

Stress Markers Pada Calcaneus Penambang Belerang di Gunung Welirang

Stress Markers in Calcaneus Sulfur Miners on Mount Welirang

Nadia Amalia

Departemen Antropologi FISIP Universitas Airlangga

Alamat: Jalan Dharmawangsa Dalam Selatan, Surabaya, Indonesia 60286

Email: nadia.amalia-2016@fisip.unair.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana variasi *stress markers* yang muncul pada tulang *calcaneus* penambang belerang terkait lama kerja, beban kerja, dan intensitas kerja. *Stress markers* adalah tanda pada tulang yang menjadi petunjuk bahwa individu tersebut pernah melakukan suatu pekerjaan yang melibatkan kerjasama otot dan sendi untuk beraktivitas dengan intensitas waktu yang lama dan berulang. Penambang belerang di Gunung Welirang melakukan aktivitas pekerjaannya dengan beban belerang sebanyak ± 100 -250 kg setiap hari dengan cara dipikul dan ditarik menggunakan gerobak, dengan tumpuan terbesarnya berada pada tulang *calcaneus*. Metode yang digunakan dalam pengambilan dan pengumpulan data ini adalah metode observasi, kuesioner terbuka, dan rontgen untuk melihat adanya *stress markers*. Adapun analisis data yang digunakan adalah metode kuantitatif, yaitu melihat hasil foto *rontgen* dan menganalisisnya dengan data lama kerja, beban kerja, dan intensitas kerja pada tiap individu penambang belerang Gunung Welirang. Hasilnya adalah terdapat variasi *stress markers* berupa osteopit sebanyak 87,5% dan *robustisitas* sebanyak 100% pada *calcaneus* penambang belerang, serta terdapat variasi letak *stress markers* pada osteopit dan *robustisitas*. Hal tersebut disebabkan karena perbedaan usia, lama masa kerja, beban kerja, dan intensitas kerja pada masing-masing subjek penelitian.

Kata Kunci: *Stress Markers, Calcaneus, Penambang belerang, Gunung Welirang*

Abstract

This study aims to see variations in stress markers developed on the calcaneus bones of sulfur miners, related to work duration, workload, and work intensity. Stress markers are marks on the bones, indicating that the individual has done activities that involve the coordination of muscles and joints repetitively for an extended period. In order to do the work, sulfur miners in Mount Welirang carry sulfur loads of ± 100 -250 kg daily, which are carried on their shoulder and pulled using a cart, and it's usually weighed heavily on the calcaneus bone. The methods used to collect the data are observation, open questionnaires, and X-rays to see the presence of stress markers. Data were analyzed using a quantitative method, which is done by observing the results of X-ray images and analyze them with data on the work duration, workload, and work intensity of each miner in Mount Welirang. The results indicate that there are variations in stress markers in the form of osteophytes with a percentage of 87.5%, while robusticity is observed in 100% of the miners' calcaneus, variations in the location of stress markers in the form of osteophyte and robusticity were also observed. This variation is due to differences in age, work duration, workload, and work intensity carried out by each research subject.

Keywords: *Stress Markers, Calcaneus, Mount Welirang Sulfur miners*

Biokultur, 2020, 9 (2): 129-141. DOI: <http://dx.doi.org/10.20473/bk.v9i2.23117>.

Article History:

Received November 9, 2020; Accepted November 16, 2020; Published Online November 20, 2020



Pendahuluan

Penelitian *stress markers* belum banyak dilakukan di Indonesia, oleh sebab itu peneliti tertarik melakukan penelitian tentang topik ini. Dengan adanya penelitian mengenai *stress markers* di berbagai bidang pekerjaan, maka dapat memudahkan dalam bidang Antropologi Forensik untuk proses individualisasi berdasarkan *stress markers* yang ditemukan akibat dari aktivitas atau pekerjaan.

Penelitian terdahulu terkait *stress markers* pada tulang *calcaneus* pernah dilakukan oleh Stefia Maharani (2014) pada *calcaneus* pengayuh becak di Kecamatan Kalidami, Surabaya. Subyek yang diambil dalam penelitian ini berjumlah 5 orang pengayuh becak yang masih aktif. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa 5 pengayuh becak menunjukkan timbulnya *osteopit* pada tumit telapak kaki mereka, hal itu disebabkan oleh faktor pola aktivitas, dan lamanya waktu aktivitas responden dalam bekerja (Maharani 2014). Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Oki Nurmala (2015) pada *calcaneus* penambang belerang di kawah Ijen, Banyuwangi. Hasil dari penelitian tersebut menyimpulkan bahwa ditemukan adanya rangkaian aktivitas yang dilakukan secara intensif yang menimbulkan terbentuknya *stress markers* pada *calcaneus* berupa osteopit yang terletak pada bagian *margo plantaris* dan *margo posterior* (Nurmala 2015).

