasi usia umumnya berdasarkan derajat perubahan osteofit dengan enam tahapan yang dinilai berdasarkan Praneatpolgrang et al (Tabel 1).<sup>14</sup>

**Tabel 1.** Skor derajat perubahan osteofit menurut Praneatpolgrang et al (2019)<sup>14</sup>

Skor	Deskripsi
0	Tidak ada permukaan yang kasar atau tidak terbentuk osteofit
1	Permukaan kasar yang menonjol dengan panjang kurang dari 2 mm
2	Permukaan kasar yang menonjol antara panjang 2 dan 4,99 mm
3	Permukaan kasar yang menonjol antara panjang 5 dan 8 mm
4	Permukaan kasar yang menonjol dengan panjang lebih dari 8 mm
5	Pembentukan osteofit menyebabkan penyatuan dua tulang yang berdekatan

Van Der Merwe et al<sup>4</sup> melakukan penelitian terhadap sampel populasi *black South African* dengan menggunakan radiograf sampel yang diambil dari vertebra servikal, torakal dan lumbal. Penelitian tersebut meliputi pola dan tingkat keparahan pembentukan osteofit pada populasi laki-laki dan perempuan dengan total 218 sampel manusia. Van Der Merwe et al menggunakan kriteria Stewart yang terdiri dari lima kategori, yaitu 0, tidak ada pembentukan osteofit; 1, terlihat pembentukan osteofit berupa titik dan adanya *lipping* yang ringan; 2, osteofit mulai terbentuk di sepanjang badan vertebra dalam arah horizontal; 3, osteofit mengalami protrusi ke arah atas dan bawah; dan 4, tulang vertebrata sudah menyatu dengan vertebra berdekatan. Dari hasil penelitian tersebut, disimpulkan bahwa osteofit pada tulang vertebra berhubungan dengan usia.<sup>4</sup>

Penelitian serupa juga dilakukan pada populasi Jepang dengan total 225 sampel dewasa yang terdiri dari 138 laki-laki dan 97 perempuan yang telah diautopsi dalam selang waktu 5 tahun (1998-2002). Derajat osteofit diberi skor 0 (tidak terdapat permukaan kasar), 1 (permukaan mengalami kekasaran derajat ringan), 2 (derajat pembentukan kekasaran antara skor 1 dan 3 menurut Snodgrass), dan 3 (kekasaran permukaan sudah jelas terlihat dan menonjol dengan ketinggian 0.8 cm). Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa usia berkorelasi dengan pembentukan osteofit, dengan korelasi  $r=0,7$  dan signifikansi  $<0,01$ . Dari hasil penelitian tersebut diformulasikan rumus regresi untuk menentukan usia pada populasi Jepang yaitu  $Y=37,90+12,07X$  (laki-laki) dan  $Y=36,67+18,64X$  (perempuan). Y adalah usia dan X merupakan derajat pembentukan osteofit.<sup>5</sup>

Chanapa dan Mahakkanukrauh<sup>6</sup> melakukan penelitian pada 200 orang sampel populasi Chianmai, Thailand, yang terdiri dari 139 orang laki-laki dan 61 orang perempuan. Observasi dilakukan terhadap kelompok tulang servikal dari C3-C7. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada C5 dan C6 terdapat pembentukan osteofit yang lebih banyak dibandingkan pada C3, C4, dan C7. Secara keseluruhan, penelitian tersebut menyimpulkan bahwa perubahan osteofit memiliki korelasi dengan usia ( $r=0,377$ ) dengan signifikansi  $p<0,01$ .

Penelitian pada populasi Korea oleh Kim et al<sup>7</sup> yang mengamati adanya perubahan osteofit pada bagian servikal, torakal, dan lumbar menggunakan metode skoring pada 87 kerangka jenazah Dinasti Joseon. Skoring yang dilakukan menggunakan kriteria Snodgrass, yaitu: 0, tidak terjadi degenerasi; 1, *lipping* dalam skala ringan; 2, *lipping* dalam skala sedang; 3, *lipping* dalam skala berat; dan 4, terjadi ankilosis pada tulang. Perubahan yang terjadi pada bagian korpus vertebra yaitu pembentukan osteofit pada servikal mencapai 82,1%, torakal 97,7%, dan lumbar 90,7%. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa perubahan osteofit memiliki hubungan bermakna dengan penuaan.<sup>18</sup> Hasil ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Listi dan Manhein<sup>7</sup> pada populasi Afrika-Amerika dan Eropa-Amerika yang menunjukkan bahwa pada tulang vertebra pada bagian servikal, torakal, dan lumbar terdapat korelasi bermakna antara pembentukan osteofit dengan usia ( $r=0,393$  dan  $p<0,01$ ).

