

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Kinerja otot dan sendi diperlukan untuk mendukung setiap pergerakan tubuh manusia dalam beraktivitas. Byers (2008) menyatakan bahwa gerakan yang melibatkan kerjasama otot dan sendi merupakan indikator terjadinya *stress markers* terhadap suatu pekerjaan atau aktivitas. Tanda (*stress markers*) pada tulang akan muncul akibat adanya tekanan yang diberikan secara terus-menerus, dan berulang dengan beban tertentu berdasarkan suatu aktivitas atau pekerjaan (*occupation*) setiap individu.

Aktivitas penambang belerang dilakukan secara tradisional. Penambang belerang masih menggunakan alat yang sederhana, yaitu linggis yang digunakan sebagai pemecah belerang saat di dapur (tempat untuk menunggu cairan belerang membeku hingga siap untuk diangkut). Belerang yang telah membeku lalu dipecah menjadi beberapa potong agar mudah untuk diangkut menuju ke pos penimbangan. Alat yang digunakan penambang belerang untuk mengangkut hasil belerang juga sangat sederhana, yaitu dua buah keranjang (terdapat pada kanan dan kiri) yang tersambung oleh sebatang bambu agar mudah dipikul.

Aktivitas penambang belerang dengan cara menaiki dan menuruni gunung dilakukan sebanyak dua hingga tiga kali dalam sehari. Para penambang mampu memikul hasil belerang dengan beban sekitar 50-80 kg setiap harinya sesuai dengan kemampuan mereka. Kondisi jalan di sekitar kawah sangat curam dengan

permukaan tanah yang terjal, berkerikil dan menanjak. Kawah Ijen berada pada ketinggian sekitar 2.386 mdpl di mana kondisi medan yang tinggi dan curam dilalui oleh para penambang setiap harinya (Wittiri, dan Sumatri, S., 2010). Jarak yang harus ditempuh oleh para penambang sekitar 3 km dari puncak menuju pos penimbangan, dan membutuhkan waktu sekitar 90 menit.

Beban kerja yang tinggi dialami oleh penambang belerang. Hal ini terlihat melalui medan yang terjal, berkerikil, menurun, dan curam sambil memikul beban belerang dengan berjalan kaki sehingga membutuhkan tenaga yang kuat dan kondisi tubuh sehat. Dalam melakukan aktivitasnya sebagai penambang belerang, mereka mengandalkan kekuatan pada bahu untuk memikul dan pada kaki untuk berjalan dari dapur yang berada di Kaldera (puncak kawah Ijen) hingga ke pos penimbangan (Paltuding).

Kekuatan pada kaki adalah faktor utama yang harus dimiliki oleh penambang belerang, karena kaki merupakan anggota gerak bawah (*lower limb extremity*) dan penting untuk menunjang setiap kegiatan selama beraktivitas. Kaki dideskripsikan memiliki beberapa fungsi bagi kehidupan sehari-hari, yaitu sebagai basis tumpuan, penyesuaian gerak dan pengungkit yang *rigid* untuk stabilisasi (Pearce, 2008: 85-86). Kaki adalah suatu kesatuan unit yang kompleks, terdiri dari 26 buah tulang sebagai pendukung dan dapat menyangga berat badan secara penuh saat berdiri, serta mampu memindahkan tubuh terhadap semua kondisi tempat berpijak (Pearce, 2008: 83-86). Dalam melakukan kinerjanya sebagai penyangga tubuh, kaki dibantu oleh *talus* yang berfungsi sebagai sendi pergelangan kaki, dan *calcaneus* yang banyak berperan karena berfungsi sebagai titik tumpu berat badan

pada saat berdiri, berjalan, maupun berlari, terletak pada bagian belakang serta mengalami kontak langsung dengan tanah (Pearce, 2008: 83).

Byers (2008) menyatakan bahwa suatu aktivitas individu dapat meninggalkan tanda pada tulang karena adanya pengikatan otot, erosi pada tulang dan ossifikasi pada jaringan lunak. Larsen dan Ruff (1991; dalam Indriati, 2001) munculnya *stress markers* pada tulang merupakan respon dari adanya aktivitas yang dilakukan secara intensif dengan memberikan tekanan atau kekuatan pada tulang untuk beraktivitas. Aktivitas penambang belerang memiliki beban kerja tinggi karena gerakan penambang yang berjalan menaiki dan menuruni gunung, melalui kondisi lingkungan kawah Ijen yang terjal dan curam. Penggunaan kaki sebagai alat gerak penambang belerang untuk berpindah tempat, menandakan bahwa kaki memiliki peran penting untuk mendukung aktivitas mereka.

Aktivitas penambang belerang yang mengharuskan berjalan menaiki dan menuruni gunung, dengan menggunakan kaki sebagai alat gerak mempunyai korelasi dengan studi *stress markers* pada anggota gerak bawah (*lower limb extremity*) yang dilakukan oleh Oliver (1986). Oliver (1986; dalam Santos, Cardoso, Assis, dan Vilotte, 2009) menyatakan bahwa adanya hubungan kebiasaan hidup dan pengaruh lingkungan masyarakat pada masa Neolitik (berburu dan meramu) dengan menggunakan sampel tulang dari Sahara untuk penelitiannya, kebiasaan hidup dan pengaruh lingkungan pada masa Neolitik ternyata mengakibatkan munculnya *stress markers* pada anggota gerak bawah terkait dengan aktivitas berjalan dan berlari pada permukaan tanah yang keras (*tendon achilles* dan *adductor hallucis*).

