

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tulang adalah salah satu aspek terpenting dalam tubuh manusia. Tulang pada tubuh manusia memberikan manfaat sebagai penopang tubuh, membentuk tubuh, sebagai pelekatan pada otot, tempat menyimpan mineral, serta memungkinkan adanya gerakan pada tubuh melalui tulang-tulang yang berartikulasi melalui sendi-sendi dalam tubuh. Tulang adalah jaringan ikat yang bersifat kaku dan membentuk bagian terbesar kerangka, serta merupakan jaringan penunjang tubuh utama (L. Moore dan M.R. Agur, 1996; dalam Laksman, 2002). Menurut Waugh dan Grant, pada *Anatomy and Physiology in Health and Illness*, secara garis besar jenis tulang dibagi menjadi dua, yaitu tulang panjang dan tulang pendek (iregular, pipih, dan sesamoid). Tulang panjang terdiri atas satu batang/diafisis dan dua ujung/epifisis dan memiliki ciri-ciri besar dan panjang jika dibandingkan lebarnya, yang termasuk dalam jenis tulang panjang diantaranya, femur, tibia, fibula, humerus. Tulang pendek terdiri dari iregular, pipih, dan sesamoid memiliki ciri-ciri tanpa bagian epifisis dan diafisis dan terdiri dari berbagai macam ukuran dan bentuk. Tulang pendek misalnya karpal, iregular misalnya tulang tengkorak, tulang pipih misalnya sternum, iga, sesamoid misalnya tulang patela / tempurung lutut (L. Moore dan M.R. Agur, 1996).

Sebagai salah satu bagian penting dalam tubuh manusia, tulang membutuhkan bahan penyusun yang kuat dan solid agar dapat menyangga tubuh pada posisinya, memberikan bentuk tubuh, serta sebagai tempat melekatnya otot pada tubuh manusia. Tulang memiliki beberapa bahan pembentuk jaringan, yaitu:

- Sel-sel tulang yang terdiri dari *osteoblast* (sel yang membentuk tulang pada masa pertumbuhan tulang dari awal), *osteoclast* (yaitu

sel yang menggantikan dan perusakan sehingga terbentuk tulang baru), *osteosit* (yaitu sel yang terbentuk dari *osteoblast* yang berfungsi untuk menjaga dan memelihara bagian tulang yang telah mengalami *osifikasi*),

- Matriks yang mengandung unsur anorganik, berupa kalsium fosfat,
- Memiliki bentuk kompak / padat secara makroskopik

Apabila diamati secara mikroskopis, tulang memiliki struktur yang terdiri dari sistem Havers (yaitu saluran yang terdapat saraf, pembuluh darah, serta aliran limfe), lamella (yaitu tulang yang memiliki susunan secara konsentris/terpusat), Lacuna (yaitu celah kecil yang berada diantara lempengan-lempengan/lacuna yang mengandung sel-sel tulang), Kanalikuli (bagian diantara lacuna sebagai lokasi difusi hingga ke osteon).

Sistem gerak tubuh manusia ditunjang oleh adanya kinerja otot dan sendi yang ditopang oleh adanya sistem tulang rangka manusia. Kerangka atau skeletal adalah rangkaian tulang yang menunjang sebagian besar organ dalam tubuh, selain itu juga berfungsi sebagai alat pengungkit gerakan dan memberikan kaitan otot-otot kerangka (Pearce,1997). Sistem gerak tubuh manusia selain berfungsi sebagai alat pengungkit dan pelekatan otot, sistem gerak juga memberikan bentuk pada tubuh manusia sehingga bentuk tubuh manusia dapat secara efektif mendukung proses gerak tubuh manusia.

Pergerakan tubuh manusia dalam melakukan gerak ditunjang oleh adanya kinerja otot dan sendi yang saling berartikulasi sehingga dapat menciptakan gerak tubuh. Gerak tubuh sendiri sangat diperlukan dalam aktivitas dan kegiatan manusia sehari-hari. Menurut Byers (2010), bahwa gerakan yang melibatkan antara kerja sama otot dan sendi secara terus-menerus merupakan indikator dari terjadinya *stressmarkers* pada tulang sebagai dampak dari suatu pekerjaan ataupun aktivitas yang secara massif dilakukan. Tanda pada tulang (*stress markers*) adalah akibat yang muncul dari adanya tekanan yang diberikan pada tulang secara terus-menerus dalam kurun waktu yang relatif lama dan intensif berdasarkan suatu aktivitas atau

pekerjaan fisik yang diulang-ulang pada setiap kegiatan manusia (Byers, 2010). Dengan adanya aktivitas yang melibatkan titik fokus tulang tertentu dalam kurun waktu yang relatif lama, dengan titik tumpuan yang relatif berat, lambat laun akan mengakibatkan munculnya tanda di bagian tulang berupa *ostepit*, *discrete markers* ataupun *stress fraktur* serta modifikasi pada area insersi. Sesuai dengan Hukum Wolff yang menyatakan bahwa tulang dapat mengalami pertumbuhan apabila mendapat pengaruh berupa beban yang ditimbulkan dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia dalam kurun waktu yang relatif lama dan memiliki titik tumpuan yang relatif sama. Menurut Wilczak dan Kennedy (1998) *stress markers* dapat dibagi menjadi 4 yaitu:

1. *Osteophytosis* yang memiliki bentuk tajak / taring kecil yang muncul pada permukaan tulang yang bertekstur halus,
2. Modifikasi pada area insersi yang melibatkan jaringan kulit lunak seperti tendon maupun ligament,
3. *Stress fractures* Merupakan hasil aktivitas yang bersifat berat dan dilakukan dengan kurun waktu yang lama serta berulang-ulang yang memiliki pengaruh beban berat pada tubuh,
4. *Discrete markers* bentuk tulang yang bervariasi sebagai hasil dari aktivitas yang berpengaruh pada munculnya tanda pada tulang.

Aktivitas penambang belerang pada Gunung Welirang dilakukan selama kurun waktu 5 hari dalam seminggu, pada umumnya penambang belerang mulai berangkat menuju Gunung Welirang pada hari minggu hingga hari kamis. Akan tetapi juga tergantung dengan kondisi cuaca yang ada, penambang belerang berangkat dengan berjalan kaki melalui jalur pendakian Gunung Welirang yang berada di daerah Tretes Kecamatan Prigen Kabupaten Pasuruan. Dalam kurun hari kerjanya, penambang belerang sebagian besar tinggal di pondokan-pondokan gubuk yang berada dijalur pendakian Gunung Arjuno – Welirang via Tretes, Kabupaten Pasuruan. Dalam kurun satu hari, para penambang mampu mengangkut satu hingga dua kali dengan menaiki dan menuruni bibir tebing melalui jalur pendakian

Gunung Welirang via Tretes. Setiap kali angkut, penambang mampu mengangkut belerang dengan berat antara 100-300 kg sesuai dengan kemampuan penambang dan kondisi cuaca yang ada, karena jalur yang dilalui sangat curam dengan kontur tanah bebatuan yang terjal dan cuaca yang tidak menentu.

Kekuatan dan ketahanan fisik merupakan faktor utama yang harus dimiliki oleh penambang belerang yang ada di Gunung Welirang, karena dengan metode penambangan belerang yang digunakan masih menggunakan metode tradisional serta kondisi topografi lokasi tambang dan medan sulit yang ditempuh menuntut adanya kekuatan fisik yang ekstra dari penambang. Kekuatan fisik yang utama dan menjadi tumpuan bagi para penambang adalah pada bagian gelang bahu, ekstremitas atas, ekstremitas bawah, serta tubuh bagian tengah (*pelvis*) pada tubuh penambang belerang, diantaranya gelang bahu berupa *os clavícula* dan *scapula*, ekstremitas atas berupa lengan, tangan, serta jari-jari tangan otot dan persendian yang ada. Pada bagian ekstremitas bawah berupa tungkai kaki, lutut, telapak kaki, otot, serta persendian yang berada pada ekstremitas bawah, pada bagian tengah tubuh, *pelvis* menjadi tumpuan yang menjadi lokasi pembagian titik beban dan gravitasi tubuh bagian atas dan bawah. Selain pada kekuatan ekstremitasnya, diperlukan juga artikulasi tulang-tulang pada kedua ekstremitas, seperti *os clavícula*, dan *scapula*. Dengan artikulasi sendi dan bagian tulang di atas, sehingga dapat menghasilkan gerak yang dibutuhkan penambang dalam kegiatan tambangnya sehari-hari.

Para penambang belerang dalam menjalankan aktivitas tambangnya banyak menggunakan kekuatan tubuh muali dari memikul gerobak, memikul belerang, hingga menarik gerobak belerang serta dengan usia yang mulai bertambah, maka akan berdampak pada kesehatan tubuh para penambang sendiri, yaitu mulai dirasakannya sakit pada bagian tubuh tertentu misalnya nyeri sendi, nyeri otot, dan sesak napas, hal ini merupakan konsekuensi penggunaan kekuatan fisik yang besar dan dilakukan dalam jangka waktu

yang panjang sehingga berdampak terhadap kondisi fisik para penambang belerang.

Menurut Byers(2010), bahwa suatu aktivitas individu yang dilakukan secara intensif dan terus-menerus dalam kurun waktu yang lama dapat meninggalkan tanda pada permukaan tulang yang diakibatkan adanya pengikatan otot, ossifikasi pada jaringan lunak, serta erosi pada tulang. Aktivitas penambang belerang memiliki beban kerja yang tinggi karena gerakan penambang yang secara terus-menerus dengan naik dan menuruni bibir tebing dengan beban yang dibawa. Selain itu keadaan lingkungan Gunung Welirang yang mempersulit karena memiliki kemiringan jalur yang terjal dan curam.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, maka masalah yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah aktivitas penambang belerang berdasarkan masa kerja, intensitas kerja, dan beban kerja berakibat pada munculnya *Stress markers* pada *os clavícula*?
2. Jenis atau variasi *Stress markers* apa yang muncul pada *os clavícula* penambang belerang di Gunung Welirang?
3. Apa saja keluhan rasa sakit yang dialami oleh Penambang belerang Gunung Welirang?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penggunaan tulang selangka / *os clavícula* sebagai variabel yang diteliti dikarenakan pada penambang belerang di Gunung Welirang, tulang bahu menjadi salah satu bagian dari tubuh yang memperoleh tekanan paling besar ketika melakukan kegiatan pertambangan, hal ini dikarenakan dengan penggunaan metode tradisional penambangan belerang yang ada di Gunung Welirang, berupa penggunaan alat seperti linggis dan gerobak pengangkut belerang. Gerobak pengangkut belerang dijalankan dengan cara ditarik menggunakan tangan dan diperkuat dengan tali yang dibentangkan di bahu para penambang. Selain itu, dengan intensitas kerja yang berlangsung relatif lama dan dengan kondisi lingkungan Gunung Welirang yang memiliki topografi yang curam, dengan kontur jalanan setapak tanah yang berbatu dan berpasir, sehingga menuntut adanya kerja fisik yang berat pada penambang. Untuk mengetahui kondisi *os clavícula* (tulang selangka) penambang belerang, digunakan metode rontgen.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi ada tidaknya *stress markers* pada *os clavícula* penambang belerang di Gunung Welirang berdasarkan masa kerja, intensitas kerja, dan beban kerja.
2. Mengetahui jenis *stress markers* yang muncul pada *os clavícula* penambang belerang di Gunung Welirang.
3. Mengetahui keluhan rasa sakit pada tubuh yang dialami oleh Penambang belerang Gunung Welirang.

