

## Perkiraan Usia Berdasarkan Tulang Belulang

Pamela Arief<sup>1</sup>,  
Rowen Jayadi Gozali<sup>1</sup>,  
Bethea Manuela  
Mulyono<sup>1</sup>,  
Tri Widiastuti<sup>1</sup>,  
Laurie Marcella<sup>1</sup>,  
Hanif Arfandi<sup>1</sup>,  
Aprilda Yulifa Thalia<sup>1</sup>,  
Thomas Karupukaro  
Zshananda<sup>1</sup>,  
Krishthazshana<sup>1</sup>,  
Heunice Precious<sup>1</sup>,  
Lourdes Ethanelle<sup>1</sup>,  
Liauw Djai Yen<sup>2</sup>

Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Krida wacana, Jakarta, Indonesia.  
Departemen Forensik dan Medikolegal, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Krida wacana, Jakarta, Indonesia.

### Abstrak

Estimasi usia kerangka manusia merupakan aspek penting dalam profil biologis yang digunakan oleh antropolog forensik untuk identifikasi individu yang meninggal. Perkiraan usia dapat dilakukan melalui beberapa metode, seperti pemeriksaan makroskopis perkembangan dan erupsi gigi, penyatuan epifisis tulang panjang, degenerasi permukaan artikular panggul, ujung tulang rusuk, dan jahitan kranial, serta analisis mikroskopis struktur tulang. Tinjauan ini bertujuan untuk mengeksplorasi serta menganalisis berbagai teknik yang tersedia untuk tujuan ini. Tinjauan literatur menggunakan referensi melalui basis data *PubMed* dan *ResearchGate*. Pengambilan data dilakukan berdasarkan alur proses, dimana diperoleh 8 sumber literatur yang relevan dengan topik penelitian. Metode estimasi usia sering menunjukkan bias di mana usia individu yang lebih muda cenderung dilebih-lebihkan, sementara usia individu yang lebih tua diremehkan. Perubahan degeneratif pada struktur seperti ujung tulang rusuk sulit untuk ditafsirkan secara akurat dan berkontribusi terhadap kesalahan dalam estimasi usia terutama setelah usia 60 tahun. Variasi ini kemungkinan terkait dengan perbedaan gaya hidup, lingkungan, dan aktivitas. Metode menggunakan simfisis pubis lebih akurat untuk individu dewasa muda. Permukaan aurikular dapat memberikan estimasi yang memadai pada kelompok usia menengah. Gigi monoartikular dan ujung sternal iga keempat ditemukan sebagai metode yang akurat untuk individu yang lebih tua. Metode estimasi usia osteologis memerlukan penyesuaian dan evaluasi terus-menerus berdasarkan populasi dan faktor-faktor spesifik terkait usia. Kombinasi beberapa metode dan analisis mendalam terhadap variabel morfologis dapat meningkatkan akurasi estimasi usia, meskipun bias tetap ada terutama pada kelompok usia tua dan muda.

**Kata kunci:** antropologi, forensik, perkiraan usia, usia tulang

## Age Estimation Based on Bones

\*Corresponding Author : Pamela Arief

Corresponding Email : melarief2@gmail.com

Submission date : June 24<sup>th</sup>, 2024

Revision date : July 1<sup>st</sup>, 2024

Accepted date : August 3<sup>rd</sup>, 2024

Published date : August 20<sup>th</sup>, 2024

Copyright (c) 2024 Pamela Arief, Rowen Jayadi Gozali, Bethea Manuela Mulyono, Tri Widiastuti, Laurie Marcella, Hanif Arfandi, Aprilda Yulifa Thalia Thomas Karupukaro, Zshananda Krishthazshana, Heunice Precious, Lourdes Ethanelle, Liauw Djai Yen



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

### Abstract

Estimating the age of human skeletons is an important aspect of biological profiling used by forensic anthropologists for the identification of deceased individuals. Age estimation can be done through several methods, such as macroscopic examination of tooth development and eruption, fusion of the epiphyses of long bones, degeneration of the hip articular surfaces, rib tips, and cranial sutures, as well as microscopic analysis of bone structure. This review aims to explore as well as analyze the various techniques available for this purpose. This literature review uses references via the *PubMed* and *ResearchGate* databases. Data collection was carried out based on a process flow, where 8 literature sources were obtained that were relevant to the research topic. Age estimation methods often exhibit bias where the ages of younger individuals tend to be overestimated, while the ages of older individuals are underestimated. Degenerative changes in structures such as rib tips are difficult to interpret accurately and contribute to errors in age estimation especially after age 60 years. These variations are likely related to differences in lifestyle, environment, and activities. The method using the pubic symphysis is more accurate for young adult individuals. The auricular surface can provide an adequate estimate in the middle age group. Monoarticular teeth and the sternal end of the fourth rib were found to be an accurate method for older individuals. Osteological age estimation methods require continuous adjustment and evaluation based on population and age-specific factors. The combination of several methods and in-depth analysis of morphological variables can improve the accuracy of age estimation, although bias remains especially in the older and younger age groups.