Fokus permasalahan yang diteliti terkait dengan kondisi tulang pada *calcaneus* akibat suatu aktivitas pertambangan di kawah Ijen, mengharuskan mereka untuk bergerak menaiki dan menuruni gunung dengan membawa beban hasil tambangnya. Peneliti mengambil fokus permasalahan ini karena pola aktivitas penambang belerang mempunyai intensitas beban kerja yang tinggi dan dilakukan secara intensif. Dalam melakukan gerakan naik-turun gunung, penambang memerlukan kerja otot dan sendi kaki. Otot yang berperan dalam melakukan aktivitas ini adalah *M. quadrisept femoris*, *M. gluteus maksimus*, *M. iliopsoas*, *M. sartorius*, *M. hamstring*, *M. popliteus*, dan *M. gastroknemius*. Gerakan pergelangan kaki mendukung aktivitas penambang belerang dalam menuruni gunung, gerakan semacam ini disebut dengan *fleksi plantar*. *Fleksi plantar* dan jari kaki (*metatarsal*) terjadi karena kerja otot ekstensor, yakni *M. trisept surae* dan *M. peroneus longus*. *M. trisept surae* penting dalam berdiri dan berjalan yang merupakan flektor plantar kaki, bekerja pada sisi lateral kaki sehingga mengakibatkan inversi kaki (Bustami, 1995).

Calcaneus digunakan sebagai tumpuan berat badan di tanah pada saat beraktivitas, dan berperan penting dalam menunjang aktivitas manusia (Pearce, 2008: 83). Berdasarkan aktivitas penambang belerang, *calcaneus* mereka selalu mendapat tekanan dari berat badan, beban pikulan belerang dengan berat sekitar 50-80 kg melalui kondisi lingkungan kawah Ijen yang terjal, berkerikil, permukaan tanah yang keras dan curam. Frekuensi naik - turun gunung dilakukan sebanyak dua hingga tiga kali dalam sehari, waktu tempuh sekitar 90 menit bahkan lebih dari dapur yang berada di kaldera (kawah Ijen) menuju ke pos

penimbangan (Paltuding) setiap harinya.

Penelitian terkait *stress markers* sebelumnya, dilakukan oleh Priyantini (2010) dan Larasati (2013). Dalam kedua penelitian terkait dengan *stress markers*, mengidentifikasi adanya variasi suatu penebalan pada tulang tertentu akibat adanya suatu pekerjaan dengan intensitas beban kerja yang tinggi, terutama pada tulang ekstremitas atas. Studi mengenai munculnya *stress markers* pada *calcaneus* juga dilakukan oleh Maharani (2014) dengan subyek penelitian 5 orang pengayuh becak. Dalam studi yang dilakukan oleh Maharani (2014), didapatkan hasil bahwa kemunculan osteopit sebagai tanda adanya *stress markers* terdapat pada *calcaneus* pengayuh becak yang memiliki masa kerja di atas 10 tahun, yaitu 38 tahun dengan beban kerja tertentu. Beban kerja tersebut berdasarkan berat badan penumpang yang menaiki becak. Dalam penelitiannya, Maharani (2014) menyimpulkan bahwa semakin lama otot kaki bekerja, maka semakin banyak dan tebal pula osteopit yang akan muncul pada *calcaneus* pengayuh becak (Maharani, 2014: 54).

I.2. Rumusan Masalah

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

1. Apakah aktivitas penambang belerang berdasarkan beban dan intensitas kerja berpengaruh terhadap munculnya *stress markers* pada *calcaneus*?
2. Bagaimanakah bentuk *stress markers* yang muncul pada *calcaneus* penambang belerang di kawah Ijen?

I.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh lama bekerja, intensitas dan beban kerja (hasil tambang belerang) yang dipikul penambang belerang terhadap munculnya *stress markers* pada *calcaneus* penambang, melalui kondisi lingkungan kawah ijen yang curam dan menanjak dengan permukaan tanah yang terjal sehingga membutuhkan kerjasama antara kekuatan otot serta sendi dalam melakukan aktivitas menambang. Selain itu untuk mengetahui kondisi *calcaneus* dan variasi *stress markers* yang muncul pada *calcaneus* penambang melalui metode rontgen.

I.4. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui kemunculan *strees marker* terkait dengan beban dan intensitas kerja pada *calcaneus* penambang belerang di Kawah Ijen.
2. Menambah koleksi atau kumpulan penelitian, khususnya pada bidang Antropologi Ragawi terkait dengan *stress markers*.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kondisi dari *remodeling* tulang yang dialami oleh para penambang belerang akibat aktivitas pertambangan.
4. Mengidentifikasi individu pada manusia hidup terkait dengan pola aktivitas, pekerjaan (*occupation*) dan gaya hidup yang dapat berakibat munculnya *stress markers*.

I.5. Tinjauan Pustaka

Rangka terdiri dari 20% total berat badan, tulang terdiri atas protein (kolagen) dan mineral (*hydroxyapatite*) (Indriati, 2004: 45). Tulang merupakan bagian dari rangka dan berfungsi sebagai alat ungkit pada gerakan dan permukaan yang berguna untuk menempelnya seluruh otot kerangka (Pearce, 2008:43). Hukum Wolff terkait dengan transportasi tulang adalah terjadinya pertumbuhan tulang bila dikenai beban dan meresorpsi bila tidak digunakan fungsinya (dalam Indriati, 2004:45). Munculnya variasi pada tulang dikarenakan beberapa faktor, yaitu fraktur, dan penyakit kelainan genetik. Sementara itu White (2002; dalam, Indriati, 2004:45) mengklasifikasikan 3 faktor sebagai penyebab munculnya variasi tulang, yakni (i) *idiosyncratic* adalah variasi normal antar individu (variasi individu); (ii) dimorfisme seksual, adanya perbedaan pada tulang laki-laki dan perempuan; dan (iii) *ontogenetic* perbedaan tulang dari kecil menuju dewasa atau tua.

