

SKRIPSI

**ANALISIS POSTUR, BEBAN, SERTA KELELAHAN KERJA
FISIK PEKERJA PENGEPUL TEBU DI PABRIK GULA BONE
ARASOE**

Disusun dan diajukan oleh

**ALVIRA SYAM
D071181020**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

**ANALISIS POSTUR, BEBAN, SERTA KELELAHAN KERJA
FISIK PEKERJA PENGEPUL TEBU DI PABRIK GULA BONE
ARASOE**

Disusun dan diajukan oleh

**ALVIRA SYAM
D071181020**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS POSTUR, BEBAN, SERTA KELELAHAN KERJA FISIK
PEKERJA PENGEPUL TEBU DI PABRIK GULA BONE ARASOE**

Disusun dan diajukan oleh

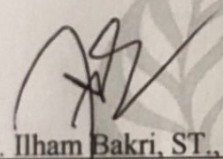
**ALVIRA SYAM
D071181020**


Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 25 Januari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST., M.Sc., IPM.
NIP. 19750929 199903 1 002


Ir. Megasari Kurnia, ST., MT.
NIP. 19950729 202201 6 001

Ketua Program Studi, Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin




Ir. Kifayah Amar, S.T., M.Sc., Ph.D, IPU
NIP. 19740621 200604 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alvira Syam
NIM : D071181020
Program Studi : Teknik Industri
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Postur, Beban, serta Kelelahan Kerja Fisik Pekerja Pengepul Tebu di Pabrik Gula Bone Arasoe

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua Informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 3 Januari 2023

Yang Menyatakan Tanda Tangan,



Alvira Syam

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya hanturkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Analisis Postur, Beban, serta Kelelahan Kerja Fisik Pekerja Pengepul Tebu di Pabrik Gula Bone Arasoe”. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, Nabi yang menggulung tikar-tikar kekufuran dan membentangkan permadani-permadani kebenaran.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa dama penyusunan tugas akhir ini tidak akan berhasil dengan baik tanpa adanya bimbingan, sumbangan pemikiran dan motivasi dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya. Ayahanda Syamsu Alam dan Ibunda Hasnawati yang telah mendidik saya, merawat sedari kecil dan mengajarkan saya bagaimana menjadi manusia yang baik dengan kesabaran yang luar biasa.
2. Ibu Ir. Kifayah Amar, ST., M.Sc., Ph.D., IPU selaku Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr.Eng.Ir.Ilham Bakri, ST.,M.Sc.,IPM selaku pembimbing I dan Ibu Ir. Megasari Kurnia,ST.,MT selaku pembimbing II dalam menyusun tugas akhir ini, terima kasih banyak atas bimbingan dan bantuannya selama proses penyusunan skripsi ini dimulai dari awal hingga selesai.
4. Ibu Ir. Retnari Dian Mudiastuti, ST., M.Si., IPM dan Ibu Ir. Nadzirah Ikasari S, ST., MT., IPM selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam perbaikan tugas akhir saya.
5. Bapak dan ibu dosen serta staf Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Teman-teman FEAZ18LE yang telah banyak membantu saya pada saat kuliah dan tetap bersama saya ketika terdapat masalah yang tidak bisa saya selesaikan sendiri.

7. Teman-teman Calon Sarjana yaitu Ifah, Mine, Anca, Fahmi, Mustafa, Mamad, Riski, Aswar, dan Iqram yang telah kebersamai dan selalu memberikan candaan dimasa-masa sulit.
8. Teman-teman saya yang paling saya cintai dari taman kanak-kanak hingga sekarang dan akan terus bersama yaitu Veby, Zahwa, Fitri, dan Wiwi yang senantiasa memberikan dukungan lebih dalam hidup saya, senantiasa memberikan bantuan dalam setiap masalah yang saya temui, dan senantiasa mendengarkan keluh kesah dan curhatan random saya dan selalu memberikan motivasi untuk tidak pernah menyerah dan selalu bertanggungjawab dalam kondisi apapun. Terkhusus Zahwa yang selalu mau kurepotkan dan paling gercep meski terkadang menjengkelkan.
9. Adik kelas saya yang bahkan sudah saya anggap sebagai saudara, Nur Khasanah Amalia. Terima kasih telah menjadi *best partner* dalam hidup saya yang menemani saya dari proses pengambilan data hingga saat ini.
10. Teman-teman beserta semua pihak yang tidak bisa saya tuliskan satu per satu yang telah mendukung dan membantu serta menyemangati dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dengan segala kerendahan hati, saya menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saya mengharap kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan tugas akhir ini. Saya berharap semoga karya yang sederhana ini dapat bermanfaat dengan baik untuk saya pribadi dan para pembaca.

