

**TESIS**

**PENGUKURAN ANTROPOMETRIK CRANIUM DENGAN CT  
SCAN KEPALA BERDASARKAN JENIS KELAMIN PADA  
POPULASI DEWASA DI SULAWESI SELATAN**

***ANTHROPOMETRIC MEASUREMENT OF CRANIUM USING  
COMPUTED TOMOGRAPHY BASED ON SEX IN ADULT  
POPULATION IN SOUTH SULAWESI***

**WENY IMELDA**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS (Sp-1)  
DEPARTEMEN RADIOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2024**



**PENGUKURAN ANTROPOMETRIK CRANIUM DENGAN CT  
SCAN KEPALA BERDASARKAN JENIS KELAMIN PADA  
POPULASI DEWASA DI SULAWESI SELATAN**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar dokter spesialis -1

Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan diajukan Oleh

WENY IMELDA  
C125192009

kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS (Sp-1)  
DEPARTEMEN RADIOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2024**



## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

### PENGUKURAN ANTROPOMETRIK CRANIUM DENGAN CT SCAN KEPALA BERDASARKAN JENIS KELAMIN PADA POPULASI DEWASA DI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh :

**WENY IMELDA**

Nomor Pokok : C125192009

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi  
Pendidikan Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 8 Mei 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama

dr. Junus A. B. Baan, Sp.Rad (K)  
NIP. 19581019 198912 1 001

Pembimbing Pendamping

dr. Dario A. Nelwan, Sp.Rad (K)  
NIP. 19721215 200812 1 003

Ketua Program Studi



dr. Rafikah Rauf, M.Kes., Sp.Rad (K)  
NIP. 19820525 200812 2 001

Dekan Fakultas



Prof. Dr. dr. H. Herani Rasyid, M.Kes., Sp.PD-KGH, Sp.GK  
NIP. 19680530 199603 2 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini ;

Nama : dr. Weny Imelda

NIM : C125192009

Program Studi : Ilmu Radiologi

Jenjang : S1/PPDS-1

Menyatakan dengan ini bahwa tesis dengan judul **“PENGUKURAN ANTROPOMETRIK CRANIUM DENGAN CT SCAN KEPALA BERDASARKAN JENIS KELAMIN PADA POPULASI DEWASA DI SULAWESI SELATAN”** adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari karya saya terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi

Makassar, 27 Juni 2024

Yang Menyatakan



METERAI  
TEMPEL  
74ALX288432906

dr. Weny Imelda



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, oleh berkat kemurahan-Nya semata, karya ilmiah berjudul **“PENGUKURAN ANTROPOMETRIK CRANIUM DENGAN CT SCAN KEPALA BERDASARKAN JENIS KELAMIN PADA POPULASI DEWASA DI SULAWESI SELATAN”** dapat terselesaikan. Karya akhir ini disusun sebagai tugas akhir dalam menjalani pendidikan di Program Studi Dokter Spesialis- 1 (Sp-1) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. dr. Junus Baan, Sp,Rad (K) selaku Ketua Komisi Penasehat
  2. dr. Dario A. Nelwan, Sp.Rad (K) selaku Sekretaris Komisi Penasehat
  3. dr. Andriany Qanitha, M.Sc., Ph.D selaku Anggota Komisi Penasehat
  4. dr. Muhammad Husni Cangara, Ph.D, Sp.PA, DFM selaku Anggota Komisi Penasehat
  5. dr. Sri Asriyani, Sp. Rad (K), M.Med.Ed selaku Anggota Komisi Penasehat
- Atas segala arahan, bimbingan, dan bantuan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan, pelaksanaan selama penelitian, hingga penyusunan dan penulisan sampai dengan selesainya karya akhir ini.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, dan Ketua TKP-PPDS Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis di Program Studi Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
2. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K), M.Med.Ed selaku Kepala Departemen Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, dr. Rafikah Rauf, M.Kes, Sp.Rad (K) selaku Ketua Program Studi Ilmu Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, dr. Nur Amelia Bachtiar, MPH, Sp.Rad selaku Sekretaris Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Eny Nur Hafidha, M.Kes, Sp.Rad (K) selaku Kepala Instalasi Radiologi RSUP Dr.Wahidin Sudirohusodo, dr. Alia Amalia, Sp.Rad selaku Kepala Instalasi Radiologi



RSPTN Universitas Hasanuddin, Prof. DR. dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad (K), Prof. DR. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K), dr. Junus Baan, Sp.Rad (K), dr. Luthfy Attamimi, Sp.Rad, dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), DR. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K), dr. Dario A. Nelwan, Sp.Rad (K), dr. Rosdianah, M.Kes, Sp.Rad (K), dr. Amir, Sp.Rad, dr. Sri Muliati, Sp.Rad, dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. St. Nasrah Aziz, Sp.Rad, dr. Isriyah, Sp.Rad (K), dr. Suciati Damopolii, M.Kes, Sp.Rad (K), dr. Besse Arfiana Arief, Sp.Rad (K), dr. Taufiqquhidayat, Sp.Rad, DR. dr. Shofiyah Latief, Sp.Rad (K), dr. Erlin Sjahril, Sp.Rad (K), dr. Muh. Iqbal, M.Kes, Sp.Rad, dr. Zatriani, M.Kes, Sp.Rad serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi FK UNHAS. Penghargaan setinggi-tingginya kepada guru-guru kami, terkhusus almarhumah Ibu dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad (K), atas ilmu dan keteladanan yang diberikan selama saya menjalani proses pendidikan di Program Studi Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

3. Direksi beserta seluruh staf RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas kesempatan yang diberikan kepada saya dalam menjalani pendidikan di rumah sakit ini.
4. Para staf Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, staf Administrasi Bagian Radiologi FK UNHAS dan Radiografer Bagian Radiologi RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas bantuan dan kerjasamanya.
5. Terima kasih kepada bapak saya, Johanes Limbongan, ibu saya, Irene Martha Rissing (almh), orang tua saya, Petrus Rantelino dan Julita DM, suami saya, Yoris Yupeno Rantelino, anak-anak saya, Samuel Genta Rantelino dan Emanuela Irene Rantelino, kakak-kakak saya, Fenny Veronica Limbongan dan Denny Christian Limbongan, atas doa, kasih sayang, dan dukungan selama saya menjalani pendidikan.
6. Terima kasih kepada teman-teman angkatan saya, SUJU Januari 2020 (Ayu, Resty, Angie, Rifal, Ida, Dina, Ivan, dan Vita) untuk kebersamaannya selama menjalani pendidikan. Terima kasih kepada teman-teman Shinkansen untuk senantiasa saling mendukung dan menyemangati. Terima kasih kepada dan seluruh teman-teman PPDS Radiologi FK Unhas untuk pertemanan erja samanya. dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah



memberikan dukungan, saya ucapkan banyak terima kasih. Melalui kesempatan ini pula perkenankan saya mengucapkan mohon maaf sebesar-besarnya atas segala kesalahan dan kekhilafan saya kepada semua pihak selama menjalani pendidikan ini.

Saya berharap semoga karya akhir ini bermanfaat bagi kita semua dan dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan Ilmu Radiologi di masa yang akan datang. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya atas kita semua.

Makassar, Juli 2024

Weny Imelda



## ABSTRAK

WENY IMELDA. *Pengukuran Antropometrik Cranium dengan CT Scan Kepala Berdasarkan Jenis Kelamin pada Populasi Dewasa di Sulawesi Selatan* (dibimbing oleh Junus Baan, Dario A. Nelwan, Andriany Qanitha, Muhammad Husni Cangara, dan Sri Asriyani).

Antropologi virtual melalui pencitraan *computed tomography* (CT) memungkinkan visualisasi tulang dengan resolusi tinggi. Hal ini menghasilkan akurasi dan reproduktibilitas yang lebih baik dalam penyusunan profil biologis individu dengan aspek paling fundamental yaitu identifikasi jenis kelamin. Identifikasi jenis kelamin dari sisa tulang sangat dipengaruhi oleh sifat dimorfisme seksual tulang. Cranium memperlihatkan dimorfisme seksual yang tinggi serta memiliki struktur yang kokoh sehingga dapat tetap utuh pada masa *post mortem*. Terdapat variasi antarpopulasi dalam hal proporsi dan ukuran tulang, sehingga perlu dilakukan penelitian dengan standar populasi spesifik. Penelitian ini bertujuan mengetahui gambaran pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala pada laki-laki dan perempuan dewasa di Sulawesi Selatan. Penelitian ini menggunakan desain penelitian observasi *cross-sectional* yang menggunakan data sekunder berupa hasil pemeriksaan CT scan kepala pasien pada Januari hingga Desember 2023 dengan jumlah sampel sebanyak 211. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara ukuran antropometrik cranium laki-laki dan perempuan ( $p < 0.05$ ) pada semua variabel. Analisis regresi logistik menghasilkan empat parameter yang paling bermakna, yaitu *bizygomatic breadth*, *bimastoid diameter*, *nasal height*, dan *cranial height* yang digunakan dalam membuat formula untuk estimasi jenis kelamin. Prediksi jenis kelamin berdasarkan formula regresi logistik pada penelitian ini menghasilkan sensitivitas 85,6%, spesifisitas 86%, dan akurasi 85,7%.