Tanda *stress* akibat aktivitas atau pekerjaan yang dilakukan secara berlebihan dan melibatkan kinerja otot yang terbagi atas empat tipe, yakni modifikasi pada daerah insersi, *discrete markers* (tanda tertentu), *stress fraktur*, dan *osteopit*. Modifikasi pada daerah insersi melibatkan jaringan lunak pada tendon atau ligamen. *Discrete markers* atau tanda tertentu adalah munculnya variasi pada bentuk tulang akibat aktivitas. *Stress fraktur* merupakan stress pada tulang akibat aktivitas atau pekerjaan secara berulang dan memiliki beban berat. Sementara itu, *osteopit* merupakan suatu bentuk berupa taji kecil yang muncul pada daerah tulang normal dan permukaan halus (Kennedy, 1989; dalam Byers, 2008).

Kroemer (2001) terkait dengan teori *remodelling* tulang, menyatakan bila otot

mengalami *stress*, maka aliran darah akan meningkat dan merangsang sel-sel pembentuk tulang yang berdampak pada *hipertrofi* tulang dan peningkatan bekas *muskuloskeletal*. Sementara itu, Hamil dan Knutzen (1995) menjelaskan bahwa penggunaan otot penting dalam remodelling tulang, dan untuk mempertahankan kekuatan karena otot pada tulang yang *stress* akan mengalami proses *osteoblast* sehingga otot akan selalu merespon aktivitas tulang.

Studi Antropologi, mengidentifikasi pola aktivitas atau pekerjaan (*occupation*) adalah bagian penting untuk menunjukkan bagaimana pola kehidupan, apa yang mereka makan, serta apa saja yang mereka lakukan (aktivitas) selama hidup. Oleh karena itu para Antropolog mencoba untuk mengumpulkan informasi pola aktivitas yang dilakukan sekelompok orang (populasi) pada masa lampau melalui sumber informasi sisa rangka (*skeletal*), melalui sisa rangka itu diharapkan dapat dijelaskan bahwa sekelompok orang (populasi) dapat hidup bersama bukan sebagai individu namun mereka adalah kelompok (Griffith, 2013).

Berdasarkan pernyataan Griffith (2013) maka studi *stress markers* dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk mengetahui pola aktivitas seseorang bahkan kelompok terkait dengan pekerjaan maupun lingkungan yang mereka tempati. Hal ini didukung oleh pernyataan dari Ferber (2002) para Antropolog juga menyimpulkan bahwa tanda pada tulang (*stress markers*) muncul akibat penggunaan otot secara berlebihan, dilakukan setiap hari atau secara berulang, dan dimulai saat usia muda hingga dewasa.

Antropolog juga menggunakan bekas otot yang melekat pada tulang (*muskuloskeletal stress markers*) untuk merekonstruksi gaya hidup manusia pada

masa lalu dengan mempertimbangkan faktor usia dan jenis kelamin sebagai pembanding dalam studi *stress markers*. Berdasarkan perbedaan jenis kelamin, laki-laki memiliki tanda *stress markers* yang lebih jelas daripada perempuan dalam kebanyakan contoh kerangka.

I.5.1. Pergerakan Otot pada Anggota Gerak Bawah (*Lower Limb Extremity*)

Gerakan yang dilakukan oleh penambang belerang dengan cara menaiki dan menuruni gunung membutuhkan kinerja otot yang lebih giat pada bagian paha depan (*quadrisep femoris*) dan otot *gluteus maksimus* (Bustami, 1995: 405). Otot mempunyai fungsi integral dalam struktur dan fungsi sendi (Moeliono, 2013).

Quadrisep femoris membentuk bagian terbesar dari otot-otot paha depan dan untuk menjaga stabilitas sendi lutut. Otot bagian paha depan (*quadriseps femoris*) penting untuk sebagian besar aktivitas fungsional yang melibatkan anggota gerak bawah (*lower limb extremity*) seperti menaiki, melompat, bangkit dari posisi duduk, berjalan, naik dan turun tangga (Pujiatun, 2001: 1). Hal ini terlihat ketika seseorang melakukan gerakan turun tangga, kekuatan otot paha (*illiopsoas*, *quadriseps femoris*, dan *sartorius*) terutama terletak pada *quadriseps femoris* sebagai salah satu otot tubuh terbesar dan terkuat dan berfungsi ekstensi serta mengendalikan fleksi tungkai bawah.

Quadriseps femoris berorigo di tulang pinggul dan otot ini menekuk paha sehingga menyebabkan ekstensi tungkai bawah. Kemampuan dalam naik dan turun tangga merupakan petunjuk kuat bahwa *quadriseps femoris* berjalan

dengan baik atau sebagai kekuatan otot ini serta menjadi salah satu poros untuk penggunaan otot sebagai kekuatan dalam melakukan gerak berpindah dari tempat satu menuju tempat lainnya (Bustami, 1995: 333-334).