Gowa, 25 Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Postur Kerja.....	6
2.2 Gangguan Otot Rangka Akibat Kerja (GOTRAK).....	7
2.3 Beban Kerja.....	1
2.4 Kelelahan Kerja.....	5
2.5 Uji Statistik Data.....	17
2.6 Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	23

3.2	Subjek Penelitian	20
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	20
3.4	Prosedur Pengambilan Data.....	21
3.5	Prosedur Penelitian	22
3.6	Alur Penelitian	29
3.7	Kerangka Pikir	30
BAB IV PENGOLAHAN DATA.....		31
4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	31
4.2	Tahapan Pengumpulan Tebu.....	32
4.3	Data Karakteristik Subjek Penelitian.....	33
4.4	Hasil Pengukuran Tingkat Risiko Keluhan Gotrak.....	34
4.5	Hasil Pengukuran Beban Kerja Fisik.....	38
4.6	Hasil Pengukuran Kelelahan Kerja.....	41
4.7	Uji Statistik	44
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		59
5.1	Berdasarkan Karakteristik Responden.....	59
5.2	Pengukuran Postur Kerja	59
5.3	Pengukuran Beban Kerja Fisik	61
5.4	Pengukuran Kelelahan Kerja	61
5.5	Hubungan antara Beban Kerja Fisik dengan Kelelahan Kerja Fisik	63
BAB VI PENUTUP		65
6.1	Kesimpulan	65
6.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat Risiko Keluhan Gotrak	1
Tabel 2.2 Klasifikasi Beban Kerja Berdasarkan %CVL.....	4
Tabel 2.3 Kriteria Kelelahan	15
Tabel 2. 4 Tabel Penelitian Terdahulu	19
Tabel 4.1 Distribusi Frekuensi Subjek Penelitian berdasarkan Jenis Kelamin	33
Tabel 4.2 Distribusi Frekuensi Subjek Penelitian berdasarkan Usia	34
Tabel 4.3 Distribusi Frekuensi Subjek Penelitian berdasarkan Masa Kerja	34
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Tingkat Risiko Keluhan Gotrak Responden.....	37
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan %CVL.....	40
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Kadar Asam Laktat Sebelum dan Setelah Bekerja..	42
Tabel 4.7 Hubungan Jenis Kelamin dengan Tingkat Risiko.....	45
Tabel 4.8 Hubungan Usia dengan Tingkat Risiko	46
Tabel 4.9 Hubungann Masa Kerja dengan Tingkat Risiko	47
Tabel 4.10 Hubungan Jenis Kelamin dengan Beban Kerja Fisik.....	48
Tabel 4.11 Hubungan Usia dengan Beban Kerja Fisik	50
Tabel 4.12 Hubungan Masa Kerja dengan Beban Kerja Fisik.....	51
Tabel 4.13 Hasil Uji Normalitas Sebelum dan Setelah Bekerja	52
Tabel 4.14 Deskripsi Pengukuran Tingkat Kadar Asam Laktat Sebelum dan Setelah Bekerja	53
Tabel 4.15 Hasil Uji Wilcoxon Sebelum dan Setelah Bekerja	53
Tabel 4.16 Hubungan Jenis Kelamin dengan Kelelahan Kerja Fisik.....	54
Tabel 4.17 Hubungan Usia dengan Kelelahan Kerja Fisik	55
Tabel 4.18 Hubungan Masa Kerja dengan Kelelahan Kerja Fisik.....	56
Tabel 4.19 Hubungan antara Beban Kerja Fisik dengan Kelelahan Kerja	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kuesioner Gotrak	8
Gambar 3.1 Peta Pabrik Gula Bone Arasoe	20
Gambar 3.2 <i>Polar Strap</i>	21
Gambar 3.3 <i>Lactate Device</i>	21
Gambar 3.4 Alur Penelitian.....	29
Gambar 3.5 Kerangka Pikir Penelitian.....	30
Gambar 4.1 Peta Distribusi Tanaman Tebu	31
Gambar 4.2 Penebangan Tebu Gambar 4. 3 Pengumpulan Tebu	32
Gambar 4.4 Pengangkutan Tebu ke Tepi Lahan	33
Gambar 4.5 Distribusi bagian Tubuh yang Mengalami Keluhan Gotrak	35
Gambar 4.6 Distribusi bagian Tubuh yang Mengalami Keluhan Gotrak berdasarkan <i>Skala Likert</i>	36
Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Tingkat Risiko Keluhan Gotrak Responden	38
Gambar 4.8 Grafik <i>Heart Rate</i> dan Standar Deviasi Laki-laki dan	39
Gambar 4.9 Hasil Pengukuran %CVL.....	41
Gambar 4.10 Hasil Pengukuran Tingkat Kelelahan.....	43
Gambar 4.11 Hasil Pengukuran Hubungan Jenis Kelamin dengan Tingkat Risiko	45
Gambar 4.12 Hasil Pengukuran Hubungan Usia dengan Tingkat Risiko.....	47
Gambar 4.13 Hasil Pengukuran Hubungan Masa Kerja dengan Tingkat Risiko..	48
Gambar 4.14 Hasil Pengukuran Hubungan Jenis Kelamin dengan Beban Kerja Fisik	49
Gambar 4.15 Hasil Pengukuran Hubungan Usia dengan Beban Kerja Fisik.....	50
Gambar 4.16 Hasil Pengukuran Hubungan Masa Kerja dengan Beban Kerja Fisik	52
Gambar 4.17 Hasil Pengukuran Hubungan Jenis Kelamin dengan Kelelahan Kerja Fisik.....	55
Gambar 4.18 Hasil Pengukuran Hubungan Usia dengan Kelelahan Kerja Fisik..	56
Gambar 4.19 Hasil Pengukuran Hubungan Usia dengan Kelelahan Kerja Fisik .	57

