

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Identifikasi atau pengenalan identitas seseorang pada mulanya berkembang untuk kebutuhan dalam menentukan identitas seseorang untuk proses penyidikan suatu tindak pidana khususnya penyelesaian permasalahan kriminal (Berg dan Sabrina, 2015). Dalam bidang ilmu kedokteran forensik, peranan identifikasi merupakan hal paling penting pada korban yang telah meninggal (Budiyanto *et al.*, 2009). Pada bencana yang menimbulkan banyak korban seperti ledakan, kecelakaan pesawat terbang atau kereta api, ataupun tinggal sebagian jaringan tubuh misalnya pada kasus mutilasi, identifikasi sulit dilakukan dengan cara biasa (Kaintako *et al.*, 2019).

Kadaver yang dikirim ke departemen kedokteran forensik tidak selalu dibawa dalam kondisi utuh (Akhlaghi *et al.*, 2004). Biasanya hanya tersedia potongan tubuh dengan tulang pada bagian tubuh yang tersisa sebagai petunjuk untuk melakukan identifikasi korban (Kaintako *et al.*, 2019). Oleh karena itu proses identifikasi forensik sangat penting untuk dilakukan guna menentukan identitas korban (Kusuma dan Yudianto, 2010). Cara yang dapat dilakukan pada identifikasi forensik adalah pengukuran data-data *post-mortem* yang ditemukan pada korban. Data *post-mortem* tersebut akan dicocokkan dengan data *ante-mortem* yang dicari melalui keluarga ataupun kerabat korban (Amir, 2005).

Identifikasi yang digunakan dalam metode antropologi forensik ialah antropometri yaitu dengan cara mengukur bagian-bagian tubuh. Tinggi badan dapat digunakan untuk proses identifikasi (Tomuka *et al.*, 2016). Proses penentuan tinggi badan merupakan hal penting dalam proses identifikasi individu yang akan menggambarkan ukuran dari seseorang (Kanchan dan Krishan, 2013).

Beberapa teknik juga dapat dipakai untuk mengetahui tinggi badan manusia (Krishan *et al.*, 2010). Tinggi badan dapat diperkirakan dari panjang tulang

penyusun tubuh (Kanchan dan Krishan, 2013). Salah satunya melalui korelasi berdasarkan bagian anggota tubuh lain, seperti tulang panjang ekstremitas atas atau ekstremitas bawah (Krishan *et al.*, 2010).

Seperti yang diketahui, panjang anggota badan bagian bawah merupakan kontributor terbesar terhadap tinggi pada posisi berdiri, maka persamaan yang paling prediktif adalah berdasarkan panjang *femur*, *tibia*, dan *fibula* (Anirban *et al.*, 2013). *Tibia* mudah diakses untuk perkiraan *perkutaneus* jika dibanding dengan tulang panjang yang lain, sehingga tulang ini yang akan diambil dan dijadikan pokok persoalan mengenai penelitian ini (Gupta *et al.*, 2014). Selain itu juga *tibia* merupakan tulang terbesar kedua di tubuh setelah tulang *femur*, sehingga relatif lebih tahan terhadap proses penguraian (İşcan *et al.*, 1994).

Beberapa penelitian serupa mengenai hubungan panjang tulang *tibia* terhadap tinggi badan pernah dilakukan baik di dalam negeri ataupun luar negeri. Ahmed (2013) melaporkan bahwa hasil penelitian diperoleh koefisien korelasi antara tinggi badan dan ukuran kaki, dan panjang *tibia* memiliki korelasi yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran lebar kaki pada sampel pria maupun wanita. Chibba dan Bidmos (2007) melaporkan dengan menggunakan individu yang mewakili keturunan migran dari Belanda, Inggris, Perancis, Jerman, dan negara-negara Eropa lainnya, menunjukkan hasil korelasi sedang antara panjang tulang *tibia* dengan tinggi badan pada kedua jenis kelamin. Selain itu, penelitian juga pernah dilakukan pada mahasiswa FK UMSU dengan menunjukkan korelasi yang signifikan antara panjang tulang *tibia* kanan dan juga panjang tulang *tibia* kiri dengan tinggi badan (Ritonga dan Sutysna, 2018).

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian yang mencari hubungan tinggi badan dengan panjang tulang *tibia* telah beberapa kali dilakukan, tetapi penelitian yang mencari hubungan panjang tulang *tibia* dengan tinggi badan belum pernah dilakukan di kampus FK UISU. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang hubungan panjang tulang *tibia* terhadap tinggi badan pada mahasiswa dan mahasiswi FK UISU angkatan 2018.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut: “Adakah hubungan panjang tulang *tibia* kanan dan kiri terhadap tinggi badan pada mahasiswa dan mahasiswi FK UISU angkatan 2018?”

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara panjang tulang *tibia* kanan dan kiri terhadap tinggi badan pada mahasiswa dan mahasiswi FK UISU angkatan 2018.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Untuk mengetahui rata-rata tinggi badan pada mahasiswa dan mahasiswi FK UISU angkatan 2018.
2. Untuk mengetahui rata-rata panjang tulang *tibia* kanan dan kiri pada mahasiswa dan mahasiswi FK UISU angkatan 2018.
3. Untuk mengetahui hubungan antara panjang tulang *tibia* kanan dan kiri terhadap tinggi badan pada mahasiswa dan mahasiswi FK UISU angkatan 2018.
4. Untuk menemukan rumus regresi khusus sebagai formula estimasi tinggi badan berdasarkan panjang tulang *tibia* kanan dan kiri pada mahasiswa dan mahasiswi FK UISU angkatan 2018.
5. Untuk mengetahui perbedaan antara tinggi badan berdasarkan rumus estimasi panjang tulang *tibia* kanan dan kiri dengan tinggi badan aktual pada mahasiswa dan mahasiswi FK UISU angkatan 2018.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti

Diharapkan penelitian ini dapat menambah informasi berupa pengetahuan tentang ilmu kedokteran , khususnya di bidang terkait dengan penelitian ini, yaitu

bidang anatomi, kedokteran forensik, serta antropometri agar dapat menerapkan ilmu yang didapat. Untuk peneliti selanjutnya, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan acuan untuk melakukan penelitian yang serupa.

1.4.2 Manfaat Bagi Masyarakat

Masyarakat dapat menambah wawasan dibidang kesehatan, terkhusus perihal judul yang terkait yakni hubungan antara panjang tulang *tibia* terhadap tinggi badan.

1.4.3 Manfaat Bagi Bidang Ilmu Kedokteran

Setelah dilakukannya penelitian ini, kelak nantinya hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan acuan pertimbangan bagi kedokteran bidang forensik, khususnya antropologi forensik berupa penggunaan rumus untuk menaksir tinggi badan pada proses identifikasi jenazah yang hanya ditemukan beberapa potongan tubuhnya saja. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan acuan atau referensi agar dapat digunakan pada penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Identifikasi

Identifikasi adalah cara yang dilakukan untuk mengenali seseorang melalui karakteristik atau ciri-ciri khusus yang dimilikinya, baik dari orang yang masih hidup maupun orang yang sudah mati, atau dengan cara membandingkannya disaat orang tersebut masih hidup dan setelah meninggal (Gautam *et al.*, 2015). Pada awalnya, identifikasi digunakan untuk kebutuhan dalam proses penyelidikan suatu tindak pidana khususnya dalam penyelesaian masalah kriminal (mengenal korban atau pelaku kejahatan). Proses identifikasi tidak hanya untuk menganalisis penyebab kematian, dapat juga digunakan sebagai upaya memberikan ketenangan psikologis bagi keluarga untuk menemukan identitas dari korban (Syafitri *et al.*, 2013).