Fungsi tulang pada manusia adalah memberikan bentuk tubuh, sebagai penopang tubuh, sebagai tempat melekatnya otot dan sendi, tempat menyimpan mineral, serta memungkinkan terjadinya gerak atau lokomosi yang saling berhubungan antara tulang dan sendi dalam tubuh. Tulang yang mendapatkan tekanan secara terus-menerus, maka akan berubah strukturnya, hal itu disebabkan karena tulang merupakan jaringan hidup yang terdapat matriks ekstraseluler. Matriks ekstraseluler pada tulang membuat tulang menjadi keras karena mengalami *kalsifikasi* dan mengalami derajat elastisitas tertentu akibat serabut-serabut organik (Snell 2012: 24-25).

Gerak tubuh manusia dalam beraktivitas ditunjang oleh adanya kinerja antara otot dan sendi. Otot adalah jaringan yang mempunyai kemampuan khusus yaitu dapat berkontraksi, sehingga membuat suatu gerakan. Pada otot rangka terdapat pada dua tempat yaitu *origo* (asal) yang dianggap sebagai tempat otot timbul, dan *intersio* adalah tempat kearah mana otot berjalan. Terkadang *origo* dan *intersio* dapat berbalik fungsi. Otot rangka tidak dapat bekerja sendiri-sendiri, tetapi bekerja dalam berkelompok untuk melakukan gerakan. Sedangkan sendi atau *articulatio* adalah istilah yang digunakan dalam pertemuan antara dua atau beberapa tulang kerangka, sendi yang diklasifikasikan menurut gerakannya: sendi tak bergerak, sedikit bergerak, dan bergerak luas (Pearce 2009: 135-137).

Stress yang ditemukan pada rangka manusia dapat membantu dalam melihat profil seorang individu berdasarkan aktivitas yang dilakukan semasa hidupnya. Byers (2008: 322-323) menyebutkan bahwa indikator terjadinya *stress markers* dalam suatu pekerjaan atau aktivitas dapat terjadi karena adanya gerakan yang melibatkan kerjasama antara otot dan sendi yang bekerja secara terus menerus. *Stress markers* akan muncul pada tulang akibat dari adanya tekanan secara terus-menerus dan berulang pada beban tertentu berdasarkan aktivitas setiap individu. Adapun penyebab spesifik timbulnya *stress markers* pada tulang yaitu terdapat osifikasi pada jaringan lunak, pembesaran pada area inspeksi otot, serta terdapat erosi pada bagian tertentu tulang. Penyebab spesifik tersebut

membuat otot melakukan penyesuaian terhadap tekanan yang diterima dari aktivitas yang berlebihan. Akibat yang ditimbulkan adalah munculnya modifikasi tulang pada bagian-bagian tertentu yang menjadi tempat menempelnya otot (Byers 2008: 374-375).

Aktivitas penambang belerang ketika menaiki dan menuruni gunung, dalam sekali angkut dapat memikul hasil belerang dengan beban sekitar 100-250 kg setiap harinya, sesuai dengan kemampuan mereka dan kondisi cuaca yang ada. Kawah Gunung Welirang berada pada ketinggian 3.156 mdpl dengan kondisi medan yang terjal dengan dipenuhi bebatuan di sepanjang jalan menuju puncak, dan tanjakan yang curam (Nidya, Suharsono, Zarkasyi, dan Sugianto 2013). Penambang belerang melakukan aktivitasnya di Gunung Welirang kurang lebih selama kurun waktu 4 hari dalam seminggu, di mulai berangkat menuju Gunung Welirang pada hari Minggu dan pulang pada hari Kamis. Sebelum berangkat, mereka juga bergantung dengan kondisi cuaca yang ada, apabila cuaca tidak memungkinkan para penambang untuk naik, maka mereka melakukan di hari berikutnya atau menunggu cuaca mulai cerah kembali.

Faktor utama yang harus dimiliki oleh penambang belerang yang ada di Gunung Welirang adalah kekuatan dan ketahanan fisik yang baik, hal itu disebabkan oleh topografi lokasi tambang dan medan jalan yang sulit ditempuh, sehingga menuntut adanya kekuatan fisik yang ekstra dari para penambang. Kekuatan fisik yang utama bagi para penambang adalah pada bagian ekstremitas atau alat gerak pada tubuh pada bagian anggota gerak bawah (*lower limb extremity*) dan persendian yang ada untuk menunjang setiap aktivitas. Pada bagian ekstremitas bawah terdiri dari tungkai kaki, lutut, telapak kaki, otot, serta persendian. Kaki memiliki fungsi penting bagi kehidupan sehari-hari para penambang, yaitu sebagai basis tumpuan, pengungkit yang *rigid* untuk stabilisasi dan berguna untuk penyesuaian gerak (Pearce 2009:100-103).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adanya dampak dari intensitas, beban kerja, dan masa kerja oleh penambang belerang terhadap munculnya *stress marker* pada *calcaneus* penambang Welirang. Penggunaan tulang *calcaneus* sebagai variabel yang diteliti dikarenakan pada penambang belerang di gunung Welirang, masih menggunakan alat tradisional, oleh karena itu tulang *calcaneus* menjadi salah satu bagian dari tubuh yang memperoleh tekanan paling besar ketika melakukan kegiatan pertambangan.