ABSTRAK

ALVIRA SYAM. *Analisis Postur, Beban, serta Kelelahan Kerja Fisik Pekerja Pengepul Tebu di Pabrik Gula Bone Arasoe* (dibimbing oleh Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST., M.Sc., IPM dan Ir. Megasari Kurnia, ST., MT)

Kegiatan penebangan dan pengangkutan tebu ke tepi lahan masih dilakukan secara manual oleh pekerja pengepul tebu di Pabrik Gula Bone Arasoe. Seringkali para pekerja tidak memerhatikan postur kerja pada saat melakukan pengepulan tebu. Kesalahan pada postur kerja dapat menyebabkan rasa sakit di beberapa bagian tubuh, serta beban kerja juga akan terasa lebih berat dan pada akhirnya pekerja akan lebih cepat mengalami kelelahan. Penelitian ini bertujuan untuk membahas tingkat risiko keluhan gangguan otot rangka akibat kerja, beban kerja, dan kelelahan kerja fisik pekerja pengepul tebu. Sampel dalam penelitian ini sebanyak 34 pekerja. Metode pengambilan data dilakukan dengan penyebaran kuesioner keluhan gangguan otot rangka akibat kerja (Gotrak) untuk mengetahui tingkat risiko keluhan gotrak pekerja, pengukuran denyut jantung menggunakan *polar strap* untuk mengetahui klasifikasi beban kerja pekerja, dan pengukuran kadar asam laktat darah sebelum dan setelah bekerja menggunakan *lactate device* untuk mengetahui tingkat kelelahan pekerja.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1) Berdasarkan hasil perhitungan tingkat risiko, dimana terdapat 44,12% pekerja dengan tingkat risiko rendah, sebanyak 41,18% pekerja dengan tingkat risiko sedang, dan 14,71% pekerja dengan tingkat risiko tinggi. Berdasarkan uji statistik terdapat hubungan yang signifikan antara usia dan tingkat risiko pekerja pengepul tebu. 2) Berdasarkan hasil perhitungan *cardiovascular strain* (CVL) diperoleh %CVL yaitu sebanyak 35,29% pekerja tidak mengalami kelelahan, 41,18% pekerja diperlukan perbaikan dalam proses kejanya, dan 23,53% pekerja hanya dapat bekerja dalam waktu singkat. 3) Berdasarkan hasil pengukuran tingkat kelelahan kerja fisik berdasarkan rata-rata kadar asam laktat dalam darah yakni sebanyak 88,24% pekerja mengalami kenaikan kadar asam laktat setelah bekerja yang dimana kenaikan kadar asam laktat melebihi ambang batas normal (lebih besar dari 2 mmol/l) mengindikasikan terjadinya kelelahan.