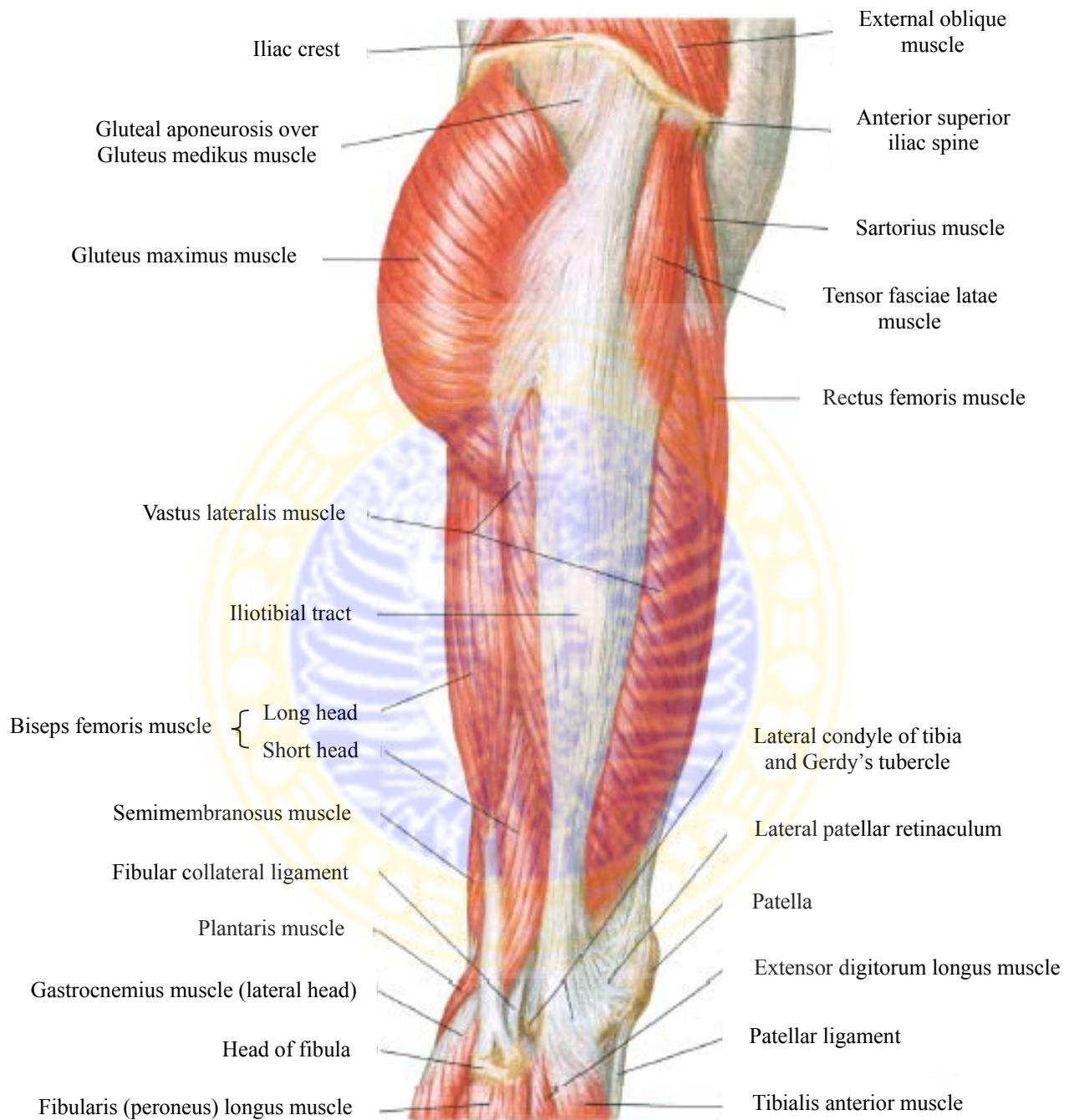
Sementara itu kinerja otot *gluteus maximus* lebih banyak digunakan pada suatu aktivitas atau gerak yang memerlukan tenaga, untuk mempertahankan posisi gerak tubuh, memperpanjang persendian panggul pada saat berlari, menaiki, dan saat menaiki tangga, dalam mengangkat tubuh dari posisi duduk atau membungkuk, gerakan abduksi dan rotasi lateral dari paha (Bustami, 1995 : 313-314; Hasan, 2007).

Otot *gluteus maximus* dibantu oleh *gluteus medius*, dan *gluteus minimus* dalam melakukan kinerjanya, dan keterlibatan otot *gluteus medius*, dan *gluteus minimus* adalah untuk mengabduksi paha dan memutarnya ke medial. Apabila tungkai terpancang, maka kinerja kedua otot ini (*gluteus medius*, dan *gluteus minimus*) pada panggul sangat kuat, hal ini sangat penting untuk berjalan. Selama berjalan, otot *gluteus medius*, dan *gluteus minimus* kaki yang menjejak pada permukaan (tanah) mengabduksi pelvis, artinya mempertahankan kemiringannya sehingga panggul sisi yang lain tidak turun (Bustami, 1995: 315).

Otot dan ligamen yang mengelilingi lutut memberikan kekuatan dan stabilitas pada sendi lutut dalam menerima beban. Otot yang membantu pergerakan lutut di aspek anterior adalah *quadriceps*, sedangkan di aspek posterior ada *hamstring*, *popliteus* dan *gastroknemius*. Otot *quadriceps* berorigo pada *spinailiaka* anterior-inferior dan *iluim* dengan insersi pada

tuberositas tibia yang meliputi *patella*. Otot *quadriseps* merupakan stabilitor utama lutut yang dapat menerima beban besar serta merupakan otot penggerak utama ekstensi lutut (Moeliono, 2013).





