

TESIS

**ANALISIS MORFOMETRIK TULANG SKAPULA ORANG DEWASA
DALAM PENENTUAN JENIS KELAMIN BERDASARKAN GAMBARAN
*COMPUTERIZED TOMOGRAPHY SCAN SKAPULA REFORMAT
3-DIMENSIONAL BONE***



OLEH :

YOSEPHINE SIAHAAN

C095201002

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp-1)
PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN FORENSIK DAN
MEDIKOLEGAL
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR**

2024

HALAMAN PENGAJUAN

**ANALISIS MORFOMETRIK TULANG SKAPULA ORANG DEWASA
DALAM PENENTUAN JENIS KELAMIN BERDASARKAN GAMBARAN
COMPUTERIZED TOMOGRAPHY SCAN SKAPULA REFORMAT
*3-DIMENSIONAL BONE***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Pendidikan Dokter Spesialis
dan Mencapai Gelar Spesialis

Program Studi
Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal

Disusun dan Diajukan Oleh

YOSEPHINE SIAHAAN
C095201002

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp-1)
PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN FORENSIK DAN
MEDIKOLEGAL
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR**

2024

KARYA AKHIR

Analisis Morfometrik Tulang Skapula Orang Dewasa Dalam Penentuan Jenis Kelamin Berdasarkan Gambaran *Computerized Tomography Scan* Skapula *Reformat 3-Dimensional Bone*

Disusun dan diajukan oleh:

YOSEPHINE SIAHAAN

Nomor Pokok: C095201002

Telah dipertahankan didepan Panitia Ujian Tesis

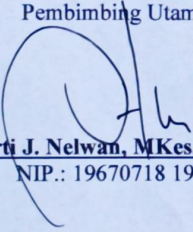
Pada Tanggal 08 Oktober 2024

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

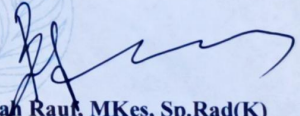
Menyetujui

Komisi Penasehat

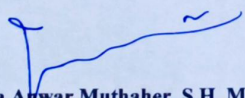
Pembimbing Utama


Dr. dr. Berti J. Nelwan, MKes, SpPA(K), SpFM, DFM
NIP.: 19670718 199303 1 002

Pembimbing Anggota


dr. Rafikan Raut, MKes, Sp.Rad(K)
NIP. : 19820525 200812 2 001

Kepala Program Studi
Forensik dan Medikolegal FK. Unhas


Dr. dr. Annisa Anwar Muthaher, S.H, M.Kes, Sp.FM
NIP.: 19790309 200804 2 001

Dekan Fakultas Kedokteran UNHAS


Prof. Dr. dr. Hagarani Rasvid, M.Kes, Sp.PD-KGH, Sp.GK
NIP.: 19680530 199603 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : dr. Yosephine Siahaan

NIM : C095201002

Program Studi : IlmuKedokteran Forensik dan Medikolegal

Jenjang : Pendidikan Dokter Spesialis-1

Menyatakan dengan ini bahwa tesis dengan judul **“ANALISIS MORFOMETRIK TULANG SKAPULA ORANG DEWASA DALAM PENENTUAN JENIS KELAMIN BERDASARKAN GAMBARAN *COMPUTERIZED TOMOGRAPHY SCAN* SKAPULA *REFORMAT 3-DIMENSIONAL BONE*”** adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari karya saya terbukti bahwa sebagian atau seluruhnya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 7 Oktober 2024

Yang Menyatakan



dr. Yosephine Siahaan

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur hanya bagi Tuhan Yesus Kristus karena Kemurahan dan Kasih Setia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Analisis Morfometrik Tulang Skapula Orang Dewasa Dalam Penentuan Jenis Kelamin Berdasarkan Gambaran *Computerized Tomography Scan* Skapula *Reformat 3-Dimensional Bone*”**. Penulisan tesis ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Spesialis Forensik dan Medikolegal pada Program Pendidikan Dokter Spesialis Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Dalam perjalanan penulisan tesis ini, penulis menghadapi berbagai hambatan. Namun, berkat bantuan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak, akhirnya penulisan tesis ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu. Dengan penuh rasa terima kasih, penulis ingin mengucapkan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. **Dr. dr. Berti Julian Nelwan, M.Kes, Sp.PA(K), Sp.FM, DFM** sebagai pembimbing utama dan selaku Kepala Departemen Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, **dr. Rafikah Rauf, M.Kes, Sp.Rad(K)** sebagai pembimbing pendamping, dan **dr. Rusdina Bte Ladju, Ph.D** sebagai pembimbing statistik, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran, serta ilmu selama penelitian dan penyusunan tesis ini, sekaligus senantiasa memberikan dukungan dan motivasi.
2. **Dr. dr. Hj. Annisa Anwar Muthaher, SH, M.Kes, Sp.FM** sebagai tim penguji sekaligus sebagai Ketua Program Studi Kedokteran Forensik, **AKBP Dr. dr. Mauluddin Mansyur, SH, MH, Sp.FM** sebagai tim penguji serta sebagai Senior di Institusi tempat dinas penulis, yang selalu memberikan saran dan masukan sejak pengajuan proposal penelitian hingga selesainya penelitian ini, dan selalu memberikan dukungan sert motivasi selama proses pendidikan.
3. **Dr. dr. Jerny Dase, SH, M.Kes, Sp.FM, dr. Denny Mathius Sendana, M.Kes, Sp.FM**, selaku dosen pembimbing klinis, atas setiap arahan, masukan, pembelajaran selama dinas di rumah sakit pendidikan serta motivasi selama proses penelitian dan Pendidikan Spesialis.

4. Seluruh staf dosen pengajar di Program Studi Kedokteran Forensik dan Medikolegal Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makassar **Prof. dr. Syarifudin Wahid, PhD, Sp.PA(K), dr. Gunawan Arsyadi, Sp.PA(K), dr. Cahyono Kaelan, PhD, Sp.PA(K), Sp.N(K), dr. Djumadi Achmad, Sp.PA(K), dr. Tarsisia Truly Djimahit, Sp.PA(K), Prof. Dr. dr. Rina Masadah, M.Phill, Sp.PA(K), Dr. dr. Gatot S. Lawrence, Sp.PA(K), dr. Muhammad Husni Cangara, PhD, Sp.PA, drg. Peter Sahelangi Sp.OF, DFM, dr. Afriani Early, SH, Sp.FM, dr. Indrawaty Ary, Sp.FM, dr. Jaury P. Sutjipto, Sp.FM** atas bimbingan dan ilmunya selama penulis menjalani proses Pendidikan Spesialis maupun dalam penyusunan tesis.
5. Rektor dan Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makassar, atas kesediaannya menerima penulis sebagai peserta didik pada Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu Ilmu Forensik dan Medikolegal Universitas Hasanuddin Makassar.
6. Kepala Pusat Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu Universitas Hasanuddin yang senantiasa memantau dan membantu kelancaran pendidikan.
7. **Kombespol drg. Ignatius Hendra A., Sp.KG** sebagai Kepala Bidang Kedokteran dan Kesehatan Polda Sulawesi Tenggara dan **Kombespol dr. Bambang Triambodo, Sp.B** sebagai Kepala Rumah Sakit Bhayangkara, serta selaku atasan langsung, yang sudah mengizinkan penulis menjalani Pendidikan di Universitas Hasanuddin serta memberi dukungan moril dan materil selama menjalani Pendidikan Spesialis.
8. **dr. Tjiang Sari Lestari, Sp.FM, M.Anth.For** sebagai dokter spesialis Forensik dan Medikolegal di ICRC Indonesia dan juga kepada **dr. Denys Putra Alim, Sp.FM** sebagai dokter spesialis Forensik dan Medikolegal di Fakultas Kedokteran Universitas Ciputra Surabaya atas kontribusinya untuk *sharing session* dari awal rencana pembuatan penelitian ini sampai penelitian ini selesai. Serta Pak **Hedi Kuswanto, S.Si, M.Si** yang selalu siap jika berdiskusi dan membantu mengenai ilmu statistik.
9. Seluruh teman sejawat residen Forensik dan Medikolegal atas semua bantuan, dukungan, doa dan persaudaraan yang diberikan selama penulis menjalani pendidikan hingga menyelesaikan karya akhir ini, terutama leting penulis

dr.Andi Iqbal Iskandar, dr.Deiby, dr.Enno dan dr.Andi Fajar Apriani yang selalu kompak bersama dalam suka dan duka menjalani proses pendidikan spesialis. Serta senior **dr. Indah Wulan Sari, Sp.FM** yang senantiasa memotivasi penulis dalam menyelesaikan penelitian dan selama proses pendidikan.

10. Seluruh teman sejawat residen Radiologi atas semua bantuan dan dukungan selama proses penelitian.
11. Staf Administrasi Program Studi Forensik dan Medikolegal khususnya kepada **Ibu Kartini** dan **Ibu Fira** yang membantu kelengkapan surat menyurat sejak awal pendidikan hingga selesai.