Kata Kunci: Tingkat Risiko Keluhan Gangguan Otot Akibat Kerja, Beban Kerja Fisik, %CVL, Kelelahan Kerja Fisik, Pekerja Pengepul Tebu

ABSTRACT

ALVIRA SYAM. *Analisis Postur, Beban, serta Kelelahan Kerja Fisik Pekerja Pengepul Tebu di Pabrik Gula Bone Arasoe (dibimbing oleh Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST., M.Sc., IPM dan Ir. Megasari Kurnia, ST., MT)*

The activities of felling and transporting sugarcane to the edge of the land are still carried out manually by sugarcane collectors at the Bone Arasoe Sugar Factory. Often workers do not pay attention to work posture when collecting sugarcane. Errors in work posture can cause pain in several parts of the body, and the workload will also feel heavier due to incorrect work postures and in the end workers will experience fatigue more quickly. This study aims to discuss the level of risk of complaints of skeletal muscle disorders due to work, workload, and physical work fatigue of sugar cane collectors. The sample in this study were 34 workers. The data collection method was carried out by distributing a questionnaire on complaints of work-related skeletal muscle disorders (Gotrak) to determine the level of risk of workers' labor complaints, measuring heart rate using a polar strap to determine the classification of workers' workload, and measuring blood lactic acid levels before and after work using a lactate device. to determine the level of fatigue of workers.

The results showed that: 1) Based on the results of the calculation of the risk level, there were 44.12% workers with a low risk level, 41.18% workers with a medium risk level, and 14.71% workers with a high risk level. Based on statistical tests, there is a significant relationship between age and the risk level of sugarcane collectors. 2) Based on the results of the cardiovascular strain (CVL) calculation, it was found that %CVL was as many as 35.29% of workers did not experience fatigue, 41.18% of workers needed improvement in their work processes, and 23.53% of workers could only work for a short time. 3) Based on the results of measuring the level of physical work fatigue based on the average level of lactic acid in the blood, namely as many as 88.24% of workers experienced an increase in lactic acid levels after work, where the increase in lactic acid levels exceeded the normal threshold (greater than 2 mmol/l) indicates exhaustion.

Keywords: *Risk Level of Occupational Muscle Disorder Complaints, Physical Workload, %CVL, Physical Work Fatigue, Sugarcane Collector Workers*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktivitas pekerjaan yang dilakukan sehari-hari manusia memiliki keterbatasan khususnya segi fisik, sehingga dapat menimbulkan kelelahan. Kelelahan kerja merupakan salah satu dari gangguan kesehatan yang dialami oleh pekerja akibat dari pekerjaan yang dilakukan. Kelelahan karena aktivitas kerja berulang dapat memunculkan risiko cedera tubuh. Energi yang tidak sesuai dengan yang dilakukan akan mempercepat seseorang merasa lelah. Dampak yang ditimbulkan oleh kelelahan telah dikemukakan oleh *International Labour Organization* (ILO) yang menyebutkan bahwa setiap tahun, 2 juta pekerja meninggal dunia karena kecelakaan kerja yang disebabkan faktor kelelahan. Tahun 2002-2004, dimana dari 134 kecelakaan fatal 11% disebabkan oleh faktor kelelahan di New Zealand. Sedangkan, pada tahun 2004 tercatat 414 kecelakaan kerja di Indonesia, sebanyak 27,8% disebabkan oleh faktor kelelahan dan 9,5% mengalami kecacatan. Beban kerja yang tinggi dan sikap kerja yang tidak ergonomis dapat mempercepat kelelahan pada pekerja. Kelelahan dapat terjadi karena interaksi antara pekerja dengan pekerjaan. Kelelahan kerja jika dihubungkan dengan prinsip ergonomi mencakup kesesuaian antara kondisi kerja dan kondisi pekerja itu sendiri. Apabila pekerjaan yang dilakukan melebihi batas kemampuan yang dimiliki, maka tingkat kelelahan pekerja akan meningkat. Faktor-faktor pencetus kelelahan kerja berasal dari individu pekerja dan pekerjaan. Beberapa masalah yang ditemukan yaitu sebagian besar cara kerja tidak dilakukan dengan ergonomis seperti posisi kerja jongkok, teknik pengangkatan beban yang keliru dan sifat pekerjaan yang cepat karena pekerja dituntut untuk mengejar target sehingga pekerja berisiko mengalami kecelakaan kerja (Hermawan, et al., 2017).