**Keywords:** age estimation, anthropology, forensic, skeletal age,

### How to Cite

Arief, P., Gozali, R. J., Mulyono, B. M., Widiastuti, T., Marcella, L., Arfandi, H., Karupukaro, A. Y. T. T., Krishthazshana, Z., Precious, H., Ethanelle, L., & Yen, L. D. (2024). Age Estimation Based on Bones. *Jurnal MedScientiae*, 3(2), 168–175. Available from : <https://ejournal.ukrida.ac.id/index.php/ms/article/view/3265/version/3315> DOI : <https://doi.org/10.36452/JMedScientiae.v3i2.3265>

## Pendahuluan

Estimasi usia merupakan bagian integral dari profil biologis yang digunakan oleh antropolog forensik untuk membantu mencapai identifikasi individu meninggal yang tidak diketahui. Perkiraannya sangat penting dan memerlukan perhatian khusus jika jenazah ditemukan dalam kondisi membusuk, termutilasi, atau hanya ditemukan potongan-potongan saja. Perkiraan usia dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan pemeriksaan makroskopis perkembangan dan erupsi gigi, penyatuan epifisis tulang panjang, degenerasi permukaan artikular panggul, ujung tulang rusuk, dan jahitan kranial, serta pemeriksaan mikroskopis tulang dalam analisis histologis. Karena tulang tidak rentan pembusukan dan kerusakan oleh hewan, hal ini dapat menentukan usia, jenis kelamin, ras, tinggi badan yang dapat diandalkan dalam tubuh yang membusuk.<sup>1</sup>

Proses pematangan kerangka memberikan dasar untuk memperkirakan usia suatu kerangka.<sup>2</sup> Pada usia sub-dewasa yang lebih muda, perkiraan usia biasanya bergantung pada pematangan tulang dan gigi. Namun, terdapat variasi substansial dalam waktu perubahan perkembangan ini di antara individu yang berbeda, bahkan yang tidak mengalami gangguan pertumbuhan besar dan/atau episode stres. Pada orang dewasa, perkiraan usia saat kematian terutama diperoleh dari evaluasi proses degeneratif yang biasanya disebabkan oleh kerusakan normal pada tubuh seiring berjalannya waktu.<sup>2</sup> Penentuan usia dewasa, sebagai elemen penting dalam proses identifikasi, merupakan proses yang sangat menantang karena kerangka orang dewasa terus berubah dan proses remodeling bersifat sangat individual, tergantung pada pengaruh perilaku dan lingkungan, kondisi patologis dan gaya hidup.<sup>2,3</sup> Penentuan umur orang dewasa dilakukan dengan mendeteksi ciri-ciri morfologi tulang dan gigi serta perubahan degeneratif yang mungkin terjadi pada tulang dan gigi yang menunjukkan bahwa termasuk dalam kelompok umur tertentu.

Studi sistematis pertama yang bertujuan untuk mengembangkan teknik memperkirakan usia jenazah dilakukan pada tahun 1920-an, dan terkait dengan observasi simfisis pubis dan jahitan kranial kerangka yang usianya diketahui. Saat ini, untuk menentukan umur orang dewasa berdasarkan sisa-sisa kerangka, hal-hal yang sering diuji antara lain: penyatuan

jahitan kranial, morfologi tulang rusuk, morfologi permukaan daun telinga tulang iliaka, morfologi simfisis pubis, pemeriksaan tulang struktur mikro tulang, “Metode Kompleks”, keausan gigi, pemeriksaan struktur mikro gigi dan pengujian lapisan semen pada gigi. Saat ini metode yang paling umum digunakan untuk penilaian usia berdasarkan karakteristik morfologi simfisis pubis adalah metode yang dikembangkan oleh Suchey dan Brooks, dimana perubahan pada simfisis pubis dibagi menjadi enam fase. Dengan pemeriksaan terhadap 1.225 mayat yang diketahui usianya selama otopsi, Suchey dan Brooks menemukan bahwa untuk masing-masing dari enam fase ini, rentang usia berlaku untuk 95% populasi.<sup>3</sup>

Metode untuk menentukan usia dengan penutupan jahitan kranial selalu lebih umum digunakan, namun karena tempurung kepala seringkali merupakan bagian yang paling terpelihara dari kerangka yang dipulihkan. Jahitan kranial umumnya menyatu seiring bertambahnya usia, meskipun terdapat variabilitas yang cukup besar dalam kecepatan dan pola penutupan. Gagasan bahwa tulang tengkorak semakin menyatu seiring bertambahnya usia telah ada setidaknya sejak abad ke-16. *Pommerol* mengidentifikasi urutan berikut: 1) individu di bawah usia 35 tahun memiliki jahitan kranial terbuka; 2) sekitar usia 40 tahun, jahitan sagital mulai menutup; 3) sekitar usia 50 tahun, jahitan koronal mulai menutup; dan 4) pada usia 65 tahun atau lebih, jahitan temporal telah selesai menutup.<sup>1</sup>

Tinjauan literatur ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menganalisis berbagai metode dan variabel yang digunakan dalam estimasi usia dari tulang kerangka manusia.