2.1.1 Metode Identifikasi

Dalam proses identifikasi, diperlukan metode untuk melakukan identifikasi diantaranya metode komparatif dan metode rekonstruktif (Romdhon, 2015).

1. Metode komparatif

Metode komparatif adalah metode identifikasi yang dilaksanakan dengan cara membandingkan data ciri hasil pemeriksaan hasil orang yang tak dikenal dengan ciri data dari hasil orang yang dikatakan hilang sebelumnya. Untuk melakukan metode ini dibutuhkan syarat yang tidak mudah, yaitu harus tersedianya data *ante mortem* berupa *medical* atau *dental record* yang akurat serta *up to date* untuk dapat dibandingkan dengan data *post mortem* (Romdhon, 2015).

2. Metode rekonstruktif

Metode rekonstruktif adalah metode identifikasi dengan rekonstruksi data dari hasil pemeriksaan *post mortem* kedalam perkiraan mengenai jenis kelamin, ras, umur, tinggi badan, serta ciri spesifik tubuh lainnya

(Romdhon, 2015). Metode ini digunakan apabila tidak tersedia data *ante mortem* dengan menyusun kembali sisa-sisa potongan tubuh manusia yang tidak utuh lagi yang tidak terbatas seperti misalnya pada kasus mutilasi ataupun bencana missal (Singh, 2010).

Identifikasi dimulai dari metode yang sangat sederhana sampai yang rumit:

1. Metode sederhana

Dilakukan dengan teknik visual yang dilakukan apabila keadaan korban masih dalam keadaan utuh dan belum terjadi pembusukan (Singh, 2010).

2. Metode ilmiah

Metode ilmiah dengan melakukan pemeriksaan sidik jari, serologi, odontologi, biologi (DNA), antropologi, dan biologi yang hasilnya lebih spesifik pada seseorang (Singh, 2010).

3. Metode superimposisi

Metode sumperimposisi dilakukan dengan membandingkan korban semasa hidupnya dengan tengkorak yang ditemukan untuk menemukan identitas. Metode ini akan sulit jika tidak memiliki foto korban atau jelek kualitasnya, serta apabila tengkorak sudah hancur atau tidak utuh lagi (Singh, 2010).

2.1.2 Sumber Identifikasi

Dalam mengidentifikasi suatu mayat, ada beberapa sumber dan data yang dapat dipergunakan, yaitu:

1. Visual, berupa penampilan wajah dan tubuh mayat yang ditunjukkan kepada pihak keluarga dapat membantu apabila keadaan mayat tidak rusak berat atau belum mengalami pembusukan.
2. Dokumen, berupa KTP, SIM, paspor, dan kartu identitas lain yang dapat membantu proses identifikasi. Akan tetapi, dalam kasus pembunuhan biasanya pelaku menghilangkan kartu identitas.

3. Sidik jari yang memiliki pola atau kontur yang berbeda pada setiap orang sehingga dapat menggambarkan identitas seseorang. Akan tetapi metode ini dapat digunakan jika mayat belum mengalami pembusukan.
4. Gigi setiap orang memiliki bentuk berbeda yang akan digunakan dalam proses identifikasi meskipun mayat sudah mengalami pembusukan.
5. X-Ray yang dapat digunakan adalah foto kepala dan pelvis untuk membandingkan dengan data *ante mortem*.
6. DNA dapat dilakukan dengan pengambilan dari darah, rambut, cairan semen, gigi, dan jaringan lainnya. DNA setiap orang berbeda-beda sehingga dapat digunakan sebagai pembanding dengan data *ante mortem* atau DNA keluarga.
7. Sisa tulang digunakan untuk menentukan usia, tinggi badan, jenis kelamin, dan juga ras seseorang dengan menggunakan formula/rumus yang sebelumnya telah ditentukan.
8. Pakaian, perhiasaan, tato dan bentuk fisik seseorang juga dapat membantu proses identifikasi apabila mayat tidak dalam keadaan busuk dan hancur (Idries, 2013).

2.1.3 Identifikasi Forensik

Identifikasi forensik adalah upaya untuk menentukan identitas seseorang baik dalam keadaan hidup ataupun mati yang tidak diketahui identitasnya untuk membantu penyidik (Indriati, 2003). Identifikasi forensik dilakukan berdasarkan adanya ciri-ciri atau tanda khusus yang ada pada fisik seseorang. Korban akan teridentifikasi jika data *ante mortem* (sebelum kematian) cocok dengan *post mortem* (sesudah kematian) (Indriati, 2003). Semakin banyak data yang cocok maka semakin akurat hasil yang diperoleh (Romdhon, 2015).

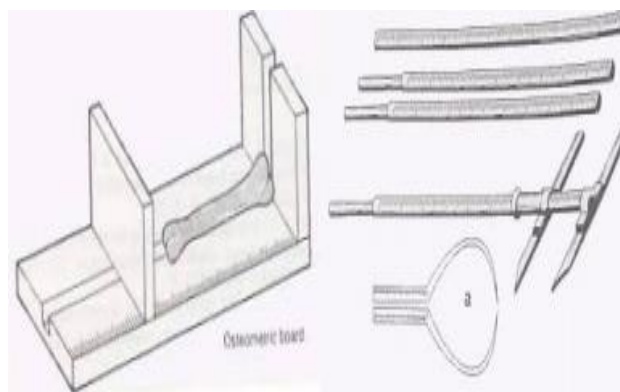
2.1.4 Identifikasi Tulang

Tulang merupakan bagian tubuh manusia yang keras dan tidak mudah untuk mengalami pembusukan. Tulang memiliki pembungkus berupa jaringan lunak yang akan mengalami pembusukan setelah 4 minggu kematian dan kemudian

akan menghilang. Setelah pembusukan, tulang masih memperlihatkan ligamentum yang masih melekat disertai bau busuk. Setelah 3 bulan tulang kelihatan bewarna kuning dan setelah 6 bulan tulang tidak lagi adanya kesan ligamen, berubah warna menjadi kuning keputihan dan terdapat bau busuk. Dengan alasan tersebut, tulang adalah salah satu organ tubuh yang dapat digunakan untuk proses identifikasi karena cukup lama mengalami pembusukan dan punya karakteristik yang khas (Devison, 2009).

2.2 Antropometri

Dilihat dari sudut pandang gizi maka antropometri dapat berarti segala bentuk yang berhubungan dengan berbagai macam pengukuran dimensi tubuh dan komposisi tubuh dari berbagai tingkat umur dan tingkat gizi (Supariasa *et al.*, 2002). Antropometri bukan hanya memberikan bentuk dan ukuran tubuh, melainkan juga sebagai informasi mengenai status gizi, komposisi tubuh (distribusi lemak), dan penyakit (Glinka *et al.*, 2008).