Kata kunci: antropometri cranium, CT scan kepala, identifikasi jenis kelamin, dimorfisme seksual, standar populasi spesifik



## ABSTRACT

WENY IMELDA. *Anthropometric Measurement of Cranium Using Computed Tomography Based on Sex in Adult Population in South Sulawesi* (supervised by Junus Baan, Dario A. Nelwan, Andriany Qanitha, Muhammad Husni Cangara, and Sri Asriyani)

Virtual anthropology using computed tomography (CT) imaging enables high-resolution visualization of bones, resulting in greater accuracy and reproducibility in biological profiling of individuals with sex identification as the most fundamental aspect. Sex identification from bone remains is strongly influenced by the nature of sexual dimorphism of the bone. The cranium exhibits high sexual dimorphism and has a robust structure that can remain intact during post mortem. There are variations between populations in terms of bone proportion and size, so it is necessary to conduct research with specific population standards. This study aims to determine the description of anthropometric measurements of the cranium with CT scan in adult male and female in South Sulawesi. This study used a cross-sectional observational research design using secondary data in the form of head CT examination of the patients at the Radiology Installation of RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar from January to December 2023 with a total sample size of 211. The results show that there is a significant difference between the anthropometric size of the cranium of male and female ( $p < 0.05$ ) in all variables. Logistic regression analysis resulted in four most significant parameters, namely bizygomatic breadth, bimaoid diameter, nasal height, and cranial height used in creating a formula for sex estimation. Sex prediction based on the logistic regression formula in this study results in a sensitivity of 85.6%, specificity of 86%, and accuracy of 85.7%.

Keywords: cranial anthropometry, head CT scan, sex identification, sexual dimorphism, specific population standard



# DAFTAR ISI

|                                    | <b>Halaman</b> |
|------------------------------------|----------------|
| HALAMAN JUDUL.....                 | i              |
| PERNYATAAN PENGAJUAN.....          | ii             |
| HALAMAN PENGESAHAN.....            | iii            |
| PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....     | iv             |
| KATA PENGANTAR.....                | v              |
| ABSTRAK.....                       | viii           |
| ABSTRACT.....                      | ix             |
| DAFTAR ISI.....                    | x              |
| DAFTAR TABEL.....                  | xiii           |
| DAFTAR GAMBAR.....                 | xiv            |
| DAFTAR LAMPIRAN.....               | xv             |
| DAFTAR SINGKATAN.....              | xvi            |
| BAB I PENDAHULUAN.....             | 1              |
| I.1    Latar Belakang Masalah..... | 1              |
| I.2.    Rumusan Masalah.....       | 3              |
| I.3.    Tujuan Penelitian.....     | 3              |
| I.3.1    Tujuan Umum.....          | 3              |
| I.3.2    Tujuan Khusus.....        | 3              |
| 1.4    Hipotesis Penelitian.....   | 3              |
| I.4    Manfaat Penelitian.....     | 4              |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....       | 5              |
| Anatomi cranium.....               | 5              |
| 1    Aspek superior.....           | 5              |



|                                   |   |    |
|-----------------------------------|---|----|
| II.1.2                            | Aspek anterior .....                              | 6  |
| II.1.3                            | Aspek lateral.....                                | 6  |
| II.1.4                            | Aspek inferior .....                              | 7  |
| II.2.                             | Antropometri cranium .....                        | 8  |
| II.2.1.                           | Landmark antropometri cranium .....               | 9  |
| II.2.2.                           | Parameter antropometri cranium .....              | 11 |
| II.3.                             | Aplikasi CT scan dalam antropologi virtual ....   | 12 |
| II.4.                             | Identifikasi manusia .....                        | 14 |
| II.4.1                            | Identifikasi jenis kelamin dari sisa tulang ..... | 15 |
| II.4.2.                           | Dimorfisme seksual .....                          | 16 |
| II.4.3                            | Metode penentuan jenis kelamin .....              | 18 |
| II.4.4                            | Standar populasi spesifik.....                    | 20 |
| II.5                              | Beberapa penelitian terkait .....                 | 21 |
| BAB III KERANGKA PENELITIAN ..... |   | 22 |
| III.1                             | Kerangka Teori .....                              | 23 |
| III.2                             | Kerangka Konsep.....                              | 24 |
| BAB IV METODOLOGI PENELITIAN..... |   | 24 |
| IV.1                              | Desain Penelitian.....                            | 25 |
| IV.2                              | Tempat dan Waktu.....                             | 25 |
| IV.3                              | Populasi Penelitian .....                         | 25 |
| IV.4                              | Sampel dan Cara Pengambilan Sampel .....          | 25 |
| IV.5                              | Perkiraan Besar Sampel.....                       | 25 |
| IV.6                              | Kriteria Inklusi dan Eksklusi .....               | 26 |
| IV.6.1                            | Kriteria Inklusi.....                             | 26 |
| IV.6.2                            | Kriteria Eksklusi.....                            | 26 |
| IV.7                              | Identifikasi dan Klasifikasi Variabel .....       | 26 |
| IV.7.1                            | Identifikasi Variabel.....                        | 26 |



|                                   |   |    |
|-----------------------------------|---|----|
| IV.7.2                            | Klasifikasi Variabel.....                       | 26 |
| IV.8                              | Definisi Operasional dan Kriteria Objektif..... | 26 |
| IV.9                              | Izin Penelitian dan Ethical Clearance.....      | 28 |
| IV.10                             | Cara Kerja .....                                | 28 |
| IV.10.1                           | Alokasi Subyek.....                             | 29 |
| IV.10.2                           | Prosedur Penelitian .....                       | 29 |
| IV.11                             | Pengolahan dan Analisis Data .....              | 29 |
| IV.12                             | Alur Penelitian .....                           | 30 |
| BAB V HASIL PENELITIAN .....      |   | 31 |
| V.1.                              | Jumlah sampel.....                              | 31 |
| V.2.                              | Karakteristik sampel penelitian.....            | 31 |
| BAB VI PEMBAHASAN .....           |   | 41 |
| BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN..... |   | 44 |
| DAFTAR PUSTAKA .....              |   | 45 |



## DAFTAR TABEL

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| <b>Tabel 2.1</b> Dimorfisme seksual .....   | 1              |
| <b>Tabel 2.2</b> Variasi antropologik skeletal terkait karakteristik rasial pada cranium .....  | 21             |
| <b>Tabel 5.1</b> Karakteristik sampel penelitian .....  | 31             |
| <b>Tabel 5.2</b> Nilai rerata, median, standar deviasi, dan minimal-maksimal karakteristik penelitian .....   | 32             |
| <b>Tabel 5.3</b> Hubungan antara pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala dan jenis kelamin .....   | 33             |
| <b>Tabel 5.4</b> Korelasi antara pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala dan jenis kelamin dengan uji ETA.....   | 34             |
| <b>Tabel 5.5</b> Analisis Receiver Operating Characteristic (ROC) parameter pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala sebagai prediktor jenis kelamin .....    | 36             |
| <b>Tabel 5.6</b> Analisis regresi logistik pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala dan jenis kelamin .....   | 37             |
| <b>Tabel 5.7</b> Analisis regresi logistik pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala dan jenis kelamin setelah mengeluarkan variabel yang tidak bermakna ..... | 38             |
| <b>Tabel 5.8</b> Analisis regresi logistik pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala dan jenis kelamin setelah mengeluarkan variabel yang tidak bermakna ..... | 39             |
| <b>Tabel 5.9</b> Hubungan prediksi jenis kelamin berdasarkan formula regresi logistik dengan jenis kelamin.....   | 40             |



## DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>Gambar 2.1</b> Anatomi cranium dari aspek superior.....  | 5       |
| <b>Gambar 2.2</b> Anatomi cranium dari aspek anterior.....  | 6       |
| <b>Gambar 2.3</b> Anatomi cranium dari aspek lateral.....   | 7       |
| <b>Gambar 2.4</b> Anatomi cranium dari aspek inferior.....  | 8       |
| <b>Gambar 2.5</b> Landmark craniometri.....   | 10      |
| <b>Gambar 2.6</b> Antropologi virtual.....  | 13      |
| <b>Gambar 2.7</b> Standar pemberian skor berdasarkan karakteristik cranium.....   | 19      |
| <b>Gambar 5.1</b> Rerata ukuran antropometrik cranium berdasarkan jenis kelamin .....   | 33      |
| <b>Gambar 5.2</b> Kurva ROC parameter pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala sebagai predictor jenis kelamin..... | 35      |



## DAFTAR LAMPIRAN

|                   |                           |    |
|-------------------|---------------------------|----|
| <b>Lampiran 1</b> | Ethical Clearance.....    | 49 |
| <b>Lampiran 2</b> | Tabel Uji Statistik ..... | 50 |
| <b>Lampiran 3</b> | Curriculum Vitae .....    | 80 |



## DAFTAR SINGKATAN

| Singkatan | Arti dan Penjelasan |
|-----------|---------------------|
| CT        | Computed Tomography |
| 3D        | 3 Dimensi           |
| g         | glabella            |
| n         | nasion              |
| o         | opisthocranion      |
| b         | bregma              |
| ba        | basion              |
| zy        | zygion              |
| eu        | euryon              |
| co        | coronale            |
| ft        | frontotemporale     |
| ns        | nasospinale         |
| ec        | ectoconchion        |
| ms        | mastoidale          |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I. 1 Latar Belakang

Teknik pencitraan *cross-sectional* modern telah membawa revolusi pada bidang kedokteran forensik. Antropologi virtual yang diperoleh melalui teknik pencitraan 3 dimensi (3D) seperti *computed tomography* (CT) memungkinkan visualisasi hampir setiap struktur anatomi dan patologi tulang dengan resolusi dan kualitas yang tinggi. CT memberikan akurasi dan *reproducibility* yang lebih baik dalam penyusunan profil biologis individu. (Setiawati *et al*, 2022) Penelitian-penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan pencitraan radiologi dalam bidang antropologi forensik memberikan hasil yang lebih baik, oleh karena metode ini bersifat non-invasif dan nondestruktif yang memberikan deskripsi anatomis yang mendetail dari struktur-struktur internal dan eksternal, di mana hal ini seringkali menjadi hambatan pada metode morfometrik tradisional. CT scan memungkinkan dilakukannya rekonstruksi *multilayer*, manipulasi virtual tulang yang lebih mudah, serta eliminasi waktu yang diperlukan untuk prosedur preparasi tulang. (Teodora-Raghina *et al*, 2017) Pendekatan multidisiplin menjadi hal yang sangat penting di mana diperlukan komunikasi dan pertukaran data antara ahli radiologi, ahli patologi forensik, ahli antropologi, dan radiografer. (Dedouit *et al*, 2014)