Tabel 1. Hasil Pencarian Jurnal

Penulis (Tahun)	Jenis Studi	Hasil
Cerezo-Román (2014) <sup>2</sup>	Review	Analisis bias dan ketidakakuratan menunjukkan bahwa usianya berada di antara keduanya. Namun, nilai-nilai ini menyimpang secara dramatis setelah usia 31 tahun, dan setelah umur 60 tahun terjadi peningkatan tertinggi. Ditemukan bahwa metode tersebut meremehkan usia individu yang diketahui. Ketika bias dan hasil ketidakakuratan dibandingkan dengan penelitian lain, seperti satu oleh Saunders <i>et al.</i> , pola serupa diamati di kelompok usia setelah 40 tahun. Dalam penelitian saat ini dan di Saunders <i>et al.</i> Ada perkiraan usia yang terlalu rendah, khususnya pada masa ini individu yang berusia lebih dari 50 tahun. Sebagian besar perubahan diamati di ujung tulang rusuk berhubungan dengan perubahan degeneratif yang sulit untuk difafsirkan dan kemungkinan besar menunjukkan variasi terkait gaya hidup, lingkungan, dan aktivitas. Oleh karena itu, tidak demikian mengejutkan karena bias dan ketidakakuratan usia individu terkait dengan perkiraan usia juga akan meningkat
Moraitis (2013) <sup>4</sup>	Review	Menerapkan metode Lovejoy <i>et al.</i> , Murray dan Murray mengamati bahwa tingkat perubahan sangat bervariasi antara individu yang permukaan daun telinga tidak cocok digunakan sebagai metode tunggal untuk penilaian usia. Selain itu, mereka menemukan bahwa usia dilebih-lebihkan untuk individu yang lebih muda dan diremehkan untuk individu yang lebih tua. Hasil yang sama adalah dicapai oleh Saunders <i>et al.</i> yang melakukan tes buta metode Lovejoy <i>et al.</i> Selama pencatatan fitur individu metode Buck berry dan Chamberlain, ditemukan beberapa hal deskripsi tidak sepenuhnya mewakili morfologi yang ditemui pada permukaan daun telinga. Misalnya deskripsi apikal menunjukkan adanya sedikit lipping (skor 2) atau lipping parah yang mengubah kontur permukaan (skor 3). Namun, beberapa permukaan daun telinga diamati pada masa sekarang penelitian menunjukkan resorpsi apeks, bukan proliferasi perubahan seperti lipping. Tidak diketahui apakah ini mewakili variasi tertentu pada populasi ini, mungkin mencerminkan perbedaan pola aktivitas. Selain itu, penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam perubahan permukaan daun telinga terkait usia antara kedua jenis kelamin. Oleh karena itu, metodenya dapat diterapkan pada kedua jenis kelamin, sehingga usia dapat dinilai independen dari jenis kelamin.
Sarajlić (2012) <sup>3</sup>	Review	Dasar dari proses identifikasi adalah untuk mengevaluasi jenis kelamin, tinggi badan dan usia orang yang digali kubur. Faktanya adalah seiring bertambahnya usia, terdapat variasi besar dalam penampilan bahkan anak kembar identik yang terkena kondisi kehidupan dan perilaku yang berbeda. Sebuah studi yang dilakukan pada populasi Balkan juga menunjukkan kurangnya metode estimasi usia, yang telah dikembangkan pada populasi lain, yang mungkin muncul sebagai masalah hukum. Oleh karena itu, timbul kebutuhan untuk mengevaluasi penerapan metode asli Suchey-Brooks pada populasi Bosnia dan Herzegovina, karena metode ini telah dikembangkan pada sampel tulang kemaluan orang Kaukasia Amerika Utara. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perkembangan simfisis pubis dari fase ke fase bersifat spesifik pada populasi. Djurik dkk. menguji metode Suchey-Brooks pada populasi Serbia, di mana mereka mendapatkan perkiraan usia yang cocok untuk 89,74% laki-laki dan 72,0% perempuan. Bednarek, Bloh dan Silwka juga menggunakan metode Suchey dan Brooks pada sampel 83 laki-laki Polandia yang berusia antara 13 dan 88 tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tidak signifikan pada stadium I – III dan terdapat perbedaan signifikan pada stadium IV – VI. Mereka menyimpulkan bahwa metode ini dapat digunakan pada populasi Polandia hanya untuk evaluasi usia laki-laki yang lebih muda. Dalam penelitian ini, kesalahan yang signifikan dalam estimasi usia terlihat jelas pada fase V (11,11 % orang), meskipun menurut penelitian Kimmerle dkk., kesalahan klasifikasi umur pada fase yang sesuai dengan metode Suchey-Brooks paling banyak terjadi pada fase III. Persentase kesalahan estimasi pada tahap I sebesar 20% pada penelitian ini dapat dimaklumi karena sedikitnya jumlah sampel yang diklasifikasikan pada tahap ini. Kesalahan estimasi terdapat pada fase IV (6,12 %), sedangkan estimasi akurat sepenuhnya untuk fase II, III, dan V. Akurasi evaluasi fase relevan sampel keseluruhan adalah 94,17 %, yang dapat dianggap memuaskan.
Sakaue (2006) <sup>5</sup>	Research article	Penelitian ini menilai usia pada individu melalui enam fase osteologi terkait usia dari simfisis pubis. Hasil yang didapat menunjukkan perbedaan usia pada pria maupun wanita antara dua fase yang berdekatan adalah signifikan ( $p < 0.05$ ) kecuali antara fase III dan IV pada wanita. Studi sebelumnya juga menyatakan standar deviasi cenderung meningkat seiring pertambahan usia. Berikutnya tabel 2 penelitian ini menunjukkan inakurasi (usia estimasi dikurangi usia sebenarnya) dan bias pada interval 10 tahun. Pada kelompok pria Jepang, inakurasi tidak melebihi 8.0 (rentang 2.4-8.0). Bias pada kelompok pria lebih rendah, kurang lebih dua tahun dan positif pada semua kelompok usia, kecuali 50-59 tahun (bias -2.2). Pada kelompok wanita Jepang, inakurasi relatif tinggi (4.7) pada kelompok usia 10-19 tahun, namun tidak melebihi 7.0 pada kelompok usia manapun (rentang 3.2-6.7). Bias pada wanita rentang 1-6 tahun, dan positif pada semua kelompok usia, kecuali 50-59 tahun (bias -4.5).
Martrille <i>et al.</i> (2007) <sup>6</sup>	Review	Hasil yang didapatkan secara umum menunjukkan akurasi relatif masing-masing metode dalam kasus yang berbeda. Penelitian ini mengevaluasi empat metode makroskopis berfokus pada tulang simfisis pubis, ujung sternal iga ke-empat, permukaan aurikular, dan gigi anterior. Dalam diskusi ini, hanya diperhitungkan mediannya namun peneliti juga menyajikan meannya agar dapat dibandingkan dengan penelitian lain. Jika mempertimbangkan seluruh populasi, penelitian oleh pada iga ke-empat (oleh IC) dan simfisis pubis (oleh SB) lebih baik daripada menggunakan gigi monoartikular (oleh LM) dan permukaan aurikular ( <i>auricular surface / AS</i> ). Namun, beberapa indikator ( <i>principal component analysis/PCA</i> ) menghasilkan ketidakakuratan terendah, dengan median 6,7. Di sisi lain, jika populasi dipecah berdasarkan kelompok usia yaitu, muda [25–40], menengah [41–60], dan tua [>60], urutannya berubah. Pada masa dewasa muda, metode yang lebih akurat, dalam urutan menurun, adalah dengan metode simfisis pubis, permukaan aurikular, iga ke-empat, dan gigi monoradicular. Pada rentang usia dewasa madya, keadaannya sangat berbeda metode dengan gigi monoartikular dan PCA menilai sebagai metode terbaik dan sama akuratnya (median 5.1),