Berbagai penelitian yang telah disebutkan menunjukkan adanya korelasi antara usia dan pembentukan osteofit seperti pada penelitian oleh Watanabe et al<sup>5</sup> ( $r=0,7$ ), Chanapa et al<sup>8</sup> ( $r=0,377$ ), dan Kim et al<sup>17</sup> ( $r=0,39$ ) sehingga dapat disimpulkan bahwa usia berkorelasi positif dengan pembentukan osteofit atau dapat diartikan bahwa semakin bertambahnya usia maka pembentukan osteofit akan semakin tinggi. Kelompok tulang kolumna vertebral yang menunjukkan korelasi paling tinggi terhadap pembentukan osteofit ialah lumbar seperti pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Praneatpolgran et al.<sup>13</sup> Hal ini dihubungkan dengan posisi lumbar berada di punggung bagian bawah sehingga menerima beban tekanan lebih besar yang mampu merangsang terbentuknya osteofit.<sup>19</sup> Jenis kelamin merupakan salah satu faktor yang memengaruhi proses pembentukan osteofit. Laki-laki memiliki potensi yang lebih besar karena laki-laki memiliki postur tubuh yang lebih besar dibandingkan dengan perempuan sehingga beban pada laki-laki lebih besar. Selain itu, aktivitas yang dilakukan oleh laki-laki lebih berpotensi untuk memberikan beban yang lebih berat kepada tubuh.<sup>4,18</sup>

Terbentuknya osteofit dimulai pada rentang usia sekitar 20-30 tahun. Hal ini dibuktikan dengan tidak adanya laporan ditemukannya osteofit pada usia di bawah 20 tahun. Kondisi ini menyebabkan penelitian yang menggunakan osteofit sebagai parameter estimasi usia biasanya menjadikan usia di bawah 20 tahun sebagai kriteria eksklusi.<sup>5</sup> Faktor-faktor lain yang mendukung proses pembentukan osteofit seperti obesitas, olahraga dengan beban besar, penyakit tulang kogenital, dan penyakit gangguan metabolisme.<sup>5</sup>

Berbagai penelitian telah melaporkan bahwa derajat pembentukan osteofit pada kolumna vertebral dapat digunakan sebagai parameter estimasi usia karena memiliki korelasi positif terhadap pertambahan usia. Penelitian yang dilakukan Watanabe et al<sup>5</sup> menunjukkan hasil estimasi usia dengan standar deviasi (SD) yang tinggi yaitu  $\pm 15,5$  untuk laki-laki dan  $\pm 19,0$  untuk perempuan. Penggunaan metode ini untuk estimasi usia disarankan pada kelompok usia 30 tahun ke atas karena pembentukan osteofit terlihat jelas setelah usia 30 tahun. Korelasi paling kuat antara pembentukan osteofit kolumna vertebral dengan usia terlihat pada kelompok tulang vertebra lumbar dibandingkan dengan kelompok tulang vertebra lainnya.

### **Estimasi Usia Berdasarkan Analisis Maturasi Osifikasi Kolumna Vertebral**

Pembentukan kolumna vertebral merupakan sebuah proses kompleks dimulai dari pembentukan kartilago, osifikasi, kalsifikasi, dan resorpsi. Pembentukan diawali dengan terbentuknya tulang kartilago yang mengalami kalsifikasi dan terbentuknya tulang periosteal yang kemudian diinvasi pembuluh darah dan dimulai tahap osifikasi.<sup>20</sup>

Proses maturasi sangat sensitif terhadap pengaruh lingkungan baik pada tingkat individu maupun populasi.<sup>21</sup> Maturasi tulang skeletal memiliki pola yang jelas dan berbeda di setiap populasi. Proses maturasi osifikasi tulang berbeda tergantung nutrisi, jenis kelamin, ras, status sosial ekonomi, dan faktor genetik.<sup>22</sup> Proses percepatan pertumbuhan pada perempuan lebih cepat dibandingkan laki-laki. Maturasi tulang skeletal pada perempuan lebih cepat  $\pm 2$  tahun dibandingkan laki-laki pada semua sampel. Penelitian Cole et al<sup>21</sup> pada populasi Afrika Selatan menunjukkan proses maturasi tulang skeletal pada perempuan lebih cepat 7 bulan dibandingkan laki-laki. Selain

itu, penelitian tersebut juga membandingkan proses maturasi berdasarkan etnik yaitu sampel berkulit hitam dan putih namun tidak didapatkan perbedaan bermakna antara maturasi tulang skeletal pada sampel berkulit hitam dan putih. Sosioekonomi yang rendah dihubungkan dengan proses maturasi yang terlambat dibandingkan dengan sosioekonomi yang tinggi.<sup>21</sup>