## 1.4 Manfaat Penelitian

### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Secara teoritis, penelitian pada *os clavícula* penambang belerang Gunung Welirang ditujukan untuk mengetahui kemunculan *stress markers* pada suatu bagian tubuh manusia setelah melakukan pekerjaan fisik yang berat, guna mengetahui variasi *stress markers* akibat perbedaan aktivitas dan intensitas yang dilakukan oleh individu, serta membantu mengidentifikasi Individu atau kelompok berdasarkan *stress markers* yang diakibatkan oleh aktivitas atau pekerjaan yang dikerjakan secara terus-menerus.

### 1.4.2 Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian pada *os clavícula* penambang belerang Gunung Welirang ditujukan untuk memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kondisi dari *stress markers* yang terjadi pada penambang belerang akibat kegiatan pertambangan dan mendeskripsikan sisi lain dari pekerjaan seorang penambang belerang.

## 1.5 Tinjauan Pustaka

### 1.5.1 Tulang atau Rangka Tubuh Manusia

Tubuh manusia dalam proses melakukan gerak membutuhkan kerjasama antara aspek-aspek dalam tubuh yang bersifat tersistem dan dikendalikan oleh otak. Sistem gerak pada manusia merupakan alat yang berperan terhadap gerak pada tubuh manusia, dengan peranan sistem gerak pada tubuh manusia, sehingga memungkinkan manusia dapat melakukan mobilitas guna menjalankan aktivitas, misalkan berjalan, berlari, memegang benda, dan lain sebagainya. Gerak tubuh pada manusia tidak serta merta terjadi begitu saja, akan tetapi telah melewati seperangkat sistem yang melibatkan bagian-bagian tubuh manusia, seperti rangka /

tulang, otot, serta sendi yang saling berartikulasi sehingga menghasilkan gerakan-gerakan yang sesuai dengan perintah otak.

Tulang merupakan salah satu bagian terpenting dari tubuh manusia yang berpengaruh terhadap adanya gerak pada tubuh manusia. Tulang pada tubuh manusia tersusun berdasarkan 2 tipe, yaitu tulang korteks (tulang kompak) dan tulang trabekular (tulang berongga/*spongy*). Pada bagian luar/permukaan tulang berupa tulang kompak/tulang korteks dan pada bagian dalam berupa tulang trabekular yang memiliki rongga-rongga. Pada tubuh manusia 80% tersusun dari tulang korteks yang terdiri dari lapisan padat kolagen yang telah mengalami mineralisasi. Tulang korteks terdapat pada tulang panjang ekstremitas atas dan ekstremitas bawah, serta vertebra. Tulang trabekular terdapat pada epifisis tulang panjang serta pada bagian dalam tulang pendek.



*Gambar 1. 1: Tulang Kompak & Tulang Berongga*  
 Sumber : <https://www.google.com/imgres> (Diakses pada 11-03-2020 pukul 18.26 WIB).

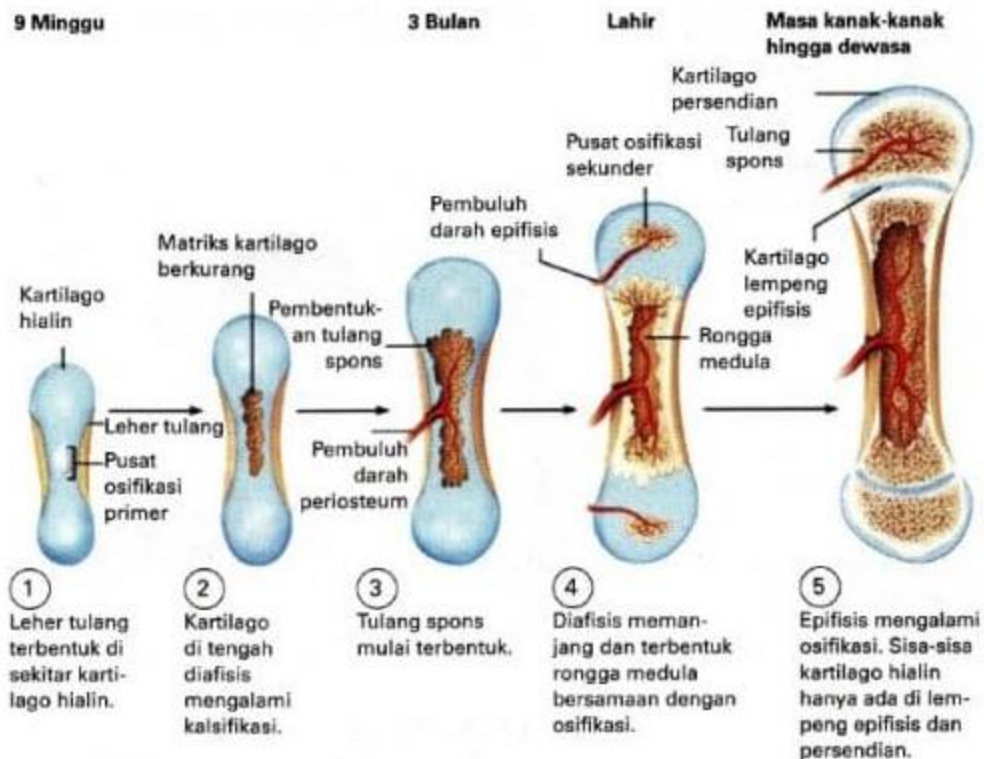


Tulang menjadi penyusun dan memberikan bentuk pada tubuh manusia, selain itu dengan bentuk rangka tulang yang sedemikian rupa memungkinkan manusia untuk bergerak dengan melibatkan sistem rangka, otot dan persendian pada tubuh manusia. Rangka atau tulang manusia termasuk salah satu alat gerak pasif karena dalam proses gerak tulang memerlukan dukungan otot dan persendian pada tubuh. Tulang terbentuk dari unsur kalsium (dalam bentuk garam) kemudian direkatkan oleh kolagen. Tulang sebagai salah satu anggota tubuh manusia dapat mengalami gangguan dalam bentuk penyakit maupun kelainan, misalnya penyakit yang bersifat genesis, infeksi, faktor gizi, *fraktur* / patah tulang, maupun dampak dari aktivitas manusia yang membutuhkan gerak tubuh.

Pertumbuhan tulang merupakan proses terbentuknya jaringan tulang yang disebut dengan proses osifikasi (Penulangan) dan juga osteogenesis (Waugh dan Grant, 2011). Pertumbuhan dan perkembangan tulang pada tubuh manusia dimulai pada masa embrionik (masa dalam kandungan) dan akan terus mengalami proses pertumbuhan menuju sempurna hingga usia berkisar 21 tahun. Tulang panjang terbentuk dari batang kartilago bersama tulang pendek dan tulang ireguler, tulang sesamoid terbentuk dari model tendon, dan tulang pipih terbentuk dari model membran.

Perkembangan pada tulang panjang mulai terjadi pada salah satu titik fokus area kecil pada sel osteogenetik, yang disebut juga dengan pusat osifikasi dalam model kartilago. Pada tahapan ini disertai dengan perkembangan kolar tulang pada usia 8 minggu kehamilan. Setelah suplai darah mulai terbentuk, jaringan tulang akan menggantikan kartilago melalui proses osteoblast yang menyekresikan komponen osteoid dalam diafisis, dan akan terjadi terus-menerus hingga menyebar pada bagian epifisis. Pada masa janin, pusat osifikasi tingkat lanjut / skunder akan terjadi pada bagian epifisis, sehingga bagian diafisis juga turut mengalami perpanjangan mengikuti perkembangan bagian epifisis. Pada masa kelahiran, tulang mengalami proses perpanjangan melalui osifikasi yang

terjadi pada bagian permukaan diafisis dari kartilago epifisis. Pertumbuhan tulang panjang akan menjadi sempurna pada saat kartilago mengalami proses osifikasi secara lengkap seiring dengan pertumbuhan tubuh menuju dewasa (Waugh dan Grant, 2011).

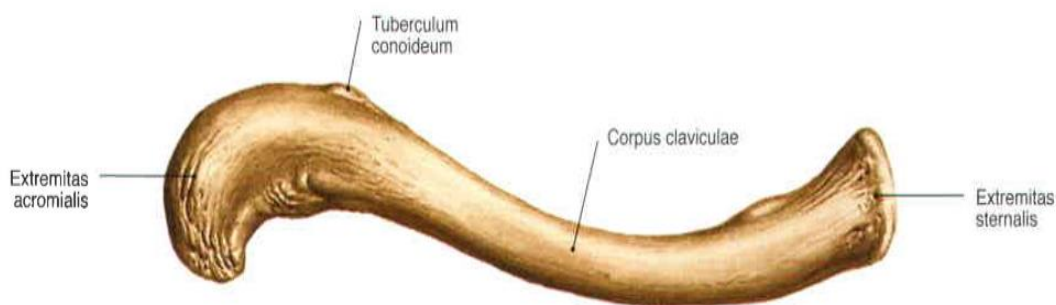


Gambar 1. 2 : Fase Pertumbuhan Tulang Panjang  
Sumber : <https://sel.co.id/proses-pembentukan-tulang> (Diakses pada 16-04-2020 pukul 15.26 WIB).

*Os clavícula* / tulang selangka merupakan salah satu bagian dari tulang panjang yang berbentuk huruf S, *os clavícula* termasuk pada bagian rangka aksial tubuh manusia karena berada pada rangka utama tubuh manusia (Pearce,1997). *Os clavícula* termasuk dalam golongan tulang panjang namun dengan ukuran yang relatif pendek dengan artikulasi medial dengan sternum, dan lateral dengan *acromion scapula*. *os clavícula* juga berartikulasi dengan bagian ekstremitas atas dengan adanya sendi bahu. *Os clavícula* membentuk persendian dengan manubrium sternum (sendi sterno-clavícula) dan membentuk sendi *akromio-clavícula* dengan

prosesus akromio dan tulang scapula, dengan dua *os clavícula* dan dua tulang skapula membentuk gelang bahu yang menghubungkan ekstremitas atas dengan rangka aksial pada tubuh manusia. *Os clavícula* menjadi satu-satunya tulang panjang horizontal dalam tubuh manusia.

Meskipun tergolong dalam tulang panjang, *os clavícula* tidak memiliki rongga sumsum tulang seperti halnya pada jenis tulang panjang lainnya, bagian dalam *os clavícula* tersusun dari tulang spons. Berdasarkan proses pertumbuhannya, *os clavícula* merupakan tulang pertama yang mengalami proses osifikasi selama perkembangan embrio dalam rahim yaitu pada minggu ke 5 dan 6, dan menjadi tulang terakhir yang menyelesaikan proses osifikasi pada usia 21 tahun.