diikuti oleh permukaan aurikular, simfisis pubis, dan ujung sternal iga keempat. Pada rentang usia tua, median meningkat pesat namun paling akurat metodenya adalah dengan iga keempat, diikuti oleh PCA, simfisis pubis, gigi monoradicular, dan permukaan aurikular.

Jika populasi dibagi berdasarkan ras (yaitu, kulit hitam dan putih), polanya serupa, hanya dengan sedikit perbedaan. Bagi orang kulit putih, jika mempertimbangkan segala usia, sekali lagi, metode yang terbaik adalah PCA (median 6.6). Untuk orang kulit hitam, PCA (median 6.7) adalah metode yang paling akurat dan jika memperhitungkan rentang usia dewasa muda, maka simfisis pubis (median 3,25) merupakan metode paling akurat untuk kedua ras. Pada rentang usia paruh baya, untuk kulit putih, gigi monoradicular (median 3.9) adalah yang paling akurat. Jika mempertimbangkan rentang usia tua, ujung sternal iga keempat (median 10,4 untuk kulit hitam dan 10.3 untuk kulit putih) adalah yang paling akurat untuk kedua grup.

Penelitian ini menyoroti kecenderungan semua metode untuk melebih-lebihkan usia individu muda, dan meremehkan usia pada individu yang lebih tua. Jika dipertimbangkan berdasarkan ketiga kelompok umur secara terpisah, dari 25 hingga 40 tahun, metode yang paling akurat secara keseluruhan adalah menggunakan simfisis pubis, dari usia 41 hingga 60 tahun, metode terbaik adalah dengan gigi monoartikular anterior, dan setelah usia 60 tahun, semua metode sangat tidak akurat meskipun ujung sternal iga keempat memberikan ketidakakuratan terendah. Untuk kelompok umur gabungan, PCA adalah paling akurat.