Proses osifikasi pada kolumna vertebral akang terjadi pada usia 9-15 tahun untuk laki-laki dan 13-16 tahun untuk perempuan. Proses fusi terjadi pada usia 14-19 tahun untuk laki-laki dan 13-19 untuk perempuan. Selang usia 13-16 tahun untuk laki-laki dan 12-15 tahun untuk perempuan terjadi perubahan besar pada pembentukan *ring apophysis*.<sup>23</sup> Proses pembentukan *vertebral ring apophysis* sempurna pada usia 25 tahun sehingga disimpulkan maturasi kolumna vertebral berada pada usia 25 tahun.<sup>22</sup>

Pada tulang vertebral torakal dan lumbar, proses maturasi terjadi tidak bersamaan. Tulang vertebral torakal superior mengalami maturasi lebih awal dibandingkan bagian tengah dari tulang torakal, sedangkan tulang lumbar bagian inferior mengalami maturasi lebih lambat dibandingkan bagian superior dan tengah.<sup>22</sup>

Estimasi usia dengan metode observasi morfologi kolumna vertebral dilakukan dengan menilai tahap pembentukan *apophysis ossification*. Uys et al<sup>22</sup> melakukan estimasi usia menggunakan tulang vertebra servikal dengan melihat pembentukan *apophysis ossification* pada populasi Afrika selatan, dengan total 478 sampel dan rentang usia 15-22 tahun. Bagian servikal yang dinilai ialah C2, C3 dan C4 melalui evaluasi dengan radiografi safalometri. Dilakukan penilaian pada tahap pembentukan *apophysis ossification* mulai dari tahap 0-4. Skoring ini didasarkan pada kriteria yang dibuat oleh Uys et al,<sup>22</sup> yaitu skor 0, tidak terlihat adanya osifikasi dan batas inferior dari kolumna vertebral rata, atau terdapat sedikit cekungan pada batas inferior C2 dan C3; 1, terjadi osifikasi apofisis, belum ada penyatuan pusat osifikasi dan batas inferior dari korpus vertebra; 2, apofisis mulai menyatu pada kolumna vertebral bagian inferior; 3, telah terjadi penyatuan tetapi masih terdapat jarak berupa lekukan antara apofisis dengan korpus vertebra inferior; 4, penyatuan telah sempurna dengan margin yang halus. Pada penelitian ini warna kulit dan jenis kelamin merupakan variabel yang dinilai untuk mengetahui derajat osifikasi yang terjadi, dan dibuat rumus regresi linear (Tabel 2). Formula yang dibuat berdasarkan penilaian osifikasi pada C2-C4 memiliki tingkat akurasi 95% jika digunakan untuk mengestimasi usia pada rentang 15-22 tahun.<sup>22</sup>

**Tabel 2.** Rumus regresi linear estimasi usia pada populasi Afrika Selatan<sup>22</sup>

Jenis kelamin, warna kulit	Formula	Koefisien Korelasi (R)	Koefisien Determinasi (R <sup>2</sup> )
Laki-laki, hitam	Age = 13,2284 + 0,3617 (C2 stage) + 0,8018(C3 stage) + 0,7300 (C4 stage)	0,82	0,67
Laki-laki, putih	Age = 13,6065 + 0,1376 (C2 stage) + 0,7078 (C3 stage) + 0,9344 (C4 stage)	0,84	0,70
Perempuan, hitam	Age = 12,6790 + 0,5171(C2 stage) + 0,6442(C3 stage) + 0,7371(C4 stage)	0,70	0,49
Perempuan, putih	Age = 12,3657 + 0,3717 (C2 stage) + 0,6602(C3 stage) + 0,8972(C4 stage)	0,71	0,5