Gambar 2.1 Antropometer (Glinka *et al.*, 2009)

2.2.1 Dimensi Tubuh Manusia

Metode pengukuran dimensi tubuh manusia dibedakan menjadi dua jenis yaitu pengukuran yang sifatnya statis dimana subjek diukur dalam kondisi diam atau disebut juga sebagai pengukuran dimensi struktural. Pengukuran lainnya adalah pengukuran dimensi tubuh yang sifatnya dinamis atau disebut sebagai dimensi fungsional (Purnomo, 2013).

1. Pengukuran dimensi struktur tubuh (*structural body dimension*), adalah pengukuran tubuh dalam berbagai posisi yang tidak bergerak (statis). Dua jenis sikap standar pengukuran dimensi statis terdiri dari sikap berdiri standar dan sikap duduk standar.
2. Pengukuran dimensi fungsional tubuh (*functional body dimensions*), adalah pengukuran yang dilakukan terhadap posisi tubuh saat melakukan gerakan tertentu yang berkaitan dengan perancangan dari kegiatan yang diteliti (Harrianto, 2013).

2.2.2 Alat Ukur Antropometri

Alat ukur yang dipakai dalam pengukuran antropometri antara lain:

1. *Wall scale*
Berupa alat untuk mengukur tinggi badan yang diletakkan di dinding.
2. *Antropometer*
Dipakai pada saat mengukur tebal dan juga panjang bagian tubuh menggunakan skala pengukuran dalam satuan centimeter (cm).
3. *Sliding caliper*
Alat berupa jangka sorong yang dipakai pada saat mengukur tebal dan panjang atau lebar bagian tubuh yang berukuran lebih kecil.
4. *Goniometer*
Dipakai pada saat mengukur sudut gerak *fleksio* atau *ekstensio* dan juga deviasi *ulnar-radial* tangan (Harrianto, 2013).

2.3 Antropologi Forensik

Antropologi forensik adalah cabang ilmu antropologi biologi yang berbasis pada osteologi dan anatomi manusia dengan tujuan mengidentifikasi individu untuk kepentingan hukum dan peradilan (Indriati, 2003). Antropologi forensik berpusat pada morfologi struktur, serta berbagai jaringan keras untuk proses identifikasi (Walsh-Haney, 2014). Dalam pelaksanaannya, antropologi forensik digunakan untuk menentukan tinggi badan, jenis kelamin, perkiraan usia, bentuk tubuh, dan pertalian ras (Wibowo, 2009).

2.4 Tinggi Badan

Tinggi badan adalah penjumlahan dari kerangka penyusun tubuh melalui panjang tulang yang menggantikan gambaran proporsi tubuh manusia (Fiana *et al.*, 2019). Tinggi badan diukur berdasarkan jarak tegak lurus dari puncak kepala yang berada pada posisi dataran *Frankurt* sampai ke lantai (Jyoti *et al.*, 2013). Pengukuran tinggi badan dilakukan dengan satuan sentimeter (cm). Alat ukur yang biasa digunakan dalam pengukuran tinggi badan adalah antropometer yang dapat berupa *vernier caliper* atau jangka sorong (Glinka *et al.*, 2008).

Tabel 2.1 Klasifikasi Tinggi Badan Menurut Martin Knussmann (Glinka *et al.*, 2008)

Klasifikasi	Laki-laki (cm)	Perempuan (cm)
Kerdil	$\leq 129,9$	$\leq 120,9$
Sangat pendek	130,0-149,9	121,0-139,9
Pendek	150,0-159,9	140,0-148,9
Di bawah sedang	160,0-163,9	149,0-152,9
Sedang	164,0-166,9	153,0-155,9
Di atas sedang	167,0-169,9	156,0-158,9
Tinggi	170,0-179,9	159,0-167,9
Sangat tinggi	180,0-199,9	168,0-186,9
Raksasa	$\geq 200,0$	$\geq 187,0$

2.4.1 Pertumbuhan Tinggi Badan

Pertumbuhan tinggi badan pada setiap orang berbeda-beda di setiap kehidupan. Pertumbuhan dimulai pada saat masa *prenatal*, dimulai pada saat janin berusia 4 bulan, dengan pertumbuhan 1,5 mm per harinya. Setahun pasca kelahiran tinggi badan akan bertambah sebanyak 50%. Memasuki usia tahun kedua, tinggi badan akan bertambah 12-13 cm. Selanjutnya tinggi badan akan bertambah 5-6 cm setiap tahunnya. Pada umur 9 tahun rata-rata tinggi anak berkisar 120 cm. *Peak of growth velocity* atau masa puncak terjadinya

pertambahan tinggi badan berlangsung antara usia 12 ½ sampai 13 tahun pada pria. Sedangkan pada wanita berlangsung antar usia 10 ½ sampai 11 tahun. Pertumbuhan tulang akan berhenti pada fase memasuki usia dewasa, yaitu usia 20 tahun (Asmiliaty, 2012).

2.4.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tinggi Badan

Masing-masing individu akan memiliki tinggi badan yang berbeda. Perbedaan tinggi badan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Genetik

Faktor genetik dihubungkan dengan adanya kemiripan antara anak dengan orang tuanya, baik dalam hal bentuk tubuh, proporsi tubuh dan kecepatan perkembangan (Thamaria, 2017).

2. Usia

Pertumbuhan tinggi badan manusia tidak seragam di seluruh kehidupan. Rata-rata pertumbuhan terjadi sebelum kehidupan tepatnya bulan ke-4 kehidupan janin, yaitu 1,5 mm per hari. Satu tahun setelah kelahiran, panjang badan meningkat lima puluh persen, hingga tahun kedua panjang badan bertambah 12- 13 cm. Kemudian peningkatan tinggi badan merata sekitar 5-6 cm per tahun. Pada umur 9 tahun rata-rata tinggi anak berkisar 120 cm. Puncak peningkatan tinggi badan atau *peak of growth velocity* terjadi pada umur 10½ - 11 tahun pada perempuan dan 12½ - 13 tahun pada laki-laki (Asmiliaty, 2012). Pusat kalsifikasi pada ujung-ujung tulang atau dikenal dengan "*epifise line*" akan berakhir seiring dengan pertambahan umur, dan pada setiap tulang, penutupan dari garis *epifise* tersebut rata-rata sampai dengan umur 21 tahun (Byers, 2008). Setelah usia tersebut pertumbuhan tinggi badan tidak terlalu signifikan dan akan berkurang seiring dengan pertambahan usia (Wulan dan W, 2018).

3. Jenis kelamin

Pertumbuhan manusia sudah terjadi dimulai dari masa *prenatal* sampai usia 10 tahun. Kecepatan pertumbuhan antara anak laki-laki

maupun perempuan cenderung sama. Namun pada saat memasuki usia 12 tahun, pertumbuhan pada anak laki-laki terjadi lebih cepat dibandingkan anak perempuan yang membuat laki-laki pada masa remaja lebih tinggi dibandingkan dengan anak perempuan. Berdasarkan teori disebutkan bahwa secara umum laki-laki dewasa akan lebih tinggi dibandingkan perempuan dewasa. Selain itu laki-laki dewasa memiliki tungkai yang lebih panjang, tulang yang lebih besar dan berat, dan massa otot yang lebih besar dan padat (Snell, 2012).