Calce (2012) <sup>7</sup>	Research article	<p>Analisis data menggunakan variabel oleh Rissech et. al yang dilakukan pada 100 kerangka manusia, mengindikasikan terdapat tiga variabel yang signifikan secara statistik berkorelasi dengan usia, yakni kelengkungan acetabulum (p-value 0.01), porositas pada tepi asetabulum (p-value 0.017), dan <i>apex activity</i> (p-value 0.015). Meskipun terdapat variasi pengalaman osteologi, peneliti mampu mengidentifikasi variabel acetabulum secara konsisten dan menentukan usia secara akurat. Dibandingkan variabel lain, <i>apex activity</i> merupakan yang paling mudah terdiferensiasi (Kappa 5 0.660; ICC 5 0.905) dan perkembangan osteofit pada tepi acetabulum adalah yang paling sulit terdiferensiasi. Pada penelitian ini, korelasi hasil skoring dengan usia sebenarnya dilakukan oleh tiga peneliti independen. Tiga penilaian diidentifikasi dalam analisis ini berkorelasi tinggi dengan usia (P&lt;0.05) dan secara bersamaan dinilai mampu menentukan perkiraan usia saat kematian dengan akurasi 81% jika kedua jenis kelamin digabungkan. Sisa 19% yang tidak tepat memiliki tendensi untuk memperkirakan di bawah usia sebenarnya pada satu kategori. Secara umum, tingkat kesalahan saat menentukan kelompok usia saat kematian adalah 15% untuk kelompok usia muda, 17% kelompok usia menengah, dan 22% kelompok usia lebih tua.</p> <p>Hasil mendemonstrasikan variabel yang berkorelasi dengan usia dengan perubahan ekspresi yang terjadi dari fase usia muda, menengah, hingga lebih tua yang semakin meningkat secara kronologis. Tes Kruskal-Wallis dilakukan untuk membandingkan tiga kelompok usia dari data ordinal, muda (n = 110), menengah (n = 105), dan usia tua (n = 110). Perbedaan antar kelompok p &lt; 0.001 mengindikasikan sampel berasal dari populasi yang berbeda-beda dan hasil median yang juga tidak ada yang sama. Berdasarkan morfologi yang telah direvisi deskripsi tiga variabel asetabular yang membentuk dasar analisis ini, kemungkinan bahwa tidak ada karakteristik serupa pada kelompok usia muda, menengah, dan orang dewasa berusia lebih tua (0,000).</p>
Khandare et al. (2015) <sup>1</sup>	Study	<p>Hasil dari studi penelitian ini mempertimbangkan penggunaan sutura endokranial untuk mengestimasi usia karena fusi sutura endokranial stabil, cepat, seragam, dan lengkap. Sutura sagital mulai menyatu antara usia 25-30 tahun dan hampir sepenuhnya menutup pada usia 61-65 tahun. Sutura koronal mulai menyatu antara usia 25-30 tahun dan hampir sepenuhnya menutup pada usia 56-60 tahun. Sutura lambdoid mulai menyatu antara usia 25-30 tahun dan hampir sepenuhnya menutup pada usia 66-70 tahun.</p>
Langley-Shirley (2010) <sup>8</sup>	Review	<p>Penelitian ini menguji hubungan antara usia dan fase pada tulang rusuk menggunakan dua sistem penilaian: tiga fase dan lima fase. Hasil menunjukkan bahwa sistem tiga fase lebih konsisten dan mudah digunakan dibandingkan dengan sistem lima fase, yang memerlukan lebih banyak pengalaman osteologis. Korelasi Spearman menunjukkan hubungan positif yang kuat antara usia dan fase dalam kedua sistem penilaian. Sistem tiga fase menghasilkan lebih sedikit perbedaan antara pengamat dibandingkan sistem lima fase. Analisis ANOVA mengungkapkan bahwa konfigurasi tepi dan dinding tulang rusuk memiliki hubungan signifikan dengan usia, sementara kedalaman dan bentuk lubang tidak. Analisis perbedaan etnis dan jenis kelamin menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan dalam beberapa transisi epifisis. Tren sekuler menunjukkan bahwa onset fusi pada individu modern terjadi lebih awal dibandingkan dengan individu dari masa lalu. Analisis Bayesian memberikan rentang usia yang lebih akurat, dengan probabilitas 90% dan 95% lebih efektif dalam menentukan usia dibandingkan probabilitas 50% dan 75%.</p>

## Metodologi

Metode studi dalam bentuk *literature review* atau tinjauan literatur. Perolehan sumber referensi pada tinjauan literatur ini dilakukan dengan memasukkan kata kunci pencarian antara lain “AGE ESTIMATION” AND “SKELETAL AGE” AND “ANTHROPOLOGY” AND “FORENSIC” pada *advanced search* di basis data *Pubmed* dan *ResearchGate*. Penyaringan awal didasarkan pada tahun publikasi hingga dua puluh tahun terakhir. Kriteria inklusi yang diterapkan dalam pencarian sumber penelitian ini antara lain (1) sumber literatur yang ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris, (2) sumber literatur merupakan jurnal yang berkaitan dengan penelitian, (3) sumber literatur merupakan publikasi literatur dalam kurun waktu dua puluh tahun terakhir. Kriteria eksklusi dalam pencarian sumber untuk penelitian ini adalah (1) sumber literatur hanya mencakup abstrak, (2) abstrak dari sumber literatur tidak sesuai dengan topik *literature review* ini.

## Hasil dan Pembahasan

Teridentifikasi 8 artikel berbahasa Inggris yang relevan mengenai penentuan usia pada kasus tulang kerangka, juga dipilih beberapa referensi tambahan dari bibliografi untuk referensi yang bersangkutan.

Pada penelitian oleh Cerezo-Roman *et al.* (2014), yang mengkaji perubahan usia pada ujung sternum tulang rusuk, dan metode yang dikembangkan oleh Iscan *et al.* (1984), pada sampel laki-laki modern dari Meksiko.<sup>2,9</sup> Penelitian ini menggunakan statistik deskriptif dan analisis ragam satu arah (*one-way ANOVA*) untuk melihat hubungan antara usia yang diketahui dan perubahan morfologis di area tersebut. Hasil menunjukkan bahwa perubahan usia terjadi pada fase dan komponen tertentu, tetapi tidak ada batasan yang jelas antara usia yang diketahui dan peningkatan komponen. Studi ini juga membandingkan hasilnya dengan penelitian sebelumnya oleh Iscan *et al.* (1984), menemukan bahwa perubahan usia yang diamati terjadi pada usia yang lebih tua dalam semua fase dan komponen, dengan peningkatan usia yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil studi sebelumnya. Hasil analisis bias dan ketidakakuratan menunjukkan bahwa estimasi usia cenderung meremehkan usia individu, terutama pada kelompok usia di atas 50 tahun. Penelitian ini mengonfirmasi bahwa variasi

antara populasi di seluruh dunia dan perubahan pada sisa-sisa manusia yang berkaitan dengan usia adalah fenomena yang penting untuk dipelajari lebih lanjut. Dengan memahami perbedaan morfologis dan perubahan yang berbeda-beda seiring waktu, dapat membantu dalam estimasi yang lebih akurat terkait usia kematian dan pemahaman yang lebih mendalam tentang variasi manusia.<sup>9</sup>