*Gambar 1. 3: Os Clavícula Kanan (Superior View)*  
*Sumber : Sobotta Atlas of Human Anatomy (Vol.1)*



*Gambar 1. 4: Os Clavícula Kanan (Inferior View)*  
*Sumber : Sobotta Atlas of Human Anatomy (Vol.1)*

*Os clavícula* turut membentuk bagian interior gelang bahu, dengan bentuknya yang melengkung, dengan artikulasi medialnya dengan manubrium sterni dan sisi lateral dengan acromion scapula, sehingga memungkinkan terbentuknya lengkung ganda yang seolah-olah membentuk huruf S.

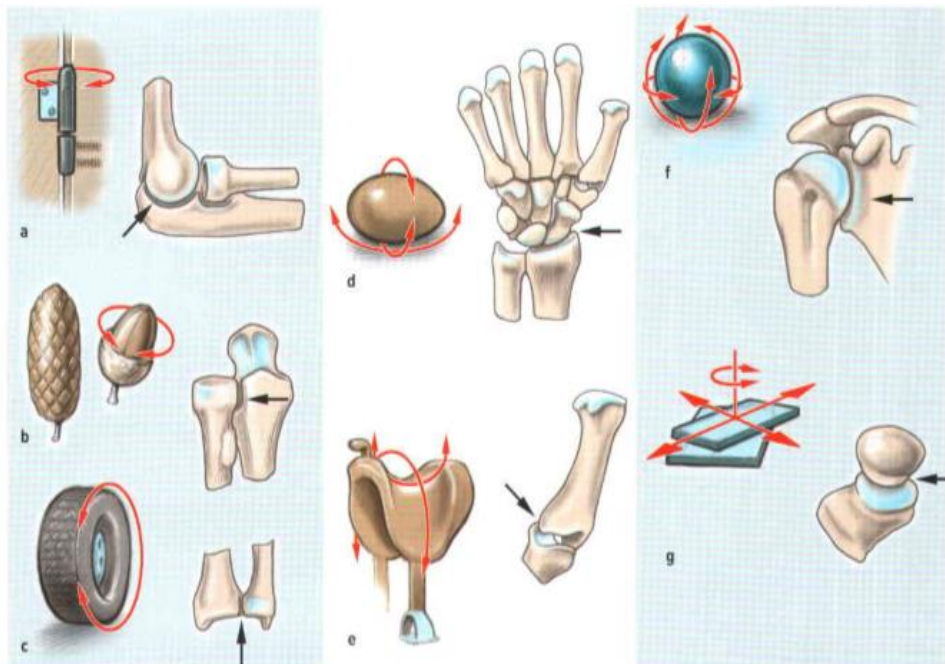
### 1.5.2 Sendi pada Ektremitas Atas dan Gelang Bahu

Sendi merupakan hubungan antar suatu tulang dengan tulang yang lainnya, sehingga membentuk persendian (Waugh dan Grant, 2011). Hubungan antar tulang ini sering disebut dengan artikulasi, sendi terbentuk dari adanya kartilago yang tumbuh dan kedua ujung epifisis yang ditutupi jaringan ikat. Keduanya diselimuti oleh selaput sendi (membran sanovial). Pada sistem gerak tubuh manusia memiliki peranan penting dalam proses terjadinya gerak pada tubuh manusia.

Sendi Sinovial merupakan jenis sendi yang paling umum, sendi sinovial memungkinkan adanya gerak bebas antara tulang-tulang yang saling berhubungan (L. Moore dan M.R. Agur, 1996; dalam Laksman, 2002:8). Sendi sinovial ditandai dengan adanya ruang atau kapsul diantara dua tulang yang membentuk persendian yang dikaitkan oleh jaringan fibrosa. Sendi sinovial memungkinkan gerak tubuh yang leluasa. Sendi sinovial mengandung cairan pelumas yang disebut dengan *sinovia*, dan dilapisi oleh membrane *synovialis* sehingga penamaan sendinya pun didasarkan pada pelumas yang terkandung di dalamnya. Berikut merupakan jenis-jenis sendi sinovial berdasarkan rentang gerakan yang memungkinkan dilakukan:

- a. Sendi engsel (*hinge joint*), seperti penamaannya sendi engsel terbentuk dari artikulasi tulang yang tersusun menyerupai engsel pada daun pintu sehingga memiliki gerakan yang terbatas yaitu ekstensi dan fleksi. Contohnya pada bagian siku lengan atas, lutut, tumit, jari tangan dan jari kaki.

- b. Sendi lesung (*ball and socket joint*) salah satu ujung tulang masuk ke dalam cekungan tulang lain, sehingga memungkinkan adanya gerakan ke berbagai arah meliputi ekstensi, fleksi, aduksi, abduksi rotasi, dan sirkumduksi. Contohnya adalah gerakan pada bahu dan gerakan pinggul.
- c. Sendi putar (*pivot joint*) memungkinkan adanya gerak memutar yang berotasi contohnya adalah gerakan pada kepala yang berotasi.
- d. Sendi kondiloid, terbentuk dari kondil sendi yang masuk ke dalam soket sendi. Contohnya kondil pada tulang oksipital yang masuk ke dalam bagian depresi atlas. Gerakannya berupa fleksi, ekstensi, aduksi, dan abduksi.
- e. Sendi pelana (*saddle joint*), pada artikulasi tulang yang membentuk permukaan pada pelana, misalnya artkulasi tulang pada pergelanangan tangan dan tulang metacarpal dan kemampuan gerakan oposisi pada ibu jari.
- f. Sendi Selongsor (*gliding joint*) pada permukaan sendi berbentuk pipih dan memiliki gerakan yang terbatas. Contohnya sendi antara karpal pada pergelangan tangan, tulang tarsal pada kaki, serta antara prosesus vertebra spinal.



*Gambar 1. 5: Sendi Sinovial*

*Sumber : Sobotta Atlas of Human Anatomy (Vol.1)*

Sendi sinovial pada ekstremitas atas terbagi menjadi 5 bagian sendi, yaitu:

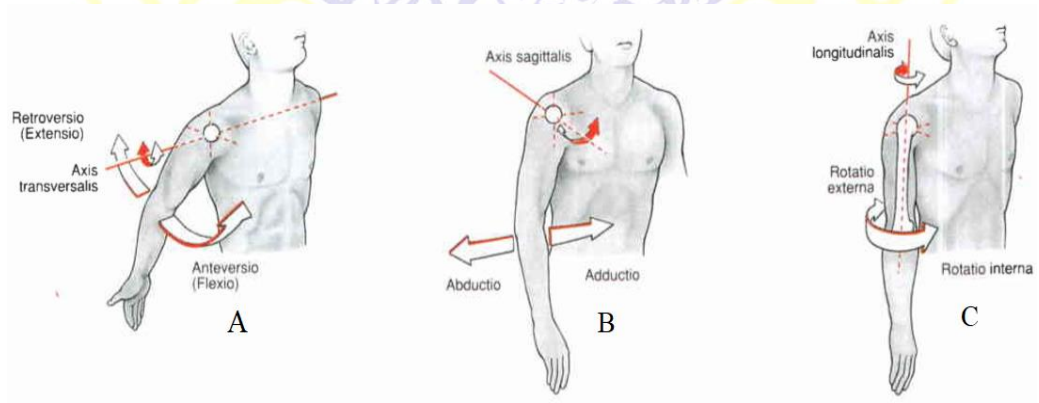
- Sendi bahu, termasuk pada golongan sendi lesung karena mampu bergerak secara bebas. Gerakan yang diciptakan diantaranya ekstensi (meluruskan), fleksi (membawa lengan ke arah depan dada), aduksi (merapatkan lengan pada sisi tubuh), abduksi (menjahkan lengan dari tubuh), rotasi ekterna, rotasi interna, serta sirkumduksi.
- Sendi siku, tergolong pada sendi engsel yang terbentuk dari troklea dan kapitulum humerus, serta bagian simpul troklea ulna dan kepala radius. Gerakan sendi siku berupa fleksi dan ekstensi.
- Sendi radio-ulnar (proksimal dan distal), merupakan sendi putar yang terbentuk dari bagian kepala radius, berupa sendi putar antara ujung distal radius dan bagian kepala ulna. Meliputi gerakan pronasi (mengarahkan telapak

tangan ke arah belakang) dan supinasi (gerakan menengadahkan bagian telapak tangan).

- Sendi pergelangan tangan, merupakan bagian dari sendi kondiolid pada bagian ujung distal radius dan ujung proksimal skafoid. Gerakan berupa abduksi, aduksi, fleksi, ekstensi pada pergelangan tangan.
- Sendi tangan dan jari, bagian dari sendi sinovial anatar tulang karpal dan metakarpal, antara metakarpal dan falang, serta artikulasi antar falang. Gerakan berupa oposisi ibu jari, fleksi, dan ekstensi.

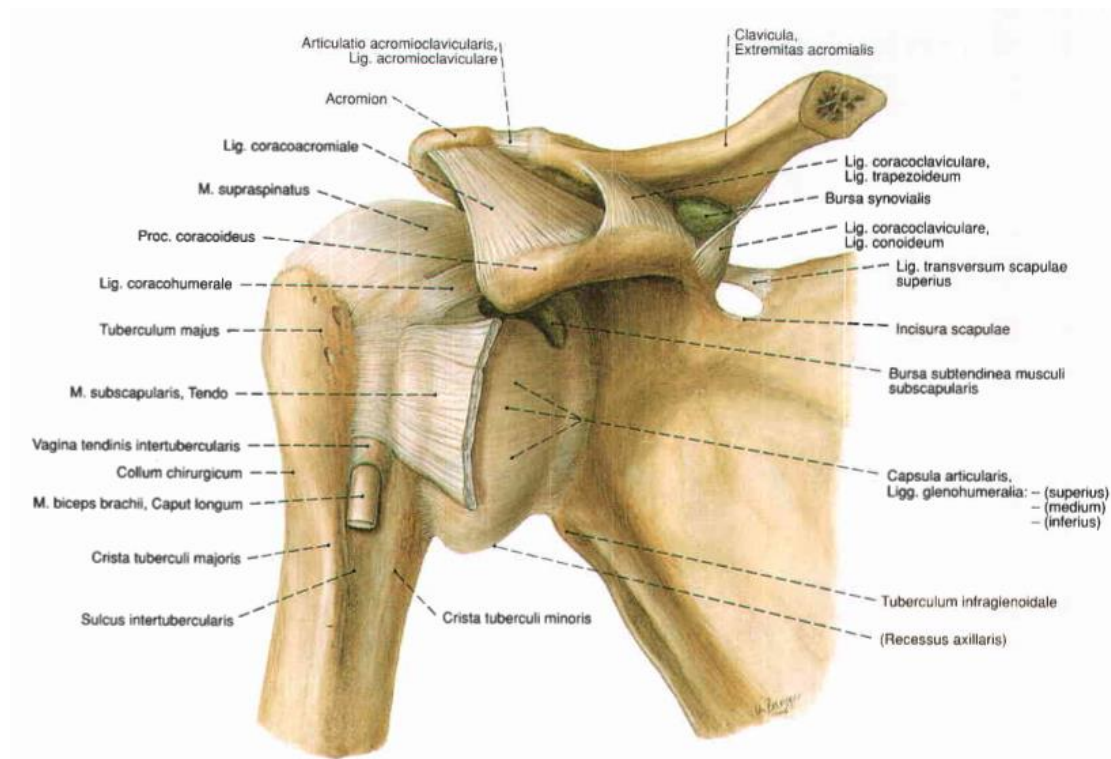
**Tabel 1. 1 Jenis Gerakan Sendi Sinovial pada Ektremitas Atas**