4. Hormon

Pada usia anak-anak, hormon yang berperan penting pada masa pertumbuhan yaitu *Insulin like Growth Factors* (IGFs) yang didapat dari hepar dan jaringan tulang. Hormon ini berperan meningkatkan *osteoblas*, merangsang pembelahan sel di *epifisis* dan *periosteum*, serta menstimulasi sintesis protein yang diperlukan dalam proses pembentukan tulang baru. Hormon *Insulin like Growth Factors* (IGFs) diproduksi sebagai respon dari sekresi *Human Growth Hormone* (HGH) pada lobus anterior kelenjar pituitari. Selain *Insulin like Growth Factors* (IGFs), hormon tiroid juga berperan dalam proses pertumbuhan tulang dengan cara meningkatkan rangsangan *osteoblas* serta meningkatkan sintesis protein tulang. Hormon insulin juga membantu pertumbuhan tulang dengan cara meningkatkan sintesis protein tulang (Tortora dan Derrickson, 2011).

5. Lingkungan

Faktor lingkungan dapat mempengaruhi tinggi badan dimulai sejak masa *prenatal* sampai masa post natal. Lingkungan *prenatal* terjadi pada saat ibu sedang mengandung janin, sehingga berpengaruh pada tumbuh kembang janin di dalam kandungan mulai dari masa konsepsi sampai kelahiran (Supariasa *et al.*, 2002).

Adapula faktor lingkungan *postnatal* yang mempengaruhi pertumbuhan bayi setelah lahir yaitu lingkungan biologis seperti ras/suku, gender, usia, gizi/nutrisi, perawatan kesehatan, sensitivitas terhadap

penyakit baik infeksi maupun penyakit kronis, serta gangguan fungsi metabolisme dan hormone (Supariasa *et al.*, 2002).

6. Gizi

Gizi yang baik akan memenuhi kebutuhan tubuh dalam proses pertumbuhan. Sebaliknya, gizi yang buruk pada anak-anak menyebabkan kurangnya kebutuhan nutrisi yang diperlukan tubuh untuk proses pertumbuhan (Supariasa *et al.*, 2002). Vitamin dan mineral merupakan contoh dari zat gizi yang diperlukan dalam proses pertumbuhan dan juga *remodelling* tulang. Sebagian besar kalsium dan fosfat serta sebagian kecil dari magnesium, fluoride, dan mangan diperlukan pada proses pertumbuhan tulang (Tortora dan Derrickson, 2011).

7. Penggunaan Obat

Terdapat beragam obat-obatan yang bisa mempengaruhi hormon pertumbuhan seperti *growth hormon* atau hormon tiroid. Pemakaian obat dengan dosis yang tidak sesuai menyebabkan hormon tersebut terganggu sehingga mempercepat berhentinya pertumbuhan. Selain mengganggu pertumbuhan, penggunaan beberapa jenis obat juga dapat menghambat metabolisme tulang. Contoh obat tersebut antara lain kortikosteroid, sitostatika (*metrotreksat*), serta anti kejang, anti koagulan (*heparin*, *warfarin*).

8. Penyakit

- Gangguan sekresi *growth hormone* dapat menyebabkan kelainan pertumbuhan seperti *gigantisme*, *kreatinisme*, dan *dwarfisme* (Scheingart, 2012).
- Kelainan pada sikap tubuh dapat mempengaruhi tinggi badan, seperti *skoliosis*, *kifosis*, dan *lordosis* (Fauci *et al.*, 2008).
- *Osteoporosis*, yaitu berkurangnya kepadatan tulang serta memburuknya mikroarsitektur tulang sehingga muda rapuh dan patah (Setiyohadi, 2007).

9. Ras/etnis

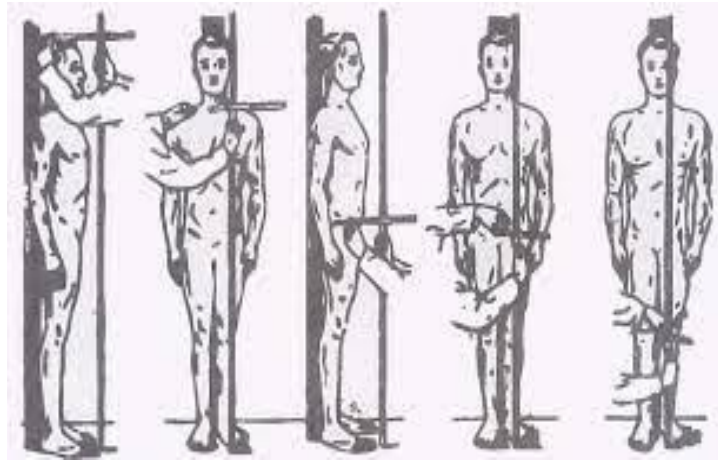
Sekelompok ras/etnis mempunyai perbedaan mendasar antara satu sama lain. Perbedaan ras memiliki peran penting dalam pengukuran tinggi badan. Pada ras Afrika dan Skandinavia memiliki tinggi badan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ras Asia. Hal ini disebabkan oleh 11 tungkai mereka yang panjang (Moore dan Dalley, 2013).

10. Aktivitas fisik

Aktivitas fisik juga memberi pengaruh terhadap tinggi badan seseorang yang memiliki pekerjaan yang beragam (Supriasa *et al.*, 2002). Melaksanakan aktivitas fisik yang dimulai sejak usia dini terutama dibarengi dengan penambahan beban mekanis akan meningkatkan sekresi ezim tulang, pembesaran tulang (*bone hypertrophy*), serta kekuatan tulang yang maksimal saat masa remaja. Sama halnya dengan otot, tulang juga harus dilatih dengan aktivitas fisik sehingga memicu pembentukan tulang baru serta memperkuat tulang. Aktivitas fisik disertai penambahan beban mekanis didapati hasil yang lebih ampuh daripada tanpa beban mekanis. Aktivitas fisik tersebut diantaranya berenang, bersepeda, melompat, serta berlari (Desrida *et al.*, 2018).

2.4.3 Pengukuran Tinggi Badan

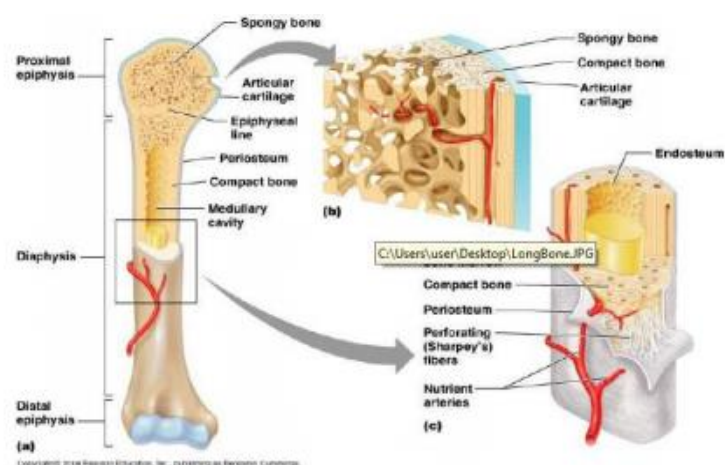
Secara umum, pengukuran tinggi badan pada suatu populasi dapat digunakan untuk menentukan standar pertumbuhan (Sugianto dan Mexitalia, 2015). Pengukuran tinggi badan dapat dilakukan dengan berbagai cara, dengan alat pengukur atau dengan memperkirakan tanpa melalui pengukuran badan secara utuh. Tinggi badan diukur dengan cara subjek berdiri tegak di lantai yang rata, posisi kaki menyatu, lutut lurus, bahu dan bokong menyentuh dinding, kemudian tangan menggantung disisi badan, subjek diminta menarik nafas kemudia alat pengukur diturunkan hngga mencapai puncak kepala, kemudian catat angka yang mendekati skala millimeter (Romdhon, 2015).