Estimasi usia melalui analisis maturasi osifikasi kolumna vertebral dengan morfometri dilakukan dengan mengukur titik referensi. Penelitian Mito et al<sup>24</sup> pada populasi Jepang dengan rentang usia 7-15 tahun menunjukkan maturasi tulang servikal meningkat seiring bertambahnya usia dan dapat digunakan untuk mengestimasi usia. Tiga titik pengukuran yaitu *anterior vertebral body height* (AH), *posterior vertebral body height* (PH), dan *anterioposterior vertebral body length* (AP). Rumus regresi oleh Mito et al<sup>24</sup> untuk mengestimasi usia tulang servikal yaitu: *cervical vertebral bone age* = -0,20+6,20×AH3/AP3+5,90 × AH4/PH4 +4,74 AH4/PH4. Pada penelitian ini, diperoleh hasil berupa perbedaan nilai usia kronologis dengan usia tulang vertebral

yaitu  $1,17 \pm 0,86$  tahun. Korelasi antara usia kronologis dengan usia tulang vertebral yaitu  $0,705$ .<sup>24</sup>

Penelitian Chalkoo et al<sup>25</sup> pada populasi Kashmiri, India, dengan rentang usia 7-15 tahun menunjukkan korelasi positif antara maturasi osifikasi dengan usia. Estimasi usia dengan melakukan pengukuran vertebra servikal kedua hingga ke empat (C2-C4). Tiga titik pengukuran ialah AH, PH, dan AP, dengan menggunakan rumus regresi oleh Mito et al.<sup>23</sup> Hasil penelitian ini menunjukkan korelasi bermakna antara maturasi pada tulang vertebra servikal dengan usia ( $r=0,695$  dan  $p < 0,001$ ).

Vertebra servikal yang digunakan dalam penelitian ialah C3 dan C4. Hal ini disebabkan karena C1-C2 memiliki bentuk berbeda sehingga perubahan pada morfologinya sulit untuk diidentifikasi dan diukur dibandingkan C3-C4. Selain itu, semua titik pengukuran pada C3-C4 mengalami perubahan bermakna selama periode pertumbuhan.<sup>25</sup>

Metode estimasi usia dengan menganalisis maturasi osifikasi pada kolumna vertebral memiliki akurasi yang baik. Teknik estimasi dengan mengobservasi maturasi osifikasi pada tulang vertebra servikal melalui radiograf menunjukkan akurasi 95% untuk kelompok usia rentang 15-22 tahun, dengan perbedaan nilai  $1,17 \pm 0,86$  antara usia kronologis dengan usia tulang servikal.<sup>22</sup> Faktor faktor yang memengaruhi maturasi osifikasi seperti nutrisi, jenis kelamin, sosioekonomi dan faktor genetik perlu diperhatikan karena berefek pada kecepatan maturasi osifikasi kolumna vertebral. Dari penelitian yang telah dilakukan, foto sefalometri merupakan jenis foto yang dianjurkan karena mampu memberikan gambaran tulang servikal secara jelas. Teknik estimasi usia dengan analisis maturasi osifikasi pada kolumna vertebral memiliki keterbatasan yaitu adanya faktor-faktor yang memengaruhi proses maturasi tulang seperti nutrisi, jenis kelamin dan lainnya yang bisa memberikan bias pada hasil penelitian. Faktor-faktor tersebut memberikan dampak terhadap proses maturasi tulang termasuk kolumna vertebral.<sup>21,22</sup>

### **Determinasi Jenis Kelamin**

Determinasi jenis kelamin merupakan salah satu parameter penting dalam identifikasi terutama di dalam bencana masal, kecelakaan, dan menyelesaikan masalah medikolegal terutama kasus kekerasan.<sup>26</sup> Tulang skeletal merupakan salah satu tulang yang paling kuat di dalam tubuh manusia dan menjadi alasan penting untuk digunakan sebagai parameter determinasi jenis kelamin.<sup>26,27</sup> Determinasi jenis kelamin pada sisa kerangka manusia merupakan salah satu parameter profil biologis; oleh karena itu, sangat penting dalam identifikasi kasus forensik maupun penyelidikan bioarkeologi. Vertebra merupakan struktur pendukung tubuh manusia yang dapat memberikan berbagai informasi tentang seseorang, termasuk informasi jenis kelamin.<sup>28</sup>