Salah satu aktivitas fisik yang terjadi dalam proses produksi gula yaitu penebangan dan pengangkutan tebu. Penebangan dan pengangkutan tebu setelah dipanen merupakan hal penting dalam proses produksi gula. Namun

pada beberapa pabrik, pengangkutan tebu dari lahan ke tepi lahan masih dikerjakan secara manual dengan mempekerjakan buruh angkut atau pengepul tebu. Pekerja pengepul tebu ini dihadapkan pada faktor fisik di tempat kerja yang meliputi postur janggal saat mengangkut tebu, mengangkat beban berat, mengerahkan tenaga yang besar, dan melakukan kegiatan yang berulang. Risiko tersebut apabila tidak diperhatikan dapat menyebabkan pekerja mengalami cedera seperti nyeri, mati rasa, bengkak, kekakuan, dan lain-lain yang secara langsung dapat mempengaruhi produktivitas.

Penelitian ini dilakukan pada pekerja pengepul tebu di Pabrik Gula Bone Arasoe, Desa Balieng, Kecamatan Sibulue, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Dengan melihat observasi secara langsung, para pengepul tebu disana masih dikerjakan secara manual untuk proses penebangan hingga pengangkutan tebu dari lahan ke tepi lahan tempat tebu dikumpulkan. Maka dari itu, peneliti melakukan penelitian untuk melihat tingkat risiko pada postur kerja, beban kerja serta kelelahan kerja yang dialami oleh pengepul tebu di Pabrik Gula Bone Arasoe, Desa Balieng, Kecamatan Sibulue, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan.

Salah satu cara untuk mengevaluasi faktor fisik di stasiun pengepulan tebu agar dapat dicapai kenyamanan dalam bekerja adalah dengan mengidentifikasi dan menganalisis postur kerja secara keseluruhan, menganalisis beban kerja serta kelelahan dalam bekerja. Pada penelitian ini metode yang dapat digunakan untuk menganalisis tingkat risiko yaitu dengan melakukan pengisian kuesioner keluhan gangguan otot rangka akibat kerja (Gotrak). Gangguan otot rangka akibat kerja (Gotrak) adalah semua gangguan kesehatan dan cedera yang mengenai sistem tubuh (otot, tendon, selaput tendon, ligamen, tulang rangka, sendi, tulang rawan, bursa, *spinal discs*, pembuluh darah, dan saraf) yang disebabkan oleh berbagai faktor risiko pekerjaan ataupun lingkungan kerja (Tresnaningsih, 2016).

Selain dilakukan pengisian kuesioner keluhan gangguan otot rangka akibat kerja (Gotrak), perlu juga dilakukan pengukuran beban kerja fisik. Pengukuran beban kerja dilakukan dengan mengukur *heart rate* pada pekerja. Menurut Paritala (2009), pada kondisi normal, peningkatan denyut jantung

disebabkan oleh peningkatan aktivitas dari sistem saraf simpatik dan adanya penurunan dalam aktivitas sistem saraf parasimpatik. Ketika tingkat aktivitas dari sistem saraf simpatik dan parasimpatik berubah dengan cara yang berlawanan maka denyut jantung menurun (Marizki, et al., 2014).