JENIS GERAKAN	DEFINISI GERAKAN
Fleksi	Melipat ke arah belakang (pada siku)
ekstensi	Meluruskan atau melipat ke arah belakang
Abduksi	Gerakan menjauhi garis tengah / sumbu tubuh
Aduksi	Gerakan mendekati garis tengah / sumbu tubuh
Sirkumduksi	Gerakan ekstremitas / jari membentuk kerucut
Pronasi	Memutar telapak tangan ke arah belakang (telengkup)
Rotasi	Gerakan memutar sumbu tulang panjang
Supinasi	Memutar telapak tangan ke arah depan (menengadahkan)



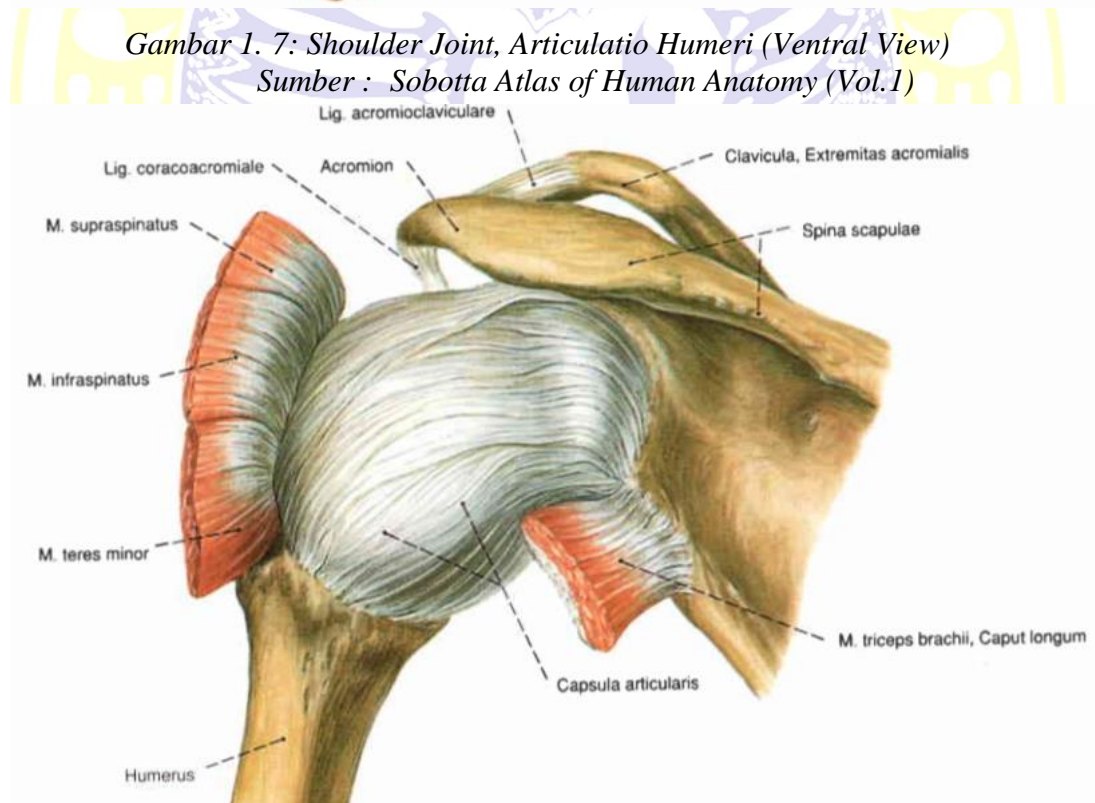
Gambar 1. 6: Gerak gelang bahu (A. bidang sagittal, B. bidang frontal, C. bidang Transversal)

Sumber : Sobotta Atlas of Human Anatomy (Vol.1)



Gambar 1. 7: Shoulder Joint, Articulatio Humeri (Ventral View)

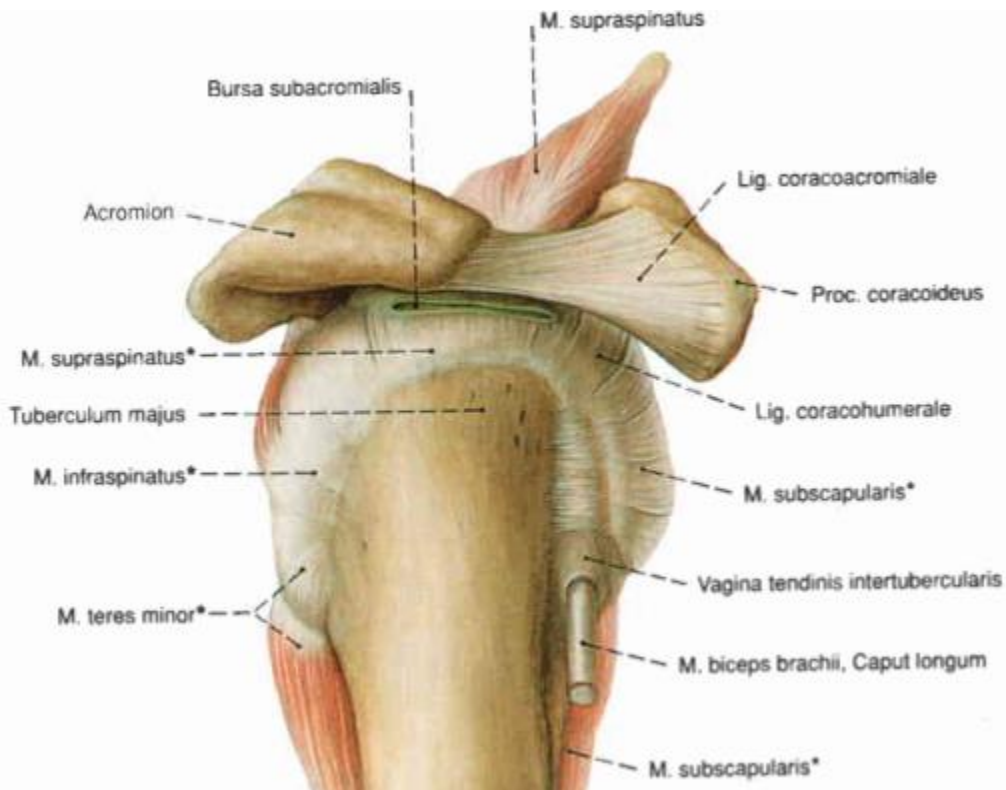
Sumber : Sobotta Atlas of Human Anatomy (Vol.1)



Gambar 1. 8: Shoulder Joint, Articulatio Humeri (Dorsal View)

Sumber : Sobotta Atlas of Human Anatomy (Vol.1)





*Gambar 1. 9: Shoulder Joint Articulatio Humeri (Lateral View)  
Sumber : Sobotta Atlas of Human Anatomy (Vol.1)*

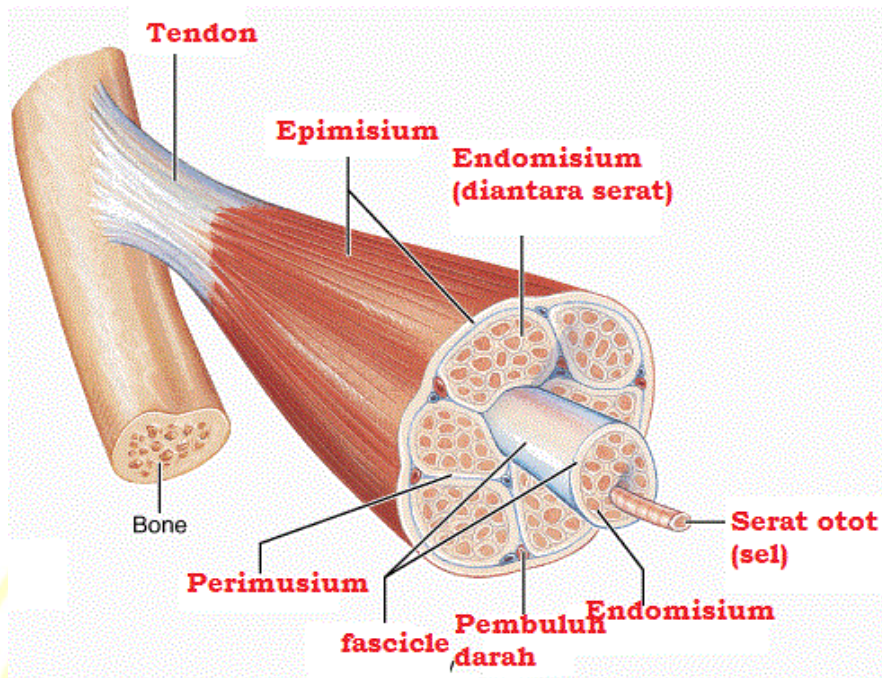
### 1.5.3 Otot (Pergerakan Otot pada Gelang Bahu dan Ekstremitas Atas)

Otot merupakan jaringan fibrosa yang bertugas menopang sendi, jaringan otot memiliki karakteristik berupa kontraktilitas, ekstenbilitas, dan iritabilitas (Waugh dan Grant, 2011). Dengan sifatnya yang elastis, otot dapat bekerja secara berpasangan dengan otot-otot lainnya dengan aksi yang saling berlawanan. Jika suatu otot berkonstraksi, maka otot lainnya akan berelaksasi (Gerakan saling melawan / antagonis). Sel serabut pada otot mampu menghasilkan kontraksi yang menciptakan gerak pada tubuh dan organ bagian dalam, otot turut memberikan bentuk pada tubuh serta menghasilkan panas tubuh (L. Moore dan M.R. Agur, 1996; dalam Laksman, 2002:8).

Menurut Campbell (2008) otot manusia dibagi menjadi 3 golongan yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung.