Bentuk dimorfisme pada tulang vertebra jelas terlihat berdasarkan jenis kelamin. Biasanya area melintang pada tulang vertebra laki-laki lebih besar 20-30% dibandingkan perempuan sehingga menjadi salah satu alasan dijadikan parameter determinasi jenis kelamin. Pada laki-laki area melintang pada tulang vertebra cenderung lebih besar dari pada perempuan akibat menahan beban yang berpindah dari tubuh bagian atas ke panggul. Faktor yang memengaruhi perubahan bentuk dan ukuran tulang vertebra yaitu faktor genetik, ras, penyakit, status sosial ekonomi dan nutrisi.<sup>29</sup> Faktor-faktor ini akan memberikan pengaruh pada dimorfisme tulang vertebra sehingga akan memengaruhi akurasi determinasi jenis kelamin menggunakan metode ini.<sup>30</sup>

Kelompok vertebra lumbar (L1-L5) merupakan tulang vertebra yang menunjukkan dimorfisme paling jelas antara laki-laki dan perempuan.<sup>31</sup> Mahakkanukrah et al<sup>29</sup> menyatakan bahwa kelompok tulang lumbar dapat digunakan sebagai parameter dimorfisme jenis kelamin dan tinggi badan dengan analisis metrik. Hal ini didukung oleh Drake et al<sup>32</sup> yang menyatakan bahwa kelompok vertebra lumbar merupakan segmen terbesar dari kolumna vertebral yang menopang beban tubuh, mendorong gerakan, dan sangat fleksibel sehingga memiliki dimorfisme jenis kelamin yang dapat dibandingkan dengan analisis morfometri.

Vertebra servikal kedua (C2) merupakan alternatif untuk analisis estimasi jenis kelamin selain kelompok tulang vertebra lumbar. Hasil analisis morfometrik pada penelitian yang dilakukan terhadap populasi Portugis menunjukkan bahwa C2 memiliki sejumlah variasi dimensi

yang spesifik dapat membedakan jenis kelamin dengan tingkat akurasi cukup tinggi. Vertebra C2 memiliki beberapa karakteristik morfologik yang memungkinkan identifikasi vertebra lainnya dengan mudah dan cepat. Selain itu, penelitian telah menunjukkan bahwa vertebra servikal merupakan bagian dari kolumna vertebral yang paling tahan terhadap perubahan yang disebabkan faktor eksternal seperti lingkungan dan pembusukan.

Suwanlikhid et al<sup>33</sup> meneliti populasi Thailand dan melaporkan bahwa pada evaluasi jenis kelamin, sebagian besar area vertebra lumbar lebih akurat daripada jenis vertebra lainnya dan sebagian besar sampel perempuan lebih akurat dibandingkan sampel laki-laki. Akurasi prediktif area permukaan trabekular (*major axis of trabecular surface/MAT*) di bagian atas vertebra L1 ialah 81,8%.

Monge et al<sup>34</sup> meneliti populasi Spanyol dengan menggunakan tulang vertebra L1- L5 dan menyimpulkan bahwa persamaan diskriminan jenis kelamin yang dikembangkan memiliki alokasi akurasi 90,1%-94,5% untuk L1, 85,4%-89,4% untuk L2, 85,3%-88,3% untuk L3, 85,3%-88,2% untuk L4, dan 80%-85,3% untuk L5. Persentase ini lebih tinggi daripada penelitian sebelumnya, sehingga menjadi metode penilaian jenis kelamin yang berharga untuk ilmu forensik dan antropologi.

Penelitian oleh Zheng et al<sup>35</sup> pada populasi Cina dengan menggunakan 29 pengukuran linier vertebra L1, melaporkan akurasi 57,1-86,6% dari 25 titik pengukuran, dan menemukan tiga variabel yang menunjukkan dimorfisme persamaan diskriminan dengan akurasi prediksi jenis kelamin 88,6%, yaitu: *Upper end-plate width* (EPWu), *Middle end-plate depth* (EPDm), dan *Pedicle height left* (PHl).

El Dine dan Ramadan et al<sup>36</sup> mempelajari dimorfisme seksual pada populasi Mesir menggunakan vertebra lumbar pertama, dan melaporkan bahwa *Upper end-plate depth* (EPDu) menunjukkan dimorfisme seksual tertinggi pada vertebra lumbar pertama dengan akurasi 75,0%, sementara Ramadan et al melakukan persamaan fungsi diskriminan yang melibatkan *upper end-EPWu* dengan akurasi 84,6%.