Berdasarkan alasan tersebut dapat dirumuskan pertanyaan penelitian yang menjadi fokus dalam penelitian ini yaitu: 1) apakah aktivitas penambang belerang berdasarkan intensitas kerja, beban kerja dan masa kerja berdampak terhadap munculnya stress marker pada tulang calcaneus? 2) bagaimana bentuk, jenis, dan variasi Stress marker yang muncul pada calcaneus penambang belerang di gunung welirang?.

Metode

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis deskriptif. Alasan dalam pemilihan metode ini adalah karena terdapat variasi umur, lama bekerja, dan beban kerja yang berbeda-beda. Dengan menggunakan metode ini, maka peneliti memberikan gambaran mengenai situasi penelitian yang diteliti, dimana hasil penelitian yang telah diperoleh dihitung menggunakan perhitungan angka variabel yang telah ditentukan untuk dianalisis menggunakan dukungan studi kepustakaan, sehingga

memperkuat hasil analisa dalam membuat kesimpulan. Oleh karena itu, untuk mengetahui kondisi *calcaneus* (tulang tumit) dan variasi *stress markers* para penambang belerang, digunakan foto *rontgen*.

Penelitian ini dilakukan di Gunung Welirang, yang berlokasi di pegunungan Arjuno-Welirang, Prigen, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Alasan pemilihan lokasi ini karena Gunung Welirang menjadi salah satu lokasi penambangan belerang yang masih menggunakan cara tradisional dalam proses penambangannya, sehingga terdapat aktivitas membawa beban berat yang dilakukan oleh para penambang belerang.

Populasi pada penelitian ini adalah 10 orang laki-laki yang masih aktif bekerja sebagai penambang belerang di gunung Welirang. Jumlah sampel yang diambil yaitu 8 dari 10 orang. Pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive* atau disebut dengan *judgmental*, yang merupakan pengambilan sampel berdasarkan pada kriteria tertentu. Peneliti memberikan kriteria pada subjek penelitian yang telah dipilih, yaitu merupakan para penambang belerang Gunung Welirang, dan termasuk anggota koperasi Raksa, dengan ketentuan bahwa 4 orang memiliki masa kerja antara 30-40 tahun, 5 orang memiliki masa kerja 46-50 tahun dan melakukan aktivitas membawa belerang dengan beban diatas 100 kg.

Observasi pada penelitian ini dilakukan secara non-partisipan karena peneliti hanya mengumpulkan data melalui film dokumenter dan data yang diperoleh dari peneliti lainnya. Dalam observasi ini dilakukan pengamatan secara tidak langsung melalui film dokumenter tentang bagaimana cara pekerja penambang belerang membawa gerobak ketika naik gunung, sikap badan mereka ketika membawa hasil belerang dipundaknya, kemudian sikap badan mereka ketika menarik gerobak yang berisi belerang dan menuruni lereng gunung yang curam dengan menggunakan *calcaneus* sebagai tumpuan beban. Dalam pelaksanaannya observasi ini termasuk dalam observasi terstruktur, karena dilakukan berdasarkan kategori-kategori aktivitas yang telah dibuat oleh peneliti sebagai format pencatatan data.

Kuesioner/angket yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis kuesioner terbuka, hal itu karena pertanyaan yang diberikan kepada responden memiliki kebebasan dalam menjawab dan berpendapat sesuai dengan keinginan mereka. Berdasarkan sumber data kuesioner ini masuk dalam jenis kuesioner langsung, hal itu karena responden memberikan informasi secara langsung kepada peneliti tanpa melalui perantara. Kemudian struktur kuesioner/ angket yang digunakan dalam penelitian ini adalah bersifat tidak terstruktur, karena dalam mendapatkan informasi yang diinginkan oleh peneliti, subjek diminta untuk menyampaikan informasi secara terbuka dengan menjawab pertanyaan secara bebas dan tidak terikat dengan jawaban yang telah disediakan.

Pengambilan foto *rontgen* dilakukan untuk mengetahui variasi, lokasi, dan ada atau tidaknya *stress markers* pada penambang belerang yang terdapat di *calcaneus*. Proses *rontgen* ini dilakukan di Rumah Sakit Panti Waluya Kota Malang yang memiliki instalasi Radiologi. Dokumentasi berfungsi untuk memperkuat data dalam penelitian, dalam penelitian ini, dokumentasi berupa foto ditujukan pada kegiatan/aktivitas penambang dalam melakukan proses ataupun tahapan-tahapan dalam penambangan belerang. Dokumentasi berupa foto ketika penambang memikul gerobak menuju kawah belerang,

proses pengambilan belerang dari dapur kawah, proses mobilitas dan beban belerang yang diangkat menggunakan gerobak oleh penambang menuju pos timbang belerang (Pos Pondokan).

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini mendeskripsikan hasil foto rontgen pada setiap subjek penelitian, mengenai ada atau tidaknya *stress markers* yang ditemukan pada subjek tersebut, lalu dikategorikan sesuai dengan letak dan variasi *stress markers* yang ada di *calcaneus*. Kemudian menganalisis tabel berdasarkan usia pekerja, lama masa kerja, intensitas bekerja, dan berat beban yang dibawa oleh setiap subjek penelitian terhadap munculnya *stress markers*. Selanjutnya, dilakukan analisis pada tabel *cross tab* terhadap hubungan antara masa kerja dengan intensitas kerja, masa kerja dengan beban kerja, dan intensitas kerja dengan beban kerja.