- Otot rangka / otot lurik, adalah otot yang menempel pada rangka tubuh manusia dan digunakan dalam gerak, otot rangka bekerja dibawah kesadaran dan kontrol tubuh. Memiliki ciri-ciri berbentuk lurik dengan sisi gelap terang yang berseling.
- Otot Polos, adalah otot yang bekerja tanpa kesadaran tubuh, otot polos dipengaruhi oleh sistem saraf tak sadar atau saraf otonom, otot polos dibentuk oleh sel-sel yang memiliki bentuk gelondong yang pada kedua ujungnya berbentuk runcing dan memiliki 1 inti sel didalamnya.
- Otot jantung, adalah bagian otot yang bekerja secara terus-menerus tanpa henti, otot jantung tersusun dari otot polos dan otot lurik, otot jantung berfungsi sebagai pompa darah ke seluruh tubuh, otot jantung bekerja dibawah kesadaran manusia.

Otot rangka atau otot lurik, melekat pada tulang melalui tendon, dan memiliki fungsi sebagai penggerak rangka sehingga tubuh manusia dapat bergerak sebagaimana mestinya (Waugh dan Grant, 2011). Otot rangka banyak memiliki serat otot, jaringan ikat *empisium* membungkus seluruh bagian otot rangka. Otot rangka disebut juga otot volutar karena otot rangka dapat diatur sesuai dengan kehendak dan bekerja pada kesadaran (L. Moore dan M.R. Agur, 1996; dalam Laksman, 2002:8). Tendon pada bagian otot rangka cenderung berbentuk seperti tali dan berbentuk lembaran yang disebut dengan aponeuresis. Pada setiap sel otot rangka memiliki inti sel / nucleus, hal ini disebabkan ukuran sel yang besar. Sel pada otot rangka banyak mengandung mitokondria sehingga mampu menghasilkan energi (ATP) yang berperan penting pada proses kontraksi otot sehingga memungkinkan adanya gerakan pada tubuh dengan adanya kontraksi otot dengan energi yang telah dihasilkan.



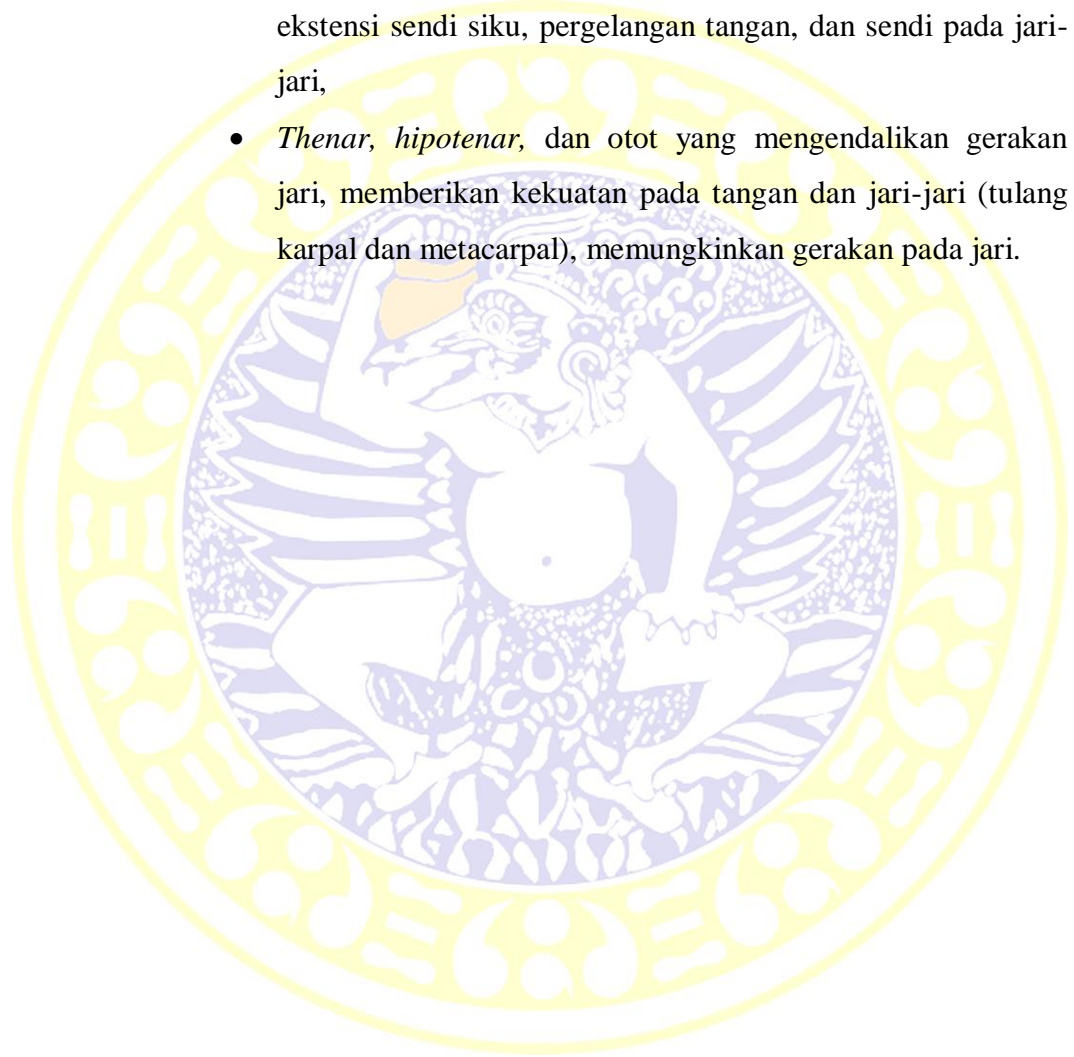
Gambar 1. 10: Struktur Otot Rangka  
 Sumber : <https://apa-itu.net/jenis-otot> (Diakses pada 25-04-2020 pukul 05.18 WIB).

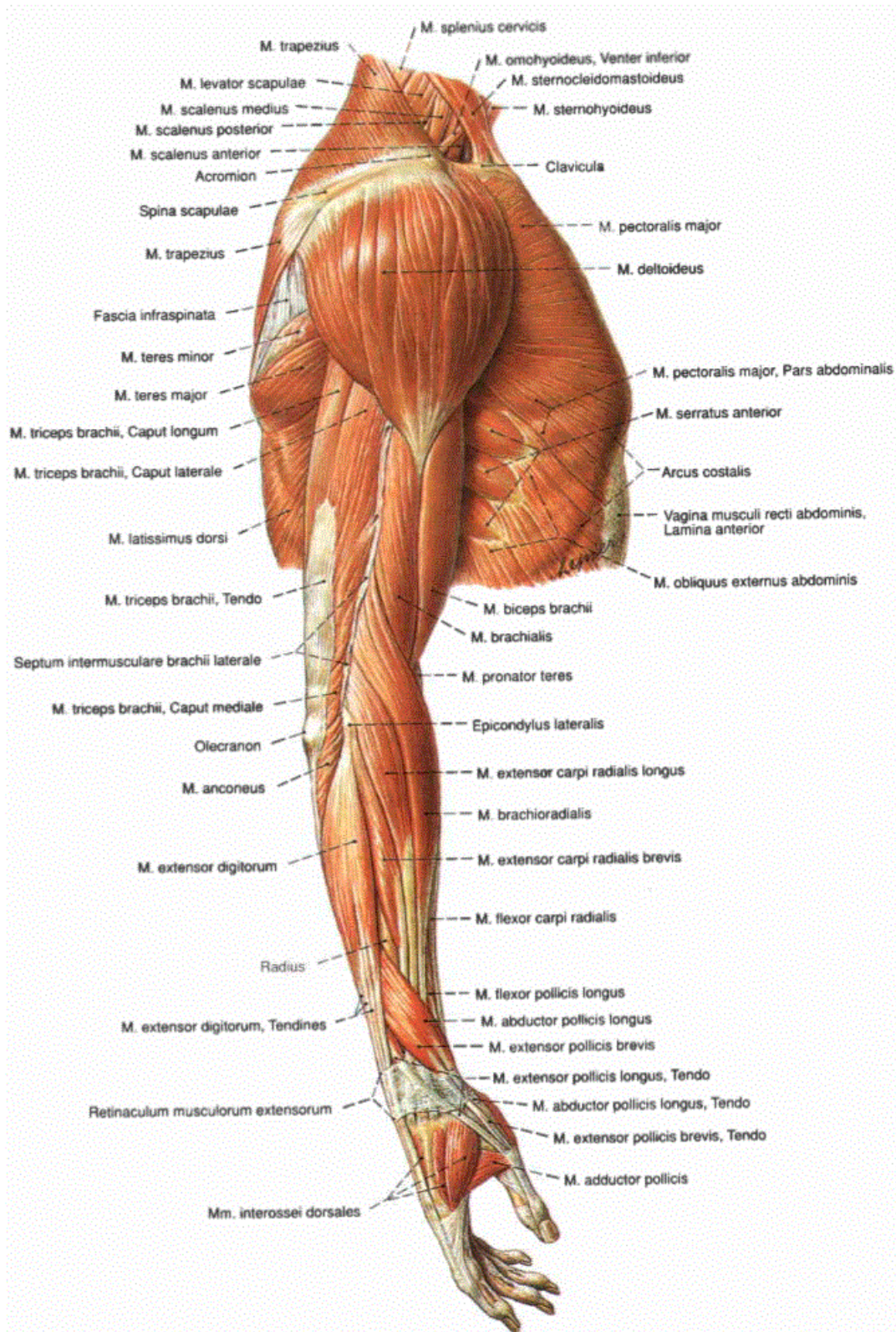
Otot pada bagian gelang bahu dan ekstremitas atas memiliki peranan penting dalam proses pergerakan bagian bahu dan ekstremitas atas, menurut Waugh dan Grant, (2011) dalam *Anatomy and Physiology* pada gelang bahu dan ekstremitas atas terdiri atas otot *deltoid*, *pektoralis mayor*, *korakobrakialis*, *biceps*, *triceps*, *brakialis*, *brakioradialis*, *pronator kuadratus*, *pronator teres*, *supinator*, *ekstensor karpi radialis longus dan brevis*, *fleksor karpi radialis*, *palmarus longus*, *ekstensor karpi ulnaris*, *ekstensor digitorum*, *thenar* dan *hipotenar*.