Identifikasi individu merupakan salah satu aspek yang paling menantang dalam ilmu forensik. 4 hal utama dari identifikasi biologis mencakup penentuan jenis kelamin, usia, latar belakang etnis, dan perawakan. Perkiraan jenis kelamin merupakan langkah fundamental dalam menetapkan profil biologis individu, metode selanjutnya untuk perkiraan perawakan dan usia saat kematian bergantung pada jenis kelamin. (Zhan *et al*, 2019) Identifikasi jenis kelamin dari sisa tulang merupakan langkah pertama yang dilakukan untuk membantu ahli antropologi forensik dalam mengidentifikasi individu. Akurasi identifikasi jenis kelamin bergantung pada komponen tulang yang dianalisis serta teknik yang digunakan. (Setiawati *et al*, 2022)



Perkiraan jenis kelamin dari tulang didasarkan pada tingkat dimorfisme yang bervariasi dari tulang-tulang manusia. Pelvis, cranium dan tulang-

tulang panjang merupakan tulang yang paling banyak digunakan dalam perkiraan jenis kelamin. Pelvis merupakan indikator jenis kelamin yang akurat, akan tetapi sama halnya dengan tulang-tulang panjang, bersifat rapuh sehingga seringkali tidak utuh pada masa post mortem. Cranium memiliki struktur yang keras yang pada sebagian besar kasus dapat tetap utuh, sehingga seringkali digunakan untuk perkiraan jenis kelamin. (Meral *et al*, 2022)

Metode yang digunakan oleh ahli antropologi forensik untuk memperkirakan jenis kelamin individu tak dikenal dari tulang yang tersisa umumnya mencakup pendekatan metrik dan non-metrik. Teknik metrik, misalnya analisis craniometrik, dianggap lebih objektif sehingga reliabilitasnya pun lebih tinggi dibandingkan teknik non-metrik. (Zhan *et al*, 2019)

Telah diketahui bahwa terdapat variasi antar populasi dalam hal proporsi dan ukuran tulang, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik internal maupun eksternal. Estimasi jenis kelamin berdasarkan cranium yang akurat dapat dicapai dengan penggunaan standar populasi spesifik. Penelitian yang dilakukan pada populasi yang tidak spesifik menghasilkan akurasi yang rendah dan bias yang tinggi. Oleh karena itu, untuk estimasi jenis kelamin pada cranium manusia dewasa, standar populasi spesifik (jika memungkinkan) harus selalu diaplikasikan. (Teodoru-Raghina *et al*, 2017; Dillon, 2014)

Penelitian terkait pengukuran antropometri dalam penentuan jenis kelamin menggunakan modalitas CT scan di Indonesia masih terbatas. Setiawati *et al* (2022) melakukan studi antropometrik menggunakan CT scan pelvis 3D dalam penentuan jenis kelamin pada populasi dewasa di Indonesia. Formula regresi untuk penentuan jenis kelamin pada dewasa menggunakan CT 3D menghasilkan validitas 91.05%, sensitivitas 100% untuk identifikasi jenis kelamin laki-laki, dan spesifisitas 81.1% untuk identifikasi jenis kelamin perempuan. (Setiawati *et al*, 2022) Kristanto *et al* (2021) menemukan bahwa penentuan jenis kelamin dengan menggunakan tulang mandibula berdasarkan metode pencitraan CBCT 3D memperlihatkan akurasi 80%. (Kristanto *et al*, 2021)

Kami belum menemukan penelitian terkait pengukuran antropometrik dengan CT scan kepala berdasarkan jenis kelamin di Indonesia, terutama pada populasi Sulawesi Selatan. Berdasarkan uraian di atas, maka memandang penting dilakukannya penelitian mengenai pengukuran



antropometrik cranium dengan CT scan kepala berdasarkan jenis kelamin pada populasi dewasa di Sulawesi Selatan.

## **I. 2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah: Bagaimana gambaran pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala pada laki-laki dan perempuan pada populasi dewasa di Sulawesi Selatan?

## **I. 3. Tujuan Penelitian**

### **I. 3. 1. Tujuan Umum**

Mengetahui perbedaan pengukuran dan variabel yang berhubungan dengan antropometrik cranium dengan CT scan kepala berdasarkan jenis kelamin pada populasi dewasa di Sulawesi Selatan

### **I. 3. 2. Tujuan Khusus**

1. Mengetahui gambaran pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala pada populasi dewasa di Sulawesi Selatan
2. Mengetahui perbedaan pengukuran antropometrik cranium antara laki-laki dan perempuan pada populasi dewasa di Sulawesi Selatan
3. Mengetahui variabel pengukuran antropometrik cranium yang paling berkorelasi dengan jenis kelamin
4. Mengetahui akurasi, sensitifitas, dan spesifisitas variabel pengukuran antropometrik cranium yang bermakna terhadap estimasi jenis kelamin

## **I. 4. Hipotesis Penelitian**

Hipotesis dalam penelitian ini adalah: terdapat perbedaan ukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala yang bermakna antara laki-laki dan perempuan pada populasi dewasa di Sulawesi Selatan



## I. 5. Manfaat Penelitian

### a. Manfaat Teoritik

Memberikan informasi ilmiah tentang pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala berdasarkan jenis kelamin pada populasi dewasa di Sulawesi Selatan

### b. Manfaat Metodologi

Memberikan informasi mengenai metode pengukuran antropometrik cranium dengan CT scan kepala

### c. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam bidang kedokteran forensik untuk kepentingan identifikasi jenis kelamin berdasarkan pengukuran antropometri tulang cranium menggunakan CT scan kepala



## BAB II

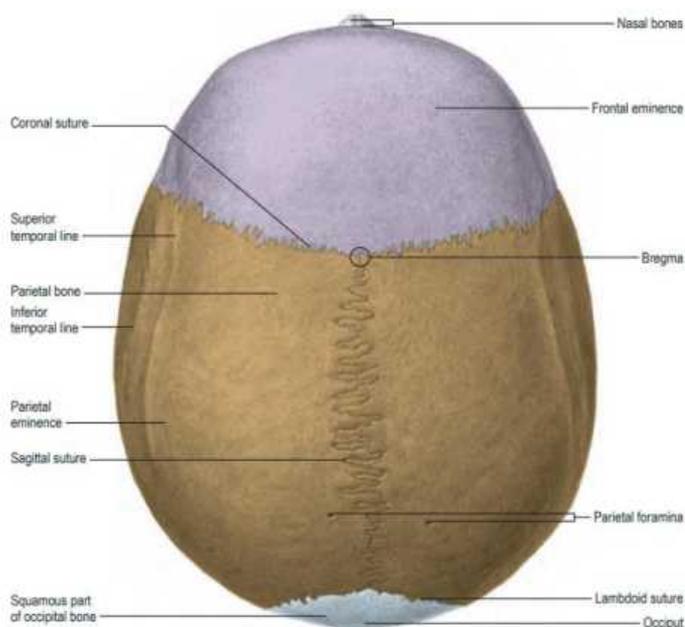
### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Anatomi Cranium

Cranium terletak pada aspek superior dari columna vertebra, terdiri atas 22 tulang yang dibagi atas 2 kelompok besar: 8 tulang pembentuk neurocranium dan 14 tulang pembentuk viscerocranium. Neurocranium dibagi atas calvaria dan basis cranii. Neurocranium berperan untuk proteksi otak, sementara viscerocranium membentuk struktur, memberi bentuk, dan memberi dukungan pada wajah. (Anderson, 2024)

##### II.1.1 Aspek superior

Calvaria cranii dilewati oleh 3 sutura. Sutura coronaria memisahkan os frontal dari kedua tulang parietal di posterior. Sutura sagittalis di *midline* memisahkan kedua os parietal, pertemuannya dengan sutura coronaria disebut sebagai bregma. Sutura lambdoid memisahkan kedua os parietal dengan os occipital di posterior, pertemuannya dengan sutura sagittalis disebut sebagai lambda. (Craven, 2014)

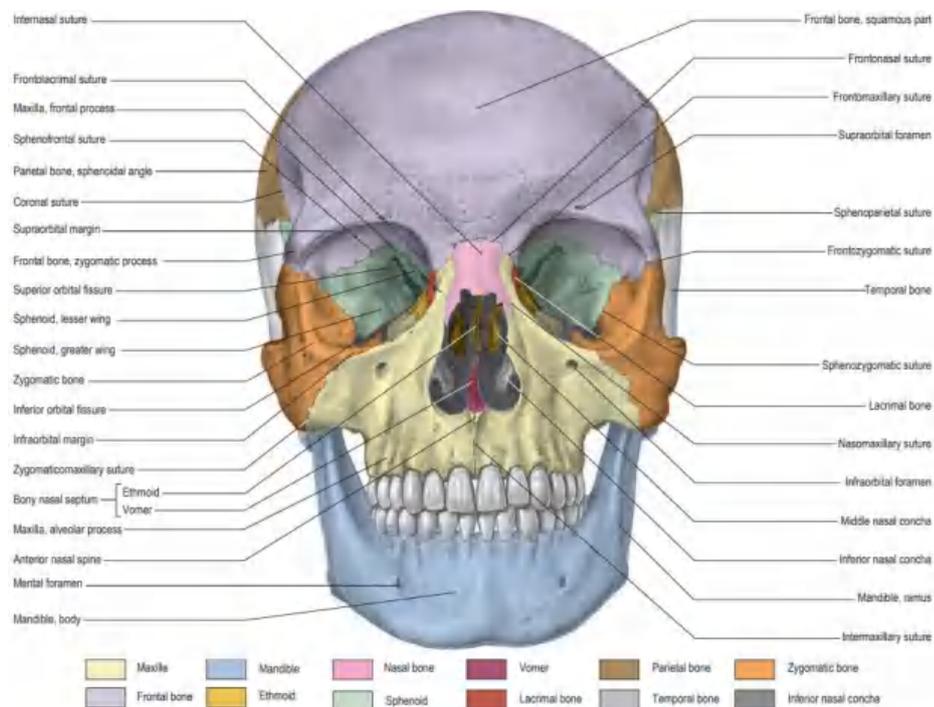


Gambar 2.1. Anatomi cranium dari aspek superior (Standing, 2016)