Hasil dan Pembahasan

Aktivitas penambang belerang berdasarkan intensitas kerja, beban kerja dan masa kerja berdampak terhadap munculnya stress marker pada tulang calcaneus

Selama melakukan aktivitas, para penambang melakukan perpindahan dari satu tempat ke tempat yang lain atau berjalan menggunakan telapak kakinya sebagai komponen utama alat gerakannya. Gambaran dari aktivitas posisi dan sikap tubuh, serta alat-alat perlengkapan yang digunakan sebagai penunjang dalam menambang memiliki hubungan penting bagi otot dan sendi pada tulang kaki.

Gerakan kaki yang digunakan para penambang ketika naik dan turun hampir sama dengan yang digunakan oleh para pendaki. Namun yang membedakan adalah ketika para penambang menaiki dan menuruni gunung, mereka cenderung berjalan sedikit lebih cepat dengan jarak langkah kaki yang pendek, dengan membawa beban gerobak yang dipikulnya seberat ± 30 kg (ketika naik gunung) sedangkan ketika turun dari kawah menuju tempat gerobak mereka harus membawa ± 100 kg. Ketika menuruni gunung dengan menarik gerobak dan menahan beban $\pm 100-250$ kg. Cara ini mereka lakukan agar tumpuan pada kaki kiri dan kanan dapat menyebar secara merata, sehingga beban yang dibawa di punggung tidak terasa begitu berat dan agar nafas mereka tidak tersengal-sengal. Sikap tubuh ketika memikul dan cara berjalan ketika mendaki dan menuruni gunung dapat berpengaruh terhadap keluhan sakit pada bagian ekstremitas bawah, adapun daftar seluruh subjek penelitian:

Tabel 1 Lama Masa Kerja (21-30 tahun)

No	Nama	Jenis Kelamin	Usia (th)	Lama Kerja (th)	Intensitas Memikul Dahulu	Intensitas Memikul Sekarang	Alamat
1.	SM	L	57 th	30 th	2 kali	1 kali	Kerajan Tengah
2.	MA	L	54 th	30 th	2 kali	1 kali	Kerajan Tengah

Sumber: Data Primer

Tabel 2 Lama Masa Kerja (31-40 tahun)

No	Nama	Jenis Kelamin	Usia (th)	Lama Kerja (th)	Intensitas Memikul Dahulu	Intensitas Memikul Sekarang	Alamat
1.	SP	L	45 th	34 th	-	1 kali	Kerajan Tengah
2.	WN	L	57 th	40 th	2 kali	1 kali	Kerajan Tengah

Sumber: Data Primer

Tabel 3 Lama Masa Kerja (41-50 tahun)

No	Nama	Jenis Kelamin	Usia (th)	Lama Kerja (th)	Intensitas Memikul Dahulu	Intensitas Memikul Sekarang	Alamat
1.	RK	L	58 th	46 th	-	1 kali	Kerajan Tengah
2.	SPM	L	63 th	46 th	2 kali	1 kali	Kerajan Barat
3.	SJ	L	61th	50 th	2 kali	1 kali	Kerajan Tengah
4.	NT	L	62 th	50 th	-	2 kali	Kerajan Tengah

Sumber: Data Primer

Tabel 4 Analisis 1 Masa Kerja dan Intensitas Bekerja Terhadap Munculnya *Stress Markers* pada *Calcaneus*

Masa kerja 21-30 tahun		<i>Stress Markers</i>						Jumlah
		Osteopit		Robustisitas		Normal		
		Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	
Intensitas bekerja dalam sehari	1 Kali angkut	2	1	2	2	-	1	2
	2 Kali angkut	-	-	-	-	-	-	-
Masa kerja 31-40 tahun								
Intensitas bekerja dalam sehari	1 Kali angkut	1	1	2	2	1	1	2
	2 Kali angkut	-	-	-	-	-	-	-
Masa kerja 41-50 tahun								
Intensitas bekerja dalam sehari	1 Kali angkut	3	3	3	3	-	-	3
	2 Kali angkut	1	1	1	1	-	-	1
Jumlah		7	6	8	8	1	2	8

Sumber: Data Primer

Berdasarkan tabel tersebut menunjukkan bahwa masa kerja dan intensitas kerja para penambang belerang dalam sekali angkut memunculkan *stress markers* berupa osteopit pada *calcaneus*. Penambang belerang yang memiliki masa kerja 21-30 tahun dengan intensitas bekerja dalam sehari yaitu sekali angkut mengalami osteopit pada 25% subjek pada sisi kanan, dan 12,5% subjek tidak mengalami *stress markers* berupa osteopit pada sisi kiri *calcaneus*, selain itu 25% subjek tersebut mengalami *robustisitas* pada kedua *calcaneusnya*. Untuk penambang yang memiliki masa kerja 31-40 tahun dengan intensitas satu kali angkut dalam sehari terdapat 12,5% subjek yang mengalami osteopit pada kedua *calcaneus*, sedangkan untuk 12,5% subjek lainnya tidak mengalami *stress markers* berupa osteopit atau normal, namun untuk *robustisitas* dialami oleh kedua subjek.