Gambar I.1. Otot - Otot pada Pinggul, dan Paha
 Sumber: Sobotta edisi 14, halaman 494

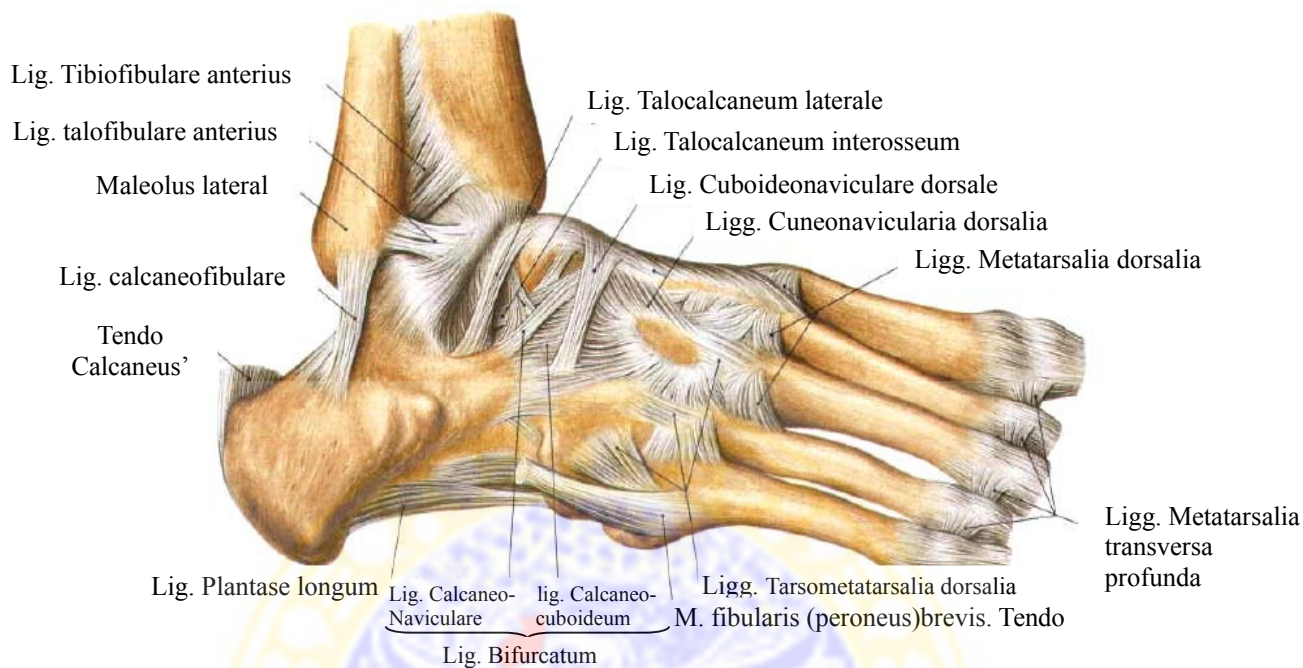
1.5.2. Pergerakan Sendi pada Anggota Gerak Bawah (*Lower Limb Extremity*)

Sendi pinggul merupakan sendi yang kokoh. Sendi pinggul dibentuk oleh *acetabulum* tulang pinggul dan tulang *femur* bagian atas (hulu). Tulang sendi ini dikelilingi oleh otot yang kuat sehingga memungkinkan gerak yang relatif bebas pada sendi pinggul yang menopang tubuh, dan menyalurkan berat tubuh. Secara mekanik, sendi ini paling kuat ketika menyangga seluruh berat badan. Gerakan fleksi pada sendi pinggul terjadi ketika menaiki gunung, dan sebaliknya gerakan ekstensi terjadi ketika menuruni gunung, hal ini didukung oleh otot *M. iliopsoas*, *M. tensor fascia lata*, dan *M. rektus femoris* dalam melakukan *fleksi* paha (Bustami, 1995: 345-349).

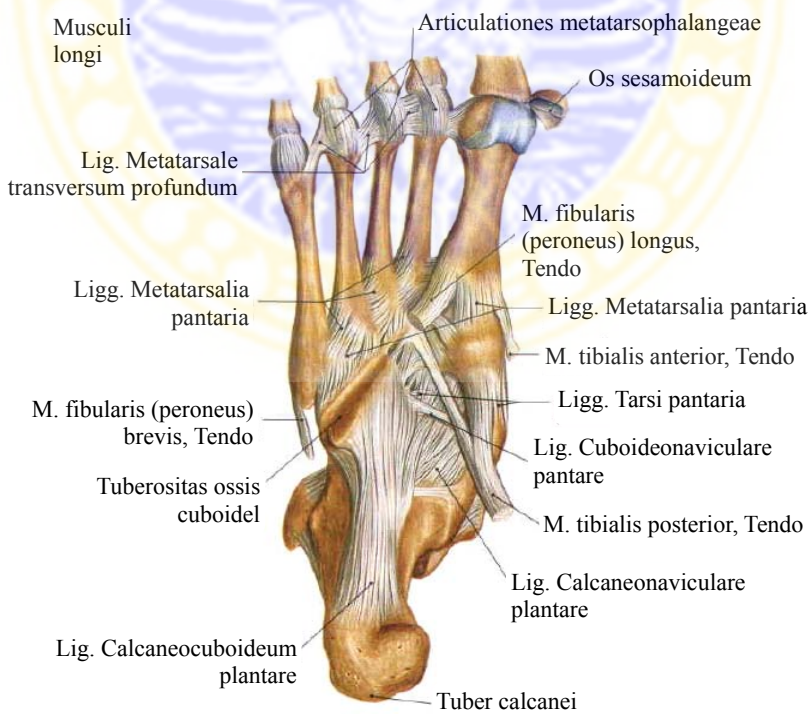
Sendi lutut merupakan sendi kondiler, permukaan pada sendinya ditandai dengan ukuran yang luas dan bentuknya yang tidak beraturan. Bentuk yang seperti ini mempunyai fungsi penting dalam pergerakan sendi karena menghubungkan tungkai atas (paha) dengan tungkai bawah (Bustami, 1995: 350; Lumongga, 2004). Kegiatan menaiki gunung mengakibatkan sendi lutut dalam keadaan fleksi 90 derajat, maka kemungkinan rotasi sangat luas. Rotasi medial digerakkan oleh otot *M. Sartorius*, *M. Gracilis*, *M. Semitendinosus*, dan rotasi lateral dilakukan oleh otot *M. Biceps femoris* (Lumongga, 2004). Sendi lutut sangat dibutuhkan untuk bergerak secara fleksi pada anggota gerak bagian bawah, karena sendi ini yang menghubungkan antara tungkai atas dan tungkai bawah sebagai sistem gerak pada tubuh manusia (Pearce, 2010).