Pada populasi Malaysia, Rohmani et al<sup>37</sup> melaporkan bahwa dimorfisme seksual dapat terlihat pada tulang vertebra lumbal pertama (L1) menggunakan *computed tomography* tiga dimensi (3D) yang merupakan persamaan spesifik populasi Melayu untuk identifikasi jenis kelamin. Pengukuran dilakukan pada 13 titik pengukuran dan diperoleh hasil dengan akurasi 93% berdasarkan persamaan diskriminan yang dilakukan. Penelitian tersebut memberikan persamaan diskriminan untuk identifikasi forensik jenis kelamin dari vertebra L1 di antara populasi Malaysia dengan akurasi 93%.

Tulang lumbar memiliki dimorfisme jenis kelamin yang secara bermakna dapat dibedakan berdasarkan morfometri. Kelima tulang lumbar secara bermakna memberikan dimorfisme berdasarkan jenis kelamin dan L1 memberikan akurasi paling tinggi (Tabel 3).

**Tabel 3.** Akurasi determinasi jenis kelamin menggunakan tulang vertebra pada berbagai populasi

Peneliti	Populasi	Parameter	Akurasi
Gama (2012)	Portugis	C2	86%-89,7 %
Suwanlikhid (2020)	Thailand	L1	81,8%
Monge (2020)	Spanyol	L1	90,1% hingga 94,5 %
		L2	85,4% hingga 89,4%
		L3	85,3% hingga 88,3%
		L4	85,3% hingga 88,2%
		L5	80% hingga 85,3%
Zheng (2012)	Cina	L1	57,1% hingga 86,6%
El Dine (2014)	Mesir	L1	75,0%
Ramadhan (2017)	Mesir	L1	84,6%
Rohmani (2022)	Malaysia	L1	93,0%



Penelitian Gama et al<sup>28</sup> pada populasi Portugis melaporkan bahwa dimorfisme seksual dapat dilihat dari struktur vertebra servikal kedua (C2) secara morfometri. Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian terdahulu.<sup>28</sup> Vertebra C2 merupakan tulang servikal yang menunjukkan dimorfisme seksual dan bisa dibedakan dengan cepat dari vertebra lain karena memiliki karakteristik khas. Dalam penelitian ini, 13 dimensi vertebra C2 diukur untuk menjelaskan perbedaan jenis kelamin dan untuk menghasilkan model prediktif sederhana berdasarkan analisis regresi logistik. Model yang dihasilkan juga dievaluasi terhadap sampel uji independen yang terdiri dari 47 kerangka dari Koleksi Rangka Teridentifikasi Abad ke-21 (University of Coimbra). Model regresi logistik yang dikembangkan dengan tepat memperkirakan jenis kelamin dari vertebra C2 dengan keakuratan 86,7-89,7 %. Vertebra C2 menunjukkan alternatif yang berguna untuk estimasi jenis kelamin ketika elemen kerangka lainnya tidak tersedia untuk analisis.

Determinasi jenis kelamin dengan analisis tulang vertebra secara morfometri pada tulang vertebra lumbar, servikal dan torakal yang secara bermakna menunjukkan adanya dimorfisme jenis kelamin dengan akurasi yang tinggi. Vertebra lumbar dapat menjadi parameter dimorfisme jenis kelamin yang lebih akurat dibandingkan tulang vertebra servikal dan torakal. Akurasi determinasi jenis kelamin dengan menggunakan tulang vertebra lumbar mencapai 93% sedangkan tulang vertebra servikal kedua sebagai parameter dimorfisme gender merupakan alternatif jika tulang lumbar tidak tersedia. Tulang vertebra servikal merupakan alternatif untuk menggantikan tulang vertebra lumbar, dengan akurasi mencapai 86-89,7%. Perlu diingat bahwa determinasi jenis kelamin berdasarkan morfometri tulang vertebra memiliki keterbatasan karena dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal terutama usia. Selain itu, penelitian pada kelompok etnis berbeda masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan data dan informasi baru yang memperkuat metode estimasi usia dan determinasi jenis kelamin menggunakan kolumna vertebral.