Setelah dilakukan pengukuran beban kerja fisik, selanjutnya dilakukan analisis tingkat kelelahan pengepul tebu. Dalam menganalisis tingkat kelelahan dalam bekerja, metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan pengukuran kadar asam laktat sebelum dan setelah bekerja. Menurut Setyawati (2010), bahwa kelelahan kerja terjadi akibat penumpukan asam laktat. Pada saat bekerja tubuh membutuhkan energi. Energi tersebut diperoleh dari hasil pemecahan glikogen. Selain energi, asam laktat merupakan salah satu hasil dari pemecahan glikogen. Saat otot berkontraksi, maka akan terjadi penumpukan asam laktat. Asam laktat ini menghambat kerja otot dan menyebabkan rasa lelah (Maharja, 2015).

Seringkali para pekerja tidak memerhatikan postur kerja pada saat melakukan pengepulan tebu. Kesalahan pada postur kerja yang tidak ergonomis dapat menyebabkan rasa sakit di beberapa bagian tubuh, serta beban kerja juga akan terasa lebih berat dikarenakan kesalahan postur kerja dan pada akhirnya pekerja akan lebih cepat mengalami kelelahan karena beban kerja fisik serta kesalahan postur kerja pada pekerja.

Dari persoalan diatas, peneliti merasa perlu melakukan penelitian terkait analisis postur, beban, serta kelelahan kerja fisik pekerja pengepul tebu di Pabrik Gula Bone Arasoe. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan evaluasi bagi pengepul tebu di Pabrik Gula Bone Arasoe Arasoe agar dapat menghasilkan sistem dan lingkungan kerja yang lebih aman, nyaman, produktif, dan menerapkan ilmu ergonomi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagaimana menganalisis tingkat risiko gangguan otot rangka akibat postur kerja saat melakukan aktivitas pengepulan tebu?
- b. Bagaimana beban kerja fisik pada aktivitas pengepulan tebu?

- c. Bagaimana tingkat kelelahan kerja fisik pada aktivitas pengepulan tebu?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah

- a. Menganalisis tingkat risiko gangguan otot rangka yang diakibatkan oleh postur kerja saat melakukan aktivitas pengepulan tebu.
- b. Mengukur beban kerja fisik pekerja pada aktivitas pengepulan tebu.
- c. Mengukur tingkat kelelahan kerja fisik pada aktivitas pengepulan tebu.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagi Masyarakat

Menambah pengetahuan mengenai tingkat risiko gangguan otot rangka akibat postur kerja, serta menambah pengetahuan mengenai akibat yang ditimbulkan beban kerja fisik yang dapat memicu terjadinya kelelahan.

- b. Bagi Pekerja

Diharapkan dengan adanya penelitian ini, pekerja lebih peduli terhadap postur kerja dan kondisi fisik saat bekerja ataupun melakukan aktivitas sehari-hari yang dapat memicu terjadinya kelelahan.

- c. Bagi Mahasiswa

Memahami teori dan penerapan ilmu pengetahuan dan kajian ilmiah akademis dalam pemecahan masalah di lingkungan masyarakat, pemerintah, dan perusahaan khususnya bidang ergonomi, beban kerja, serta kelelahan kerja fisik.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan pada penelitian ini adalah:

- a. Penelitian dilakukan di Pabrik Gula Bone Arasoe, Desa Balieng, Kecamatan Sibulue, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan.
- b. Subjek penelitian yaitu pengepul tebu yang terdiri dari 34 pekerja.