Refleks pada lutut timbul apabila ligamen patela diketuk, otot yang terlibat dalam refleks pada lutut adalah *M. Sartorius* yang berorigo di *spina iliaca superior - anterior*, otot ini memuntir panjang di atas bagian depan paha dan berinsersi di bagian atas permukaan medial tibia, kerja otot ini adalah sebagai fleksor utama tungkai atas dan tungkai bawah serta merupakan otot yang giat selama fleksi pinggul dalam kegiatan menaiki dan menuruni gunung (Bustami, 1995 : 334-335).

Sendi pergelangan (*talokrusis*) merupakan sendi engsel antara ujung bawah *tibia* dan *fibula* dengan *troklea talus*. *Tibia* dan *fibula* membentuk soket yang lebar di depan, tempat Bergeraknya *talus*. *Ligamen lateral* dan medial yang kuat mencegah tergelincirnya *talus* ke anterior dan posterior, tetapi *dorsifleksi* dan *fleksi plantar* terjadi bebas. Sendi *kalkaneokuboid* adalah bagian dari sendi *tarsal transversus* dan menyerupai sendi pelana. Meskipun tidak dapat bergerak bebas namun sendi ini memiliki peran penting dalam menyangga berat badan yang ditanggung oleh ligamen-ligamen yang kuat di bagian plantar tarsus, dan salah satunya terdapat pada sendi ini (Bustami, 1995).

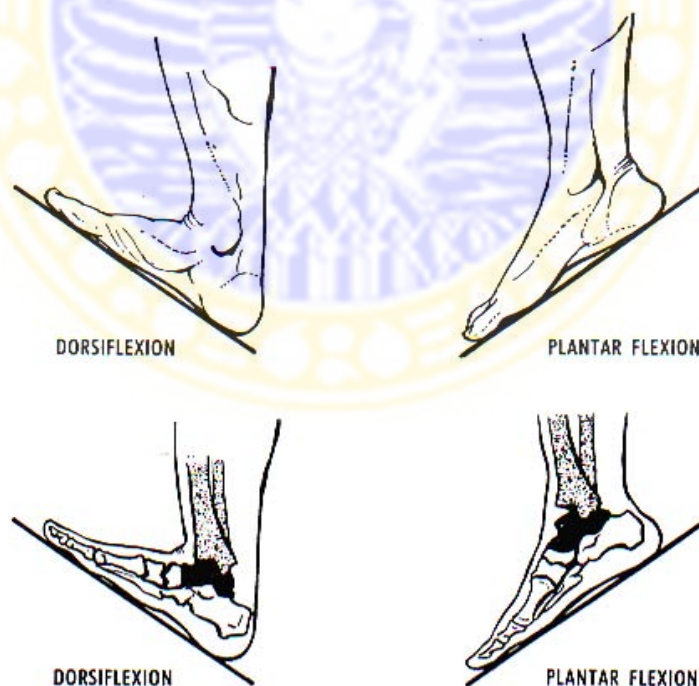


Gambar I.2. Sendi Kaki. Ligamen, dan Tendo
 Sumber: Sobotta edisi 14, halaman 300



Gambar I.3. Sendi Kaki. Ligamen dan Tendo; Arah Plantar
 Sumber: Sobotta Edisi 14, halaman 302

Gerakan pergelangan kaki penambang belerang pada saat berjalan menuruni gunung disebut dengan *fleksi plantar*. *Fleksi plantar* dan jari kaki (*metatarsal*) terjadi karena kerja otot ekstensor, yakni otot *triseps surae* dan *peroneus longus* merupakan penyebab *fleksi plantar*. *M. Gastroknemius* merupakan otot dua sendi, dan bila lutut fleksi penuh otot *triseps surae* tidak dapat memendek lagi untuk menggerakkan kaki, maka fleksi plantar dilakukan oleh otot *tibialis posterior* dan otot *peroneus longus*. *M. Triseps surae* penting dalam berdiri dan berjalan merupakan fleksor plantar kaki, bekerja pada sisi lateral kaki sehingga mengakibatkan inversi kaki (Bustami, 1995).



Gambar I.4. Gerak pada pergelangan kaki. Dorsifleksi dan plantar fleksi tampak ketika jalan menaiki dan menuruni gunung. Gerak ini terjadi pada sendi pergelangan (Berdasarkan S. Mollier) Sumber: Bustami, 1995: 392

Telapak kaki merupakan bagian terpenting sebagai faktor penggerak, di mana kaki berfungsi menunjang badan dan berjalan. Jaringan subkutan telapak kaki dipertebal oleh bantalan lemak fibrosa yang penting untuk menunjang berat badan. Otot pada telapak kaki sebagai satu kesatuan dan penting untuk tegak dan berjalan serta menunjang lengkung kaki dalam bergerak (Bustami, 1995: 378-390). Pergerakan menuruni gunung pada anggota gerak bagian bawah penambang belerang dengan membawa beban hasil tambang yang dipikul bertumpu pada telapak kaki dimana *calcaneus* adalah bagian yang membentuk tumit, terdapat pada bagian belakang serta digunakan sebagai tumpuan berat badan (Pearce, 2002: 83).