Studi oleh Moraitis *et al.* (2014), menguji metode baru untuk estimasi usia pada populasi modern di Eropa Selatan, fokus pada permukaan aurikular ileum.<sup>4</sup> Metode ini penting untuk identifikasi individu dalam konteks forensik. Sebelumnya, simfisis pubis dan permukaan aurikular telah digunakan untuk estimasi usia, tetapi variasi antar individu menyulitkan penggunaannya sebagai metode tunggal. Buckberry dan Chamberlain (2002), mengusulkan metode revisi dengan sistem skoring untuk lima fitur aurikular.<sup>10</sup> Studi ini menunjukkan bahwa skor gabungan dari fitur-fitur ini memiliki korelasi yang tinggi dengan usia kronologis, terutama pada tekstur permukaan aurikular. Meskipun metode ini menunjukkan kesalahan intra-observer yang rendah, ada tantangan dalam mengidentifikasi secara akurat makroporositas, yang dapat disalahartikan sebagai kerusakan kortikal atau kerusakan pasca mortem. Selain itu, studi ini menunjukkan bahwa metode yang direvisi ini lebih akurat daripada metode sebelumnya untuk usia lanjut. Penelitian ini menegaskan bahwa adaptasi metode estimasi usia seperti ini penting untuk pengembangan lebih lanjut dalam identifikasi manusia dan pemahaman variasi populasi.<sup>10</sup>

Pada penelitian oleh Sarajlić dan Gradašćević. (2012), yang mengevaluasi metode Suchey-Brooks untuk estimasi usia pada populasi Bosnia dan Herzegovina.<sup>3,11</sup> Metode ini dikembangkan untuk populasi Kaukasia Amerika Utara, dan studi sebelumnya menunjukkan bahwa perkembangan simfisis pubis bervariasi secara spesifik antar populasi. Hasil penelitian menunjukkan ada kesalahan estimasi yang signifikan terutama pada fase V, meskipun metode ini umumnya memberikan akurasi sekitar 94,17% untuk sampel keseluruhan. Analisis juga menunjukkan perbedaan signifikan dalam usia hidup rata-rata antar fase-fase, menunjukkan perlunya penyesuaian metode untuk populasi spesifik seperti di Bosnia dan Herzegovina. Studi ini menekankan perlunya penelitian lebih lanjut

dengan sampel yang lebih besar untuk memahami perbedaan dalam estimasi usia antar populasi.<sup>11</sup>

Penelitian oleh Rissech *et al.* (2006), menunjukkan bahwa kelengkungan *acetabulum*, porositas tepi *acetabulum*, dan aktivitas *apex* berkorelasi signifikan dengan usia manusia.<sup>12</sup> Evaluasi oleh tiga peneliti independen menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi usia saat kematian, mencapai 81% ketika kedua jenis kelamin digabungkan. Meskipun demikian, ada variasi dalam menentukan kelompok usia, serta perbedaan karakteristik *acetabulum* antar kelompok usia yang berbeda. Metode Bayesian yang diusulkan menawarkan estimasi usia yang lebih akurat, meskipun memerlukan generalisasi lebih lanjut ke populasi yang berbeda. Pendekatan holistik yang mempertimbangkan urutan perubahan modal dapat mengurangi kesalahan dalam estimasi usia berdasarkan fitur-fitur fisiologis. Penggunaan ciri morfologi *acetabulum* menunjukkan potensi besar dalam aplikasi forensik dan bioarkeologi, dengan keunggulan konsistensi, efisiensi, dan tingkat kesalahan yang rendah. Fleksibilitas metode ini memperkuat perannya dalam identifikasi personal dari sisa-sisa manusia, termasuk pada populasi non kulit putih dan berbagai wilayah.<sup>12</sup>

Berbagai metode estimasi usia berdasarkan karakteristik morfologis menunjukkan tingkat akurasi yang bervariasi tergantung pada kelompok usia dan ras individu. Simfisis pubis, gigi monoartikular, dan ujung sternal iga keempat muncul sebagai metode paling akurat untuk kelompok usia muda, paruh baya, dan lebih tua secara berturut-turut. Meskipun ada variasi, pola akurasi relatif antara individu kulit hitam dan putih serupa dalam berbagai rentang usia. Studi yang dilakukan oleh Martille *et al.* (2007), menyoroti pentingnya memilih metode yang sesuai sesuai dengan karakteristik demografis individu dalam konteks forensik atau antropologi. Analisis *Principal Component Analysis* (PCA) menunjukkan ketidakakuratan yang lebih rendah pada individu kulit hitam berusia 40–60 tahun, tetapi tidak ada perbedaan signifikan dalam validitas metode tunggal diuji pada sampel dengan berbagai asal-usul. Dengan ukuran sampel yang relatif besar, studi ini memberikan keunggulan dalam menguji semua metode pada semua subjek,

meningkatkan reliabilitas temuan dibandingkan dengan studi yang menggunakan sampel lebih.<sup>6</sup>