Penambang belerang yang memiliki masa kerja 41-50 tahun dengan satu kali angkut dalam sehari, ditemukan 37,5% subjek penelitian yang mengalami *stress markers* berupa osteopit dan terdapat *robustisitas* pada kedua *calcaneus*. Selain itu, untuk penambang yang memiliki masa kerja 41-50 tahun dengan intensitas angkut sehari 2 kali oleh 12,5% subjek penelitian, ditemukan *stress markers* berupa osteopit dan *robustisitas* pada kedua *calcaneus*.

Berdasarkan tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin lama masa kerja seorang penambang, maka intensitas bekerja ikut berdampak yaitu, pada satu maupun dua kali angkut, dan berdampak terhadap kemunculan *stress markers* pada tulang *calcaneus* para penambang belerang, yang ditunjukkan dari hasil lama masa kerja penambang belerang selama 41-50 tahun, ditemukan sebanyak 50% subjek yang mengalami osteopit dan *robustisitas* pada kedua *calcaneusnya*.

Tabel 5 Analisis 2 Masa Kerja dan Beban Bekerja Terhadap Munculnya Stress Markers pada Calcaneus

	Masa kerja 21-30 tahun	Stress Markers						Jumlah
		Osteopit		Robustisitas		Normal		
		Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	
Beban dalam satu kali angkut (kg)	100-145	-	-	-	-	-	-	-
	146-191	2	1	2	2	-	1	2
	192-237	-	-	-	-	-	-	-
	238-283	-	-	-	-	-	-	-
Masa kerja 31-40 tahun								
Beban dalam satu kali angkut (kg)	100-145	-	-	-	-	-	-	-
	146-191	-	-	1	1	1	1	1
	192-237	-	-	-	-	-	-	-
	238-283	1	1	1	1	-	-	1
Masa kerja 41-50 tahun								
Beban dalam satu kali angkut (kg)	100-145	2	2	2	2	-	-	2
	146-191	2	2	2	2	-	-	2
	192-237	-	-	-	-	-	-	-
	238-283	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah		7	6	8	8	1	2	8

Sumber: Data Primer

Tabel analisis 2 menunjukkan bahwa penambang belerang yang memiliki masa kerja 21-30 tahun dengan beban kerja seberat 146-191 kg pada 25% subjek penelitian ditemukan osteopit pada *calcaneus* sisi kanan, dan 12,5% subjek ditemukan osteopit pada sisi kiri *calcaneusnya*. Terdapat pula *robustisitas* pada kedua *calcaneus* subjek penelitian, dan satu *calcaneus* normal. Sedangkan untuk penambang dengan masa kerja 31-40 tahun dengan beban kerja seberat 146-191 kg ditemukan *robustisitas* pada 12,5% subjek penelitian dan tidak ditemukan *stress markers* pada *calcaneusnya*. Untuk masa kerja 41-50 tahun dengan beban kerja 100-145 dan 146-191 kg terdapat 50% subjek penelitian, menunjukkan bahwa terdapat osteopit dan *robustisitas* pada kedua *calcaneus* mereka.

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa beban kerja penambang belerang yang bervariasi dan masa lama kerja dapat mempercepat dalam munculnya *stress markers* berupa osteopit pada tulang *calcaneus* mereka. Hal itu dapat dilihat dari rata-rata beban kerja yang diangkut para penambang di antara 146-191 kg dari ketiga tabel variasi masa kerja, dimana dalam ketiga tabel tersebut menunjukkan bahwa osteopit dan *robustisitas* banyak ditemukan dalam beban kerja 146-191 tersebut. Sedangkan pada subjek yang tidak muncul osteopit pada kedua *calcaneusnya* terdapat pada variasi beban kerja di antara 146-191 kg, dan pada salah satu *calcaneus* subjek penelitian juga tidak muncul *stress markers* berupa osteopit di variasi masa kerja 21-30 tahun.

Tabel 6 Analisis 3 Intensitas Bekerja dan Beban Kerja Terhadap Munculnya Stress Markers pada Calcaneus

Intensitas bekerja dalam sehari		Stress Markers						Jumlah
		Osteopit		Robustisitas		Normal		
		Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	
Beban dalam satu kali angkut (kg)	100-145	2	2	2	2	-	-	2
	146-191	3	2	4	4	1	2	4
	192-237	-	-	-	-	-	-	-
	238-283	1	1	1	1	-	-	1
Intensitas bekerja dalam sehari								
Beban dalam dua kali angkut (kg)	100-145	1	1	1	1	-	-	1
	146-191	-	-	-	-	-	-	-
	192-237	-	-	-	-	-	-	-
	238-283	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah		7	6	8	8	1	2	8