Kedua telapak kaki dalam kegiatan mendaki sebagai tumpuan berat badan akibat adanya gaya gravitasi, hal ini dikarenakan pendaki (penambang belerang) membutuhkan tenaga ekstra untuk menempatkan posisi kaki yang benar agar tidak mengalami cedera ketika melakukan pendakian. Cedera yang dialami oleh pendaki dapat terjadi karena adanya kesalahan pada saat menempatkan posisi kaki sebagai tumpuan beban massa tubuh dimana kaki yang digerakkan ke atas harus berada pada posisi seimbang (*stability*) untuk menjaga posisi berat tubuh dan posisi kaki yang berada lebih rendah harus segera berpindah tempat yang lebih tinggi untuk membantu pengurangan beban pada kaki di atasnya (Gayo, 2010).

Cedera pada kaki ketika mendaki bukan hanya disebabkan oleh kondisi kaki yang salah saat bertumpu di tanah, namun juga akibat dari adanya kelelahan otot. Kelelahan otot merupakan suatu penurunan kapasitas dalam

bekerja akibat kontraksi yang berulang. Menurut Tarwaka, Bakri, Solichul, dan Ajeng (2004) terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya keluhan otot rangka, antara lain: (i) peregangan otot secara berlebihan karena pengarahannya tenaga yang diperlukan melebihi kekuatan maksimum otot (seperti aktivitas mengangkat, mendorong, menarik, dan menahan beban yang berat) seringnya melakukan aktivitas itu dapat mempertinggi resiko keluhan dan cedera pada otot rangka; (ii) aktivitas dilakukan secara berulang yaitu suatu pekerjaan dilakukan secara terus menerus (seperti mencangkul, menyapu, membelah kayu besar, dan membawa beban) mengakibatkan otot akan terus menerima tekanan akibat beban kerja tanpa memperoleh kesempatan untuk istirahat atau relaksasi; (iii) sikap kerja yang tidak alamiah; (iv) penyebab sekunder; dan (v) faktor penyebab kombinasi.

Calcaneus merupakan tumpuan berat badan pada saat berjalan, tekanan yang diberikan pada *calcaneus* akan disebarkan ke *plantar fascia* sehingga ligamen *plantar fascia* tertarik ketika kaki melangkah. Hal ini dapat mengakibatkan nyeri tumit bila posisi kaki yang salah pada saat berjalan, faktor lainnya karena aktivitas atau tekanan pada kaki dapat mengakibatkan tegangnya ligamen, seperti aktivitas menuntut untuk berjalan, berdiri atau melompat di atas permukaan yang keras dalam jangka waktu relatif lama (Tejo, 2010). Sama halnya dengan gerakan penambang belerang yang mengindikasikan terjadinya nyeri pada tumit maupun cedera otot akibat aktivitas penambangan yang melibatkan kinerja otot serta sendi. Oleh karena itu, tidak menutup kemungkinan bahwa aktivitas penambangan dapat

berakibat terhadap munculnya tulang baru (osteopit) atau tanda *stress* lainnya, yaitu modifikasi pada daerah insersi, *discrete markers* (tanda tertentu), dan *stress fraktur* pada *calcaneus* penambang belerang sebagai tanda terjadinya *stress markers* akibat beban kerja yang tinggi pada aktivitas penambangan.

I.6. Metode dan Prosedur Penelitian

I.6.1. Metode Penelitian

Fokus penelitian ini adalah untuk mengetahui munculnya *stress markers* pada *calcaneus* sebagai tumpuan berat badan penambang belerang berdasarkan beban dan lama kerja, serta intensitas kerja akibat memikul belerang melalui medan yang terjal. Objek penelitian ini adalah penambang belerang. Alasan mengapa penelitian ini dilakukan pada penambang belerang karena aktivitas penambang memiliki beban kerja yang tinggi dan dilakukan dalam waktu yang relatif lama.

Beban kerja yang tinggi dapat mempengaruhi kerja otot dan persendian pada individu, dampak yang ditimbulkan dari beban kerja itu dapat dilihat melalui penggunaan anggota gerak bawah (*lower limb extremity*) terutama pada *calcaneus* untuk bergerak dari dapur (tempat untuk menunggu cairan belerang membeku hingga siap untuk diangkat) menuju pos penimbangan bawah (Paltuding) dengan jarak sekitar 3 km.

Aktivitas penambang belerang dilakukan secara berulang dan dalam kurun waktu yang lama sehingga mendorong peneliti bermaksud untuk mengetahui apakah muncul osteopit atau tanda stres lainnya (modifikasi pada

daerah insersi, *discrete markers* atau tanda tertentu, dan *stress fraktur*) sebagai tanda adanya *stress markers* pada penggunaan telapak kaki penambang belerang sebagai tumpuan penggerak untuk berpindah tempat.

Penelitian mengenai *stress markers* pada *calcaneus* penambang belerang ini menggunakan analisis kuantitatif, melalui pengamatan berdasarkan hasil rontgen, kemudian dibandingkan dengan hasil foto aktivitas penambang belerang dan hasil wawancara.