Gambar 2.2 Pengukuran Tinggi Badan Berdasarkan Poros Tubuh (Glinka *et al.*, 2009)

2.5 Anatomi Tulang

Tulang merupakan jaringan utama penopang tubuh (Moore dan Dalley, 2013). Tulang secara umum terdiri dari dua jenis yaitu tulang sponsiosa dan tulang kompakta. Perbedaan kedua jenis tulang ini adalah banyaknya bahan padat dan jumlah serta ukuran ruangan yang ada di dalamnya (Moore dan Agur, 2002). Sebelum mengalami penyatuan, anusia memiliki lebih dari 206 segmen tulang. Tuang-tulang yang mengalami penyatuan nantinya adalah seperti tulang sacrum dan coxae pada vertebrae (Tortora dan Derrickson, 2011).



Gambar 2.3 Struktur Tulang (Tortora dan Derrickson, 2011)

2.5.1 Fungsi Tulang

1. Penopang tubuh

Sistem kerangka merupakan sistem yang memberikan bentuk untuk tubuh. Selain itu, sistem kerangka juga menopang jaringan lunak serta sebagai titik perlekatan tendon dari sebagian besar otot.

2. Proteksi

Sistem kerangka berperan sebagian pelindung organ dalam tubuh yang sangat penting untuk berlangsungnya kehidupan, seperti otak yang dilindungi oleh tulang *cranial*, *vertebrae* yang melindungi sistem saraf dan tulang *costae* yang melindungi jantung dan paru-paru.

3. Sumber pergerakan

Sebagian besar otot akan melekat pada tulang. Pada saat otot berkontraksi, otot akan menarik tulang sehingga menimbulkan suatu pergerakan.

4. Homeostasis mineral

Jaringan tulang menyimpan beberapa mineral khususnya kalsium dan fosfat yang berkontribusi untuk menguatkan tulang. Jaringan tulang menyimpan sebanyak 99% dari total jumlah kalsium dalam tubuh. Jika diperlukan, kalsium kemudian dilepaskan dari tulang ke dalam darah untuk menyeimbangkan gangguan keseimbangan mineral dan memenuhi kebutuhan bagian tubuh yang lain.

5. Produksi eritrosit

Sumsum tulang merah merupakan tempat terbentuknya eritrosit, beberapa limfosit, leukosit, granulosit dan trombosit.

6. Penyimpanan trigliserida

Sumsum tulang kuning sebagian besar terdiri atas sel adiposa yang menyimpan trigliserida (Tortora dan Derrickson, 2011).

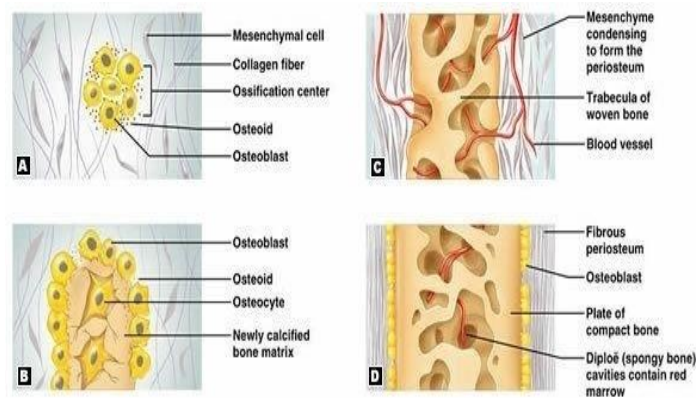
2.5.2 Pertumbuhan Tulang

Proses terbentuknya tulang dinamakan *osifikasi*. Proses *osifikasi* berlangsung mulai dari masa *prenatal* sampai setelah individu lahir (Sherwood, 2011). Proses *osifikasi* berlangsung lambat dan baru selesai pada usia 18-20 tahun atau bahkan lebih lama lagi (Snell, 2012). Pertumbuhan tulang terjadi dengan cara penambahan tulang baru pada permukaan tulang yang sudah ada. Pertumbuhan tersebut merupakan hasil dari *osteoblas* di dalam *periosteum*. *Periosteum* adalah selubung jaringan ikat penutup bagian luar tulang (Sherwood, 2011).

Tulang berkembang melalui dua cara, baik dengan mengganti *mesenkim* atau dengan mengganti tulang rawan. Susunan histologis tulang selalu bersifat sama, baik tulang itu berasal dari selaput atau dari tulang rawan (Moore dan Agur, 2002).

1) *Osifikasi intramembranosa* (pembentukan tulang membranosa)

Model *mesenkimal* tulang terbentuk selama periode embrionik, dan *osifikasi* langsung *mesenkim* mulai pada periode *fetal* (Tortora dan Derrickson, 2011).



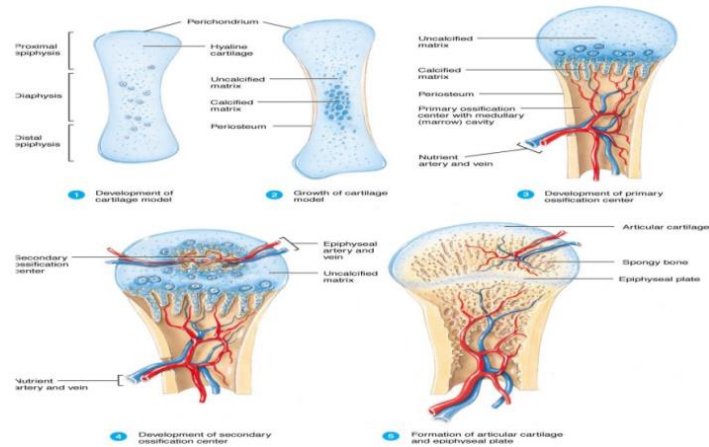
Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Gambar 2.4 *Osifikasi Intramembranosa* (Tortora dan Derrickson, 2011)

2) *Osifikasi endokondral* (pembentukan tulang kartilaginosa)

Model kartilago tulang terbentuk dari *mesenkim* selama periode *fetal*, kemudian tulang menggantikan sebagian besar kartilago (Tortora dan

Derrickson, 2011). Pada tulang-tulang panjang ekstremitas (alat gerak) terjadi perkembangan secara *osifikasi endokondral* (Byers, 2008).