### **Simpulan**

Kolumna vertebral memiliki ketahanan tulang yang telah teruji terhadap pengaruh lingkungan dan pembusukan dibandingkan tulang yang lain menjadi alasan kolumna vertebral dijadikan sebagai parameter untuk estimasi usia dan determinasi jenis kelamin. Estimasi usia dan determinasi gender dapat dianalisis menggunakan analisis kolumna vertebral. dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Estimasi usia berdasarkan analisis kecepatan pembentukan osteofit dan derajat maturasi osifikasi memiliki indikasi yang berbeda, yaitu metode pembentukan osteofit dilakukan pada kelompok usia di atas 20 tahun karena pembentukan osteofit mulai terjadi di usia 20-30 tahun sedangkan untuk kelompok usia dibawah 20 tahun bisa dilakukan dengan metode maturasi osifikasi. Determinasi jenis kelamin menggunakan vertebra lumbar, servikal dan torakal secara morfometri menunjukkan adanya dimorfisme jenis kelamin yang signifikan dan akurasi determinasi jenis kelamin yang tinggi. Namun, penelitian pada kelompok etnis berbeda masih terbatas, sehingga diperlukan adanya penelitian lanjutan untuk mendapatkan data dan informasi baru untuk memperkuat metode estimasi usia dan determinasi jenis kelamin menggunakan kolumna vertebral.

### **Konflik Kepentingan**

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan pada studi ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Burns KR. Forensic Anthropology Training Manual (3rd ed). Taylor & Francis; 2012.
2. Praneatpolgrang S, Das S, Navic P, Mahakkanukrauh P. Age-related changes in the vertebral osteophytes: a review. *Int Med J.* 2020;27(2):181-4.
3. Wong SHJ, Yuen CK, Hoi YC. Review article: osteophytes. *Journal of Orthopaedic Surgery.* 2016; 24(3):403-10.

4. Van der Merwe AE, Işcan MY, L'Abbè EN. The pattern of vertebral osteophyte development in a South African population. *Int J Osteoarchaeol*. 2006;16(5):459–64.
5. Watanabe S, Terazawa K. Age estimation from the degree of osteophyte formation of vertebral columns in Japanese. *Leg Med*. 2006;8(3):156–60.
6. Chanapa P, Mahakkanukrauh P. Location and lengths of osteophytes in the cervical vertebrae. *Rev Arg de Anat Clin*. 2011;3(1):15-21.
7. Listi GA, Manhein MH. The use of vertebral osteoarthritis and osteophytosis in age estimation. *J Forensic Sci*. 2012 ;57(6):1537–40.
8. Chanapa P, Yoshiyuki T, Mahakkanukrauh P. Distribution and length of osteophytes in the lumbar vertebrae and risk of rupture of abdominal aortic aneurysms: a study of dry bones from Chiang Mai, Thailand. *Anat Cell Biol*. 2014;47(3):157–61.
9. Wescott DJ. Sex variation in the second cervical vertebra. *J Forensic Sci*. 2001;45(2):14707J.
10. Marlow EJ, Pastor RF. Sex determination using the second cervical vertebra-a test of the method. *J Forensic Sci*. 2011;56(1):165–9.
11. Belavý DL, Bansmann PM, Böhme G, Frings-Meuthen P, Heer M, Rittweger J, et al. Changes in intervertebral disc morphology persist 5 mo after 21-day bed rest. *J Appl Physiol*. 2011;111(5):1304–14. Available from: [www.random.org](http://www.random.org). Doi: 10.1152/jappphysiol.00695.2011.
12. Yenukoti R. Clinical anatomy of vertebral column. [Internet]. 2015. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/328163417>
13. Utama V, Soedarsono N, Yuniastuti M. Assessment of agreement between cervical vertebrae skeletal and dental age estimation with chronological age in an Indonesian population. *Journal of Forensic Odonto-Stomatology*. 2020;38(3):16–24.
14. Praneatpolgrang S, Prasitwattanaseree S, Mahakkanukrauh P. Age estimation equations using vertebral osteophyte formation in a Thai population: comparison and modified osteophyte scoring method. *Anat Cell Biol*. 2019;52(2):149–60.
15. Van der Kraan PM, van den Berg WB. Osteophytes: relevance and biology. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2007;15(3):237–44.
16. Magat G, Ozcan S. Assessment of maturation stages and the accuracy of age estimation methods in a Turkish population: a comparative study. *Imaging Sci Dent*. 2022;5291):83-91.
17. Schoretsaniti L, Mitsea A, Karayianni K, Sifakakis I. Cervical vertebral maturation method: reproducibility and efficiency of chronological age estimation. *Applied Sci (Switzerland)*. 2021; 11(7):3160.
18. Kim DK, Kim MJ, Kim YS, Oh CS, Shin DH. Vertebral osteophyte of pre-modern Korean skeletons from Joseon tombs. *Anat Cell Biol*. 2012;45(4):274-81.
19. Gocmen-Mas N, Karabekir H, Ertekin T. Evaluation of lumbar vertebral body and disc: a stereological morphometric. *Int J Morphol*. 2010;28(3):841-7.
20. Skórzewska A, Grzymisławska M, Bruska M, Lupicka J, Woźniak W. Ossification of the vertebral column in human fetuses: Histological and computed tomography studies. *Folia Morphologica (Poland)*. 2013;72(3):230–8.
21. Cole TJ, Rousham EK, Hawley NL, Cameron N, Norris SA, Pettifor JM. Ethnic and sex differences in skeletal maturation among the Birth to Twenty cohort in South Africa. *Arch Dis Child*. 2015; 100(2):138–43.
22. Uys A, Bernitz H, Pretorius S, Steyn M. Age estimation from anterior cervical vertebral ring apophysis ossification in South Africans. *Int J Legal Med*. 2019;133(6):1935–48.
23. Costa L, de Reuver S, Kan L, Seevinck P, Kruyt MC, Schlosser TPC, et al. Ossification and fusion of the vertebral ring apophysis as an important part of spinal maturation. *J Clin Med*. 2021;10(15):3217.
24. Mito T, Sato K, Mitani H. Cervical vertebral bone age in girls. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2002;122(4):380–5.
25. Chalkoo DrAH, Illahi DrB. Cervical vertebral bone age estimation and its correlation to chronological age. *Int J Applied Dental Sci*. 2022;8(4):113–6.
26. Patil V, Vineetha R, Vatsa S, Shetty DK, Raju A, Naik N, et al. Artificial neural network for gender determination using mandibular morphometric parameters: a comparative retrospective study. *Cogent Eng*. 2020;7(1):1723783.