## II.1.2 Aspek anterior

Konveksitas yang *smooth* dari os frontal terletak di atas *opening* dari orbita, nasal, dan cavum oris, membentuk 1/3 atas dari skeleton facial, sementara maxilla dan mandibula membentuk 2/3 bawah. Marjin lateral orbita dibentuk oleh os frontal dan zygoma; marjin medial dibentuk oleh os frontal dan processus frontal os maxilla; marjin inferior dibentuk oleh os maxilla di medial dan os zygoma di lateral. Di atas marjin supraorbital terdapat arcus supersiliaris. Penonjolan pada area pipi dibentuk oleh os zygoma. Apertura nasalis dibentuk oleh os nasal di superior dan os maxilla di inferior dan lateral. *Opening* dari cavum oris dikelilingi oleh marjin alveolar maxilla dan mandibula. (Craven, 2014)



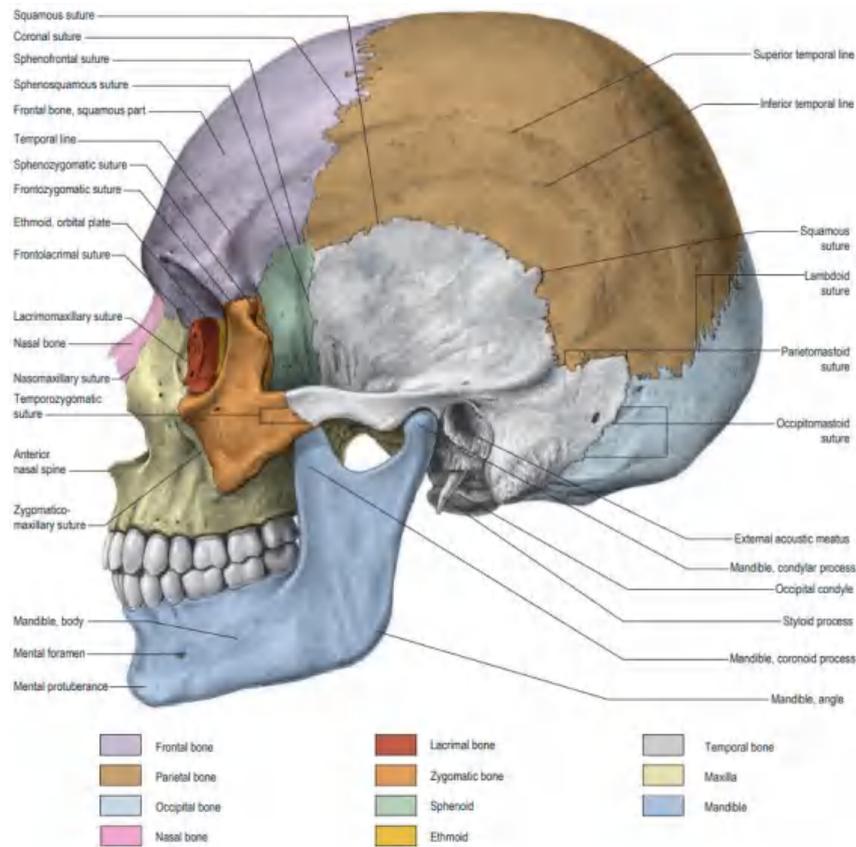
**Gambar 2.2.** Anatomi cranium dari aspek anterior (Standring, 2016)

## II.1.3 Aspek lateral

Arcus zygomaticum dibentuk oleh processus zygomaticus dari pars squamous os temporal dan processus temporalis dari os zygoma. Pars squamous os temporal meluas ke atas dan berartikulasi dengan os parietal. Linea temporalis yang ke atas dan ke belakang dari processus zygomaticus os frontal os parietal, kemudian ke bawah menuju pars squamous os temporal dan di atas meatus acusticus externus. Meatus acusticus externus terbuka di



bawah arcus zygomaticum posterior dan processus mastoideus yang prominens terletak di belakang meatus. (Craven, 2014)

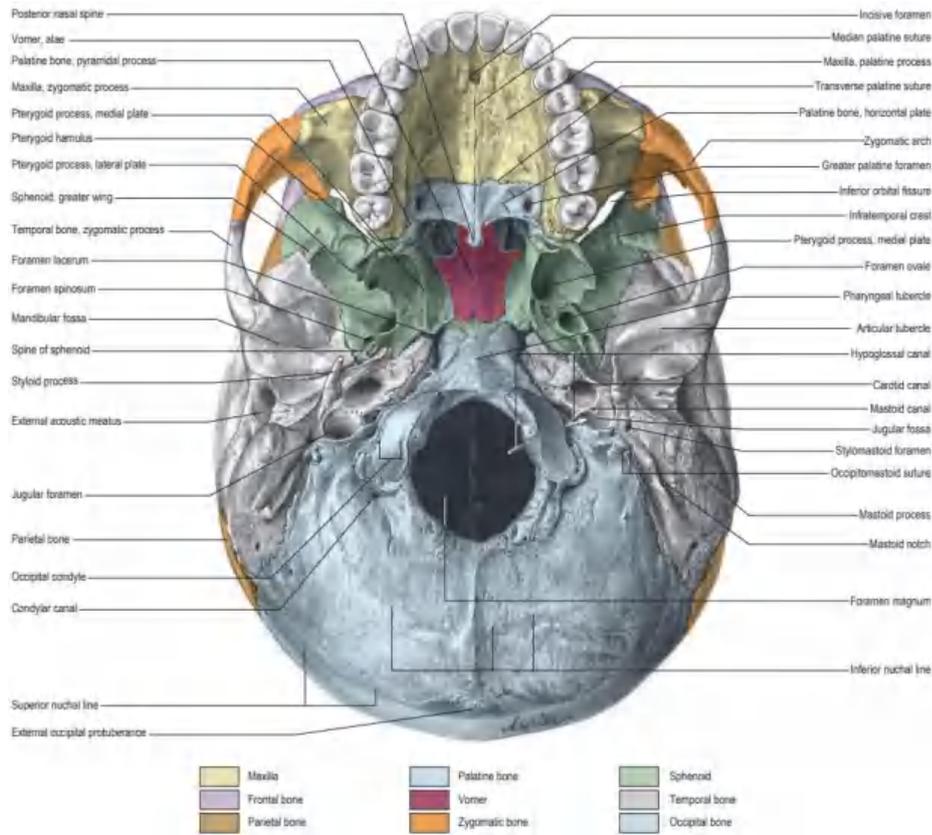


**Gambar 2.3.** Anatomi cranium dari aspek lateral (Standring, 2016)

#### II.1.4 Aspek inferior

Di bagian anterior terdapat palatum durum yang dibentuk oleh processus palatina os maxilla di depan lempeng horizontal os palatina yang dibatasi oleh processus alveolaris os maxilla di anterolateral. Apertura nasalis posterior (choana) terbuka di atas palatum, dibatasi oleh corpus os sphenoid di superior, lempeng horizontal os palatina di inferior, dan lempeng pterygoid medial di lateral. Apertura dipisahkan oleh vomer di midline. Pars petrosus os temporal terletak di antara os occipital dan os sphenoid. Pada os occipital terdapat foramen magnum yang dibatasi di setiap sisinya oleh condylus occipitalis. Pada bagian tengah dari erior terdapat protuberansia occipital externa yang prominens. (Craven,





**Gambar 2.4.** Anatomi cranium dari aspek inferior (Standing, 2016)

## II.2 Antropometri Cranium

Antropometri merupakan teknik utama dalam antropologi fisik. Antropometri merupakan metode untuk memperoleh pengukuran tubuh manusia dan sebagai alat untuk mengkuantifikasi variasi ukuran dan bentuk tubuh. Antropometri dapat dibagi atas somatometri dan osteometri. Somatometri merupakan pengukuran pada tubuh manusia hidup atau cadaver, mencakup pengukuran tinggi badan, berat badan, lingkar kepala, lingkar dada, lingkar perut, panjang kepala, lebar kepala, serta pengukuran ketebalan *skinfold*. Osteometri merupakan pengukuran pada skeleton, termasuk craniometri, yang berhubungan dengan pengukuran pada cranium. Pada tulang cranium, antropometri diaplikasikan melalui pengukuran dari *landmark* tertentu pada cranium. (Teodoru-Rachina *et al*, 2017; Krishan, 2006)



## II.2.1 Landmark Antropometri Cranium

*Landmark* didefinisikan sebagai lokasi geometrik dari titik-titik osteologik yang homolog secara biologis. *Landmark* harus dapat diidentifikasi secara akurat dan tepat, di mana *landmark* tidak bersifat ambigu dan *repeatable*, apabila tidak demikian, maka *landmark* memiliki nilai antropologik yang terbatas. (Dillon, 2014)