Gambar 2.5 Osifikasi Endokondral (Tortora dan Derrickson, 2011)

Struktur dasar tulang pada umumnya terdiri dari *epifise*, *metafise*, dan *diafise* (Byers, 2008). *Diaphysis* adalah pusat pembentukan tulang yang ditemukan pada corpus, sedangkan pusat pembentukan pada ujung-ujung tulang disebut *epiphysis* (Snell, 2012). Lempong rawan pada masing-masing ujung, yang terletak antara *epiphysis* dan *diaphysis* pada tulang yang sedang tumbuh disebut lempeng *epiphysis*. *Metaphysis* merupakan bagian *diaphysis* yang berbatasan dengan lempeng *epiphysis* (Byers, 2008). Pusat kalsifikasi yang berada pada ujung-ujung tulang atau dikenal dengan *epifise line* akan berakhir seiring dengan pertambahan usia, dan terjadi pada setiap tulang. Penutupan dari garis *epifise line* tersebut rata-rata sampai dengan umur 21 tahun (Byers, 2008).

Tabel 2.2 Derajat Epifise Line (Ludwig, 2012)

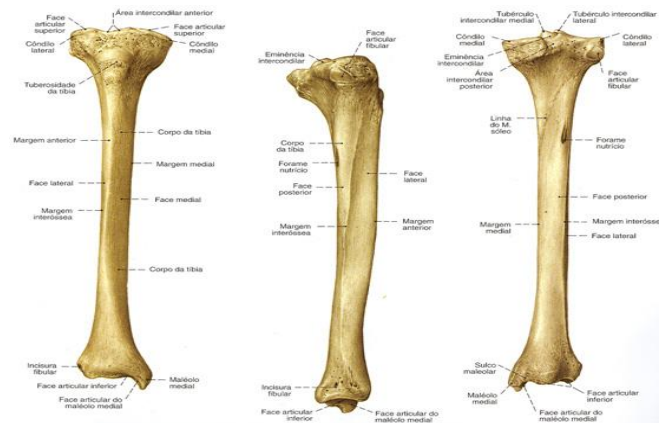
Jenis Tulang	Usia (Tahun)
<i>Head os femur</i>	16-19
<i>Greater trochanter</i>	19-19
<i>Lesser trochanter</i>	16-19
<i>Head of humerus</i>	16-23
<i>Distal humerus</i>	13-16
<i>Medial epicondyle</i>	16-17

<i>Proximal radius</i>	14-17
<i>Proximal ulna</i>	14-17
<i>Distal radius</i>	18-21
<i>Distal ulna</i>	18-21
<i>Metacarpals</i>	14-17
<i>Acromion</i>	17-19
<i>Distal femur</i>	17-20
<i>Proximal tibia</i>	17-19
<i>Proximal fibula</i>	16-21
<i>Distal tibia</i>	16-19
<i>Distal fibula</i>	16-19
<i>Metatarsals</i>	15-17
<i>Iliac crest</i>	18-22
<i>Primary elements pelvis</i>	14-16
<i>Sternal clavicle</i>	23-28
<i>Acromial clavicle</i>	18-21

2.6 Tulang Tibia

Tulang *tibia* atau tulang kering adalah penyusun kerangka utama dari tungkai bagian bawah, berada pada bagian medial dari tulang *fibula* atau tulang betis (Suratun, 2008). Tulang *tibia* terdiri dari *epiphysis proximalis*, *diaphysis*, *epiphysis distalis*. *Diaphysis* yang merupakan tengah *tibia*, sedangkan *epiphysis* adalah bagian bulat di ujung tulang. Tulang *tibia* adalah tulang besar yang menghubungkan antara tulang *femur* dengan pergelangan kaki dan tulang-tulang kaki, serta merupakan tulang penyangga beban. Tulang *tibia* juga memiliki fungsi untuk membentuk bagian dari kerangka pada kaki bagian bawah, dimana tulang *tibia* mendukung gerakan kaki, menciptakan titik di mana otot-otot yang dimasukkan, menyimpan mineral dan menghasilkan sel-sel darah di dalam sumsum tulang (Paulsen dan Waschke, 2012).

Pertumbuhan *tibia* sendiri berkembang selama 7-8 minggu (dalam rahim) dan pusat *osifikasi* pada *epifisis* proksimal muncul pada 36 minggu hingga 2 bulan. Dan mulai menyatu dengan *diaphisis* pada 13 sampai 17 tahun pada wanita, sedangkan pada pria sekitar 15 sampai 19 tahun (White dan Folkens, 2005).



Gambar 2.6 Tulang *Tibia* (Paulsen dan Waschke, 2012)

2.6.1 Batas Anatomi Tulang Tibia

Di bagian proksimal, *tibia* memiliki *condyle medial* dan *lateral* di mana keduanya merupakan *facies* untuk artikulasi dengan *condyle femur*. Terdapat juga *facies* untuk berartikulasi dengan kepala *fibula* di sisi lateral. Selain itu, *tibia* memiliki tuberositas untuk perlekatan ligamen. Di daerah distal *tibia* membentuk artikulasi dengan tulang-tulang *tarsal* dan *malleolus medial* (Paulsen dan Waschke, 2012).

2.6.2 Titik Anatomi Pengukuran Panjang Tulang Tibia

Untuk pengukuran panjang tulang *tibia*, subjek berdiri tegak sehingga permukaan paha dan fleksor tungkai berada pada sudut 90 derajat, dengan letak titik medial paling dangkal di batas atas *kondilus medial tibia* sampai ujung *malleolus medial* (Gupta *et al.*, 2014).

2.7 Perkiraan Tinggi Badan Berdasarkan Panjang Tulang

Pengukuran tinggi badan dengan keadaan tubuh yang tidak utuh dapat ditentukan secara kasar melalui:

1. Kedua ujung jari tengah kanan dan kiri dibentangkan secara maksimal kemudian diukur. Hasilnya menunjukkan kesamaan dengan ukuran tinggi badan.
2. Pengukuran panjang puncak kepala sampai *symphysis pubis*. Hasil pengukuran dikali dua.
3. Jarak dari *symphysis pubis* sampai ke salah satu tumit. Pengukuran dilakukan dengan meregangkan posisi pinggan dan kaki, serta tumit sedikit diangkat.
4. Pengukuran salah satu lengan (mengukur ujung jari tengah salah satu tangan sampai ke *acromion* pada *clavicula* di sisi tangan yang sama). Hasil pengukuran dikali 2 cm kemudian ditambah 34 cm. Penambahan 34 cm diambil dari 30 cm panjang 2 buah *clavicula* dan 4 cm dari lebar sternum.
5. Pengukuran panjang dari lekuk diatas *sternum* (*sternal notch*) sampai *symphysis pubis* lalu dikali 3,3.
6. Pengukuran panjang ujung jari tengah sampai ujung *olecranon*. Hasilnya dikali 3,7.
7. Mengukur panjang tulang femur dikali 4.
8. Mengukur panjang tulang humerus dikali 6 (Gautam *et al.*, 2015).

Taksiran pengukuran ditambah 2 cm sampai 4 cm untuk tambahan jarak sambung antar sendi bila dilakukan pengukuran pada tulang-tulang saja (Gautam *et al.*, 2015).