12. **Terkhusus Kepada:**

- a. Keluarga tercinta, Ibu **Ruth Megawaty Tampubolon**, adik **dr.Joseph** dan **Ridha Ester**. Ipar **Violetta** dan **Nicholas**, serta keponakan **Celine, Jordan** dan **Mikhaela** yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dan semangat baik moril maupun materil serta selalu berbagi sukacita selama penulis menjalankan pendidikan spesialis.
 - b. Keluarga besar Tampubolon dan Siahaan yang berada di Medan dan Jakarta yang selalu mendoakan dan memberi dukungan.
 - c. Sahabat the Labengkes, terutama yang sepenanggungan di Makassar, **drg.Arrang** dan **dr.Viqa** yang selalu saling berbagi cerita, serta memberikan motivasi dan semangat.
13. **Semua pihak** dan orang-orang yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dan memberikan dukungan saat penulis melakukan penelitian.

Penulis berharap agar karya akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan Ilmu Forensik dan Medikolegal di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala khilaf dan salah mulai dari awal penelitian sampai akhir penulisan karya akhir ini

Makassar, Oktober 2024

Yosephine Siahaan

ABSTRAK

Latar Belakang: Antropologi forensik memainkan peran penting dalam mengidentifikasi individu melalui profil biologis, yang meliputi penilaian ras, jenis kelamin, usia, dan tinggi badan. Penentuan jenis kelamin yang akurat sangat penting untuk memandu proses identifikasi lebih lanjut. Meskipun panggul dan tengkorak biasanya digunakan untuk tujuan ini, metode alternatif diperlukan ketika tulang-tulang ini tidak tersedia.

Tujuan: Mengetahui peranan tulang skapula dari gambaran *CT-scan reformat 3D bone* pada populasi dewasa di Sulawesi Selatan untuk proses identifikasi forensic

Metode: Penelitian ini menggunakan desain observasional deskriptif dan analitik dengan pendekatan potong lintang, dilakukan dari Februari hingga Mei 2024, menggunakan data sekunder dari rekam medis pasien antara Januari 2020 hingga Desember 2022. Sampel termasuk orang dewasa yang menjalani pemeriksaan *MSCT Thorax* di Instalasi Radiologi RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar yang terdiri dari 110 laki-laki dan 112 perempuan populasi Sulawesi Selatan. Data morfometrik tulang skapula dianalisis menggunakan *software PACS GE Healthcare* dengan teknik *volume-rendering*. Pengukuran dilakukan menggunakan 6 parameter pada skapula kanan dan kiri. Kemudian data dianalisis menggunakan SPSS dan R Studio, dengan tes Kolmogorov-Smirnov, Independent T-Test, Mann-Whitney, dan regresi logistik biner. Signifikansi ditetapkan pada $p < 0,05$, dengan nilai standar spesifik ditentukan melalui analisis Kurva ROC.

Hasil: Hasil analisis menunjukkan perbedaan signifikan dalam ukuran skapula antara laki-laki dan perempuan. Ditemukan asimetris bilateral para pengukuran parameter LGC dan BGC. Nilai standar spesifik masing-masing parameter didapat dari nilai Cutt-off pada Kurva ROC, dan yang menjadi parameter terbaik adalah penggunaan secara kombinasi 6 parameter yaitu MSH,MSB,MLS, LGC, BGC dan ISLS yang mampu memprediksi jenis kelamin dengan tingkat akurasi 99,55%.

Kesimpulan: Parameter morfometrik tulang skapula terbukti memiliki nilai prediktif yang baik dalam menentukan jenis kelamin, sehingga tulang skapula dapat dijadikan acuan untuk identifikasi forensik.

Kata kunci: Antropologi forensik, CT-Scan 3D, Dimorfisme seksual, Identifikasi, Morfometrik, Penentuan jenis kelamin, Skapula

ABSTRACT

Background: Forensic anthropology plays an important role in identifying individuals through biological profiling, which includes the assessment of race, sex, age, and height. Accurate determination of sex is essential to guide the identification process further. Although the pelvis and skull are commonly used for this purpose, alternative methods are required when these bones are not available.

Objective: Knowing the role of scapula bone from CT-scan reformat 3D bone images in the adult population in South Sulawesi for the forensic identification process.

Methods: This study used a descriptive and analytic observational design with a cross-sectional approach, conducted from February to May 2024, using secondary data from patient medical records between January 2020 and December 2022. The sample included adults who underwent MSCT thorax examination at the Radiology Installation of Dr. Wahidin Sudirohusodo Hospital Makassar, consisting of 110 males and 112 females of the South Sulawesi population. Scapular bone morphometric data were analyzed using GE Healthcare PACS software with a volume-rendering technique. Measurements were made using 6 parameters on the right and left scapula. Data were then analyzed using SPSS and R Studio, with Kolmogorov-Smirnov, Independent T-Test, Mann-Whitney, and binary logistic regression tests. Significance was set at $p < 0.05$, with specific standardized values determined through ROC curve analysis.

Results: The analysis showed significant differences in scapular size between males and females. Bilateral asymmetry of LGC and BGC parameters was found. The specific standard value of each parameter is obtained from the Cutt-off value on the ROC Curve, and the best parameter is the combined use of 6 parameters namely MSH, MSB, MLS, LGC, BGC, and ISLS which can predict sex with an accuracy rate of 99.55%.

Conclusion: The morphometric parameters of the scapula bone are proven to have good predictive value in determining sex so that the scapula bone can be used as a reference for forensic identification.

Keywords: Forensic anthropology, 3D CT-Scan, Sexual dimorphism, Identification, Morphometrics, Sex determination, Scapula

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.3.1 Tujuan Umum	4
I.3.2 Tujuan Khusus	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	5
I.4.1 Manfaat bagi Ilmu Pengetahuan	5
I.4.2 Manfaat bagi Masyarakat.....	5
I.4.3 Manfaat bagi Institusi	5
I.5 Hipotesis Penelitian	5
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
II.1 Identifikasi Forensik.....	7
II.1.1 Identifikasi Pada Kerangka	12
II.2 Tulang Skapula.....	12
II.2.1 Anatomi Tulang Skapula.....	12
II.2.2 Embriogenesis Tulang Skapula.....	17

II.3	Peranan Tulang Skapula dalam Proses Identifikasi Forensik	18
II.3.1	Penentuan Jenis Kelamin (Dimorfisme Seksual)	18
II.3.2	<i>Population-Spesific Standard</i>	25
II.4	Pencitraan Radiologi dalam Investigasi Forensik	26
II.5	Kerangka Teori	33
BAB III		34
KERANGKA KONSEP		34
BAB IV		35
METODE PENELITIAN		35
IV.1	Rancangan Penelitian	35
IV.2	Waktu dan Lokasi Penelitian	35
IV.3	Sumber Data	35
IV.4	Materi Penelitian	35
IV.4.1	Populasi Penelitian	35
IV.4.2	Sampel Penelitian	36
IV.4.3	Besar Sampel	37
IV.4.4	Cara Pengambilan Sampel	38
IV.5	Identifikasi dan Klasifikasi Variabel	38
IV.5.1	Variabel Bebas	38
IV.5.2	Variabel Tergantung	38
IV.6	Definisi Operasional dan Kriteria Obyektif	39
IV.6.1	Defenisi Operasional	39
IV.6.2	Kriteria Obyektif	42
IV.7	Cara Kerja Penelitian	43
IV.7.1	Alokasi Subyek Penelitian	43
IV.7.2	Cara Kerja	43
IV.8	Alur Penelitian	45
IV.9	Cara kerja dan Analisis Statistik Data	46
IV.10	Izin Penelitian dan <i>Ethical Clearance</i>	47
BAB V		48
HASIL DAN PEMBAHASAN		48
V.1	Hasil Penelitian	48

V.2 Pembahasan	69
V.3 Limitasi :.....	76
BAB VI	77
PENUTUP	77
VI.1 Kesimpulan.....	77
VI.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN I.	89
LAMPIRAN II	90
LAMPIRAN III.	91

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 : Perbandingan morfometrik skapula dari berbagai literatur	23
Tabel II.2 : Keunggulan, Limitasi, dan Area Penggunaan beberapa Modalitas Pencitraan	29
Tabel V.1 : Distribusi sampel penelitian	48
Tabel V.2 : Deskripsi Parameter Morfometrik Laki-laki dan Perempuan	51
Tabel V.3 : Perbandingan Morfometrik Laki-laki dengan Perempuan	53
Tabel V.4 : parameter Maximum Scapular Height berdasarkan Jenis Kelamin	56
Tabel V.5 : Tabulasi parameter Maximum Scapular Breadth berdasarkan Jenis Kelamin	58
Tabel V.6 : Tabulasi parameter Maximum Length of the Spine berdasarkan Jenis Kelamin	59
Tabel V.7 : Tabulasi parameter Length of Glenoid Cavity of the Scapula berdasarkan Jenis Kelamin	61
Tabel V.8 : parameter Breadth of Glenoid Cavity of the Scapula berdasarkan Jenis Kelamin	62
Tabel V.9 : Tabulasi parameter Infraspinatus Length of the Scapula berdasarkan Jenis Kelamin	64
Tabel V.10: Metrik Model Regresi Logistik	65
Tabel V.11: Nilai Statistik Regresi Logistik Biner dengan Metode Enter	67
Tabel V.12: Metrik Morfometrik Terbaik Skapula	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Skapula kanan, anterior	16
Gambar 2.	Skapula kanan, posterior	16
Gambar 3.	Skapula kanan, lateral	16
Gambar 4.	Skapula kanan, superior	16
Gambar 5.	Pengukuran Skapula	22
Gambar 6.	Frekuensi dan persentase Jenis Kelamin	49
Gambar 7.	Parameter Morfometrik Skapula	50
Gambar 8.	Perbedaan Morfometrik Laki-laki dan Perempuan...	54
Gambar 9.	Cut-Off Analysis pada parameter Maximum Scapular Height	56
Gambar 10.	Cut-Off Analysis pada parameter Maximum Scapular Breadth	57
Gambar 11.	Cut-Off Analysis pada parameter Maximum Length of the Spine	59
Gambar 12.	Cut-Off Analysis pada parameter Length of Glenoid Cavity of the Scapula	60
Gambar 13.	Cut-Off Analysis pada parameter Breadth of Glenoid Cavity of the Scapula	62
Gambar 14.	Cut-Off Analysis pada parameter Infraspinatus Length of the Scapula	63