- *Deltoid*, serat berawal dari *os clavícula*, prosesus acromion, spina scapula, dan melingkari sendi bahu. Anterior deltoid memungkinkan gerakan fleksi, posterior memungkinkan ekstensi, lateral memungkinkan rotasi sendi bahu,
- *Pektoralis mayor*, berada pada dinding toraks anterior, memungkinkan gerakan fleksi dan abduksi,

- *Korakobrakialis*, berada pada bagian medial lengan, memungkinkan adanya gerak berupa fleksi pada sendi bahu,
- *Biceps*, berada pada bagian anterior lengan atas, memungkinkan gerak fleksi pada sendi bahu dan sendi siku, serta fleksi dan supinasi,
- *Triseps*, berada pada bagian posterior humerus, menstabilkan sendi bahu, memungkinkan gerak abduksi pada lengan dan ekstensi pada sendi bahu,
- *Brakialis*, berada pada anterior lengan bagian atas (dalam bisep) menjadi otot fleksor yang utama pada sendi siku,
- *Brakioradialis*, berada pada ujung distal humerus hingga epikondil radius, memungkinkan adanya gerak fleksi sendi siku,
- *Pronator kuadratus*, menjadi pelekatan tulang ulna dan radius, memungkinkan gerakan pronasi pada tangan,
- *Pronator teres*, memungkinkan adanya gerak rotasi dan pronasi pada sendi radio-ulnar,
- *Supinator*, berada pada posterior dan lateral lengan bagian bawah, memungkinkan gerakan supinasi dan membentuk otot biseps,
- *Ekstensor karpi radialis longus dan brevis*, berada pada posterior lengan bawah, memungkinkan gerakan ekstensi dan abduksi pada pergelangan tangan,
- *Fleksor karpi radialis*, berada pada permukaan anterior lengan bawah, memungkinkan gerakan fleksi pada pergelangan tangan, memungkinkan gerakan abduksi sendi ketika bekerja sama dengan *ekstensor karpi ulnaris*,
- *Palmaris longus*, menarik fascia telapak tangan menjauhi struktur asal, dan fleksi pada pergelangan tangan,

- *Ekstensor karpi ulnaris*, berada pada permukaan posterior lengan bawah, mulai dari epikondil lateral humerus hingga metacarpal kelima, memungkinkan gerakan ekstensi dan abduksi pada pergelangan tangan,
- *Ekstensor digitorum*, berada pada epikondil humerus hingga bagian sendi pergelangan tangan, memungkinkan gerak ekstensi sendi siku, pergelangan tangan, dan sendi pada jari-jari,
- *Thenar, hipotenar*, dan otot yang mengendalikan gerakan jari, memberikan kekuatan pada tangan dan jari-jari (tulang karpal dan metacarpal), memungkinkan gerakan pada jari.





Gambar 1. 11: Otot pada bahu, Ektremitas Atas, & Thorax (Lateral View)

Sumber : Sobotta Atlas of Human Anatomy (Vol.1)

#### 1.5.4 Hukum Wolff

Hukum Wolff Pertama kali dikemukakan oleh Julius Wolff, seorang pionir ahli anatomi yang berasal dari Jerman pada abad ke-19 (Sucipto, 2006). Hukum Wolff memuat suatu pernyataan bahwa, arsitektur dan kenampakan tulang akan menunjukkan tekanan-tekanan yang dihasilkan oleh tenaga mekanis yang berasal dari luar (aktivitas tubuh manusia semasa hidup). Bagian kortikal eksternal tulang akan mengalami penebalan jika mengalami tekanan maupun perubahan adaptif, sebaliknya jika tekanan dan perubahan adaptif berkurang maka tulang akan mengalami pelemahan karena kurangnya rangsangan yang diperlukan untuk menjalankan renovasi. Akan tetapi tidak seluruh adaptasi tulang akan bersifat positif, pada keadaan tertentu dapat menjadi maladaptasi pada tulang. Berdasarkan Hukum wolff, yang menyatakan bahwa tulang dapat mengalami pertumbuhan apabila dipengaruhi oleh beban dan meresorpsi apabila fungsinya tidak digunakan (White (2002; dalam Indriati, 2004:45).

Lebih lanjut, berdasarkan White (2002; dalam Indriati, 2004:45) penyebab munculnya variasi pada tulang dapat diklasifikasikan menjadi 3 faktor, yaitu *idiosyncratic* yaitu variasi yang normal terjadi pada setiap individu, dimorfisme seksual, yaitu variasi yang diakibatkan oleh perbedaan tulang berdasarkan jenis kelamin laki-laki atau perempuan, dan *ontogenetic* yaitu variasi tulang dari pertumbuhan tulang usia muda menuju usia dewasa.

Terdapat contoh yang menunjukkan bahwa adaptasi tulang sebagai respon terhadap kekuatan ataupun respon yang berasal dari luar. Contoh ini diketahui dari manusia dan hewan yang dikirim ke luar angkasa, pada bagian tulang telah terjadi pengurangan massa tulang yang relatif besar, hal ini diidentifikasi disebabkan oleh aktivitas otot yang kurang digunakan secara optimal pada lingkungan dengan tingkat gravitasi nol (Abernethy dan Bruce, 1996).

Secara garis besar, kurangnya aktivitas yang optimal pada tubuh manusia akan mengakibatkan berkurangnya massa tulang karena tidak melakukan fungsi yang semestinya, dan sebaliknya apabila tubuh manusia mengalami pengaruh dan respon yang besar maka akan meningkatkan massa tulang sebagai responnya terhadap pengaruh yang berasal dari luar tubuh.

### 1.5.5 Musculoskeletal *Stress Markers*

Setiap manusia akan melakukan gerakan pada tubuhnya, gerakan pada tubuh ini memerlukan koordinasi dari tulang, otot, serta persendian. Selain itu aktivitas fisik manusia secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu aktivitas fisik yang bersifat ringan dan aktivitas fisik yang bersifat berat. Aktivitas fisik yang bersifat berat pada umumnya akan selalu membutuhkan tenaga tubuh yang besar pula, sehingga beban yang ditanggung oleh tubuh akan berdampak pada timbulnya tekanan yang secara terus-menerus dan berkelanjutan dialami oleh tulang dan otot sehingga memicu munculnya tanda pada bagian tulang. Tanda pada tulang ini dikenal dengan *Stress Markers* atau tanda tekanan yang berasal dari stres dan terjadi dalam kurun waktu yang relatif lama dan dilakukan secara berkelanjutan.

*Stress markers* pada tulang manusia merupakan salah satu kajian Antropologi Fisik (Antropologi Forensik). Dengan melakukan analisis yang menyeluruh pada kondisi tulang, otot serta persendian maka adanya *stress markers* pada tulang manusia dapat menjadi salah satu petunjuk yang menggambarkan pola aktivitas fisik manusia, tidak hanya terbatas pada pola aktivitas yang dilakukan namun dapat lebih jauh lagi pada tingkatan intensitas aktivitas yang dilakukan manusia.

Berkaitan dengan *stress markers* atau tanda pada tulang, merupakan pengaruh dari adanya aktivitas yang melibatkan titik fokus tulang tertentu dalam kurun waktu yang relatif lama, dengan titik tumpuan yang relatif berat sehingga mengakibatkan timbulnya tanda di



tulang berupa *osteopit*, *discrete markers* ataupun *stress fraktur* serta modifikasi pada area insersi. Sesuai dengan Hukum Wolff yang menyatakan bahwa tulang dapat mengalami pertumbuhan apabila mendapat pengaruh berupa beban yang ditimbulkan dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia ketika masih hidup dalam kurun waktu yang relatif lama. Melalui adanya *stress markers* pada permukaan tulang dapat diketahui pola aktivitas suatu individu serta tingkat beban yang diampunya yang dapat digunakan sebagai media rekonstruksi melalui tanda yang muncul pada tulang.

Berikut merupakan klasifikasi *stress markers* menurut Wilczak dan Kennedy, 1998 dalam Byers (2010):

1. *Osteophytosis*, merupakan salah satu jenis *stress markers* yang memiliki bentuk tajuk / taring kecil yang muncul pada permukaan tulang yang bertekstur halus. Misalnya pada tulang belakang maupun *diarthrodial*.
2. Modifikasi pada area insersi, jenis *stress markers* yang melibatkan jaringan kulit lunak seperti tendon maupun ligamen.
3. *Stress fractures*, merupakan hasil aktivitas yang bersifat berat dan dilakukan dengan kurun waktu yang lama serta berulang-ulang. Pada umumnya diakibatkan beban berat yang dialami oleh tubuh.
4. *Discrete markers*, merupakan bentuk tulang yang bervariasi sebagai hasil dari aktivitas yang berpengaruh pada munculnya tanda pada tulang.

Sedangkan menurut Hawkey dan Merbs, (1995) dalam *Variation of Musculoskeletal Stress Markers in the Medieval population from Cedynia (Poland)*, *musculoskeletal stress markers* memiliki tiga penggolongan, yaitu: (i) bentuk robustitas atau pembesaran ukuran pada tulang, (ii) bentuk lesi, (iii) *ossification*.

(Llozid, 2018) menyatakan bahwa aktivitas fisik manusia akan selalu memiliki kecenderungan untuk memunculkan adanya tanda stres pada tulang. Munculnya tanda pada tulang merupakan faktor osteologis yang dapat diamati lebih lanjut sehingga dapat memberikan informasi tentang pola aktivitas dan pola hidup manusia secara kelompok dan masyarakat maupun manusia secara individu. Pada umumnya *stress markers* akan muncul pada bagian siku, lutut, tumit maupun bahu karena bagian ini sering menjadi lokasi tumpuan manusia dalam mengangkat beban berat yang dilakukan secara berulang-ulang pada kurun waktu yang lama sehingga memicu munculnya *stress markers* pada bagian tulang tertentu.

#### 1.5.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait *stress markers* sebelumnya telah dilakukan pada berbagai macam jenis pekerjaan yang tergolong dalam pekerjaan fisik maupun komunitas masyarakat tertentu pada berbagai macam lokasi.

Penelitian *stress markers* Elly Tri Winarni (2014) terkait *stress markers* pada bahu penambang belerang di Kawah Gunung Ijen, Kabupaten Banyuwangi, yang menyimpulkan bahwa dari sampel yang diteliti muncul adanya *osteopit* dan robustisitas pada sebagian sampel. Selain itu juga terdapat sampel yang tidak menunjukkan adanya *osteopit* meskipun lama kerja yang relatif lama (30-35 tahun).

Penelitian *stress markers* yang dilakukan oleh Oki Nurmala (2014) mengenai *stress markers* pada *calcaneus* penambang belerang di Kawah Ijen Kabupaten Banyuwangi berdasarkan beban dan intensitas kerja, dalam penelitian tersebut disimpulkan bahwa *stress markers* yang muncul pada *calcaneus* penambang berupa *osteopit* dan memiliki letak yang berbeda (*margo plantaris* dan *margo posterior*).

Penelitian yang ditulis oleh Wikke Priyantini (2009) terkait *stress markers* pada ekstremitas atas pengrajin patung batu di Trowulan, Mojokerto. Penelitian tersebut menyimpulkan robustisitas pada ekstremitas atas, dan tidak ditemukan jenis *stress markers* lain.

Penelitian Stefia Maharani (2013) terkait *Stress markers* pada *calcaneus* pengayuh becak di Kecamatan Kalidami, Surabaya. Penelitian tersebut menyimpulkan munculnya osteopit pada *calcaneus* pengayuh becak, semakin lama masa kerja semakin nampak osteopit pada *calcaneus*.

Nur Fitria (2016) terkait *Stress markers* pada tulang *lumbar* pada buruh Manol di Pasar Genteng Kabupaten Banyuwangi. Berdasarkan penelitian tersebut, ditemukan 80% subjek mengalami osteopit, 10% mengalami robustisitas, 10% normal, dan tidak ditemukan jenis *stress markers* lainnya.