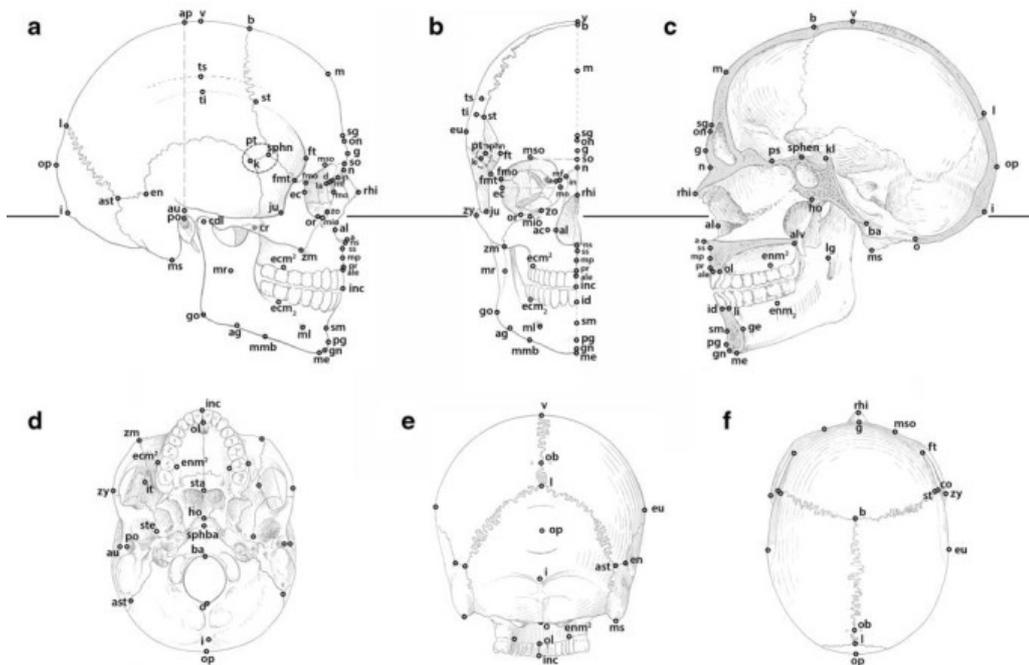
Bookstein (1991) menciptakan klasifikasi di mana *landmark* dikategorikan atas tipe 1, 2, atau 3, berdasarkan lokasi struktural dan signifikansi biologis di mana tipe *landmark* yang berbeda memiliki kualitas yang berbeda. (Warmlander *et al*, 2019) *Landmark* tipe 1 paling bersifat *reproducible*, tipe 3 paling bersifat kurang *reproducible*. Franklin *et al* (2013) menyatakan bahwa *landmark* tipe 3 paling bersifat tidak *precise* serta memiliki tingkat kesalahan inter dan intraobserver yang lebih tinggi dibandingkan tipe 1. (Dillon, 2014)

- Tipe 1: *landmark* dengan homologi antar spesimen didukung oleh bukti kuat seperti pertemuan struktur, misalnya pertemuan sutura coronaria dan sagittalis di bregma.
- Tipe 2: *landmark* dengan homologi antar spesimen didukung hanya oleh bukti geometrik, misalnya prosthion yang didefinisikan sebagai titik pada processus alveolaris maxilla yang terproyeksi paling anterior di *midline*.
- Tipe 3: *landmark* yang memiliki setidaknya satu koordinat yang bermakna bahwa *landmark* berlokasi pada *outline* atau permukaan, tapi tidak pada lokasi spesifik, misalnya euryon yang didefinisikan sebagai titik yang paling jauh terpisah pada kedua sisi cranium.

Dalam menentukan berbagai *landmark* pada cranium, cranium harus diposisikan pada bidang Frankfurt Horizontal (FH), yaitu bidang yang menghubungkan porion (titik paling dalam pada tepi atas meatus auditori eksternus) kanan dan kiri serta orbital (titik paling dalam pada marjin inferior orbit) kiri. Bidang FH digunakan sebagai bidang konstan dalam pengukuran cranium. (Caple *et al*, 2015)

Caple dan Stephan (2015) menyusun nomenklatur terstandardisasi untuk antropometri craniofacial. Beberapa *landmark* craniometri yang digunakan akan pada gambar berikut: (Caple *et al*, 2015)





**Gambar 2.5.** *Landmark* craniometri: a norma lateralis; b norma frontalis; c norma medialis; d norma basalis; e norma occipitalis; f norma verticalis. Garis tebal menandakan Frankfurt horizontal plane (FH). (Caple *et al*, 2015)

Definisi beberapa *landmark* yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- Glabella (g) adalah titik median pada tepi bawah os frontal yang paling terproyeksi ke anterior, di antara arcus supersiliaris dan di atas *nasal root* (Bookstein tipe 2). (Caple *et al*, 2015)
- Nasion (n) didefinisikan sebagai perpotongan sutura nasofrontal dengan bidang median (Bookstein tipe 1). (Caple *et al*, 2015)
- Opisthocranium (o) didefinisikan sebagai titik median paling posterior pada tulang occipital, dapat ditentukan sebagai jarak terjauh dari glabella (g), biasanya terletak di atas protuberansia occipital externa (Bookstein tipe 3). (Caple *et al*, 2015)
- Bregma (b) didefinisikan sebagai titik pertemuan sutura sagittalis dan sutura coronaria (Bookstein tipe 1). (Caple *et al*, 2015)

Nasion (na) mencakup area kecil pada bidang median paling anterior dari ramus magnum. Posisinya sebagai *landmark* sedikit bervariasi tergantung pada pengukuran yang dilakukan, dapat sebagai aspek paling posterior pada tepi anterior foramen magnum atau titik median paling



inferior pada tepi anterior foramen magnum (misalnya yang digunakan untuk mengukur *cranial height*) (Bookstein tipe 2). (Caple *et al*, 2015)

- Zygion (zy) didefinisikan sebagai titik paling lateral pada arcus zygomaticum (Bookstein tipe 3). (Caple *et al*, 2015)
- Euryon (eu) didefinisikan sebagai titik paling lateral pada calvaria cranii (Bookstein tipe 3). (Caple *et al*, 2015)
- Coronale (co) didefinisikan sebagai titik paling lateral pada sutura coronaria (Bookstein tipe 3). (Caple *et al*, 2015)
- Frontotemporale (ft) didefinisikan sebagai titik paling anterior dan medial pada linea temporalis inferior, pada processus zygomaticus os frontal (Bookstein tipe 2). (Caple *et al*, 2015)
- Nasospinale (ns) adalah titik di mana garis yang ditarik antara titik paling inferior dari apertura nasalis memotong bidang median (Bookstein tipe 2). (Caple *et al*, 2015)
- Ectoconchion (ec) didefinisikan sebagai titik lateral pada orbit pada garis yang membagi orbit secara transversal (Bookstein tipe 2). (Caple *et al*, 2015)
- Mastoidale (ms) didefinisikan sebagai titik pada ujung processus mastoideus yang paling terproyeksi ke inferior (Bookstein tipe 2). (Caple *et al*, 2015)

## II.2.2 Parameter Antropometri Cranium

Parameter antropometri cranium yang diukur pada penelitian ini berdasarkan referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu:

1. *Maximum cranial length* (g-op) adalah jarak antara glabella (g) dengan opisthocranion (op) pada bidang midsagittal. (Mahakkanukrauh *et al*, 2015)
2. *Maximum cranial breadth* (eu-eu) adalah jarak antara euryon (eu) kanan dan kiri. (Ibrahim *et al*, 2017)
3. *Maximum frontal breadth* (co-co) adalah jarak antara coronalia (co) kanan dan kiri. (Ibrahim *et al*, 2017)



*Minimum frontal breadth* (ft-ft) adalah jarak minimum antara dua frontotemporale (ft). (Mahakkanukrauh *et al*, 2015)

*Cranial height* (ba-b) adalah jarak antara titik paling rendah pada margin anterior foramen magnum (ba) dengan bregma (b). (Senol *et al*, 2019)

6. *Cranial base length* (ba-n) adalah jarak antara nasion (n) dengan basion (b). (Mahakkanukrauh *et al*, 2015)
7. *Biorbital breadth* (ec-ec) adalah jarak antara ectoconchion (ec) kanan dan kiri. (Ibrahim *et al*, 2017)
8. *Bizygomatic breadth* (zy-zy) adalah jarak antara titik paling lateral pada kedua arcus zygomaticum. (Mahakkanukrauh *et al*, 2015)
9. *Bimastoid diameter* (ms-ms) adalah jarak antara titik paling inferior pada processus mastoideus. (Meral *et al*, 2022)
10. *Nasal height* (n-ns) adalah jarak antara nasion (n) dan nasospinale (ns). (Mahakkanukrauh *et al*, 2015)

### II.3 Aplikasi CT Scan dalam Antropologi Virtual

Antropologi virtual merupakan prosedur untuk menginvestigasi struktur morfologik 3 dimensi melalui set data digital secara komputerisasi. Data 3 dimensi diperoleh melalui proses-proses yang berbeda, bergantung pada kebutuhan analisis lebih lanjut. Radiologi diagnostik merupakan metode yang paling sering digunakan untuk perekaman volume data. Pemanfaatan radiologi dalam antropologi virtual telah dilakukan bahkan sejak 7 tahun setelah penemuan sinar X oleh Rontgen, di mana radiografi 2 dimensi digunakan untuk penelitian fosil. Dengan berkembangnya pencitraan 3 dimensi, secara dramatis semakin meningkatkan kemungkinan analisis morfologik secara kualitatif dan kuantitatif, misalnya dengan modalitas CT scan. *Output* yang dihasilkan dari CT scan berupa matriks data 3 dimensi yang terdiri atas unit informasi kecil, disebut *voxel*. Penggunaan *software* yang tepat dapat memvisualisasi obyek virtual pada layar komputer serta memungkinkan dilakukannya manipulasi seperti magnifikasi, rotasi, pemotongan, atau pengukuran gambar. (Weber *et al*, 2001)

Beberapa kelebihan antropologi virtual dibandingkan metode analisis tradisional yaitu: (Weber *et al*, 2001)

- Aksesibilitas semua struktur, termasuk struktur tersembunyi, seperti endocranium, sinus, akar gigi, medulla tulang, dan sebagainya.
- Obyek virtual tersedia secara permanen.
- Pengukuran yang akurat dan *reproducible*.
- Dapat diperoleh informasi untuk analisis morfometrik yang lebih *advanced*.