DAFTAR SINGKATAN

MSH	: <i>Maximum Scapular Height</i>
MSB	: <i>Maximum Scapular Breadth</i>
MLS	: <i>Maximum Length of the Spine</i>
LGC	: <i>Length of Glenoid Cavity of the Scapula</i>
BGC	: <i>Breadth of Glenoid Cavity of the Scapula</i>
ISLS	: <i>Infraspinatus Length of the Scapula</i>
CT-Scan 3D	: <i>Computed Tomography Scan 3 Dimensi</i>
MSCT	: <i>Multislice Computerized Tomography</i>
MRI	: <i>Magnetic Resonance Imaging</i>
PACS	: <i>Picture Archiving and Communication System</i>
ROC	: <i>Receiver Operating Characteristic</i>
DVI	: <i>Disaster Victim Identification</i>
TKP	: <i>Tempat Kejadian Perkara</i>
DNA	: <i>Deoxyribonucleic Acid</i>
SSD	: <i>Sexual Size Dimorphism</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I.	Rekomendasi Persetujuan Etik	89
Lampiran II.	Dokumentasi Penelitian	90
Lampiran III.	Analisis Data Penelitian	91

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Identifikasi jenazah yang tidak dikenal merupakan salah satu tugas penting bagi seorang profesi dokter forensik. Terutama bila jenazah sudah mengalami pembusukan lanjut dan telah menjadi kerangka akan menjadi hal yang paling menantang. Misalnya temuan jenazah pada kasus mutilasi, terbakar maupun kasus bencana yang mana biasanya bagian tubuh sudah tidak utuh atau pada temuan jenazah yang telah mengalami pembusukan lanjut dan mengalami skeletonisasi. Untuk memenuhi tanggung jawab profesi tersebut dan memberikan keadilan hak asasi manusia, maka suatu upaya identifikasi forensik harus dilakukan untuk membuktikan identitas jenazah secara ilmiah dengan menggunakan standar keilmuan yang paling tinggi, sehingga jenazah dapat dimakamkan sesuai identitasnya dan sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.^{1,2}

Sejak dahulu ilmu antropologi forensik telah lama dimanfaatkan dalam proses identifikasi forensik. Penentuan profil biologis merupakan langkah penting dalam suatu proses identifikasi. Studi penentuan profil biologis menggunakan tulang telah banyak dilakukan sebelumnya. Baik dari penggunaan koleksi tulang, dari penemuan kerangka postmortem, serta dari pemeriksaan tulang menggunakan alat pencitraan dari jenazah maupun dari orang yang masih hidup.^{3,4} Profil biologis penting ditentukan untuk mempersempit rentang potensi kecocokan selama proses identifikasi. Yang

termasuk dalam profil biologis utama adalah ras/etnis (*ancestry*), jenis kelamin, usia dan tinggi badan.⁵

Penentuan jenis kelamin secara akurat untuk kasus temuan jenazah yang tidak dikenal maupun yang telah jadi kerangka merupakan langkah pertama yang penting dalam proses identifikasi, karena penentuan usia dan tinggi badan saat kematian biasanya dilakukan dengan menggunakan standar spesifik dari jenis kelamin.^{5,6} Perkiraan jenis kelamin juga dapat membantu mempersempit parameter pencarian sekitar 50% dalam penelusuran laporan orang hilang untuk hipotesis identifikasi.⁷

Penentuan jenis kelamin dapat ditentukan dari kerangka yang memiliki dimorfisme seksual nyata pada beberapa segmen tulang seperti tulang panggul dan tulang tengkorak yang masih diakui secara luas memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam penentuan jenis kelamin. Namun ketika tulang-tulang tersebut tidak tersedia seperti pada temuan kerangka yang sudah tidak lengkap dan tidak utuh atau karena suatu proses pembusukan, maka diperlukan suatu metode penentuan jenis kelamin sebagai alternatif yang menggunakan elemen kerangka lainnya.^{5,6,8}

Keakuratan proses identifikasi jenis kelamin terhadap temuan kerangka manusia sangat bergantung pada komponen tulang yang dianalisis dan teknik yang digunakan.⁹ Studi penentuan jenis kelamin menggunakan tulang skapula dari berbagai populasi telah banyak dilakukan termasuk teknik pemeriksaan yang beragam baik dengan pengamatan dan pengukuran langsung pada koleksi tulang atau pada temuan kerangka maupun dengan penggunaan teknik pencitraan radiologi seperti *X-Ray*, *CT-Scan*, dan

MRI.^{5,6,8,10,11,12,13,14,15,16,17} Selama beberapa dekade terakhir, teknik pencitraan dengan *CT-Scan* merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan dan disarankan oleh peneliti untuk menilai osteologi dalam hal menentukan profil biologis seseorang. *CT-Scan* dapat memvisualisasikan hampir setiap struktur anatomi maupun patologi tulang.¹⁸ Selain itu *CT-Scan* juga memiliki resolusi kontras yang lebih baik sehingga dapat menghasilkan gambaran tulang dan jaringan lunak yang lebih detail dengan waktu pemrosesan yang relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan metode konvensional.¹⁹ Namun standar osteometrik atau nilai pengukuran pada kerangka yang didapatkan dari penelitian-penelitian tersebut bersifat spesifik (*population-specific standart*) dan tidak dapat diterapkan secara akurat pada populasi yang berbeda, karena kerangka pada kelompok manusia memiliki fitur morfometrik yang berbeda tergantung pada faktor geografis, genetik, dan lingkungan.^{7,20}

Di Indonesia penelitian mengenai peran dan keakuratan tulang skapula dalam penentuan jenis kelamin masih belum banyak dilakukan. Dari penelusuran, peneliti hanya menemukan satu penelitian.²¹ Oleh karena itu peneliti tertarik untuk meneliti mengenai penentuan jenis kelamin berdasarkan pengukuran morfometrik tulang skapula dari gambaran *CT-Scan* Skapula dengan reformat *3D Bone* pada populasi dewasa di Provinsi Sulawesi Selatan sehingga dari penelitian ini nanti dapat diperoleh suatu acuan baru yang spesifik dalam proses identifikasi forensik Indonesia khususnya di Provinsi Sulawesi Selatan.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut; “Bagaimana analisis morfometrik tulang skapula orang dewasa dari gambaran *CT-Scan Skapula reformat 3D Bone* dalam hubungannya dengan penentuan jenis kelamin”

I.3 Tujuan Penelitian

I.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui peranan tulang skapula dari gambaran *CT-Scan Skapula reformat 3D Bone* orang dewasa untuk kepentingan proses identifikasi forensik pada populasi Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia.

I.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui karakteristik morfometrik tulang skapula dari gambaran *CT-Scan Skapula reformat 3D Bone* terhadap jenis kelamin pada populasi orang dewasa Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Mengetahui hubungan antara morfometrik tulang skapula dari gambaran *CT-Scan Skapula reformat 3D Bone* dengan penentuan jenis kelamin pada populasi orang dewasa Provinsi Sulawesi Selatan.
3. Mengetahui nilai standar spesifik morfometrik tulang skapula dari gambaran *CT-Scan Skapula reformat 3D Bone* dalam penentuan jenis kelamin pada populasi dewasa Provinsi Sulawesi Selatan.
4. Mengetahui parameter morfometrik terbaik tulang skapula menggunakan gambaran *CT-Scan Skapula reformat 3D Bone* serta

keakuratannya dalam penentuan jenis kelamin pada populasi orang dewasa Provinsi Sulawesi Selatan.

I.4 Manfaat Penelitian

I.4.1 Manfaat bagi Ilmu Pengetahuan

1. Menambah literatur pemanfaatan tulang skapula dalam proses identifikasi forensik terutama pada populasi Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Mengembangkan potensi penelitian lebih lanjut parameter tulang skapula dalam proses identifikasi forensik di Indonesia

I.4.2 Manfaat bagi Masyarakat

1. Menambah wawasan bagi masyarakat terkait pentingnya peran dan proses identifikasi forensik di Indonesia
2. Menambah indikator identifikasi yang akurat pada temuan jenazah yang belum diketahui identitasnya, terutama yang telah menjadi kerangka dan ditemukan tulang skapulanya.

I.4.3 Manfaat bagi Institusi

1. Menjadi bentuk pengalaman Tri Dharma perguruan tinggi yaitu Pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada Masyarakat.
2. Meningkatkan kolaborasi antar departemen dalam Institusi dari segi Pendidikan maupun penelitian Bersama.