2.8 Manfaat Penggunaan Rumus Estimasi Tinggi Badan Berdasarkan Panjang Tulang

Beberapa penelitian menegaskan bahwa pengukuran tinggi badan merupakan variabel yang sangat penting dalam menilai status gizi (Banik, 2011). Pengukuran tinggi badan juga diperlukan untuk memprediksi penurunan tinggi badan yang berhubungan dengan proses penuaan (Mohanty *et al.*, 2001). Akan tetapi pengukuran tinggi badan dengan sikap posisi berdiri tegak tidak selalu dapat dilakukan dengan cara biasa, seperti pada orang yang mengalami kelumpuhan,

patah tulang, riwayat amputasi, dan kelainan tulang belakang (Quanjer *et al.*, 2014). Pengukuran tinggi badan juga sulit dilakukan pada orang tua dengan alasan masalah mobilitas (Hickson dan Frost, 2003). Dengan pertimbangan beberapa faktor tersebut, perkiraan tinggi badan harus diperoleh dari indikator antropometrik lain seperti panjang tangan dan kaki, panjang tulang *tibia*, tinggi lutut, panjang lengan bawah, panjang tulang sternum, panjang tulang vertebra, panjang tulang skapula, rentang lengan, serta beberapa penilaian pada bagian wajah (Gardasevic *et al.*, 2016; Popovic, Arifi dan Bjelica, 2017; Arif, Gardasevic dan Masanovic, 2018). Oleh karena itu, beberapa indikator antropometri sangat diperlukan sebagai alternatif untuk memperkirakan tinggi badan (Mohanty *et al.*, 2001).

2.9 Rumus Estimasi Tinggi Badan Berdasarkan Panjang Tulang

Untuk menentukan tinggi badan dengan pengukuran panjang tulang-tulang tertentu, dapat dipedomani menggunakan rumus *Trotter* dan *Glessner*. Akan tetapi karena bahan penelitian yang digunakan adalah ukuran orang barat, maka untuk digunakan pada orang Indonesia harus dipertimbangkan faktor koreksi. Untuk saat ini belum ada rumus resmi yang dipakai untuk menentukan tinggi badan dengan pengukuran tulang-tulang panjang dari penelitian yang dilakukan di Indonesia (Amir, 2005).

Beberapa rumus yang sering dipakai yaitu:

1. Rumus Karl Pearson

Karl Pearson membedakan rumus antara laki-laki dan perempuan untuk subjek penelitian kelompok orang-orang Eropa dengan melakukan pengukuran pada tulang-tulang panjang yang kering seperti tulang *femur*, *humerus*, *tibia* dan *radius* (Kusuma dan Yudianto, 2010).

Tabel 2.3 Rumus Perhitungan Tinggi Badan Menurut Karl Pearson Untuk Laki-laki Dan Perempuan (El Najjar dan McWilliams, 1978)

No	Laki-laki	Perempuan
1	Tinggi badan = $81.306 + 1.88 \times$ panjang tulang <i>femur</i> .	Tinggi badan = $72.844 + 1.945 \times$ panjang tulang <i>femur</i> .
2	Tinggi badan = $70.641 + 2.894 \times$ panjang tulang <i>humerus</i> .	Tinggi badan = $71.475 + 2.754 \times$ panjang tulang <i>humerus</i> .
3	Tinggi badan = $78.664 + 2.376 \times$ panjang tulang <i>tibia</i> .	Tinggi badan = $74.774 + 2.352 \times$ panjang tulang <i>tibia</i> .
4	Tinggi badan = $85.925 + 3.271 \times$ panjang tulang <i>radius</i> .	Tinggi badan = $81.224 + 3.343 \times$ panjang tulang <i>radius</i> .
5	Tinggi badan = $71.272 + 1.159 \times$ (panjang tulang <i>femur</i> + panjang tulang <i>tibia</i>).	Tinggi badan = $69.154 + 1.126 \times$ (panjang tulang <i>femur</i> + panjang tulang <i>tibia</i>).
6	Tinggi badan = $71.443 + 1.22 \times$ (panjang tulang <i>femur</i> + $1.08 \times$ panjang tulang <i>tibia</i>).	Tinggi badan = $69.154 + 1.126 \times$ (panjang tulang <i>femur</i> + $1.125 \times$ panjang tulang <i>tibia</i>).
7	Tinggi badan = $66.855 + 1.73 \times$ (panjang tulang <i>humerus</i> + panjang tulang <i>radius</i>).	Tinggi badan = $69.911 + 1.628 \times$ (panjang tulang <i>humerus</i> + panjang tulang <i>radius</i>).
8	Tinggi badan = $69.788 + 2.769 \times$ (panjang tulang <i>humerus</i> + 0.195 \times panjang tulang <i>radius</i>).	Tinggi badan = $70.542 + 2.582 \times$ (panjang tulang <i>humerus</i> + 0.281 \times panjang tulang <i>radius</i>).
9	Tinggi badan = $68.397 + 1.03 \times$ panjang tulang <i>femur</i> + $1.557 \times$ panjang tulang <i>humerus</i> .	Tinggi badan = $67.435 + 1.339 \times$ panjang tulang <i>femur</i> + 1.027 \times panjang tulang <i>humerus</i> .
10	Tinggi badan = $67.049 + 0.913 \times$ panjang tulang <i>femur</i> + $0.6 \times$ panjang tulang <i>tibia</i> + $1.225 \times$ panjang tulang <i>humerus</i> - 0.187 \times panjang tulang <i>radius</i> .	Tinggi badan = $67.469 + 0.782 \times$ panjang tulang <i>femur</i> + $1.12 \times$ panjang tulang <i>tibia</i> + $1.059 \times$ panjang tulang <i>humerus</i> - $0.711 \times$ panjang tulang <i>radius</i> .

2. Rumus Trotter dan Glesser

Rumus ini memakai subjek penelitian kelompok laki-laki ras *Mongoloid*. Pada rumus ini terdapat 10 rumus total dengan 6 rumus yang menggunakan masing-masing dari tulang panjang dan 4 rumus yang lain dengan penjumlahan dari beberapa tulang panjang (Kusuma dan Yudianto, 2010).

Tabel 2.4 Rumus Perhitungan Tinggi Badan Menurut Trotter-Glesser (Amir, 2005)

No	Rumus Perhitungan Tinggi Badan
1	$1,22 (\text{femur} + \text{fibula}) + 70,24 (\pm 3,18 \text{ cm})$
2	$1,22 (\text{femur} + \text{tibia}) + 70,37 (\pm 3,24 \text{ cm})$
3	$2,40 (\text{fibula}) + 80,56 (\pm 3,24 \text{ cm})$
4	$2,39 (\text{tibia}) + 81,45 (\pm 3,27 \text{ cm})$
5	$2,15 (\text{femur}) + 72,57 (\pm 3,80 \text{ cm})$
6	$1,68 (\text{humerus} + \text{ulna}) + 71,18 (\pm 4,14 \text{ cm})$
7	$1,67 (\text{humerus} + \text{radius}) + 74,83 (\pm 4,16 \text{ cm})$
8	$2,68 (\text{humerus}) + 83,19 (\pm 4,25 \text{ cm})$
9	$3,54 (\text{radius}) + 82,00 (\pm 4,60 \text{ cm})$
10	$3,48 (\text{ulna}) + 77,45 (\pm 4,66 \text{ cm})$

3. Rumus Stevenson

Tabel 2.5 Rumus Perhitungan Tinggi Badan Menurut Stevenson (Idries, 2002)

No	Rumus Perhitungan Tinggi Badan
1	$TB = 61,7207 + 2,4378 \times \text{femur} \pm 2,1756$
2	$TB = 81,5115 + 2,8131 \times \text{humerus} \pm 2,8903$
3	$TB = 59,2256 + 3,0263 \times \text{tibia} \pm 1,8916$
4	$TB = 80,0276 + 3,7384 \times \text{radius} \pm 2,6791$

4. Rumus Antropologi Ragawi UGM

Rumus Antropologi Ragawi UGM adalah rumus perkiraan tinggi badan yang digunakan untuk jenis kelamin pria usia dewasa suku Jawa (Budiyanto *et al.*, 1997).