Sumber: Data Primer

Berdasarkan tabel analisis 3 menunjukkan bahwa terdapat 87,5% subjek penelitian dengan intensitas bekerja dalam sehari mengangkut sebanyak 1 kali, dengan variasi berat beban kerja pada 100-145 kg yang dibawa oleh 25% subjek, 146-191 kg dibawa oleh 50% subjek, dan 238-283 kg dibawa oleh 12,5% orang. Pada beban dalam satu kali angkut di antara beban kerja 146-191 kg terdapat 25% subjek yang tidak mengalami osteopit, 12,5% di antaranya hanya muncul osteopit pada salah satu sisi *calcaneus*. Untuk *robustisitas* yang muncul di 87,5% subjek pada intensitas bekerja dalam satu kali angkut, semua subjek tersebut mengalami *robustisitas* pada kedua *calcaneus* mereka. Sedangkan pada intensitas bekerja dalam sehari yang mengangkut sebanyak 2 kali dilakukan oleh

12.5% subjek penelitian dan muncul *stress markers* berupa osteopit pada kedua sisi *calcaneusnya*. Dengan beban kerja seberat 100-145 kg, selain itu juga ditemukan *robustisitas* pada subjek tersebut. Berdasarkan tabel 4.5 dapat diketahui bahwa semakin banyak frekuensi beban kerja yang diangkut dalam satu kali sehari mengakibatkan kemunculan *stress markers* pada tulang yang berupa osteopit.

Bentuk, lokasi, dan variasi *stress marker* yang muncul pada *calcaneus* penambang belerang di Gunung Welirang

Berdasarkan bentuknya *stress markers* yang ditemukan di *calcaneus* penambang belerang di Gunung Welirang berbentuk taji dan berbentuk penebalan pada tulang. Lokasi *stress markers* berada pada *margo posterior*, *margo plantaris*, *margo superomedial* dan *margo inferomedial*. Variasi *stress markers* yang ditemukan pada *calcaneus* penambang belerang yaitu berupa osteopit dan *robustisitas*.

Tabel 7 Analisis 4 Stress Markers berupa Osteopit dan Robustisitas Pada Calcaneus

Nama	Osteopit						Robustisitas						
	M. Posterior		M. Plantaris		M. Superomedial		M. Inferomedial		M. Posterior		M. Plantaris		
	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	
SM	√	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-	-
MA	√	√	-	√	√	-	√	-	√	-	-	-	√
SP	√	√	-	-	-	-	-	-	√	√	-	-	-
WN	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-	-	-
RK	√	√	-	√	-	-	-	-	√	√	-	-	-
SPM	-	-	√	√	-	-	-	-	√	√	-	-	-
SJ	√	√	-	-	-	-	-	-	√	√	-	-	-
NT	-	-	√	√	-	-	-	-	√	√	-	-	-

Sumber: Data Primer

Berdasarkan tabel analisis 4 menunjukkan bahwa terdapat 62,5% subjek penelitian yang mengalami *stress markers* berupa osteopit pada bagian *margo posterior*, untuk bagian *margo plantaris* terdapat 50% subjek, untuk *margo superomedial* dan *inferomedial* terdapat 12,5% subjek. Pada *stress markers* berupa *robustisitas* yang muncul pada bagian *margo posterior* terdapat 100% subjek, dan untuk bagian *margo plantaris* terdapat 12,5% subjek yang mengalami *robustisitas* pada bagian sisi kiri *calcaneusnya*.

Osteopit pada *calcaneus* penambang belerang Gunung welirang memiliki letak variasi yang berbeda-beda, diantaranya yaitu: *margo posterior*, *margo plantaris*, *margo inferomedial* dan *margo superomedial*. Letak osteopit yang berbeda-beda tersebut terjadi karena, adanya kebiasaan dalam membawa beban angkut dalam jumlah yang bervariasi dengan bertumpu pada *calcaneus* (Sandstring 2008). Perbedaan kemunculan osteopit pada *margo posterior* dan *margo plantaris* adalah akibat dari kebiasaan para penambang belerang dalam membawa beban berat dan memberikan tekanan pada *calcaneus* mereka. Pada *margo posterior* terjadi kontraksi otot secara berlebihan pada *tendo achilles posterior calcaneus*, sehingga otot *Gastrocnemius* dan *Soleus* sebagai otot yang menggerakkan *calcaneus* terjadi kontraksi berlebih ketika penambang melakukan aktivitas memikul atau menahan beban ketika menarik gerobak menuruni gunung hingga

menimbulkan *stress markers* berupa osteopit. Sementara itu osteopit yang terdapat pada *margo plantaris* disebabkan karena, aktivitas penambang yang memikul beban secara intens dengan waktu yang lama, sehingga menyebabkan bagian plantar *calcaneus* mendapat tekanan besar baik dari beban tubuh maupun beban barang.

Osteopit yang muncul pada kedua sisi ini diakibatkan karena terdapat penekanan pada *talocalcaneal interosseous ligament* dengan *calcaneus*, kemudian pada bagian medial terjadi penekanan pada *brevis plantar ligament* dengan *long plantar ligamen* yang berorigo dengan *tendinous sheath of tibialis posterior* dengan *flexor digitorum brevis* (Vigue 2015:144-145).

Robustitas atau penebalan tulang yang terjadi pada penambang belerang disebabkan karena adanya tekanan yang berasal dari luar, yang membuat tulang menjadi melakukan pertahanan dengan proses penguatan berupa penebalan tulang. Penebalan tersebut mengakibatkan massa dari tulang akan bertambah, sehingga tulang dapat menahan beban yang diterimanya. Penebalan yang terjadi secara terus-menerus pada tulang dalam jangka waktu yang lama, serta menerima tekanan yang berat dari luar, dapat menyebabkan munculnya osteopit (Santos et al. 2009).