I.5 Hipotesis Penelitian

- I.5.1 H₀: Ada hubungan antara morfometrik tulang skapula dari gambaran *CT-Scan* Skapula *reformat 3D Bone* dengan penentuan jenis kelamin.

H1: Tidak ada hubungan antara morfometrik tulang skapula dari gambaran *CT-Scan Skapula reformat 3D Bone* dengan penentuan jenis kelamin.

I.5.2 H0: Nilai standar spesifik morfometrik tulang skapula dalam penentuan jenis kelamin dapat ditentukan dengan menggunakan gambaran *CT-Scan Skapula reformat 3D Bone*

H1: Nilai standar spesifik morfometrik tulang skapula dalam penentuan jenis kelamin tidak dapat ditentukan dengan menggunakan gambaran *CT-Scan Skapula reformat 3D Bone*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Identifikasi Forensik

Identifikasi forensik merupakan suatu upaya pemanfaatan ilmu forensik untuk mengungkap identitas seseorang. Identifikasi dapat dilakukan untuk orang hidup dan untuk orang yang sudah meninggal. Pada orang yang sudah meninggal biasanya ditujukan pada jenazah yang sudah tidak dikenal, jenazah yang telah membusuk atau rusak, hangus terbakar, yang mengalami kecelakaan massal, bencana alam maupun buatan serta dilakukan terhadap potongan tubuh atau kerangka. Hal ini dilakukan demi kepentingan sosial maupun medikolegal.^{18,22} Dalam Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal, identifikasi merupakan suatu upaya untuk membantu penyidikan dalam menentukan identitas seseorang. Identifikasi dilakukan antara lain pada perkara-perkara sebagai berikut:²³

1. Perkara Pidana
 - a. Identifikasi para penjahat, pembunuh, pelaku penganiayaan, perkosaan dan lain-lain.
 - b. Korban kecelakaan lalu lintas yang tidak dikenal
 - c. Identifikasi jenazah yang sudah membusuk dan sudah menjadi kerangka pada peristiwa gali kubur
 - d. Korban yang tidak dikenal, tenggelam, hilang, dan penentuan jenis kelamin yang meragukan

2. Perkara Perdata

- a. Asuransi
- b. Hak waris
- c. Dugaan ayah dari seseorang yang tidak dikenal

Pada dasarnya, prinsip identifikasi adalah membandingkan informasi ante-mortem dan post-mortem untuk menemukan kesamaan atau perbedaan. Tujuan dari proses ini adalah untuk mencapai kesimpulan yang diinginkan yang memungkinkan dapat mengkonfirmasi atau menolak kecocokan identitas seseorang. Selama proses identifikasi, jika tidak ada bukti yang cukup untuk menginklusi identitas seseorang, maka akan lebih baik tidak diidentifikasi daripada dianggap salah sasaran. Ini dikarenakan konsekuensi dari kesalahan identifikasi lebih besar daripada tidak diidentifikasi sama sekali.²⁴

Penentuan identitas seseorang penting dilakukan, karena hak atas identitas termasuk dalam hak asasi manusia yang mendasar dan independen yang dilindungi secara eksplisit dan implisit dalam hukum internasional. Negara berkewajiban untuk melindungi kepentingan terhadap pemenuhan atas hak identitas ini.²⁵ Indonesia sendiri juga telah memiliki wujud pemenuhan hak atas identitas warga negaranya yang diatur dalam UU nomor 35 tahun 2014 tentang Perlindungan Anak, dikatakan bahwa identitas diri setiap anak harus diberikan sejak lahir.²⁶

Saat terjadi bencana yang menelan banyak korban, seperti gempa bumi, tsunami, tanah longsor, banjir, serangan teroris, ledakan bom, pembunuhan massal maka akan muncul kebutuhan akan identifikasi.²⁷

Panduan Interpol menetapkan tahapan identifikasi korban bencana (DVI) sebagai berikut :^{28,29}

1. *Scene examination*

Pemeriksaan/olah tempat kejadian perkara (TKP) bencana sangat bervariasi tingkat kesulitannya karena berhubungan dengan lokasi yang sulit dijangkau atau berbahaya serta jenis bencana yang terjadi, apakah bencana alam atau non-alam. Tingkat kesulitan mengakses TKP dan jumlah korban jiwa dapat menyebabkan proses pengumpulan tubuh korban dan barang-barang properti berlangsung sehari-hari bahkan berminggu-minggu.

2. *Post-mortem data*

Setelah tubuh korban ditemukan dalam olah TKP, dokter forensik dan medikolegal memeriksanya untuk memastikan apakah ada bukti forensik yang dapat membantu mengidentifikasi identitas korban. Identifikasi visual yang tidak akurat disebabkan oleh kerusakan tubuh jenazah dan proses perubahan yang terjadi setelah kematian.

3. *Ante-Mortem data*

Rekaman medis, media gigi, dan profil DNA terduga korban dikumpulkan dari keluarga atau rumah korban.

4. *Reconciliation*

Saat *Post-mortem data* dan *Ante-Mortem data* telah dikumpulkan, tim DVI akan membandingkan dan merekonsiliasi data untuk mengidentifikasi identitas korban. Identitas seseorang diungkapkan jika

setidaknya terdapat satu dari metode primer yang cocok atau terdapat dua metode sekunder yang cocok antara data *ante-mortem* dan *post-mortem*.

Adapun metode identifikasi yang digunakan dapat digolongkan menjadi:^{28,29}

1. Metode identifikasi primer, yang terdiri dari:

- a. Sidik jari

Garis sidik jari pada telapak dan jari kaki masing-masing berbeda-beda, tidak sama antar manusia, dan persisten dari lahir hingga dewasa (kecuali jika garis sidik jari mengalami kerusakan atau karena pembusukan), maka pemeriksaan sidik jari adalah metode yang dapat diandalkan untuk dalam identifikasi.

- b. Rekam gigi

Gigi dan rahang manusia memiliki struktur yang berbeda. Gigi adalah salah satu bagian tubuh manusia yang paling keras dan tahan terhadap berbagai jenis kerusakan. Karena itu, meskipun jaringan lain telah rusak, gigi mungkin masih dapat diidentifikasi bahkan jika mereka telah rusak. Rekaman medis gigi dikumpulkan dari keluarga pada fase *ante-mortem* dan data gigi korban dikumpulkan langsung pada fase *post-mortem*.

- c. Pemeriksaan DNA

Kecuali dalam kasus kembar identik, materi DNA dalam sel tubuh manusia mengandung informasi yang unik dan spesifik tentang individu tersebut. Tes DNA dapat dilakukan pada tubuh yang telah

dipotong atau mengalami kerusakan parah, sedangkan sampel DNA pembanding dapat diambil dari kerabat dekat.

2. Metode identifikasi sekunder, yang terdiri dari:

a. Data medis personal

Data medis seperti riwayat operasi, jaringan parut, dan pemasangan alat bantu atau implant yang memiliki nomor seri juga penting dan unik untuk deskripsi personal seseorang sepanjang hidupnya.

b. Patologi

Ciri-ciri eksternal yang berbeda dari populasi umum dapat menjadi sumber informasi tambahan untuk identifikasi. Ciri luar ini dapat disebabkan oleh penyakit atau operasi dan perubahan, seperti jumlah jari yang lebih atau kurang, kehadiran tato atau tindik, dan lain-lain yang cukup unik untuk seseorang. Ciri internal khusus diperoleh saat autopsi atau dengan menggunakan pencitraan untuk mengetahui kondisi penyakit dan perubahan anatomis pada organ tubuh, seperti pasca apendektomi atau histerektomi.

c. Antropologi

Pemeriksaan antropologi disini berfokus pada pemeriksaan tulang untuk menemukan ciri unik dan tanda kekerasan pada tulang untuk mengidentifikasi profil individu.

d. Pakaian atau barang

Barang-barang seperti dokumen pribadi, pakaian, dan perhiasan. Untuk menghindari interpretasi yang salah, metode ini harus

digunakan dengan hati-hati karena kepemilikan barang harus disertai dengan bukti lain.

