

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berjalan dengan tas ransel yang berat dapat menyebabkan pergerakan sendi dan konsumsi energi yang cukup tinggi. Penelitian oleh Faghy dkk. [1] menganalisis bahwa konsumsi oksigen seorang individu mengalami kenaikan signifikan saat membawa massa beban tambahan. Kenaikan konsumsi oksigen ini merujuk pada peningkatan kerja otot dan permintaan energi yang lebih tinggi ditandai dengan meningkatnya laju metabolisme bersih yang hampir linier seiring bertambahnya beban [2], yang berujung pada kelelahan yang lebih cepat. Studi oleh Wang dkk. [3] menunjukkan bahwa massa beban tidak hanya berpengaruh pada sistem kardiovaskular tetapi juga berpengaruh pada biomekanika berjalan. Perubahan Biomekanika berjalan saat membawa barang dengan massa berlebih dapat meningkatkan banyak risiko medis seperti cedera lutut dan cedera punggung bagian bawah atau *lower back pain* (LBP) [4][5]. Risiko ini biasanya dipicu dari ketidakseimbangan tubuh dalam mentoleransi berat beban yang dibawa saat mempertahankan stabilitas tubuh. Ketika individu berjalan dengan tas ransel, otot-otot tubuh seperti otot tungkai atas, bekerja lebih keras untuk mempertahankan keseimbangan dan stabilitas. [4]

Distributing beban yang dibawa memiliki peran penting terhadap tubuh, terutama pada faktor keseimbangan. Saat mempertahankan keseimbangan dan stabilitas, pola gerakan dan teknik berjalan akan berubah menyesuaikan dengan beban yang dibawa [4]. Posisi tubuh individu juga berubah seiring pertambahan massa yang diangkut [5]. Perubahan pola berjalan dan posisi tubuh ini bukan hanya karena zmassa beban saja tetapi juga berpengaruh dari peletakan beban pada tas ransel. Pengemasan barang yang tidak seimbang juga jenis tas yang digunakan akan sangat berpengaruh pada titik keseimbangan tubuh [6]. Ketidakseimbangan peletakan beban yang dibawa pada tas ransel dapat menyebabkan seorang mengalami kelelahan lebih cepat terutama pada pendaki

saat melakukan aktivitas pendakian di lereng gunung dengan kemiringan tertentu.

Pada aktivitas pendakian, trek yang dilalui seringkali memiliki kemiringan yang berubah-ubah, dari medan landai hingga medan dengan kemiringan sangat curam. Perubahan sudut trek ini menuntut kinerja otot menjadi lebih besar, khususnya otot bagian bawah tubuh seperti paha dan betis. Ketika sudut trek bertambah tajam, beban yang harus ditanggung oleh otot-otot ekstensor pinggul, lutut, dan pergelangan kaki meningkat secara signifikan. Selain itu, hampir dapat dipastikan setiap pendaki akan membawa bekal dengan menggunakan ransel gunung (*carrier*). Bekal bawaan pendaki ini tentu akan memperberat kinerja otot jika distribusi beban dalam ransel tidak merata. Pengemasan yang tidak optimal, seperti meletakkan barang dengan massa yang besar di posisi yang tidak sesuai, dapat menyebabkan pendaki kehilangan keseimbangan dan mempercepat kelelahan otot hingga menyebabkan cedera.

Pada penelitian terdahulu telah dieksplorasi efek massa barang bawaan terhadap tingkat kelelahan otot pada tubuh di berbagai titik pengukuran melalui banyak metode, jenis tas ransel dan variasi beban yang berbeda [4][7]. Pada penelitian sebelumnya pula banyak metode beragam yang telah dilakukan dalam mengevaluasi faktor ini seperti *motion analysis*, *force myography* (FMG) dan *motion capture technology* [3][7][8]. Namun, hingga saat ini, belum ada penelitian yang mendalami pengaruh pengemasan dan peletakan barang terhadap kelelahan otot tubuh. Di lain sisi *cross-validation* dengan variabel fisiologis dalam memvalidasi hasil analisis, seperti mengukur akumulasi kadar asam laktat dalam darah belum pernah ditemukan kendati peningkatan asam laktat berhubungan erat dengan kelelahan otot. Pada studi lainnya, eksperimen dilaksanakan hanya dengan skenario sudut tetap (*statis*) sedangkan penelitian dengan cara mengubah sudut secara berkala (*dinamis*) belum pernah diketahui hasilnya

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memahami secara mendalam pengaruh peletakan berat beban atau pengemasan barang yang paling efektif terhadap otot-otot bagian bawah tubuh pendaki dengan menguji 2 (dua) jenis peletakan serta mengetahui pengaruh sudut trek saat berjalan pada kemiringan yang berubah-ubah secara acak sebagai representasi kegiatan pendakian pada lereng

gunung. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi posisi pengemasan barang pada *carrier* yang dapat meminimalkan kelelahan otot, meningkatkan efisiensi energi, serta menjaga kenyamanan dan keseimbangan selama pendakian dengan menilai respons otot melalui pengukuran aktivitas otot menggunakan *surface electromyography* (sEMG) pada otot *lateral hamstrings* (HA) yang divalidasi dengan pengukuran tingkat asam laktat dalam darah sebagai indikator kelelahan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi mengenai posisi beban yang optimal pada *carrier* yang ditinjau secara biomekanis dan fisiologis juga efek distribusi barang pada sudut kemiringan trek yang berubah-ubah terhadap tubuh.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini diringkas secara singkat dalam beberapa pertanyaan berikut:

1. Bagaimana pengaruh posisi peletakan beban dengan massa yang besar diletakkan sejajar dengan punggung dan beban yang diletakkan pada bagian bawah (dasar) *carrier* terhadap aktivitas otot *lateral hamstrings* (HA) selama pendakian yang diamati melalui sEMG? Peletakan beban mana yang paling efisien?
2. Apakah sudut trek pendakian yang berubah-ubah secara acak memiliki pengaruh signifikan terhadap kelelahan otot?
3. Apakah aktivitas otot yang diukur dengan sEMG, berkorelasi dengan tingkat laktat dalam darah sebagai indikator fisiologis kelelahan otot selama aktivitas mendaki?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disusun, tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis dua skenario pengaruh peletakan beban yaitu beban yang diletakkan sejajar dengan punggung dan peletakan beban di bagian bawah (dasar) *carrier* pada aktivitas pendakian terhadap kelelahan pada otot *lateral hamstrings* (HA) menggunakan sEMG lalu divalidasi dengan pengukuran tingkat asam laktat di dalam darah.
2. Menganalisis pengaruh perubahan sudut secara dinamis pada trek pendakian terhadap tingkat kelelahan otot.
3. Memahami korelasi antara pengukuran tingkat asam laktat dan sEMG sebagai metode pengukur indikator kelelahan otot tubuh.

1.3.2 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan informasi baru mengenai pengemasan barang paling efisien terhadap tubuh dan pengaruh perubahan sudut secara dinamis pada trek pendakian.
2. Memberikan rekomendasi bagi pendaki terhadap pengemasan barang yang optimal untuk diimplementasikan pada kegiatan pendakian guna menghindari percepatan kelelahan otot.
3. Memperkuat literatur ilmiah mengenai korelasi antara pengukuran tingkat asam laktat dalam darah dengan pengukuran sEMG terhadap kelelahan otot.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini dijabarkan dalam poin-poin sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada pengujian distribusi beban dengan massa besar yang ditempatkan di dua posisi pada *carrier*, yaitu peletakan beban yang sejajar dengan punggung dan peletakan beban pada bagian bawah (dasar) dengan berat maksimal 15% dari berat tubuh subjek.
2. Peletakan dua skenario beban akan dilakukan dengan menggunakan ransel gunung *full carrier* dengan kapasitas 65 Liter.
3. Pada penelitian ini sudut kemiringan trek pengujian akan dikendalikan dan disimulasikan menggunakan *treadmill*, sehingga variasi sudut kemiringan dibatasi oleh spesifikasi teknis *treadmill* dengan pengaturan maksimum *incline* pada 18°.
4. Titik pengukuran otot penelitian ini terfokus pada otot *lateral hamstrings* (HA).
5. Penelitian ini membatasi pengukuran aktivitas otot dengan *surface electromyography* (sEMG).

1.5 Metode Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa metode yang digunakan dengan tujuan mengumpulkan dan menganalisis informasi yang relevan guna mendukung analisis data. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Studi Teoritis/Literatur
Studi literatur dilakukan untuk memahami konsep dasar penelitian yang akan dilakukan dengan merujuk pada penelitian yang berkaitan dengan analisis

biomekanika dan fisiologi otot selama aktivitas fisik dengan beban, untuk memperkuat dasar teori dari penelitian ini.

2. Desain Eksperimen

Eksperimen pada penelitian ini akan dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dengan desain longitudinal. Bertujuan untuk membandingkan pengaruh distribusi beban, yakni beban yang ditempatkan sejajar dengan bagian punggung dan bagian bawah (dasar) *carrier*, terhadap tingkat kelelahan otot subjek saat melakukan aktivitas pendakian. Pengukuran kelelahan otot dilakukan menggunakan sinyal sEMG pada otot *lateral hamstrings* (HA) diikuti dengan pengukuran akumulasi asam laktat pada subjek.

3. Uji Subjek (*Subject Trials*)

Subjek penelitian akan diminta untuk membawa beban sesuai dengan skenario yang telah dibuat lalu subjek akan diarahkan untuk berjalan di atas *treadmill* sambil membawa beban dengan sudut tetap dan berubah secara berkala untuk mengetahui pengaruh perubahan antara sudut dinamis dan statis. Saat uji coba, sinyal otot akan diambil menggunakan sEMG untuk mengukur aktivitas otot dan pada waktu tertentu yaitu sebelum, saat, setelah percobaan akan dilakukan pengambilan sampel darah guna mengetahui kadar asam laktat untuk menilai tingkat kelelahan otot sebagai validasi data sEMG.

4. Analisis dan Evaluasi Data

Data yang diperoleh dari sinyal sEMG dan tingkat asam laktat pada darah akan dianalisis menggunakan metode *Two-Way* ANOVA diikuti dengan uji *Post-hoc* untuk mengidentifikasi perubahan signifikan serta uji korelasi antara nilai sEMG dan asam laktat. Hasil dari 3 (tiga) analisis ini akan dievaluasi untuk memberikan jawaban tujuan penelitian.

1.6 Jadwal Pelaksanaan

Adapun jadwal dan *milestone* yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini dijabarkan pada tabel 1.1 dibawah ini.

Tabel 1. 1 Jadwal pelaksanaan dan *milestone* penelitian.

No	Deskripsi Tahapan	Durasi	Tanggal Selesai	<i>Milestone</i>
1	Studi Literatur	2 Minggu	30 November 2024	Mengetahui <i>research gap</i> pada penelitian terdahulu
2	Desain Penelitian	2 Minggu	08 Desember 2024	Penetapan subjek dan metode penelitian
3	Pengambilan Data	2 Minggu	1 Februari 2025	Pengambilan data dari subjek
4	Pengolahan Data	6 Minggu	15 Maret 2025	Diketahui pengaruh serta dampak penelitian terhadap tujuan penelitian
5	Penyusunan Laporan/buku TA	6 Minggu	26 April 2025	Buku TA selesai