Studi terbaru di Jepang juga menemukan perbedaan usia yang signifikan antara setiap fase usia, kecuali pada fase III/IV perempuan dengan sampel yang terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa metode Suchey-Brooks efektif dalam mengevaluasi perubahan usia pada daerah simfisis pubis dalam populasi Jepang. Meskipun terdapat perbedaan yang signifikan antara laki-laki dan perempuan pada beberapa fase, fitur morfologis yang digunakan dalam sistem ini sebagian besar dapat diterapkan tanpa mempertimbangkan jenis kelamin, sesuai dengan ekspektasi awal. Penerapan usia rata-rata dari sistem Suchey Brooks pada populasi Jepang menunjukkan tingkat akurasi yang baik, dengan perbedaan usia rata-rata yang kecil dibandingkan dengan standar yang lebih umum digunakan. Dalam konteks perbandingan internasional, terdapat juga perbandingan dengan populasi Thailand dan Amerika, yang menunjukkan tantangan tersendiri dalam aplikasi sistem ini di berbagai populasi Asia. Meskipun demikian, hasil ini mendukung validitas penggunaan Suchey-Brooks sebagai skala usia yang dapat diandalkan untuk material rangka Jepang dengan usia tidak diketahui, dengan catatan perlunya memperhatikan perbedaan seksual pada beberapa fase tertentu.<sup>11</sup>

Perkiraan usia yang tepat penting dalam hukum, medis, dan sosial. Menurut Mukherjee (2007), perkiraan usia dari penutupan sutura kranium terjadi dalam kisaran 5-10 tahun pada usia 30-60 tahun.<sup>13</sup> Dalam studi Khandare, rentang yang diberikan dalam kisaran 5 tahun. Studi-studi yang mempelajari proses osifikasi dan fusi seperti Krogman (1978), Rentoul and Smith (1973), dan Patil (1981), telah menyimpulkan bahwa studi tentang fusi ektokranial kurang signifikan daripada fusi endokranial karena sutura di ektokranial lebih bergerigi sementara di endokranial relatif lurus, sedangkan prosesnya cepat dan lebih banyak seragam dan lengkap di endokranial. Dari penelitian Khandare jelas bahwa penyatuan endokranial jauh lebih baik parameternya. Fusi sutura sagital endokranial mulai fusi pada akhir usia 26 tahun dan menyambung sempurna di usia 61-65 tahun pada bagian sutura sagital pertama, usia 46-50 tahun sutura sagital yang kedua, 41-45 tahun untuk yang ketiga dan 26-30 tahun untuk yang keempat. Fusi sutura coronal terjadi di usia 25-30 tahun dan selesai

di usia 56-60 tahun pada bagian pertama sutura koronal, 51-55 tahun di bagian kedua, dan 36-40 tahun di bagian ketiga. Fusi sutura lambdoid endokranial mulai menyatu di usia 25-30 tahun dengan penyelesaiannya di usia 66-70 tahun pada bagian pertama, 55-60 tahun di bagian kedua, 41-45 tahun di bagian ketiga. Sutura temporoparietal mulai fusi di usia 56-60 tahun dan hampir sempurna di usia 66-70 tahun.<sup>14-16</sup>

Pada pembahasan selanjutnya didapatkan hubungan antara usia dan perubahan morfologi di ujung stenal. Analisis statistik deskriptif untuk setiap fase dan komponennya menunjukkan bahwa seiring bertambahnya usia, setiap komponen juga meningkat. Namun tidak ada batasan yang jelas antara usia yang diketahui dengan kenaikan komponen tersebut. Analisis kedua dengan ANOVA mendapatkan adanya hubungan signifikan secara statistik antara usia yang diketahui dengan tepi tulang serta konfigurasi dindingnya. Pada penelitian ini ditemukan bahwa tepi tulang dan konfigurasi dindingnya adalah yang paling bergantung pada usia dalam sampel. *One factor* ANOVA menunjukkan adanya perbedaan antara usia yang diketahui dengan komponen tulang rusuk.<sup>1,2</sup>

Selanjutnya, penelitian yang menguji hubungan antara usia dengan tulang selangka. Faktor yang penting diperhatikan adalah dari perubahan sekuler pematangan tulangnya, faktanya hasil penelitian menunjukkan usia rata-rata penyatuan epifisis pada klavikula medial 4 tahun lebih awal pada orang Amerika modern. Alasan perubahan sekuler pada tinggi, berat badan, dan kematangan banyak; Namun, perubahan ini tidak selalu disebabkan dengan faktor stimulasi pertumbuhan, melainkan dengan menghilangkan faktor penghambat pertumbuhan (yaitu, stres nutrisi, tekanan lingkungan, dan penyakit). Lalu untuk rentang usia berdasarkan dari statistik deskriptif sederhana menggunakan apa yang disebut Konigsberg dan Frankenberg (2002), sebagai "*hidden Bayesian approach*".<sup>17,18</sup> Rentang usia menggunakan Bayesian menghindari mimikri usia dan pencilan perkembangan. Metode ini digunakan untuk menetapkan standar estimasi usia dewasa dan sub dewasa. Faktor lain juga penting untuk dipertimbangkan seperti pendapat dari Schmelting *et al.* (2000), bahwa pematangan tulang terjadi bertahap pada semua kelompok etnis, faktor penting yang menyebabkan tentang perbedaan tingkat osifikasi adalah status sosial ekonomi dari

populasi tertentu. Potensi ini tidak tergantung etnisitas. Sebaliknya, potensi ini lebih direalisasikan di bawah kondisi lingkungan dan afiliasi populasi. Analisis regresi menunjukkan hubungan positif antara tingkat pengerasan dan modernisasi medis serta kemajuan ekonomi.<sup>19,20</sup>