II.1.1 Identifikasi Pada Kerangka

Proses identifikasi individu berdasarkan kerangka merupakan bagian penting dari antropologi forensik. Ketika diperhadapkan dengan temuan kerangka maka hal penting yang harus ditentukan apakah sisa-sisa kerangka yang ditemukan itu adalah tulang?, lalu apakah tulang itu adalah tulang manusia?, jika manusia ada berapa individu. Saat telah diyakini bahwa individu tersebut adalah manusia maka tugas terpenting yang berikutnya adalah melakukan identifikasi terhadap individu tersebut (siapa individu tersebut?) dengan cara menentukan profil biologis yaitu penentuan jenis kelamin, usia, tinggi badan, dan ras/etnis.^{27,30,31} Profil biologis adalah karakteristik pengidentifikasi individu, atau informasi biologis, yang mencakup hal-hal berikut: jenis kelamin, usia, tinggi badan, keturunan, variasi kerangka, trauma, dan patologi.³⁰

II.2 Tulang Skapula

II.2.1 Anatomi Tulang Skapula

Skapula adalah tulang segitiga datar yang terletak pada permukaan posterior tulang iga belakang dan membentuk bagian posterior dari bahu. Pada sudut lateral atas tulang skapula terdapat cekungan (fossa glenoid) yang membentuk soket untuk kaput tulang humerus. Permukaan posterior tulang skapula dibagi oleh suatu tonjolan yang hampir horizontal memanjang ke lateral untuk membentuk akromion. Permukaan anterior

tepat di sebelah medial fossa glenoid terdapat proyeksi seperti paruh disebut prosesus korakoid, yang berfungsi sebagai perlekatan otot dan ligamen. Permukaan anterior scapula bergelombang dengan ketebalan scapula berkisar antara 10,5-26,7 mm. Tulang skapula bersama dengan klavikula membentuk korset bahu (*shoulder girdle*) yang merupakan struktur penyokong ekstremitas atas dan menghubungkan batang tubuh ke lengan.³ Skapula berartikulasi dengan humerus pada sendi glenohumeral, dan dengan klavikula pada sendi acromioclavicular.^{32,33} Memiliki tiga sudut superomedial, inferomedial dan lateral (glenoid). Sudut superomedial sudut, dibentuk oleh batas superior dan batas vertebra scapula, biasanya berukuran 124-162 derajat.³²

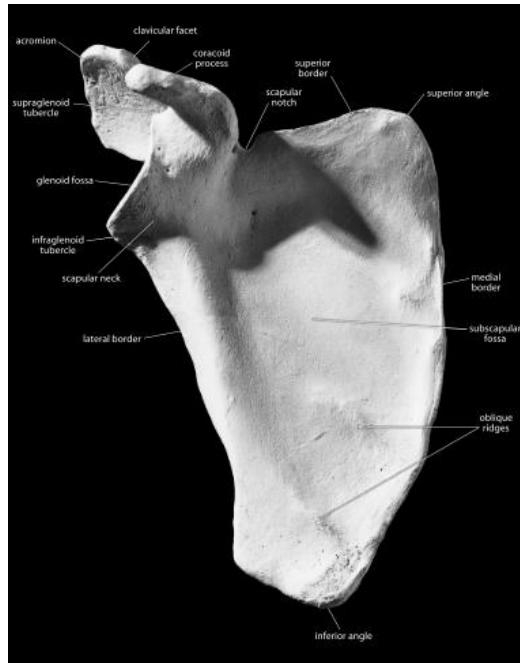
Bagian-bagian anatomi tulang Skapula:³⁴

- Batas superior (atau tengkorak) adalah batas terpendek dan paling tidak teratur.
- Lekukan skapula (atau supraskapula) (atau foramen) adalah fitur variabel pada batas superior. Lekukan setengah lingkaran ini dibentuk sebagian oleh dasar prosesus korakoid. Ini mentransmisikan saraf supraskapularis dan dapat menjadi foramen jika ligamen di tepi tengkoraknya mengeras.
- Prosesus Coracoid menonjol ke anterior dan superolateral dari batas superior skapula. Suatu proyeksi berbentuk seperti jari, tumpul, dan menonjol ke bawah ini mengaitkan berbagai otot, ligamen, dan lembaran fascia yang penting dalam fungsi sendi bahu.

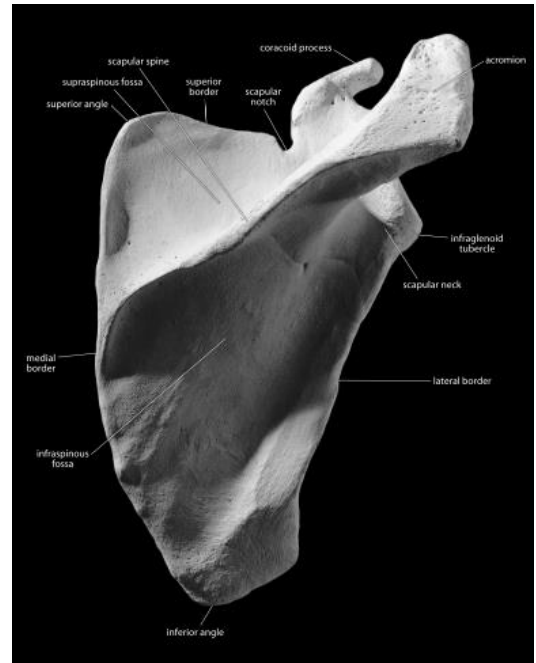
- Fossa subskapularis adalah cekungan dangkal yang mendominasi permukaan anterior (kosta) skapula.
- Tonjolan pada Fossa Subskapularis dari superolateral ke inferomedial dibentuk oleh tendon intramuskular otot subskapularis, otot utama yang berfungsi dalam rotasi medial dan adduksi humerus serta membantu gerakan lengan lainnya di bahu.
- Batas lateral (atau ketiak) adalah batas yang paling tebal secara anteroposterior. Biasanya sedikit cekung.
- Fossa glenoid (atau rongga) adalah cekungan yang dangkal dan memanjang secara vertikal yang menerima kepala humerus. Kedangkalan sendi ini memungkinkan mobilitas humerus yang besar (circumduksi dengan mudah), tetapi sendi bahu lebih rentan terhadap dislokasi dibandingkan sendi panggul.
- Tuberkulum supraglenoid terletak berdekatan dengan tepi superior rongga glenoid, di dasar proses korakoid. Ini menjangkar kepala panjang otot biceps brachii, sebuah eksor lengan dan lengan bawah.
- Tuberkulum infraglenoid berada tepat di sebelah tepi inferior fosa glenoid. Ini memberikan asal pada kepala panjang otot trisep brachii, ekstensor lengan bawah dan ekstensor dan adduktor lengan di bahu.
- Leher skapula adalah daerah yang sedikit menyempit tepat di sebelah medial fosa glenoid.
- Batas medial (atau vertebral) adalah batas yang paling lurus, terpanjang, dan paling tipis.

- Tulang belakang skapula mendominasi permukaan posterior skapula. Ini melewati medio-lateral melintasi permukaan ini, bergabung secara medial dengan perbatasan vertebral dan memproyeksikan secara lateral sebagai proses akromion.
- Akromion (atau proses akromial) adalah proyeksi lateral tulang belakang skapula. Permukaan tengkoraknya sangat kasar, memberikan perlekatan pada sebagian otot deltoideus, otot penculik lengan utama yang asalnya berlanjut di sepanjang tepi inferior tulang belakang skapula. Bagian atas otot trapezius, yang bertindak sebagai pemutar skapula, juga menyisip di sini. Sudut anteromedial akromion memiliki fasies artikular kecil untuk ujung distal klavikula, yaitu fasies klavikula.
- Fossa supraspinatus adalah cekungan besar yang memanjang secara mediolateral yang berada di atas pangkal tulang belakang. Ini adalah tempat asal otot supraspinatus, penculik utama lengan.
- Fossa infrapinatus adalah cekungan di bawah tulang belakang skapula. Area cekung yang luas dan lemah ini merupakan tempat asal otot infrapinatus, pemutar lateral lengan. Tendon intramuskular otot ini menempel pada tonjolan di permukaan fossa.
- Sudut superior skapula adalah tempat batas superior dan medial (vertebral) berpotongan. Otot levator skapula menempel pada permukaan dorsal skapula di daerah ini.
- Sudut inferior skapula adalah tempat perbatasan vertebral (medial) dan aksila (lateral) berpotongan. Rugositas pada permukaan kosta dan

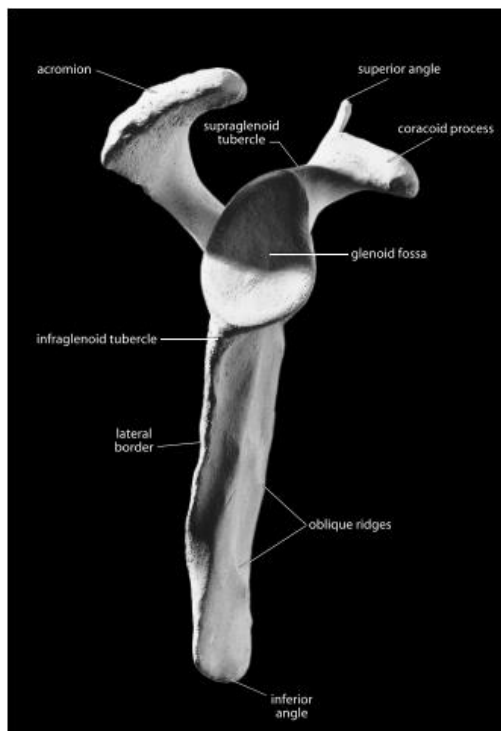
dorsal di daerah ini menandai insersi otot serratus anterior dan asal otot teres mayor masing-masing dari batas medial dan lateral.