**Gambar 2.6.** Antropologi virtual. Rekonstruksi cranium ditampilkan melalui layar komputer. Untuk menginvestigasi morfologi endocranial, cranium secara elektronik dipisahkan atas tiga bagian berdasarkan *landmark* yang sudah ditentukan sebelumnya. Potongan-potongan tersebut dapat dipindahkan atau dirotasikan. Pengukuran jarak dan sudut dapat dilakukan kapan saja. (Weber *et al*, 2001)

CT scan pada dasarnya mengambil rangkaian radiograf dari berbagai sudut, dengan gambar resultan selanjutnya dikombinasikan menggunakan algoritme digital untuk menghasilkan gambar tomografik yang dapat disusun untuk menghasilkan rekonstruksi 3D virtual dari objek yang discan. Prosedur ini terdiri atas metode non-invasif dan non-destruktif untuk visualisasi struktur internal dan eksternal dari material dan organisme. Sejak diperkenalkannya CT scan, terdapat kemajuan-kemajuan dari sisi keamanan dan resolusi, disertai penurunan biaya, di mana faktor-faktor ini meningkatkan prevalensi pasien yang menjalani pemeriksaan CT scan. Untuk alasan ini, CT scan mendapat perhatian dari dunia penelitian dan pendidikan. (Krishan *et al*, 2016)

Institusi forensik telah melakukan CT postmortem untuk studi antropometri. Gambar 3D dari tulang dapat disusun dari gambar CT, dan analisis lebih lanjut dari gambar CT dilakukan oleh ahli forensik untuk memperoleh informasi. Pemanfaatan



an morfometrik cranium dari gambar CT untuk estimasi jenis kelamin an prosedur yang *cost-effective* dan *time-saving*. (Fukuta *et al*, 2020) aan CT tidak memerlukan proses maserasi tulang, khususnya pada ng sudah mengalami dekomposisi, sehingga waktu pemeriksaan lebih

pendek serta tidak menimbulkan kerusakan pada jaringan tulang. Pada studi-studi analisis morfometrik yang menggunakan CT scan untuk estimasi jenis kelamin, tampaknya memberi hasil yang sama dengan metode antropologik klasik. (Garvin *et al*, 2016)

CT scan dapat digunakan untuk identifikasi komparatif (komparasi antara data pencitraan ante dan post mortem) yang dapat dilakukan pada tulang dan gigi, identifikasi rekonstruktif, dan identifikasi lesi. Pada identifikasi rekonstruktif, jenazah diidentifikasi melalui penentuan profil biologis, utamanya mencakup jenis kelamin, asal geografis, perawakan, dan usia saat kematian. Penentuan jenis kelamin dapat dilakukan baik dengan data metrik maupun data visual. (Dedouit *et al*, 2014)

Studi morfologik sama dengan studi klasik yang dilakukan pada tulang kering. Akan tetapi, rekonstruksi 3 dimensi (3D) pada mode *volume-rendered* dengan filter-filter yang adekuat dapat memberi tambahan manfaat. Tulang dapat dirotasikan sama halnya dengan ahli antropologi merotasi tulang kering. Keunggulan utamanya yaitu bahwa tulang dapat dipotong secara virtual, yang seringkali tidak dapat dilakukan oleh ahli antropologi pada spesimen *high-value*, misalnya fosil hominid. Terdapat banyak kriteria dalam studi morfologik, pada tulang cranium misalnya, beberapa kriteria klasik mencakup analisis penampakan dahi, bentuk cranium secara keseluruhan, dan penampakan processus mastoideus serta ramus mandibula. (Dedouit *et al*, 2014)

Pada studi metrik juga terdapat kriteria, misalnya pada analisis craniometrik yang memerlukan *positioning* dari berbagai *landmark* pada tulang cranium. Hal utama terkait penelitian-penelitian metrik adalah bahwa pengukuran osteometrik harus *repeatable* dan tidak terdapat perbedaan signifikan antara pengukuran tradisional dengan osteometrik CT. (Dedouit *et al*, 2014)

## II.4 Identifikasi Manusia

Berdasarkan International Criminal Police Organization (INTERPOL)'s Disaster Victim Identification Guide (2018), identifikasi manusia terdiri atas metode idik jari, analisis gigi, dan analisis DNA) dan metode sekunder (tanda o, antropologi, dan lainnya), yang digunakan untuk membandingkan ata antemortem dan postmortem. Di antara metode primer, analisis gigi



merupakan metode yang paling penting oleh karena gigi memiliki resistensi terhadap suhu tinggi dan memiliki karakteristik yang sangat khusus. Analisis DNA juga merupakan metode yang terbukti baik, akan tetapi metode ini belum terkonsolidasi di samping memerlukan biaya yang tinggi. Antropologi forensik merupakan metode paling penting di antara metode sekunder. (Mello-Gentil *et al*, 2022) Antropologi forensik merupakan cabang antropologi fisik terapan yang mengombinasikan berbagai teknik ilmiah yang dimodifikasi serta keterampilan dari berbagai disiplin ilmu untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan terkait medikolegal. Ahli antropologi forensik harus terlatih baik mengenai osteologi dalam melakukan identifikasi pada sisa-sisa tulang. (Setiawati *et al*, 2022)

Ilmu forensik telah mengalami transformasi besar dalam dekade-dekade terakhir menuju terbentuknya sistem yang lebih kuat yang didasarkan atas metode yang tervalidasi dan laboratorium yang terakreditasi. Metode antropologik telah berevolusi dari berdasarkan pengamatan yang tidak ilmiah hingga metode yang tervalidasi, akurat, dan *repeatable* secara statistik yang dikembangkan saat ini. Kebutuhan akan evaluasi antropologik yang lebih objektif berdasarkan radiografi akan semakin mendapat tempat di bidang antropologi forensik, akan tetapi diperlukan validasi atas metode ini. (Wiersema, 2016)

Antropologi fisik bergantung pada aspek morfologik dan metrik dari struktur tulang untuk mengestimasi dan menentukan karakteristik utama individu. Oleh karena itu, tulang menjadi struktur yang sangat penting dalam identifikasi yang membantu dalam estimasi jenis kelamin, spesies, etnis, tinggi badan, dan usia. Pengetahuan osteologi yang mendalam dapat memandu dalam identifikasi manusia yang tepat dan dapat dipercaya. Studi menunjukkan bahwa osteologi memiliki reliabilitas dalam estimasi jenis kelamin jika tulang terpreseverasi (utuh) dan tulang pada orang dewasa, dan bahwa proteomik dapat meningkatkan reliabilitas hasil apabila dikombinasikan dengan osteologi. Oleh karena itu, pengetahuan yang mendalam akan struktur tulang yang berkontribusi terhadap hasil positif dalam proses identifikasi menjadi hal yang penting. (Mello-Gentil *et al*, 2022)



### **Identifikasi jenis kelamin dari sisa tulang**

Evaluasi jenis kelamin dari sisa-sisa tulang didasarkan atas identifikasi struktur jenis kelamin dan sifat morfologik spesifik dari jenis kelamin. Hal yang

paling mendasar, yaitu bahwa jenis kelamin ditentukan oleh kromosom seks individu. Sifat atau ciri ini merupakan karakteristik seks primer. Akan tetapi, karakteristik seks primer tidak dapat diidentifikasi dari sisa-sisa tulang (kecuali dengan *DNA testing*), sehingga diperlukan karakteristik seks sekunder. Kadar testosteron pada laki-laki akan meningkatkan massa otot dan massa tulang, meningkatkan ukuran, berat, dan perlekatan otot pada laki-laki, yang berbeda dengan perempuan. Tulang pada laki-laki rata-rata berukuran lebih besar pada semua dimensi, lebih berat, dengan perlekatan otot yang lebih jelas. Akan tetapi, terdapat zona timpang tindih, sehingga penentuan jenis kelamin berdasarkan karakteristik sekunder ini tidak selalu akurat. Pelvis merupakan struktur tulang yang paling menunjukkan dimorfisme seksual. Pelvis perempuan lebih lebar dan lebih mendatar, sementara pelvis laki-laki lebih tinggi dan lebih sempit dengan karakteristik sekunder lainnya, yaitu tulang pelvis yang lebih besar, lebih berat, dengan perlekatan otot yang lebih jelas. Hal ini membuat tulang pelvis menjadi tulang yang paling dapat dipercaya dalam identifikasi jenis kelamin dari sisa tulang. (Lynnerup, 2013)

Perkiraan jenis kelamin dari tulang-tulang yang tersisa didasarkan pada tingkat dimorfisme seksual yang bervariasi dari tulang-tulang manusia. Pelvis merupakan indikator jenis kelamin yang akurat, akan tetapi bersifat rapuh sehingga seringkali tidak utuh pada masa post mortem. Cranium memiliki struktur yang keras yang pada sebagian besar kasus dapat tetap utuh, sehingga seringkali digunakan untuk perkiraan jenis kelamin. (Meral *et al*, 2022)

Tulang cranium telah menjadi struktur yang seringkali menjadi prioritas dalam penentuan jenis kelamin. Beberapa penelitian telah mengembangkan metode yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi penentuan jenis kelamin berdasarkan analisis tulang cranium. (Wiersema, 2016)