Penelitian Rehulina Ginting (2018) terkait *stress markers* pada *cervical vertebrae* perempuan kuli panggul di Pasar Pabean, Surabaya berdasarkan penelitian tersebut ditemukan 50% subjek memiliki tanda osteopit pada area anterior, posterior, dan posterolateral *cervical vertebrae* dan 50% subjek normal. Tidak ditemukan jenis *stress markers* lainnya.

Anna Myszka dan Janusz piontek (2010) terkait variasi *muskuloskeletal stress markers* pada populasi Cedyndia (Polandia) pada abad Pertengahan, yang menggunakan 102 pria dan 99 wanita sebagai sampelnya. Digunakannya tulang bagian scapula, humerus, jari, femur, dan tibia, berdasarkan penelitian tersebut tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik anatara frekuensi *stress markers* pada kerangka tulang bagian kanan dan kiri (Pria maupun wanita).

Raili Allmae dan Jana Limbo (2010) tentang *skeletal stress markers* di Kota Parnu Estonia pada masa modern awal, yang mengidentifikasi kerangka dari makam St. John (abad 16-18) guna

mengetahui adanya dimorfisme seksual, pertumbuhan anak, penyakit, infeksi, dan trauma tertentu yang terlihat pada kerangka.

Wataru Takigawa (2013) tentang *stress markers* pada ekstremitas atas dan bawah sebagai tanda perubahan usia pada perbandingan antara periode Jomon dan periode Yayoi dengan manusia Jepang modern, ditemukan bahwa sebagian besar LSL memiliki korelasi signifikan terkait penuaan pada dua jenis kelamin (dibandingkan antara kategori usia 20-39 tahun dan 40-59 tahun). Temuan ini menunjukkan bahwa *musculoskeletal stress markers* berkaitan dengan usia yang terstruktur dalam populasi manusia, tetapi perbedaan tersebut juga muncul terkait dengan intensitas aktivitas.

Nadia Amalia (2020) terkait *stress markers* pada *calcaneus* penambang belerang Gunung Welirang, dengan jumlah sampel sebanyak 8 dengan pengolahan data berdasarkan variasi usia, masa kerja, dan beban kerja. Berdasarkan analisis, telah ditemukan variasi *stress markers* berupa osteopit sebanyak 87,5% dan robustisitas sebanyak 100% pada *calcaneus* penambang belerang sebagai dampak dari faktor usia, lama masa kerja, beban kerja, serta intensitas kerja.

**Tabel 1. 2 Penelitian *Stress Markers* Terdahulu**

No.	Peneliti (thn)	Subjek Penelitian	Fokus Penelitian	Hasil/Kesimpulan Penelitian
1	Elly Tri W.(2014)	12 Penambang belerang di Kawah Ijen Kabupaten Banyuwangi.	<i>Stress markers</i> pada bahu berdasarkan lama kerja, intensitas kerja, beban angkut.	Ditemukan adanya osteopit dan robustisitas pada sebagian subjek, tidak terdapat <i>stress markers</i> pada subjek dengan lama kerja 30-35 tahun.
2	Oki Nurmala (2014)	12 Penambang belerang di Kawah Ijen Kabupaten Banyuwangi.	<i>Stress markers</i> pada <i>calcaneus</i> berdasarkan intensitas kerja, beban angkut.	Ditemukan adanya osteopit pada <i>calcaneus</i> dengan letak yang berbeda ( <i>margo plantaris</i> dan <i>margo posterior</i> ).
3	Wikke Priyantini (2009)	6 Pengrajin patung batu di Trowulan, Mojokerto.	<i>Stress markers</i> pada ekstremitas atas.	Ditemukan tanda robustisitas pada 6 subjek, tidak ditemukan <i>stress markers</i> jenis lainnya.
4	Stefia Maharani (2013)	5 Pengayuh becak di Kalidami, Surabaya.	<i>Stress markers</i> pada <i>calcaneus</i> .	Ditemukannya osteopit pada pengayuh becak, masa kerja mencerminkan munculnya osteopit.
5	Nur Fitria (2016)	10 Buruh Manol di Pasar Genteng, Banyuwangi.	<i>Stress markers</i> pada tulang <i>Lumbar</i> .	Ditemukan 80% subjek mengalami osteopit, 10% mengalami robustisitas, 10% subjek normal. Tidak ditemukan jenis <i>stress markers</i> lainnya.
6	Rehulina Ginting (2018)	10 Perempuan kuli panggul Pasar Babean, Surabaya.	<i>Stress markers</i> pada <i>cervical vertebrae</i> .	Ditemukan 50% subjek mengalami osteopit, 50% subjek normal. Tidak ditemukan jenis <i>stress markers</i> lainnya.

7	Ana Myszka dan Janusz Piontek (2010)	102 pria dan 99 wanita pada populasi Cedynia (Polandia)	<i>Stress markers</i> pada scapula, humerus, jari, femur, dan tibia	tidak ditemukannya perbedaan signifikan terkait munculnya frekuensi stress markers pada tulang bagian kanan maupun kiri pada pria dan wanita.
8	Raili Allmae dan Jana Limbo (2010)	Populasi kota Parnu, Estonia (masa modern awal) Kerangka makam St. John (abad 16-18)	Skeletal <i>stress markers</i> pada kerangka dari makam St. John (abad 16-18)	Guna mengetahui adanya dimorfisme seksual, pertumbuhan anak, penyakit, infeksi, dan trauma.
9	Wataru Takigawa (2013)	kerangka periode Jomon dan Yayoi, manusia modern Jepang	Skeletal <i>stress markers</i> pada kerangka periode Jomon dan Yayoi, dengan manusia modern Jepang	ditemukan bahwa sebagian besar LSL memiliki korelasi signifikan terkait penuaan pada dua jenis kelamin (dibandingkan antara kategori usia 20-39 tahun dan 40-59 tahun).
10	Nadia Amalia (2020)	8 penambang belerang Gunung Welirang	<i>Stress markers</i> pada <i>calcaneus</i> penambang belerang Gunung Welirang	Ditemukan variasi <i>stress markers</i> berupa osteopit sebanyak 87,5% dan robustitas sebanyak 100% pada <i>calcaneus</i> penambang belerang.

**Sumber: Data Pribadi**

Berdasarkan tabel 1.2 penelitian *stress markers* sebelumnya banyak dilakukan pada jenis pekerjaan yang membutuhkan kekuatan fisik, di antaranya penambang belerang, pengrajin patung batu, pengayuh becak, buruh manol, dan kuli panggul. Meskipun penelitian ini memiliki karakter subjek yang sama, yaitu penambang belerang, akan tetapi terdapat perbedaan antara penambang belerang yang ada di Gunung Welirang dengan penambang belerang yang ada di Kawah Ijen, perbedaan tersebut meliputi, metode tambang yang berbeda, alat tambang yang berbeda, berat beban, masa kerja, intensitas kerja yang berbeda, serta

lingkungan (kontur dan ketinggian) yang berbeda, sehingga dengan adanya perbedaan tersebut, mengindikasikan temuan *stress markers* dan hasil penelitian yang berbeda.

Dengan keberadaan dan keunikan metode tambangnya, penambang belerang Gunung Welirang menjadi salah satu fenomena yang menarik untuk diteliti dan ditulis secara ilmiah, sehingga menarik dan menjadi tantangan bagi penulis untuk mengupas fenomena penambang belerang Gunung Welirang dari sudut pandang Antropologi Ragawi.

## **1.6 Metode dan Prosedur Penelitian**

### **1.6.1 Metode Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya *stress markers* yang muncul pada *os clavícula* / tulang selangka penambang belerang di Gunung Welirang yang didasarkan oleh masa kerja, intensitas kerja, serta beban kerja. Berdasarkan aktivitas penambang belerang yang dilakukan secara masif dan berkelanjutan dalam kurun waktu yang relatif lama mengindikasikan adanya *stress markers* pada *os clavícula* / tulang selangka penambang belerang Gunung Welirang.

Melalui penelitian ini ingin diketahui secara lebih jauh terkait letak *stress markers* pada tulang bahu penambang belerang dan bagaimana jenis dari *stress markers* yang muncul pada penambang belerang di Gunung Welirang itu sendiri. Berdasarkan asumsi, *stress markers* akan muncul pada tulang bahu penambang belerang di Gunung Welirang, hal ini dikarenakan intensitas kerja yang berlangsung cukup lama dan kegiatan tambang yang masih dilakukan secara tradisional sehingga menuntut adanya kekuatan dan ketahanan fisik para penambang guna menahan beban yang berat yaitu berkisar antara 100-300 kg dalam sekali angkut menggunakan gerobak. Oleh karena itu, guna melihat adanya tanda-tanda munculnya *stress markers* pada tulang bahu penambang belerang di Gunung Welirang. Penelitian ini akan menggunakan metode foto rontgen,

deskriptif kuantitatif digunakan untuk melihat hasil foto rontgen kemudian dikaitkan dengan masa kerja, intensitas kerja, serta beban kerja penambang belerang di Gunung Welirang. Penggunaan metode foto rontgen pada bagian tulang bahu penambang sehingga dapat menjawab pertanyaan penelitian, selain itu, digunakan metode berupa observasi langsung, wawancara, serta studi pustaka. Terlebih dahulu, dilakukan Observasi secara langsung untuk mengetahui aktivitas sehari-hari penambang belerang di Gunung Welirang mulai dari proses pengambilan belerang hingga pengangkutan belerang menuju Pos Pondokan, dalam observasi diamati pula pola penambang dalam berjalan menanjak maupun turun, menarik gerobak, memikul gerobak, serta intensitas saat berjalan, dengan adanya observasi dapat diketahui pola aktivitas keseharian para penambang belerang secara menyeluruh. Wawancara dilakukan untuk menggali informasi lebih jauh pada pelaku tambang berkaitan dengan masa kerja, intensitas kerja, beban kerja, maupun identitas penambang itu sendiri.

Kemudian dilakukan analisis menggunakan anatomi *os clavícula* guna mengetahui permasalahan yang muncul dan menjadi fokus penelitian. Serta dengan memadukannya dengan hasil observasi dan wawancara dengan para penambang belerang yang ada di Gunung Welirang.

### **1.6.2 Lokasi Penelitian**

Berkaitan dengan penelitian yang berfokus pada *stress markers* pada *os clavícula* / tulang selangka penambang belerang, guna mengetahui ada tidaknya *stress markers* yang muncul pada penambang belerang, penelitian akan dilakukan pada penambang belerang Gunung Welirang yang ada di wilayah Pegunungan Arjuno-Welirang, Prigen, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Gunung Welirang menjadi salah satu lokasi penambangan belerang yang masih menggunakan cara tradisional dalam proses penambangannya, selain di Gunung Welirang penambangan



belerang secara tradisional masih terdapat juga di wilayah Gunung Ijen Banyuwangi. Penelitian ini menggunakan Gunung Welirang sebagai lokasi penelitian karena di Gunung Welirang menjadi tempat aktivitas tambang belerang yang hingga saat ini masih banyak penduduk lereng Gunung Welirang yang melakukan proses penambangan tersebut. Selain itu penambangan belerang di Gunung Welirang memiliki ciri khas tersendiri, unik, dan berbeda dengan proses penambangan yang ada di wilayah Gunung Ijen Banyuwangi, penambang belerang di Gunung Welirang lebih memilih menggunakan gerobak yang ditarik dengan masa tubuh guna mengangkut belerang dari kawah menuju Pos Timbangan / Pos Pondokan, hal ini berbeda dengan penambang belerang yang ada di Gunung Ijen kabupaten Banyuwangi yang menggunakan alat pikul untuk mengangkut belerang, penambang belerang yang ada di Gunung Welirang beralasan penggunaan gerobak sebagai alat pengangkut belerang ini bertujuan untuk memaksimalkan muatan yang dapat diangkut dalam sekali jalan.