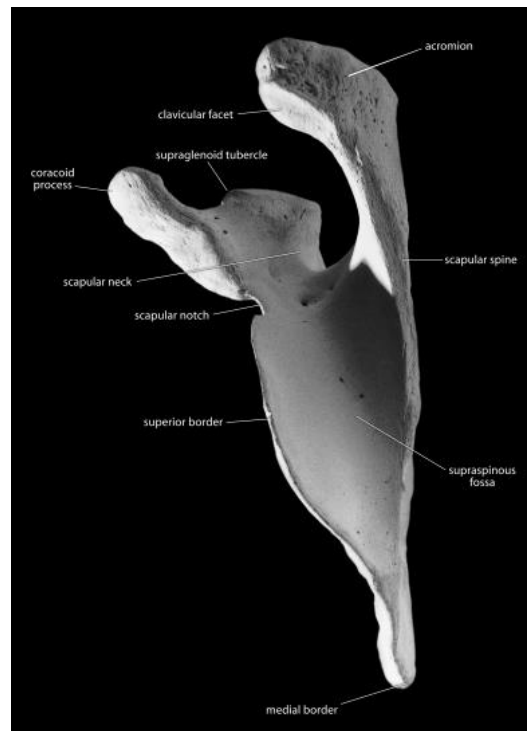
Gambar 1. Skapula kanan, anterior.³⁵



Gambar 2. Skapula kanan, posterior³⁵



Gambar 3. Skapula kanan, lateral³⁵



Gambar 4. Skapula kanan, superior³⁵

II.2.2 Embriogenesis Tulang Skapula

Proses perkembangan tulang skapula dimulai pada minggu ke-4 masa kehamilan. Selama tahap embrionik, pertumbuhan tulang skapula merupakan proses yang rumit melibatkan banyak faktor. Berikut tahapan embryogenesis skapula.^{35,36}

1. Minggu ke-4 kehamilan

Pada minggu ke-4 kehamilan, scapula mulai terbentuk sebagai dua lempeng tulang yang terpisah, yaitu lempeng coracoid dan lempeng scapula. Lempeng coracoid akan berkembang menjadi coracoid process, sedangkan lempeng scapula akan berkembang menjadi seluruh bagian scapula lainnya.

2. Minggu ke-8-12 kehamilan

Pada minggu ke-8-12 kehamilan, lempeng scapula mulai menyatu menjadi satu tulang. Pada saat ini, scapula juga mulai membentuk struktur-strukturnya yang khas, seperti fossa subscapularis, fossa supraspinatus, dan acromion.

3. Minggu ke-13-20 kehamilan

Pada minggu ke-13-20 kehamilan, scapula terus berkembang dan mencapai ukuran dan bentuk yang mendekati dewasa. Pada saat ini, scapula juga mulai mengalami proses osifikasi, yaitu proses pembentukan tulang. Dimana proses pembentukan tulang skapula melibatkan proses osifikasi endokondral. Proses ini dimulai dengan pembentukan sel-sel tulang rawan (kondrosit) pada lempeng embryonal. Sel-sel kondrosit kemudian akan mengalami diferensiasi menjadi sel-sel tulang (osteosit). Pada tahap ini juga tulang sepenuhnya sudah mengalami mineralisasi, yaitu proses

pengendapan mineral-mineral pada tulang rawan, proses ini menyebabkan tulang rawan menjadi keras dan kuat. Pada saat ini tulang skapula sudah terbentuk sepenuhnya dan siap untuk berfungsi.

4. Setelah lahir

Proses osifikasi scapula terus berlanjut setelah lahir. Tulang scapula akan mencapai bentuk dan ukuran yang dewasa pada usia sekitar 20 tahun.

II.3 Peranan Tulang Skapula dalam Proses Identifikasi Forensik

II.3.1 Penentuan Jenis Kelamin (Dimorfisme Seksual)

Penilaian jenis kelamin biologis pada sisa-sisa kerangka didasarkan pada perbedaan morfologis antara individu perempuan dan laki-laki. Variasi ukuran dan bentuk ini tentunya dipengaruhi oleh struktur kromosom dan ekspresi hormon seksual. Kondisi lingkungan, nutrisi, dan seleksi alam serta biomekanik tulang itu sendiri juga dapat mempengaruhi tingkat dimorfisme seksual.^{37,38} Tulang manusia dewasa cenderung menunjukkan dimorfisme seksual dalam arti bahwa laki-laki dan perempuan dapat dibedakan berdasarkan morfologis tulang. Perbedaan ini terutama tampak pada tulang pelvis dan tulang tengkorak yang sudah lama diketahui.⁴ Penentuan jenis kelamin pada kerangka akan semakin baik hingga dapat mencapai tingkat akurasi 100% jika penentuannya menggunakan seluruh tulang, 95% menggunakan tulang pelvis, 92 % menggunakan tulang tengkorak, 80% menggunakan tulang panjang dan 98% jika tulang panjang ditambah tulang pelvis. Potensi tulang lainnya dalam penentuan jenis kelamin juga telah banyak diteliti di berbagai populasi.³⁹

Untuk potensi pengukuran morfometrik tulang skapula dalam penentuan jenis kelamin (dimorfisme seksual) telah lama dilaporkan sejak tahun 1894 oleh Thomas Dwight, dalam studinya dilaporkan bahwa panjang maksimum tulang skapula (*Maximum Scapular Height*) dan *glenoid cavity* dapat dijadikan indikator dalam menentukan jenis kelamin.⁴⁰ Bainbridge dan Genoves tahun 1956, juga secara khusus mempelajari perbedaan jenis kelamin pada tulang skapula dengan menggunakan metode morfologi dan dimensi. Tahun 1961, Iordanis melakukan studi menggunakan beberapa pengukuran pada skapula termasuk panjang (*scapular height*) dan lebar skapula (*scapular breadth*).⁴¹

Studi Dabbs,dkk (2010) melaporkan bahwa pengukuran morfometrik tulang skapula terbukti berguna dalam menentukan jenis kelamin seseorang dengan tingkat akurasi antara 95,1% - 95,7%. Studi Zhang,dkk (2016) menggunakan gambaran CT_Scan 3D tulang skapula dalam menentukan jenis kelamin menggunakan enam parameter dan menyatakan bahwa semua parameter pengukuran skapula mempunyai korelasi dalam penentuan jenis kelamin dengan nilai $p < 0,001$.⁵ Studi Torimitsu,dkk (2016) di Jepang melakukan studi yang sama dengan hasil bahwa penentuan jenis kelamin pada subyek penelitiannya menghasilkan ketepatan hingga 90%.¹³

Metode identifikasi jenis kelamin yang sering digunakan ialah metode morfologi dan metode metrik.^{18,42}

- a) Metode morfologi termasuk metode kualitatif, berfokus pada bentuk serta memiliki subjektifitas tinggi karena bergantung pada penilaian visual ciri-

ciri dimorfisme seksual. Akurasi pada metode morfologi cenderung menurun manakala tulang yang ditemukan terfragmentasi atau kurang lengkap.

- b) Metode metrik (morfometrik) termasuk metode kuantitatif, serta fokus pada dimensi tulang. Metode ini didasarkan pada suatu persamaan yang didapatkan dari analisis statistik. Hasil numerik dari metode metrik ini mempermudah proses penilaian dan penafsiran dalam memprediksi jenis kelamin. Metode metrik biasanya digunakan ketika tulang tidak menunjukkan banyak perbedaan morfologis.

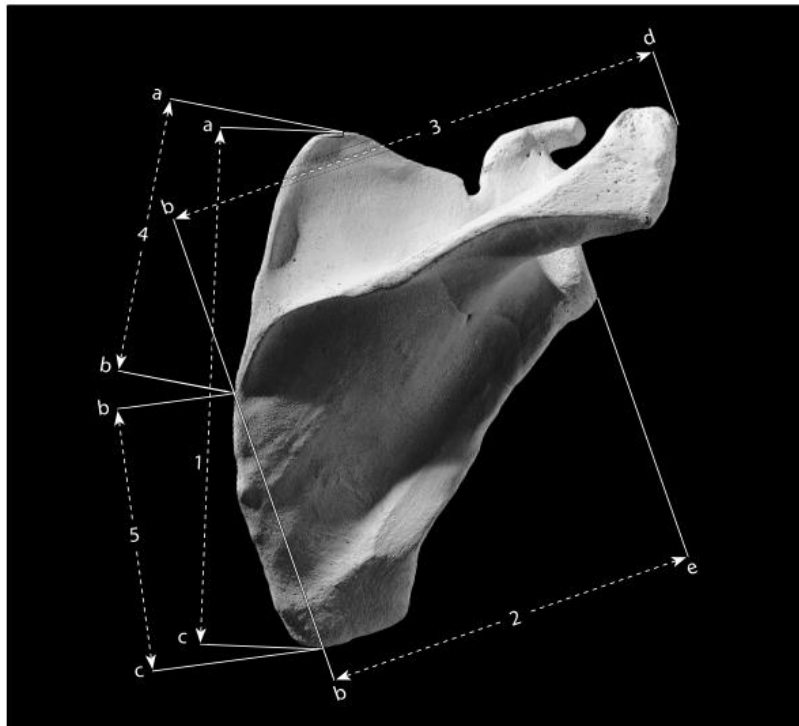
Untuk memaksimalkan penentuan jenis kelamin, ada kalanya menggunakan fungsi diskriminan statistik, namun yang menjadi masalah adalah penggunaan standar metrik tersebut bersifat spesifik pada suatu populasi. Satu parameter yang paling akurat pada populasi tertentu maka bisa saja menghasilkan tingkat akurasi yang rendah pada populasi lainnya. Pengukuran skapula digunakan untuk penentuan usia pada anak sub-dewasa, penentuan jenis kelamin pada orang dewasa, dan termasuk dalam banyak analisis multivariat.