## Simpulan

Metode estimasi usia osteologis memerlukan penyesuaian dan evaluasi terus-menerus berdasarkan populasi dan faktor-faktor spesifik terkait usia. Kombinasi beberapa metode dan analisis mendalam terhadap variabel morfologis dapat meningkatkan akurasi estimasi usia, meskipun bias tetap ada terutama pada kelompok usia tua dan muda. Metode yang digunakan untuk menentukan usia seseorang berdasarkan kerangka tulangnya berkembang seiring waktu, dengan teknik-teknik baru yang terus dikembangkan untuk meningkatkan ketepatan dan keakuratan. Dengan memahami perbedaan morfologis dan perubahan yang berbeda-beda seiring waktu, dapat membantu dalam estimasi yang lebih akurat terkait usia kematian dan pemahaman yang lebih mendalam tentang variasi manusia. Kajian literatur ini baik untuk adaptasi metode estimasi usia yang penting untuk pengembangan lebih lanjut dalam identifikasi manusia dan pemahaman variasi populasi. Perlunya penelitian lebih lanjut dengan sampel yang lebih besar untuk memahami perbedaan dalam estimasi usia antar populasi, kelengkungan acetabulum, porositas tepi *acetabulum*, dan aktivitas apex berkorelasi signifikan dengan usia manusia. Berbagai metode estimasi usia berdasarkan karakteristik morfologis menunjukkan tingkat akurasi yang bervariasi tergantung pada kelompok usia dan ras individu. Berbagai faktor seperti pertumbuhan tulang, perubahan pada struktur tulang, dan degenerasi alami tulang dipertimbangkan dalam analisis usia. Meskipun metode beberapa penelitian tersebut memiliki ketidakpastian tertentu dan tidak selalu memberikan hasil yang akurat, penentuan usia tulang kerangka tetap menjadi alat penting dalam identifikasi individu dalam konteks forensik, terutama dalam kasus-kasus di mana data identifikasi lainnya tidak tersedia atau terbatas.

## Daftar Pustaka

1. Khandare S, Bhise SS, Shinde AB. Age estimation from cranial sutures – a Postmortem study. *International Journal of Health Care and Biomedical Research*. 2015;3(3):192-202.
2. Cerezo-Román JI, Espinoza HOP. Estimating age at death using the sternal end of the third and fourth ribs from Mexican males. *Forensic Sci Int*. 2014;236:196.e1-6.
3. Sarajlić N, Gradašćević A. Morphological characteristics of pubic symphysis for age estimation of exhumed persons. *Bosn J Basic Med Sci*. 2012;12(1): 51-4.
4. Moraitis K, Zorba E, Eliopoulos C, Fox SC. A test of the revised auricular surface aging method on a modern European population. *J Forensic Sci*. 2014;59(1):188–194.
5. Sakaue K. Application of the suchey-brooks system of pubic age estimation to recent Japanese skeletal material. *Anthropological Science*. 2006;114(1):59–64.
6. Martrille L, Ubelaker DH, Cattaneo C, *et al*. Comparison of four skeletal methods for the estimation of age at death on white and black adults. *J Forensic Sci*. 2007;52(2):302–307.
7. Calce SE. A new method to estimate adult age-at-death using the acetabulum. *Am J Phys Anthropol*. 2012;148(1):11–23.
8. Langley-Shirley N, Jantz RL. A Bayesian approach to age estimation in modern Americans from the clavicle. *J Forensic Sci*. 2010;55(3):571–583.
9. Iscan MY, Loth SR, Wright RK. Metamorphosis at the sternal rib end: a new method to estimate age at death in white males. *Am J Phys Anthropol*. 1984;65(2):147-56.
10. Buckberry JL, Chamberlain AT. Age estimation from the auricular surface of the Ilium: a revised method. *Am J Phys Anthropol*. 2002;119:231–9.
11. Suchey JM, Wiseley DV, Katz D. Evaluation of the Todd and McKern-Stewart methods for aging the male os pubis. In: Reichs K, editor. *Forensic osteology: Advances in the identification of human remains*. Springfield: Tomas, 1986; 33-67.
12. Rissech C, Estabrook GF, Cunha E, Malgosa A. Using the acetabulum to estimate age-at-death of adult males. *J Forensic Sci*. 2006;51:213–229.
13. Mukherjee, JB. *Textbook of forensic medicine and toxicologi*. 3<sup>rd</sup> ed. Karmakar RN. Academic publishers Kolkata. 2007. p.156-157.
14. Krogman WM. Skeletal age: later age. In: *The human skeleton in forensic medicine*. 3rd ed. Thomas CC.U.S.A.1978.p.76-91.
15. Patil TL, Bhargava, Qureshi AA. The study of cranial suture closure of the vault. *Journal of the Anatomical Society of India*.1981;2:30-38.
16. Rentoul E, Smith H. In: *Glaister`s medical jurisprudence and toxicology*:13th ed. London: Churchill Livingstone; 1973. p. 80.
17. Konigsberg LW, Frankenberg S. Decobstructing death in paleodemography. *American Journal of Physical Anthropology*. 2002;117(4):297-309.
18. Ji T. A Bayesian hidden Markov model for detecting differentially methylated regions. *Biometrics*. 2019;75(2):663-673.
19. Schmeling A, Reisinger W, Loreck D, Vendura K, Markus W, Geserick G. Effects of ethnicity on skeletal maturation: consequences for forensic age estimations. *Int J legal Med*. 2000;113(5):253-8.
20. Prokop-Piotrkowska M, Marszalek-Dziuba K, Moszczyńska E, *et al*. Traditional and new methods of bone age assessment-an overview. *J Clin Res Pediatr Endocrinol*. 2021;13(3):251-262.