Byers (2008) menyatakan bahwa *Stress markers* pada tulang manusia merupakan penanda bahwa seorang individu tersebut pernah melakukan aktivitas yang melibatkan kekuatan otot dan sendi secara terus-menerus hingga meninggalkan bekas pada tulang. Selain itu, faktor usia juga menjadi salah satu penyebab munculnya *stress markers* pada tulang individu yang bersangkutan (Byers 2008). Hal ini didukung oleh sebuah penelitian yang pernah dilakukan oleh Oliver (1986 dalam Santos et al. 2009) yang mengambil sampel tulang dari Sahara, dan hasil dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat kebiasaan hidup dan pengaruh lingkungan pada zaman Neolitik mengakibatkan munculnya *stress markers* pada ekstremitas bawah, akibat dari adanya aktivitas berjalan dan berlari pada permukaan tanah yang keras, yang melibatkan *tendo achilles* dan *adductor hallucis* (Santos et al. 2009b).

Larsen dan Ruff (1991 dalam Indriati 2004) menyatakan bahwa *stress markers* pada tulang adalah hasil respon dari adanya aktivitas yang dilakukan oleh suatu individu secara intens dengan memberikan tekanan dan kekuatan pada tulang saat beraktivitas (Indriati 2004). Berdasarkan pernyataan tersebut bila dilihat dari aktivitas yang dilakukan para penambang belerang, mereka melakukan kegiatan memikul dan menarik gerobak secara terus-menerus dengan berjalan kaki pada permukaan tanah yang tidak datar dan terjal, sehingga memberikan tekanan pada bagian *calcaneus* yang berdampak pada timbulnya *stress markers*.

Ferber (2002) menyatakan bahwa *stress markers* dapat muncul pada tulang akibat dari penggunaan otot secara berlebihan, dilakukan secara berulang dan intensif pada saat usia muda hingga dewasa (Ferber 2002). Sejalan dengan pernyataan Ferber tersebut dapat dilihat pada (tabel analisis 4) yang menunjukkan bahwa terdapat 62,5% subjek yang memiliki osteopit pada *calcaneus*, yang terletak di *margo posterior*. Hal ini disebabkan terjadi kontraksi pada otot secara berlebihan yang mengakibatkan munculnya *stress markers* pada perlekatan *tendo achilles* bagian posterior *calcaneus*. *Tendo achilles* melekat pada sisi posterior dari *tibia* dan *fibula*, yang merupakan tempat melekatnya otot

Gastrocnemius dan *Soleus*. Kedua otot tersebut memiliki peran besar dalam menggerakkan *calcaneus* agar dapat melakukan aktivitas berjalan.

Mengidentifikasi *stress markers* pada tulang, telah digunakan oleh studi Antropologi Ragawi untuk memudahkan dalam melakukan identifikasi pekerjaan suatu individu di masa lalu. Weis (dalam Lerwick 2009) menyatakan bahwa para antropolog ragawi membandingkan *osteoarthritis* yang terjadi pada sendi di bagian *elbow* orang Eskimo dan Indian Peru. Hasil dari penelitian tersebut adalah, bahwa ditemukan perbedaan *stress markers* pada kedua populasi tersebut. Pada orang Eskimo memiliki tanda *osteoarthritis* lebih besar daripada orang Indian Peru. Hal ini disebabkan karena, orang Eskimo menggunakan alat yaitu *atlatl* untuk berburu yang menyebabkan *stress* pada sendi siku mereka lebih besar. Pada orang Indian Peru mereka tidak menggunakan alat yang sama dengan orang Eskimo, sehingga tanda *osteoarthritis* pada sendi siku mereka lebih sedikit ditemukan daripada orang Eskimo (Lerwick 2009). Pernyataan yang memperkuat bahwa *stress markers* dapat menggambarkan aktivitas pekerjaan individu adalah Larsen (2002) yang menyatakan bahwa gaya hidup dan aktivitas yang dikerjakan oleh suatu individu dapat dilihat dari tulangnya. Aktivitas yang dimaksud tersebut dapat terlihat dengan munculnya tanda degeneratif pada tulang akibat kerja yang berat (*osteoarthritis*) (Larsen 2002:119-166). Terdapat 62,5% subjek penelitian yang mengalami *osteoarthritis* pada *calcaneus* yang diakibatkan karena adanya kebiasaan dalam membawa, mengangkat, dan menahan pada tumit para pekerja penambang belerang Gunung Welirang.

Larsen (2002) menyatakan bahwa *robustisitas* adalah penebalan tulang pada suatu individu yang terjadi karena adanya *stress* yang diterima terlalu berat. Otot yang bekerja untuk membantu tulang bergerak dan mendapatkan tekanan dari luar, akan mengakibatkan otot tersebut mengalami penebalan pada jaringan ototnya guna memperkuat tulang (Larsen 2002:119-166). Hal ini sejalan dengan (tabel analisis 4) yang menunjukkan bahwa terjadi *robustisitas* pada *Margo Plantaris* dan *Margo Posterior calcaneus* para penambang akibat dari adanya *stress* yang merupakan perlawanan terhadap tekanan yang diberikan dari luar akibat mengangkat dan menarik belerang dengan jumlah yang besar.