27. Khanagar SB, Naik S, Al-Kheraif AA, Vishwanathaiah S, Maganur PC, Alhazmi Y, Mushtaq S, et al. Application and performance of artificial intelligence technology in forensic odontology – a systematic review. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(6):1004
28. Gama I, Navega D, Cunha E. Sex estimation using the second cervical vertebra: a morphometric analysis in a documented Portuguese skeletal sample. *Int J Legal Med*. 2015;129(2):365–72.
29. Mahakkanukrauh P, Khanpetch P, Prasitwattanseree S, Vichairat K, Case TD. Stature estimation from long bone lengths in a Thai population. *Forensic Sci Int*. 2011;210(1–3):279.e1-279.e7.
30. Oura P, Karppinen J, Niinimäki J, Junno JA. Sex estimation from dimensions of the fourth lumbar vertebra in Northern Finns of 20, 30, and 46 years of age. *Forensic Sci Int*. 2018;290:350.e1-350.e6
31. Mostafavi SRS, Saadat MSR, Memarian A, Motamedi O, Sharboo K, Khaleghi M, Habibi S. Fourth lumbar vertebral parameters in predicting the gender, height and age in Iranian population. *Forensic Sci Int*. 2021;3:100175.
32. Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM, Gray H. *Gray's Anatomy for Students* (4th ed). Elsevier: 2020.
33. Suwanlikhid N, Prasitwattanaseree S, La Tegola L, Palee P, Sinthubau A, Guglielmi G, et al. Sex and stature estimation from adult lumbar vertebrae in a Thai population based on image analysis. *Int J Morphol*. 2020;38(6):1651-6.
34. Azofra-Monge A, Alemán AI. Morphometric research and sex estimation of lumbar vertebrae in a contemporary Spanish population. *Forensic Sci Med Pathol*. 2020;16(2):216–25.
35. Zheng WX, Cheng FB, Cheng KL, Tian Y, Lai Y, Zhang WS, et al. Sex assessment using measurements of the first lumbar vertebra. *Forensic Sci Int*. 2012;219(1–3):285.e1-285.e5
36. Badr El Dine FMM, El Shafei MM. Sex determination using anthropometric measurements from multi-slice computed tomography of the 12th thoracic and the first lumbar vertebrae among adult Egyptians. *Egypt J Forensic Sci*. 2015;5(3):82–9.
37. Rohmani A. Sexual dimorphism of the first lumbar vertebra in the Malaysian population. *Indonesian Journal of Legal and Forensic Sciences (IJLFS)*. 2022;12(1):37.