Berikut ini adalah pengukuran skapula yang paling umum dilakukan dan berguna:³⁴

1. *Maximum length* (atau *anatomical height* atau *total height*) =

Dengan jangka sorong atau papan osteometri, ukur jarak antara sudut superior dan sudut inferior.

2. *Morphological* (atau *anatomical*) *breadth* = dengan jangka sorong, ukur jarak antara tepi posterior fossa glenoidalis dan titik perpotongan tulang skapula dengan batas medial.
3. *Length of spine* = dengan jangka sorong, ukur jarak antara titik perpotongan tulang skapula dengan batas medial dan titik paling distal pada prosesus akromial.
4. *Length of supraspinous line* = dengan menggunakan jangka sorong, ukur jarak antara titik perpotongan tulang skapula dengan batas medial dan ujung sudut superior.
5. *Length of infraspinous line* = dengan menggunakan jangka sorong, ukur jarak antara titik perpotongan tulang skapula dengan batas medial dan ujung sudut inferior.
6. *Scapular index* (*anatomical breadth + anatomical height*)



Gambar 5. Pengukuran Skapula ³⁴

Lokasi a) Titik paling atas dari sudut superior; b) persimpangan antara *scapular spine* dan batas medial.; c) titik paling bawah dari sudut inferior; d) titik pada akromion terjauh dari 'b'; e) tepi posterior fossa glenoidalis
Pengukuran 1) *maximum length*; 2) *maximum breadth*; 3) *length of scapular spine*; 4) *length of suprascapular line*; 5) *length of infrascapular line*.

Dari uraian diatas terlihat bahwa teknik morfometrik skapula cukup menjanjikan dalam penentuan jenis kelamin (dimorfisme seksual) dan dapat digunakan secara efektif sebagai alternatif dalam kasus forensik.

Tabel II.1 Perbandingan morfometrik skapula dari berbagai literatur

Studi	Metode	Populasi	Jumlah Sampel	Single Parameter	Akurasi (%)	Combine Parameter	Akurasi(%)
El Morsi,dkk (2017) ¹⁴	CT	Egypt	100 (50M, 50F)	MSL, SB (right)	82	MSL (right), MLSS (left)	88
Omar,dkk (2019) ⁴³	CT	Malaysia	200	SB	90,6	SB, MSL	92,4
Zhang,dkk (2016) ⁵	CT	China	414 (224m, 190F)	SB, LML	85,5	SB, LML, LSL	86.7
Torimitsu,dkk (2016) ¹³	CT	Jepang	218 (109M, 109F)	MSL (left)	91.3	MSL, MLSS, GCMB (left)	94.5
Özer,dkk (2006) ¹⁰	Dry Bone	Turki	93 (47M, 46F)	MSB	94.8	MSB, MSL, GCMB, GCML	95
Di Vella,dkk (1994) ⁴⁴	Dry Bone	Italia	80 (40M, 40F)	MSB	91.25	MSB, MSL, MACL, MAL, GCML	95
Dabbs,dkk (2010) ⁸	Dry Bone	Egypt	27 (14M, 13F)	GCML	84.6	GCML, MSL, MLSS	88
Papaioannou,dkk (2012) ¹¹	Dry Bone	Yunani	147 (81M, 66F)	MSL	91.2	MLSS, GCMB	95.9
Reddy and Doshi (2017) ⁴⁵	Dry Bone	India	180 (100M, 80F)	SB	93.3	SB, MSL, GCMB, GCML	96.7
Gara (2019) ⁴⁶	Dry Bone	India	200 (52M, 148F)	GCMB	96	GCMB, MACL, SSLL	96
Koukiasa,dkk (2017) ⁴⁷	Dry Bone	Yunani	197 (107M, 90F)	MSL (left)	88.3	SB, MSL, GCMB, GCML (left)	92.9

Studi	Metode	Populasi	Jumlah Sampel	Single Parameter	Akurasi (%)	Combine Parameter	Akurasi(%)
Atamtürk,dkk (2019) ⁴⁸	MRI	Turki	204 (99M, 105F)	MLSS * ISLL	82.4	MAL, GCML, MLSS	90.5
Debnath,dkk (2018) ⁴⁹	CT	India	186 (93M, 93F)	-	-	LSL, MSL, TSL	93.5
Er,dkk (2020) ⁵⁰	CT	Turki	152 (71 M, 81 F)	GCMB	92.1	MSL, SB, MLSS, MAH, ISLL	92.6
Kharuhadetch,dkk (2022) ⁵¹	Dry Bone	Thailand	278 (139M, 139F)	GCML,	91,5	GMC,GCMB, MLS	92,4
Vassallo,dkk (2022) ⁵²	CT	Italia	180 (94 M, 86 F)	SB (left)	85	SB, MWAP (left)	92.6
Ülkir,dkk (2023) ⁵³	CT	Turki	120 (60M, 60F)	SB (right)	86.7	SB, MSL (left)	90
				MSL (left)	85	SB, MSL (right)	85
				SB (all)	80	SB, MSL (all)	86,7
Penelitian saat ini	CT	Sulawesi Selatan	222 (110 M, 112F)	MSB (right)	97,75	MSH,MSB,MLS,LGC,BGC,ISLS	98.65
				MSH or MSB (left)	96,85	(Right)/(Left)	99.55
CT: computed tomography, PMCT; Post-mortem computed tomography, MRI: magnetic resonance imagination, M: male, F: female, SB: scapular breath, MSL: maximum scapular length, MLSS: maximum length of the spine of scapula, LSCL: longitudinal scapula-coracoid length, LML: longitudinal maximum length, LSL: longitudinal scapular length, GCMB: glenoid cavity maximum breath, MSB: maximum scapular breath, GCML: glenoid cavity maximum length, MACL: maximum acromion-coracoid length, MAL: maximum acromion length, LC: lateral curvature, LBT: lateral border thickness, SSLL: supraspinous line length, ISLL: infraspinous line length, TSL: transvers scapular length, MAH: maximum acromion height, MWAP: maximum width of the acromion process., SSL:Scapular Spine lenght							

II.3.2 *Population-Spesific Standard*

Penentuan profil biologis suatu individu adalah berfungsi sebagai strategi penting ketika seorang ahli mempertimbangkan pilihan teknik yang berkaitan dengan standar populasi yang spesifik. Beberapa populasi pada umumnya memiliki struktur tulang yang lebih besar, lebih berat, dan lebih kokoh untuk kedua jenis kelamin, sedangkan populasi lain memiliki kecenderungan memiliki struktur tulang yang sebaliknya. Karena adanya perbedaan interpopulasi seperti ini, tulang laki-laki dari suatu populasi bisa disalahartikan sebagai tulang perempuan pada populasi lain, demikian juga sebaliknya.^{20,54}

Suatu pengukuran metrik pada kerangka atau tulang dalam populasi tertentu tidak akan dapat diterapkan pada populasi yang berbeda. Telah diamati bahwa formula yang dikembangkan untuk suatu populasi akan berkurang spesifisitasnya jika diterapkan pada populasi lain. Dimorfisme seksual kerangka yang diukur akan bervariasi menurut wilayah. Bisa saja satu parameter memiliki tingkat akurasi yang berbeda dari tiap populasi. Misalnya pada satu populasi, penggunaan parameter GCH (*Glenoid Cavity Height*) dalam pengukuran skapula menghasilkan nilai keakurasian yang tinggi dalam penentuan jenis kelamin sedangkan pada populasi lain parameter ini justru menghasilkan nilai tingkat akurasi yang rendah.¹³ Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pada struktural tulang skapula antar populasi. Hal ini juga tentunya tidak terlepas dari peran fungsi hormon pertumbuhan yang mempengaruhi pertumbuhan tulang serta

pengaruh genetik dan faktor lingkungan seperti asupan nutrisi, stress kerja, dan akses atau riwayat medis yang mungkin didapat sebelumnya.^{13,54}

Dalam ilmu antropologi forensik, sudah selama lebih dari satu abad, banyak penelitian mengenai *population-specific standard* yang berasal dari koleksi kerangka manusia. Metodologi terbaik dalam perumusan standar demografi pada suatu populasi adalah dengan menilai biomarker baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif pada sampel yang representatif secara statistik.⁵⁵

II.4 Pencitraan Radiologi dalam Investigasi Forensik

Investigasi forensik semakin beralih ke pencitraan radiologi. Hal ini bukan hanya disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan akan pemeriksaan, namun juga karena kemajuan teknologi menjadikan pencitraan sebagai alat yang ampuh untuk memecahkan teka-teki hukum. Untuk memaksimalkan potensinya, diperlukan bidang keahlian baru yang menggabungkan radiologi dan patologi forensik. Ahli radiologi akan menyumbangkan keahliannya dalam menafsirkan pemindaian, sementara ahli patologi forensik akan fokus pada temuan yang relevan dengan penyelidikan hukum, meskipun tidak penting untuk diagnosis klinis. Selain itu, ahli patologi dapat menjelaskan gambaran gambaran yang berhubungan dengan perubahan post-mortem. Teknik pencitraan umum dalam investigasi forensik meliputi sinar-X, CT scan post-mortem, dan prosedur invasif minimal seperti CT scan dengan kontras, MRI, dan pencitraan 3D.⁵⁶