- c. Pengukuran tingkat risiko dilakukan dengan penyebaran kuesioner keluhan gangguan otot rangka akibat kerja (Gotrak) pada pekerja pengepul tebu.
- d. Pengukuran beban kerja fisik dilakukan dengan mengukur *heart rate* pada pekerja pengepul tebu.
- e. Kelelahan kerja fisik dilakukan dengan mengukur kadar asam laktat sebelum dan setelah bekerja pada pekerja pengepul tebu.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Postur Kerja

Postur kerja adalah proses kerja yang sesuai ditentukan oleh anatomi tubuh dan ukuran peralatan yang digunakan pada saat bekerja. Selain itu, postur kerja merupakan titik penentu dalam menganalisa keefektifan dari suatu pekerjaan. Apabila postur kerja yang dilakukan oleh pekerja sudah baik maka dapat dipastikan hasil yang diperoleh oleh pekerja akan baik. Akan tetapi, bila postur kerja pekerja tidak ergonomis maka, pekerja tersebut akan mudah kelelahan. Apabila pekerja mudah mengalami kelelahan maka hasil pekerjaan yang dilakukan pekerja akan mengalami penurunan dan tidak sesuai dengan yang diharapkan (Sulaiman & Sari, 2016).

Sikap kerja alamiah atau postur normal yaitu sikap atau postur dalam proses kerja yang sesuai dengan anatomi tubuh, sehingga tidak terjadi pergeseran atau penekanan pada bagian penting tubuh seperti organ tubuh, saraf, tendon, dan tulang sehingga keadaan menjadi rileks dan tidak menyebabkan keluhan muskuloskeletal dan sistem tubuh yang lain. Sikap dan posisi kerja tidak ergonomis bisa menimbulkan beberapa gangguan kesehatan, diantaranya yaitu kelelahan otot, nyeri, dan gangguan vaskularisasi.

Sikap kerja tidak alamiah atau postur janggal adalah deviasi atau pergeseran dari gerakan tubuh atau anggota gerak yang dilakukan oleh pekerja saat melakukan aktivitas dari postur atau posisi normal secara berulang-ulang dalam waktu yang relatif lama. Postur janggal terbukti memiliki korelasi tinggi terhadap gangguan muskuloskeletal. Hal ini didukung oleh pernyataan Bridger (2003) yang menyatakan bahwa postur janggal merupakan pertimbangan utama dalam penilaian risiko gangguan sistem muskuloskeletal. Postur janggal sering terjadi di industri dan bahkan di kehidupan sehari-hari. Umumnya, setiap ada pergerakan tubuh yang tidak sesuai atau menyimpang dari posisi normal dikategorikan sebagai postur janggal (Safhira & Satrya, 2022).

2.2 Gangguan Otot Rangka Akibat Kerja (GOTRAK)

Menurut Bridger (2018), gangguan otot dan tulang rangka yaitu cedera yang terjadi pada otot, saraf, tendon, ligamen, sendi, kartilago, dan *diskus spinalis*. Akumulasi dari cedera mikro pada bagian tubuh tersebut, lama kelamaan dapat berkembang menjadi cedera. Menurut WHO, etiologi gangguan otot rangka akibat kerja (Gotrak) bersifat multifaktorial diantaranya karakteristik demografi, faktor fisik, beban kerja, hubungan antar rekan kerja, dan riwayat kesehatan pekerja. Postur statis saat bekerja merupakan faktor penyebab utama karena menyebabkan berkurangnya aliran oksigen pada otot sehingga metabolisme asam laktat meningkat dan timbul rasa nyeri. Selain itu, faktor penyebab lainnya adalah postur janggal penggunaan alat yang menghasilkan getaran, pekerjaan presisi yang membutuhkan konsentrasi, dan jam kerja yang panjang (Sari, 2021).

Klasifikasi otot rangka menurut Oliveira dan Browne dalam (Mayasari & Saftarina, 2016) menjadi beberapa stadium yaitu:

a. Menurut Oliveira

- 1) Stadium I : Lelah, tidak nyaman, nyeri terlokalisasi yang memburuk saat bekerja dan membaik saat istirahat.
- 2) Stadium II : Nyeri persisten dan lebih intens, diikuti dengan parestesia dan perasaan terbakar. Memburuk saat bekerja dan aktivitas sehari-hari.
- 3) Stadium III : Nyeri persisten dan berat diikuti penurunan kekuatan otot dan kontrol pergerakan, edema, dan parestesia.
- 4) Stadium IV : Nyeri kuat dan berlangsung secara terus menerus.

b. Menurut Browne

- 1) Stadium I : Nyeri saat bekerja, berhenti saat malam hari tanpa gangguan tidur.
- 2) Stadium II : Nyeri selama bekerja, menetap sampai malam menyebabkan gangguan tidur.
- 3) Stadium III : Nyeri bahkan saat beristirahat dengan gangguan tidur.