Munculnya osteopit dan *robustisitas* pada tulang *calcaneus* penambang belerang sesuai dengan pernyataan Wolff (1892 dalam Kennedy 1989) yang menyatakan bahwa tulang yang terkena *stress* akan menerima respon berupa meningkatkan atau mengurangi massa dari tulang itu sendiri, sehingga dapat melawan tekanan yang diperoleh dari luar, selain itu tulang juga merespon adanya penempatan atau pemindahan letak, akibat dari penggunaan otot secara berlebihan (Iscan & Kennedy 1989).

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis foto rontgen pada tulang *calcaneus* penambang belerang Gunung Welirang ditemukan adanya variasi *stress markers* berupa osteopit dan *robustisitas*. Variasi *stress markers* lainnya seperti fracture, discrete markers maupun lesi tidak ditemukan dalam *calcaneus* penambang belerang di Gunung Welirang ini. Dari 100% subjek penelitian terdapat 87,5% subjek yang mengalami *stress markers* berupa osteopit dengan usia, lama kerja, beban kerja dan intensitas bekerja yang berbeda-beda. *Robustisitas* atau penebalan tulang terjadi pada 100% subjek penelitian di kedua *calcaneus* mereka.

Usia pekerja penambang belerang turut ikut andil dalam menimbulkan munculnya osteopit maupun *robustisitas* pada tulang *calcaneus* mereka. Semakin tua umur subjek penelitian, maka semakin berpeluang dalam memunculkan osteopit dan *robustisitas* pada tulang mereka. Sedangkan pada satu subjek penelitian yang tidak mengalami *stress markers* berupa osteopit pada *calcaneusnya* disebabkan karena asupan nutrisi yang dikonsumsi, atau gaya hidup yang dijalani oleh 12,5% subjek penelitian tersebut. Selain itu dampak yang diakibatkan dari masa kerja juga memperbesar munculnya osteopit maupun *robustisitas*, semakin lama masa kerja yang dijalani oleh para penambang, maka semakin besar muncul *stress markers* pada tulang *calcaneus* mereka, sedangkan untuk beban kerja yang semakin berat tidak begitu berdampak terhadap munculnya *stress markers* pada subjek penelitian, namun pada beban kerja rata-rata yang diangkat penambang memiliki dampak terhadap munculnya osteopit maupun penebalan tulang pada *calcaneus* mereka.

Daftar Pustaka

- Byers S (2008) Introduction to Forensic Anthropology (3 rd). Boston: Pearson Education.
- Ferber R (2002) Medicine and Science in Sports and Exercise. New Jersey: Prentice Hall.
- Indriati E (2004) Antropologi Forensik: (Identifikasi Rangka Manusia, Aplikasi Antropologi Biologis dalam Konteks Hukum). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Iscan M & Kennedy KAR (1989) Reconstruction of Life from The Skeleton (M.I. Iscan). New York: Alan R.Liss, Inc.
- Larsen CS (2002) The Lives and Lifestyles of Past People. Journal of Archeological Research, 10 (2): 119–166.
- Lerwick C (2009) Life In Bone a Look at Skeletal Markers for Activity. Academia.Edu. Retrieved from www.academia.edu/628553/Life_in_Bone_A_Look_at_Skeletal_Markers_for_Activity.
- Maharani S (2014) Pengaruh Aktivitas Pengayuh Becak dan Lamanya Bekerja Terhadap Munculnya Stress Markers Pada Calcaneus. Airlangga University.
- Nidya F, Suharsono, Zarkasyi A, & Sugianto A (2013) Analisis Karakteristik Panas Bumi Daerah Outflow Gunung Arjuno-Welirang Berdasarkan Data Geologi, Geokimia, dan Geofisika. Geoaplikasi, 2 (3).
- Nurmala O (2015) Identifikasi Stress Markers Pada Calcaneus Penambang Belerang Di Kawah Ijen Berdasarkan Beban dan Intensitas Kerja. Airlangga University.
- Pearce EC (2009) Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis (3rd ed.). Jakarta: PT.

Gramedia Pustaka Utama.

Sandstring S (2008) Ankle and Foot. In Grey's Anatomy (40th ed.). London: Churchill Livingstone.

Santos A, Cardoso F, Assis S, & Vilotte S (2009a) The Coimbra Workshop in Musculoskeletal Stress Markers (MSM) an Annotated Review. South America: Paleopathology Association Meeting.

Santos A, Cardoso FA, Assis S, & Vilotte S (2009b) The Coimbra Workshop in Musculoskeletal Stress Markers (MSM): an Annotated Review. In *Presentation*. South America: Paleopathology Association Meeting.

Snell RS (2012) Anatomi Klinis Berdasarkan Sistem. (L. Sugarto, Ed.). Jakarta: EGC.

Vigue J (2015) Atlas of Human Anatomy (1st ed.). Barcelona: Chambarlen International.