## II.4.2 Dimorfisme seksual

Dimorfisme seksual mengacu pada perbedaan fenotipik antara perempuan dan laki-laki yang dipengaruhi oleh faktor genetik dan fisiologik. Istilah dimorfisme biasanya digunakan hanya untuk karakteristik seksual sekunder, yang berhubungan dengan reproduksi. Beberapa contoh dimorfisme seksual meliputi perbedaan perawakan, berat badan, morfologi wajah, perkembangan mortalitas, dan prevalensi penyakit. Manusia memperlihatkan tingkat



dimorfisme seksual yang lebih rendah dibandingkan hewan, namun terdapat banyak perbedaan antara laki-laki dan perempuan. Dalam bidang bioarkeologi dan antropologi forensik, sifat morfologik dan metrik digunakan untuk estimasi jenis kelamin dari sisa-sisa tulang, sementara pada studi evolusi manusia, tingkat dimorfisme seksual digunakan untuk rekonstruksi perilaku sosial. Secara umum, sebagian besar studi cenderung berfokus pada manusia dewasa oleh karena dimorfisme seksual belum tegas sebelum pubertas. (Nikitovic, 2018)

Dimorfisme seksual bermanifestasi pada tulang dalam dua bentuk. Pertama, laki-laki secara umum memiliki tulang yang lebih besar dan kuat dibandingkan perempuan. Kedua, pelvis laki-laki utamanya beradaptasi terhadap *bipedal striding* sementara pelvis perempuan memperlihatkan perbedaan ukuran dan bentuk yang dipengaruhi oleh gaya penggerak yang efisien serta modifikasi yang diperlukan untuk passase yang aman dari kepala janin melalui jalan lahir. (Scheuer, 2002)

Dimorfisme seksual yang ditampakkan oleh tulang cranium utamanya bergantung pada perubahan-perubahan yang terjadi pada laki-laki saat pubertas yang mencerminkan peningkatan perlekatan otot, sementara tulang cranium perempuan cenderung mempertahankan gambaran pedomorfik. Pada laki-laki, *supraorbital ridge*, glabella, processus mastoid, serta area nuchal dan malar menjadi lebih prominen, berlawanan dengan perempuan di mana semua elemen tersebut lebih kecil, dahi tetap vertikal dengan *frontal bossing* yang lebih jelas. Pada perempuan, orbit tampak lebih bulat, memiliki margin yang lebih tajam dan relatif lebih besar dibandingkan tulang-tulang facial bagian atas pada laki-laki. (Scheuer, 2002)

Del Bove *et al* (2023) meneliti 228 individu dengan jenis kelamin yang diketahui dari lokasi geografis yang berbeda untuk mengidentifikasi area cranium yang paling dimorfik secara seksual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa regio glabella dan suprasiliar, processus mastoid dan regio nasal memiliki dimorfisme seksual paling tinggi dengan akurasi 73%. (Del Bove *et al*, 2023)



**Tabel 2.1.** Dimorfisme seksual (Kumar *et al*, 2015)<sup>27</sup>

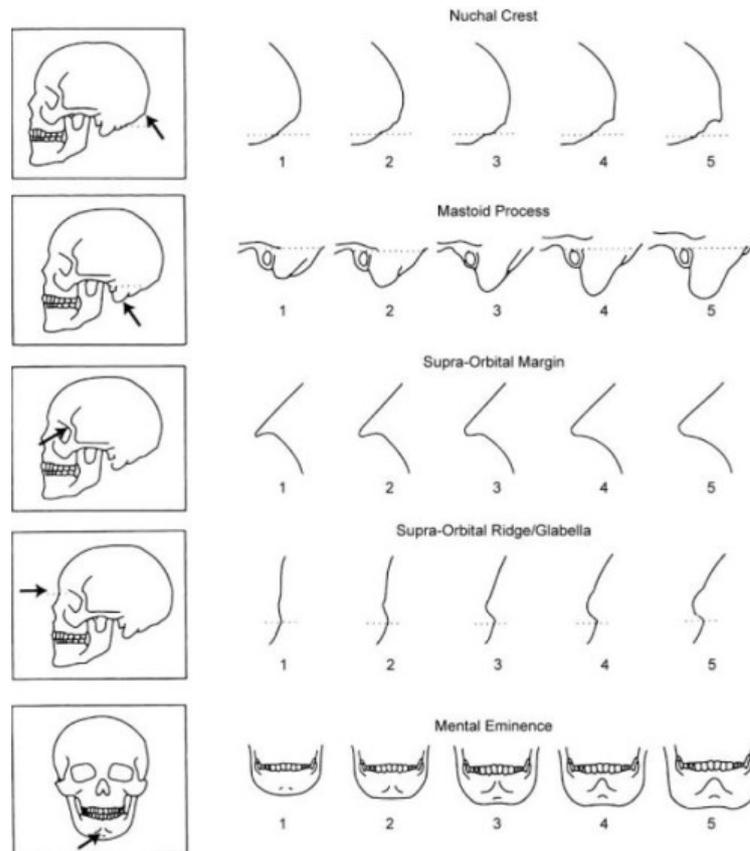
| Characteristics       | Male  | Female                               |
|-----------------------|---|--------------------------------------|
| Skull size            | Larger                                      | Smaller                              |
| Supraorbital ridge    | More pronounced                             | Less pronounced                      |
| Orbits                | Square, lower, smaller with rounded margins | Round, higher, larger, sharp margins |
| Forehead              | Steeper, less rounded                       | Vertical, round                      |
| Fronto-nasal junction | Distinct angulation                         | Smoothly curved                      |
| Condyles              | Larger                                      | Smaller                              |
| Cheek bone            | Heavily, laterally arched                   | Lighter, more pronounced             |
| Zygomatic arch        | More pronounced                             | Less pronounced                      |
| Gonial angle          | Less obtuse, prominent                      | More obtuse                          |
| Palate                | Larger, broader, prominent                  | Smaller, parabola shaped             |
| Frontal sinus         | More developed                              | Less developed                       |
| Nasal aperture        | High and narrow margins                     | Lower and broader                    |
| Mandible size         | Larger                                      | Smaller                              |
| Ascending ramus       | Greater breadth                             | Smaller breadth                      |
| Body height           | Greater at symphysis                        | Smaller at symphysis                 |
| Chin                  | Square                                      | Rounded                              |

### II.4.3 Metode penentuan jenis kelamin

Metode yang umum digunakan untuk estimasi jenis kelamin secara garis besar diklasifikasikan atas non-metrik (morfologik) dan metrik. Kedua metode ini sangat penting dalam proses identifikasi, bahkan setelah ditemukannya teknik molekular seperti *fingerprinting* DNA. Metode molekular sangat rumit serta memerlukan tingkat keterampilan tinggi serta peralatan-peralatan terbaru. Metode ini memiliki reliabilitas yang lebih tinggi, akan tetapi bersifat kompleks, invasif, sangat mahal, dan memerlukan waktu yang lama. (Krishan *et al*, 2016)

Pada metode morfologik, bentuk dan ukuran tulang diperiksa secara visual. Metode ini cukup sederhana dan tidak memerlukan peralatan khusus. Akan tetapi, metode ini bersifat sangat subjektif dan memerlukan pengalaman. (Meral *et al*, 2022) Metode non-metrik yang digunakan untuk estimasi jenis kelamin pada tulang cranium yaitu metode Walker (2008) melalui pemberian skor berdasarkan ekspresi *nuchal crest*, *processus mastoideus*, *margin supraorbital*, *supraorbital ridge*/*glabella*, dan *eminensia mentalis*. (Walker, 2008)





**Gambar 2.7.** Standar pemberian skor berdasarkan karakteristik cranium. (Walker, 2008)

Metode morfometrik bersifat objektif dan *reproducible*, serta memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode morfologik. (Meral *et al*, 2022) Oleh karena menggunakan pengukuran yang jelas, metode metrik berpotensi lebih sedikit untuk terjadinya kesalahan inter dan intraobserver. (Spradley, 2016) Estimasi jenis kelamin berdasarkan metode morfologik non-metrik yang dilakukan oleh ahli yang berpengalaman menunjukkan hasil yang akurat, akan tetapi analisis metrik lebih superior dibandingkan observasi morfologik oleh karena memungkinkan evaluasi dan kuantifikasi objektif. Selain itu, dengan kemajuan teknologi memungkinkan penggunaan sistem pengukuran yang lebih baik, misalnya dengan analisis morfometrik berdasarkan rekonstruksi gambar tiga dimensi (3D) dari pemeriksaan CT scan. (Fukuta *et al*, 2020)



#### II.4.4 Standar populasi spesifik

Data morfologik dan morfometrik dari dimorfisme seksual yang berbeda-beda telah dilaporkan dari sebagian besar penelitian dengan populasi spesifik. Tingkat akurasi yang berbeda ditemukan pada penelitian-penelitian dengan populasi spesifik menggunakan pengukuran craniometrik untuk estimasi jenis kelamin. Perbedaan ini mengimplikasikan arti penting dilakukannya penelitian dengan populasi spesifik. (Meral *et al*, 2022)

Telah diketahui bahwa terdapat variasi antar populasi pada proporsi dan ukuran tulang, sehingga standar populasi spesifik sangat penting dalam estimasi dimorfisme seksual yang tepat. Variasi morfologi skeletal antar populasi terjadi akibat berbagai faktor, baik internal (genetik) maupun eksternal (lingkungan, faktor sosial kultural, kebiasaan makan, dan lain-lain), juga meningkatnya migrasi (globalisasi) serta perubahan yang terjadi seiring waktu (tren sekuler) akibat faktor lingkungan, gaya hidup, dan nutrisi. (Teodoru-Raghina *et al*, 2017)

Populasi yang berbeda memperlihatkan ekspresi dimorfisme seksual dengan cara dan tingkatan yang berbeda. Meskipun secara umum laki-laki memiliki ukuran cranium yang lebih besar dan perlekatan otot yang lebih dominan, terdapat perbedaan populasi yang substansial. Sebagai contoh, pada penelitian mengenai perkembangan *supraorbital ridge*, karakteristik yang ditemukan pada laki-laki Eropa ditemukan juga pada perempuan Aborigin Australia. Oleh karena adanya variasi ini, standar perlu ditetapkan untuk populasi geografis yang berbeda untuk menghasilkan estimasi yang lebih akurat secara statistik. (Dillon, 2014)

Selain akibat perbedaan geografis, perubahan morfologik skeletal juga terjadi seiring berjalannya waktu. Iscan *et al* (1995) meneliti dimorfisme seksual pada populasi Jepang yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan ukuran cranium pada perempuan modern, sementara pada laki-laki tidak terdapat peningkatan ukuran. Nagaoka *et al* (2012) meneliti perbedaan temporal dimensi cranium pada populasi Jepang. Pengukuran cranium (misalnya *maximum cranial length*, *maximum cranial breadth*, dan *upper facial height*) menunjukkan perbedaan signifikan dari data yang diambil pada periode waktu yang berbeda.