Proses penambangan belerang di Gunung Welirang dikatakan unik dan berbeda karena pada proses penambangannya, para penambang tidak pulang ke rumah setiap hari, namun memilih untuk tinggal di pondokan-pondokan sederhana sebagai tempat istirahat ketika malam hari ataupun ketika hujan maupun badai, selain itu penambangan belerang di Gunung Welirang juga menggunakan gerobak berukuran relatif kecil yang unik, karena menggunakan dua roda bekas dari kendaraan vespa yang memiliki ukuran roda yang kecil dan cukup kuat. Gerobak tersebut digunakan untuk memindahkan belerang dari puncak kawah menuju Pos Timbangan / Pos Pondokan dengan cara ditarik menggunakan masa tubuh dan kedua tangan serta terdapat sebuah tali yang dilingkarkan pada bahu penambang, dengan demikian bahu dan ekstrimitas menjadi salah satu titik utama yang digunakan dalam menarik gerobak pengangkut belerang.

Pertambangan belerang di Gunung Welirang memiliki sejarah yang panjang berkaitan dengan pertambangan belerang secara tradisional

di Indonesia. Menurut cerita penambang, kegiatan penambangan belerang di Gunung Welirang dapat dikatakan sebagai kegiatan tambang belerang tradisional pertama di Pulau Jawa, kemudian muncul pertambangan belerang di daerah Ijen, kabupaten Banyuwangi. Gunung Welirang sebagai lokasi penelitian memiliki gambaran lingkungan berupa pegunungan (Arjuno-Welirang) seperti pada umumnya, yaitu berkontur terjal, curam, berbatu, serta memiliki suhu udara yang relatif dingin serta cuaca yang tidak menentu karena berada pada ketinggian 3.156 MDPL (Meter Diatas Permukaan air Laut).

### 1.6.3 Subjek penelitian

Sampel adalah sebagian karakteristik yang mewakili dari seluruh jumlah yang ada pada populasi. Dengan fokus penelitian pada *stress markers* pada *os clavícula* penambang belerang, penelitian ini menggunakan teknik pemilihan berdasarkan *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan alasan dan pertimbangan tertentu, dapat berupa kemampuan maupun kecakapan sampel (Idrus, 2009; dalam Nurmala, 2014). Guna menjawab pertanyaan penelitian terkait *stress markers* pada *os clavícula* penambang belerang di Gunung Welirang berdasarkan variabel yang telah ditentukan berupa masa kerja, intensitas kerja, dan beban kerja, *purposive sampling* digunakan sebagai teknik pemilihan sampel agar memperoleh kriteria sampel yang mencakup 3 variabel yaitu memiliki masa kerja di atas 20 tahun, intensitas menambang aktif, dan beban kerja.

Penelitian mengenai *stress markers* pada *os clavícula* / tulang selangka penambang belerang di Gunung Welirang ini dilakukan dengan menggunakan penambang belerang (kuli panggul belerang) sebagai subjek penelitian. Subjek penelitian ini adalah 8 orang penambang belerang yang hingga saat ini masih aktif melakukan kegiatan penambangan belerang secara manual dan tradisional, serta memiliki masa kerja di atas 20 tahun. Subjek penelitian dipilih 8 orang penambang karena disesuaikan dengan

jumlah penambang yang hingga saat ini masih aktif menambang dengan menggunakan metode tradisional, hal ini merupakan salah satu hambatan dan kendala penelitian karena jumlah sampel penelitian yang dibutuhkan dan sesuai dengan variabel yang diangkat sangat terbatas, sehingga dengan jumlah 8 sampel diharapkan dapat dimaksimalkan guna menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian pada rumusan masalah. Selain itu, dengan penentuan batas masa kerja juga ditujukan untuk mengetahui apakah perbedaan masa kerja memunculkan *stress markers* pada *os clavícula* penambang belerang di Gunung Welirang.

#### **1.6.4 Teknik Pengumpulan Data**

Penelitian ini, dalam pengumpulan data di lapangan menggunakan teknik sebagai berikut :

##### **1.6.4.1 Observasi**

Guna memperoleh data yang lengkap dan dapat di pertanggung jawabkan, pada penelitian ini dilakukan observasi atau pengamatan secara langsung di lapangan (wilayah penambangan belerang Gunung Welirang). Observasi / pengamatan langsung dilakukan guna memperoleh data terkait aktivitas sehari-hari penambang belerang dalam menjalankan kegiatan tambangnya, mulai dari proses pengambilan belerang, pengangkutan, hingga pola-pola gerak tubuh penambang ketika bergerak dan mengangkat beban, dengan demikian dapat diketahui secara menyeluruh kegiatan harian para penambang belerang yang ada di Gunung Welirang.

##### **1.6.4.2 Dokumentasi**

Dokumentasi berfungsi untuk memperkuat data dalam penelitian, dalam penelitian ini, dokumentasi berupa foto dan video ditujukan pada kegiatan/aktivitas penambang dalam melakukan

proses ataupun tahapan-tahapan dalam penambangan belerang. Dokumentasi berupa foto dan video ketika penambang memikul gerobak menuju kawah belerang, proses pengambilan belerang dari dapur kawah, proses mobilitasi dan beban belerang yang diangkut menggunakan gerobak oleh penambang menuju Pos Timbang belerang (Pos Pondokan).

#### **1.6.4.3 Wawancara**

Wawancara dilakukan guna mendapatkan data secara spesifik dan mendalam yang berkaitan dengan identitas, usia, berat badan, masa kerja, intensitas kerja, beban kerja, dan data-data lain yang tidak dapat diperoleh hanya dengan proses pengukuran maupun foto rontgen. Sebelum melakukan wawancara, dilakukan pendekatan-pendekatan guna menjalin kedekatan dan hubungan yang baik dengan para penambang belerang, hal ini di tuju agar memudahkan ketika melakukan wawancara sehingga penambang tidak merasa malu, canggung, ataupun marah guna mendapat data yang benar dan mendalam terkait penambang belerang. Wawancara juga berfungsi sebagai pendekatan secara langsung terhadap subjek yang diteliti. Melalui proses wawancara, diharapkan dapat terjalin rapor yang baik dengan subjek yang diteliti guna mendapatkan data yang spesifik dan mendalam.

#### **1.6.4.4 Pemeriksaan Rontgen**

Penelitian ini menggunakan metode dan proses foto rontgen guna melihat kemunculan *stress markers* pada *os clavícula* penambang belerang di Gunung Welirang. Proses pemeriksaan rontgen dilakukan di Rumah Sakit (RS) Panti Waluya Sawahan RKZ Malang yang memiliki Instalasi Radiologi. Lebih lanjut hasil

rontgen diidentifikasi dengan mengamati langsung hasil foto rontgen yang telah diperoleh sebelumnya.

Radiologi merupakan langkah maupun cara dalam ilmu kedokteran yang bertujuan untuk melihat dan mengamati bagian tubuh manusia dengan menggunakan gelombang radiasi yang dipancarkan, meliputi gelombang mekanik maupun gelombang elektrik. Radiologi juga dikenal dengan istilah *x-ray* hal ini dikarenakan frekuensi yang digunakan berbentuk sinar-*x*. Radiologi secara garis besar dibagi menjadi 2 yaitu Radiodiagnostik yang berguna untuk mendiagnosa penyakit dengan menggunakan *x-ray* dan radioterapi yang berguna untuk terapi maupun pengobatan pada suatu penyakit dengan menggunakan *x-ray* (Kartawiguna & Georgiana, 2011).

Pemeriksaan radiologi akan menghasilkan gambar atau citra bagian dalam tubuh manusia yang tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata. Dengan adanya pemeriksaan radiologi dapat memungkinkan suatu penyakit ataupun kelainan pada bagian dalam tubuh manusia yang tidak dapat terlihat dengan mata secara langsung dapat terlihat. Penggunaan foto rontgen ditujukan agar dapat diketahui secara lebih cepat dan efektif penyakit ataupun kelainan yang terjadi pada bagian dalam tubuh manusia, sehingga pengobatan maupun penanganan dapat dilakukan lebih awal (Kartawiguna & Georgiana, 2011).

Standar pelayanan radiologi Diagnostik di Sarana Pelayanan Kesehatan menyatakan bahwa, pelayanan pemeriksaan radiologi sebagai bagian dari sistem pelayanan yang terintegrasi dari seluruh layanan kesehatan secara menyeluruh sebagai amanat Undang-Undang No. 23 Tahun 1992 tentang kesehatan (Surat Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1014/MENKES/SK/XI/2008).

### 1.6.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah melakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan dan sesuai dengan fokus penelitian yang diangkat yaitu *stress markers* pada *os clavícula* penambang belerang di Gunung Welirang. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan mengidentifikasi *stress markers* yang terdapat pada *os clavícula* penambang belerang di Gunung Welirang melalui hasil rontgen. Lebih lanjut, pengamatan hasil rontgen diidentifikasi menggunakan sumber literatur penunjang sehingga dapat dibandingkan dengan pola aktivitas tambang penambang belerang, mulai dari masa kerja, intensitas kerja, serta beban kerja. Kemudian dianalisis menggunakan anatomi *os clavícula*, otot dan persendiannya, serta literatur-literatur yang mendukung guna mengetahui muncul tidaknya *stress markers* pada *os clavícula* penambang belerang, serta jenis *stress markers* yang muncul pada *os clavícula* penambang belerang yang ada di Gunung Welirang, lebih lanjut dilakukan analisis guna mengetahui ada tidaknya faktor lain yang memicu kemunculan *stress markers* pada tulang selangka (*os clavícula*) Penambang belerang yang ada di Gunung Welirang. Hasil pemeriksaan rontgen juga dikonsultasikan pada ahli guna mendapatkan *second opinion* yang berasal dari seorang yang profesional pada bidang tulang dan radiologi.

Selain data berdasarkan hasil foto rontgen, digunakan juga data yang berasal dari wawancara langsung dengan penambang belerang, berdasarkan penuturan para penambang belerang, didapatkan fakta bahwa penambang belerang memiliki pekerjaan sampingan lain dan mengalami rasa sakit sebagai dampak dari kegiatan tambang yang dilakukan. Hasil wawancara ditranskripsikan guna mengetahui kecenderungan pola dan pembagian kerja penambang belerang, lebih lanjut hasil wawancara dicocokkan dengan keadaan yang ada di lapangan dengan observasi langsung.