Menurut penelitian yang dilakukan Torimitsu, 2016 dan Giuraza 2013 pengukuran tulang menggunakan CT images dapat distandarisasi karena titik anatomi tulang terlihat jelas. Selain itu gambar CT scan juga mempunyai kelebihan dapat disimpan secara permanen, sehingga pengukuran menggunakan gambar CT dapat dilakukan berulang kali sehingga menghasilkan peningkatan yang efektif dalam reproduktifitas intra dan antar pengamat.^{6,13}

Torimitsu juga mengatakan dalam studinya bahwa tingkat akurasi yang tinggi diperoleh karena penelitian tersebut menggunakan (*Multidetector Computed Tomography*) MDCT untuk mengukur tulang skapula dalam penentuan jenis kelamin. Ia menyimpulkan bahwa pencitraan (*Multidetector Computed Tomography*) MDCT berguna dan dapat diandalkan untuk pengukuran kerangka dalam penentuan jenis kelamin.¹³ Pada tahun 2015 Torimitsu juga melakukan studi, sampel dipilih dari hasil *postmortem ct-scan* (PMCT) terhadap 200 cadaver untuk menentukan jenis kelamin berdasarkan tulang sternum menghasilkan tingkat akurasi prediksi jenis kelamin 80-90%.⁵⁷ Djorojevic, tahun 2014 dalam studinya juga telah melakukan uji validasi, didapatkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam akurasi prediksi jenis kelamin dengan menggunakan *CT-Scan* dan yang diperoleh langsung dari koleksi tulang.⁵⁸

Daniela Teodoru-Raghina, tahun 2017 mengatakan bahwa penggunaan *CT-Scan* dalam antropologi forensik adalah pilihan yang layak, bahkan dalam hal perolehan data *CT-Scan* menjadi pilihan yang lebih baik daripada pengumpulan kerangka/tulang.⁵⁹ Penelitian tentang penentuan jenis kelamin juga dilakukan oleh Krishan,dkk pada tahun 2016, melaporkan bahwa akurasi penentuan jenis kelamin

dengan metode tradisional berkisar 85-95%, sedangkan akurasi menggunakan morfometrik virtual sebesar 96%.¹⁸

Beberapa kelebihan penggunaan *CT-Scan* dalam suatu penelitian (*research*):⁵⁹

1. Jumlah data yang hampir tidak terbatas: jumlah sampel yang diinginkan dapat diperoleh dengan banyak dalam waktu dan biaya yang tidak terlalu tinggi demikian juga dalam hal pertimbangan etik penelitian jika dibandingkan jika mengambil sampel langsung terhadap jenazah yang dibatasi dengan ketersediaan sampel. Data *CT-Scan* dapat dengan mudah diakses dan dianalisis dalam jumlah yang praktis dan tidak terbatas, sehingga memungkinkan untuk dilakukan penelitian yang lebih besar dan lebih kuat secara statistik.
2. Tidak ada bias sekuler: hal ini mengacu pada perubahan yang terjadi dari masa atau waktu ke waktu yang dapat mengacaukan hasil penelitian. Misalnya jika mempelajari bentuk tengkorak dan membandingkan individu dari era/masa yang berbeda, maka perubahan pola makan atau lingkungan dapat mempengaruhi hasilnya. Namun, pengambilan sampel dengan *CT-Scan* memberikan gambaran individu pada titik waktu tertentu, sehingga menghilangkan pengaruh tren sekuler ini.
3. Jenis kelamin dan usia sampel diketahui: *CT-Scan* dapat diperoleh dari individu yang masih hidup Dimana jenis kelamin dan usia diketahui dengan pasti, sehingga memungkinkan analisis yang lebih akurat dan spesifik.

4. Peningkatan aksesibilitas dan penerapan: *CT-Scan* semakin mudah untuk diakses dan terjangkau, menjadikan pilihan yang tepat bagi lebih banyak peneliti. Selain itu sifat digital dari data *CT-Scan* memudahkan penyimpanan, berbagi, dan analisis, memfasilitasi penelitian kolaboratif dan analisis statistik kompleks seperti morfometri geometri yang memungkinkan perbandingan bentuk secara detail.

Tabel. II.2 Keunggulan, Limitasi & Area Penggunaan beberapa Modalitas Pencitraan ⁵⁶

Method	Advantages	Disadvantages	Field of application
<i>Conventional radiography</i>	<i>Fast examination Easy to handle Simple data storage Relatively low maintenance cost Visualization of the skeletal system Detection of foreign bodies</i>	<i>Radiation (need for specific protection for the personnel) No 3D reconstruction Very limited visualization of soft tissue Superimposed image Quality strongly dependent on acquisition</i>	<i>Detection of foreign bodies Identification Age estimation Changes/lesions of the skeletal system</i>
<i>PMCT</i>	<i>Fast examination Easy to handle Ideal for 3D reconstructions Relatively low maintenance costs Excellent visualization of skeletal system and gas</i>	<i>Radiation (need for specific protection for the personnel) Data storage Limited visualization of soft tissue; organs; vascular system Training needed for correct interpretation</i>	<i>Trauma cases, especially lesions of the skeletal system Sharp trauma Gunshot trauma Child abuse Detection of foreign bodies Identification Age estimation Detection of gas embolism Changes in the skeletal system</i>
<i>PMCT-angiography</i>	<i>Minimally invasive Good visualization of soft tissue and organs, especially the vascular system</i>	<i>Relatively time-consuming Data storage Special training needed Costs of material</i>	<i>Trauma cases Sharp trauma Gunshot trauma Bleeding, vascular lesions</i>

Method	Advantages	Disadvantages	Field of application
	<i>Ideal for 3D reconstruction of the vascular system Method of choice to detect lesions of the vascular system</i>		<i>Death after surgical intervention Pathologies of the coronary arteries (evaluation of stenosis) and sudden cardiac death Detection of malformations of the vessels</i>
<i>CT-guided sampling</i>	<i>Minimally invasive Low risk of sample contamination Low risk of artifacts Easy to handle</i>	<i>Relatively time-consuming Special training needed Data storage</i>	<i>Sampling of body fluid and samples of organs for toxicological, microbiological, microscopic, and IHC examinations Sampling of gas for analyzing cases of putrefied corpse. gas intoxication, gas embolism, etc.</i>
<i>MRI</i>	<i>Good visualization of soft tissue, organs, vascular walls No radiation</i>	<i>Time-consuming More difficult to handle High maintenance costs Need specific architectural construction 3D reconstructions need special sequence Data storage Training needed for correct interpretation</i>	<i>Blunt trauma Sharp trauma Strangulation Child abuse Medical errors, death after surgical intervention Detection of foreign bodies Age estimation Identification</i>
<i>3D surface scanning</i>	<i>Good visualization of surface High resolution Perfect for 3D modeling, reconstructions Very low maintenance costs Mobile</i>	<i>Time-consuming Extensive training for handling necessary No information about inner findings Treatment of data needs a specialist</i>	<i>Trauma cases Reconstruction of traffic accident Comparison between injury and injury-causing object Comparison of bite marks and dental imprint Digitalization of objects</i>

Teknik pencitraan radiologi ini menawarkan cara untuk melihat hal-hal di luar apa yang dapat dilakukan oleh otopsi tradisional, tanpa merusak tubuh. Bahkan, teknik ini dapat membuat gambar digital dari tubuh atau benda-benda di dalamnya. Namun, tidak ada satu metode pun yang dapat menangkap semuanya, sehingga untuk mendapatkan gambaran yang lengkap, sering kali diperlukan kombinasi dari berbagai pendekatan pemeriksaan. Pencitraan radiologi dapat memandu ahli patologi forensik, membantu mereka menentukan area yang perlu diperiksa lebih dekat berdasarkan hasil pemindaian. Kerja sama tim antara ahli radiologi dan ahli patologi, dengan menggunakan berbagai metode, membuka penyelidikan yang paling komprehensif.⁵⁶

Pencitraan *CT-Scan* adalah teknologi yang menggunakan beberapa gambar sinar-X dari sudut yang berbeda untuk membuat penampang melintang objek secara mendetail. Hal ini memungkinkan pemeriksaan objek dalam bentuk 2D dan 3D. Seiring berkembangnya teknologi penggunaan *CT-Scan* juga digunakan dalam penyelidikan forensik yang biasa disebut "otopsi virtual". MSCT dapat menjadi alat yang ampuh bagi spesialis forensik, menawarkan tampilan 3D yang terperinci, penyimpanan data yang nyaman, dan ekstraksi informasi biometrik yang andal. Meskipun tidak setepat pengukuran langsung, akurasi cukup memadai untuk sebagian besar penyelidikan. Secara khusus, pemindaian *CT 3D multi-slice* (MSCT) menawarkan beberapa keuntungan:^{60,61}

- Penyimpanan digital yang luas: Gambar dapat dengan mudah disimpan dan dibagikan.

- Ekstraksi data biometrik: Studi menunjukkan bahwa gambar-gambar ini dapat digunakan untuk mengekstrak data biometrik yang akurat, yang sering kali sebanding dengan pengukuran dari spesimen tulang yang sebenarnya.
- Presisi tinggi: Meskipun sedikit kurang presisi dibandingkan pengukuran langsung, MSCT memberikan akurasi tinggi untuk sebagian besar tujuan forensik.

II.5 Kerangka Teori