Tabel 2.6 Rumus Perhitungan Tinggi Badan Menurut Antropologi Ragawi UGM (Budiyanto, 1999)

No	Rumus Perhitungan Tinggi Badan
1	TB = 897 + 1.74 y (<i>femur</i> kanan)
2	TB = 822 + 1.90 y (<i>femur</i> kiri)
3	TB = 879 + 2.12 y (<i>tibia</i> kanan)
4	TB = 847 + 2.22 y (<i>tibia</i> kiri)
5	TB = 867 + 2.19 y (<i>fibula</i> kanan)
6	TB = 883 + 2.14 y (<i>fibula</i> kiri)
7	TB = 847 + 2.60 y (<i>humerus</i> kanan)
8	TB = 805 + 2.74 y (<i>humerus</i> kiri)
9	TB = 842 + 3.45 y (<i>radius</i> kanan)
10	TB = 862 + 3.40 y (<i>radius</i> kiri)
11	TB = 819 + 3.15 y (<i>ulna</i> kanan)
12	TB = 847 + 3.06 y (<i>ulna</i> kiri)

5. Rumus Telka

Rumus Telka merupakan rumus yang didasarkan dari pemeriksaan terhadap orang-orang *Finisia* (Devison, 2009) .

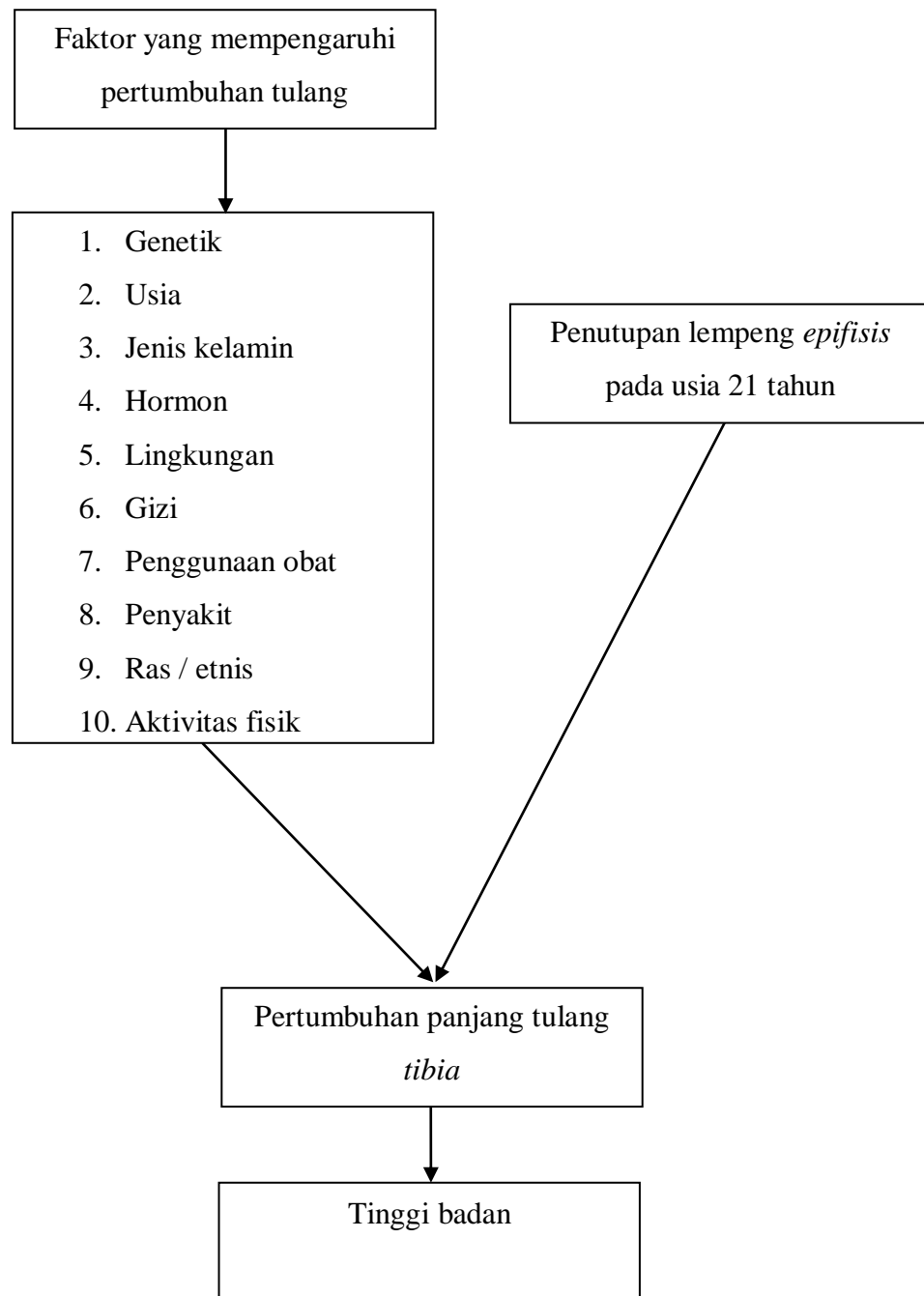
Tabel 2.7 Rumus Perhitungan Tinggi Badan Menurut Telka (Devison, 2009)

No	Rumus Perhitungan Tinggi Badan
1	TB = 169,4 + 2.8 (<i>humerus</i> - 32,9) ± 5.0
2	TB = 169.4 + 3.4 (<i>radius</i> - 22.7) ± 5.0
3	TB = 169.4 + 3.2 (<i>ulna</i> - 23.1) ± 5.2
4	TB = 69.4 + 2.1 (<i>femur</i> - 45.5) ± 4.9

5	$TB = 169.4 + 2.1 (tibia - 36.6) \pm 4.6$
---	---

6	$TB = 169.4 + 2.5 (fibula - 36.1) \pm 4.4$
---	--

2.10 Kerangka Teori



Gambar 2.7 Kerangka Teori

2.11 Kerangka Konsep

Kerangka konsep adalah diagram yang menunjukkan hubungan antara variabel dalam penelitian (Sastroasmoro, 2015). Adapun kerangka konsep yang dibuat berdasarkan tujuan penelitian yaitu:



Gambar 2.8 Kerangka Konsep

2.12 Hipotesis Penelitian

1. H₀ : Tidak terdapat hubungan antara panjang tulang *tibia* kanan dan kiri terhadap tinggi badan pada mahasiswa dan mahasiswi FK UISU angkatan 2018.
2. H₁ : Terdapat hubungan antara panjang tulang *tibia* kanan dan kiri terhadap tinggi badan pada mahasiswa dan mahasiswi FK UISU angkatan 2018.