Hasil rontgen dan foto aktivitas penambang belerang ketika berjalan dari dapur menuju pos penimbangan, kemudian dianalisis berdasarkan anatomi tulang telapak kaki dan studi pustaka yang berkaitan dengan gerakan otot anggota gerak bawah (*lower limb extremity*) terutama pada *calcaneus* untuk mengetahui permasalahan yang menjadi fokus peneliti.

I.6.2. Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai *stress markers* pada *calcaneus* penambang belerang ini dilakukan di wilayah wisata alam Kawah Ijen. Kawah Ijen terletak di wilayah Cagar Alam Taman Wisata Ijen, Kecamatan Licin, Kabupaten Banyuwangi dan Kecamatan Klobang, Kabupaten Bondowoso.

Kondisi lingkungan Kawah Ijen cenderung bergunung, curam, dan terjal merupakan medan yang dilalui oleh penambang belerang dalam beraktivitas setiap harinya dengan memikul hasil belerang. Peneliti melakukan penelitian di Kawah Ijen karena lokasi ini merupakan tempat beraktivitasnya para penambang belerang dalam melakukan kegiatan pertambangan. Dalam

penelitian ini penambang belerang merupakan sampel untuk penelitian terkait *stress markers* pada *calcaneus* akibat aktivitas penambang dengan intensitas beban kerja yang tinggi.

I.6.3. Sampel

Sampel merupakan sebagian dari jumlah dan karakteristik yang terdapat pada populasi. Teknik pengambilan sampel yang diterapkan dalam penelitian ini adalah *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan atau alasan tertentu yang akan dijadikan sebagai subyek penelitian (Idrus, 2009: 96). Alasan peneliti dalam mengambil sampel berdasarkan dari lamanya bekerja, frekuensi naik - turun, serta beban hasil belerang yang dipikul setiap harinya dengan beban sekitar 50-80 kg.

Peneliti mengambil sampel sebanyak 12 penambang belerang yang masih aktif bekerja. Pengambilan sampel berdasarkan lama kerja penambang di atas 20 tahun, hal ini dikarenakan dari hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Maharani (2014) dengan meneliti 5 orang pengayuh becak sebagai sampelnya, menyimpulkan bahwa *osteopit* sebagai tanda adanya *stress markers* muncul pada *calcaneus* pengayuh becak yang telah bekerja selama 38 tahun di mana beban kerja pengayuh becak tidak dapat dipastikan setiap harinya, tergantung seberapa banyak para pengayuh mendapatkan penumpang, beban (berat badan) penumpang setiap harinya, dan seberapa jauh jarak yang mereka tempuh dalam mengayuh becak.

Oleh karena itu, alasan peneliti mengambil 12 penambang belerang

sebagai sampel karena mereka memiliki beban kerja yang tinggi, setiap harinya selalu memikul belerang dengan berat antara 50-80 kg, sambil berjalan kaki dan menaiki serta menuruni gunung, melalui medan kawah Ijen yang terjal dan berkerikil setiap harinya. Selain itu, berdasarkan masa atau lama kerja di atas 20 tahun yang masih aktif bekerja sebagai penambang belerang di kawah Ijen, dan frekuensi naik-turun gunung (biasanya mereka lakukan sebanyak dua hingga tiga kali dalam sehari).

I.6.4. Teknik Pengumpulan Data

Teknik yang digunakan peneliti untuk memperoleh data yang mendukung penelitian dilakukan melalui tahap-tahap berikut:

I.6.4.1. Observasi

Observasi atau pengamatan merupakan aktivitas yang dilakukan dengan cara mencatat fenomena dan dilakukan secara sistematis (Idrus, 2009: 101). Peneliti melakukan observasi untuk melihat kondisi lingkungan penelitian (Kawah Ijen), aktivitas penambang belerang, dan jarak lokasi antara tempat penelitian dengan Rumah Sakit yang dipilih untuk dilakukan rontgen pada *calcaneus* 12 subyek penelitian.

I.6.4.2. Dokumentasi

Untuk mengabadikan atau merekam seluruh aktivitas yang dilakukan penambang belerang dengan menggunakan kamera digital, karena dapat

membantu merekam pengamatan yang dilakukan oleh peneliti.

I.6.4.3. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mendapatkan beberapa data mengenai usia, berat badan, lamanya bekerja, intensitas bekerja, berat beban yang dibawa saat penambangan, jarak tempuh yang dilewati, dan frekuensi berapa kali penambang belerang dalam melakukan kegiatan naik - turun gunung. Serta untuk mengetahui keluhan yang diderita para penambang akibat kelelahan otot, khususnya pada kaki.

I.6.4.4. Rontgen

Proses rontgen dilakukan di Rumah Sakit Umum Daerah Blambangan yang berjarak tidak jauh dari lokasi penelitian, proses ini untuk melihat ada atau tidaknya *stress markers* (tanda pada tulang) pada penambang belerang yang terdapat di *calcaneus*. Hasil rontgen yang telah dianalisis peneliti kemudian dikonsultasikan dengan Dr. Yuyun Yueniwati, Sp.Rad dari Rumah Sakit Dr. Saiful Anwar di Malang.

I.6.5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan oleh peneliti setelah proses turun ke lapangan dan mendapatkan data yang dibutuhkan. Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan melihat *stress markers* yang terdapat pada *calcaneus* penambang belerang melalui hasil rontgen. Analisis yang

diterapkan berdasarkan hasil rontgen akan dibandingkan dengan aktivitas penambang belerang serta intensitas kerja, kemudian dianalisis berdasarkan anatomi tulang telapak kaki berkaitan dengan gerakan otot anggota gerak bawah (*lower limb extremity*) terutama pada *calcaneus* untuk mengetahui permasalahan yang menjadi fokus peneliti.