Penelitian ini mengindikasikan pentingnya standar spesifik populasi. (Dillon, 2014)



**Tabel 2.2.** Variasi antropologik skeletal terkait karakteristik rasial pada cranium (Kumar *et al*, 2015)

| Parameter              | White                | Black                           | Asian/native American |
|------------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Width                  | Narrow               | Narrow                          | Broad                 |
| Height                 | High                 | Low                             | Intermediate          |
| Profile                | Straight             | Prognathic                      | Intermediate          |
| Orbit                  | Triangular/tear drop | Square                          | Circular              |
| Shape                  | Rounded              | Narrow and elongated            | Square                |
| Face                   | Small                | Maxilla and mandible prognathic | Large and flattened   |
| Nasal opening          | Tapered              | Wide                            | Rounded               |
| Palate                 | Narrow               | Wide                            | Intermediate          |
| Inter-orbital distance | Narrow               | Wide                            | Intermediate          |

## II.5 Beberapa penelitian terkait

Rooppakhun *et al* (2009) melakukan penelitian untuk mengevaluasi dimorfisme seksual pada cranium kering orang Thailand menggunakan data CT 3D. 21 parameter cranium diukur, 17 di antaranya menunjukkan hasil pengukuran yang lebih tinggi secara signifikan pada laki-laki dibandingkan perempuan. Akurasi keseluruhan untuk jenis kelamin laki-laki yaitu 92,85% dan untuk jenis kelamin perempuan yaitu 91.42%. (Rooppakhun *et al*, 2009)

Mahakkanukrauh (2014) meneliti dimorfisme seksual pada 200 cranium orang Thailand menggunakan 25 parameter. Hasil menunjukkan bahwa ukuran cranium laki-laki lebih besar secara signifikan dibandingkan perempuan pada 24 parameter. Persamaan untuk penentuan jenis kelamin yang dihasilkan melalui metode diskriminan bertingkat menghasilkan akurasi 90.6% untuk penentuan jenis kelamin (91.1% pada laki-laki dan 90.0% pada perempuan). (Mahakkanukrauh *et al*, 2014)

Ibrahim *et al* (2017) melakukan penelitian untuk memperoleh standar osteometrik dalam membedakan jenis kelamin pada populasi spesifik Malaysia menggunakan data CT post mortem. 22 parameter cranium diukur, di mana 21 di antaranya menunjukkan nilai yang lebih tinggi secara signifikan pada laki-laki dibandingkan perempuan. Melalui analisis diskriminan, akurasi klasifikasi yaitu 85.1% dan melalui analisis regresi, akurasi klasifikasi berkisar antara 78.2 % hingga 86.2%. (Ibrahim *et al*, 2017)

Zhan *et al* (2019) meneliti estimasi perawakan dan jenis kelamin menggunakan pengukuran cranium menggunakan MDCT pada populasi Cina orer. Pada studi ini dilakukan 15 pengukuran pada masing-masing dari gambar CT dari 382 sampel. Fungsi diskriminan digunakan untuk asi jenis kelamin dan analisis regresi digunakan untuk estimasi



perawakan dari pengukuran cranium. Analisis bertahap dari seluruh pengukuran menghasilkan akurasi klasifikasi jenis kelamin sebesar 89.3%. Akurasi klasifikasi dari analisis fungsi diskriminan univariat berkisar 50.5% hingga 84.8%. (Zhan *et al*, 2019)

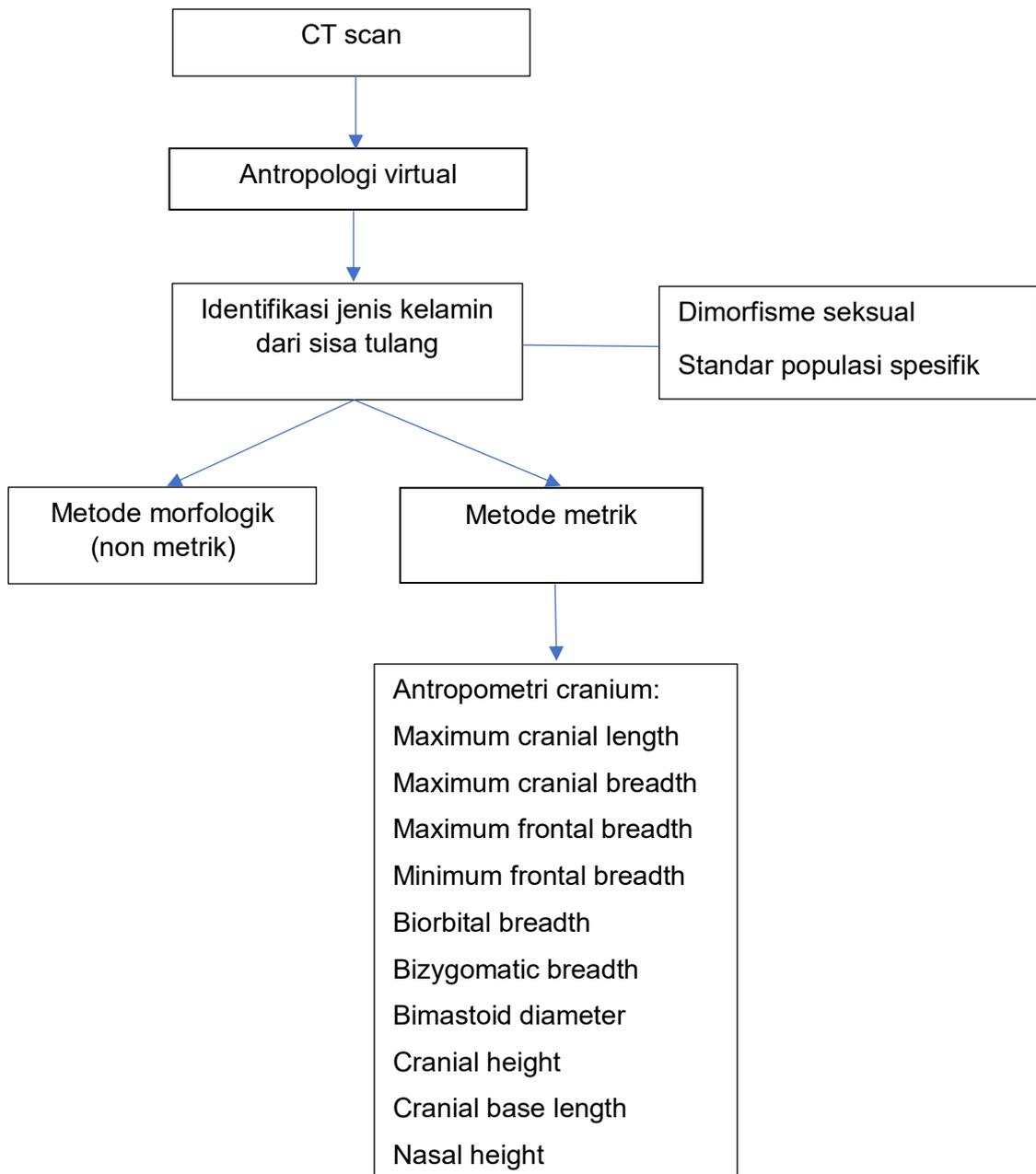
Meral *et al* (2022) melakukan penelitian untuk mengevaluasi manfaat pengukuran cranium menggunakan CT scan dalam menentukan jenis kelamin pada populasi Turki, di mana pada penelitian ini dilakukan pengukuran 5 parameter pada 600 sampel. Analisis fungsi diskriminan menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara laki-laki dan perempuan dengan akurasi 88%, yang mengonfirmasi bahwa pengukuran cranium menunjukkan dimorfisme seksual pada populasi Turki dan merekomendasikan penggunaan CT scan untuk pengukuran antropometrik cranium. (Meral *et al*, 2022)



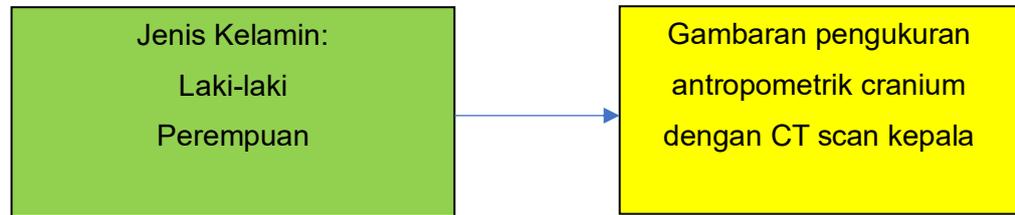
## BAB III

### KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP

#### III.1 Kerangka teori



### III. 2 Kerangka konsep



Keterangan:

 : Variabel independen

 : Variabel dependen