2.2.1 Kuesioner Keluhan Gangguan Otot Rangka Akibat Kerja (GOTRAK)

Kuesioner keluhan gangguan otot rangka akibat kerja (Gotrak) merupakan salah satu metode pengukuran subjektif untuk mengukur rasa sakit otot dari para pekerja. Pengisian kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui bagian tubuh dari pekerja yang terasa sakit sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan pada stasiun kerja.

Kuesioner ini juga digunakan untuk mengetahui keluhan gangguan otot dan tulang rangka yang dirasakan pekerja. Keluhan gangguan otot rangka akibat kerja (Gotrak) tersebut akan diketahui dengan menggunakan kuesioner yang berupa beberapa jenis keluhan pada peta tubuh manusia (Mayasari & Saftarina, 2016). Kuesioner Gotrak dapat dilihat pada Gambar 2.1

LEHER Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah	BAHU <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Kiri Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah
SIKU <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Kiri Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah	PUNGGUNG ATAS Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah
LENGAN <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Kiri Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah	PUNGGUNG BAWAH Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah
TANGAN <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Kiri Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah	PINGGUL <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Kiri Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah
PAHA <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Kiri Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah	LUTUT <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Kiri Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah
BETIS <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Kiri Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah	KAKI <input type="checkbox"/> Kanan <input type="checkbox"/> Kiri Seberapa sering? Seberapa parah? <input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Tidak ada masalah <input type="checkbox"/> Terkadang <input type="checkbox"/> Tidak nyaman <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Sakit <input type="checkbox"/> Selalu <input type="checkbox"/> Sakit parah

Gambar 2. 1 Kuesioner Gotrak

(Sumber: Badan Standar Nasional Tahun 2021 SNI 9011:2021)

Setelah diketahui skor masing-masing individu dari kuesioner keluhan gotrak, langkah selanjutnya yakni pengelompokan skala berdasarkan total skor individu. Berikut pedoman yang dapat digunakan untuk menentukan klasifikasi tingkat risiko keluhan gangguan otot rangka akibat kerja (Gotrak) pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Tingkat Risiko Keluhan Gotrak

Frekuensi	Keparahan			
	Tidak ada masalah (1)	Tidak Nyaman (2)	Sakit (3)	Sakit Parah (4)
Tidak Pernah (1)	1	2	3	4
Terkadang (2)	2	4	6	8
Sering (3)	3	6	9	12
Selalu (4)	4	8	12	16

Sumber: Badan Standar Nasional Tahun 2021 SNI 9011:2021

Keterangan:

Hijau (1-4) : Tingkat risiko rendah

Kuning (5-7) : Tingkat risiko sedang

Merah (8-16) : Tingkat risiko tinggi

2.3 Beban Kerja

Beban kerja dapat didefinisikan sebagai suatu perbedaan antara kapasitas atau kemampuan pekerja dengan tuntutan pekerjaan yang harus dihadapi. Mengingat kerja manusia bersifat mental dan fisik, maka masing-masing mempunyai tingkat beban yang berbeda-beda. Tingkat pembebanan yang terlalu tinggi memungkinkan pemakaian energi yang berlebihan dan terjadi *overstrees*, sebaliknya intensitas pembebanan yang terlalu rendah memungkinkan rasa bosan dan kejenuhan atau *understress*. Oleh karena itu, perlu diupayakan tingkat intensitas pembebanan yang optimum yang ada diantara kedua batas yang ekstrim dan tentunya berbeda antara individu yang satu dengan yang lainnya.

Beban kerja merupakan sesuatu yang muncul dari interaksi antara tuntutan tugas-tugas, lingkungan kerja dimana digunakan sebagai tempat kerja, keterampilan, perilaku dan persepsi dari pekerja. Beban kerja terbagi menjadi dua yaitu beban kerja fisik dan beban kerja mental. Beban kerja fisik dapat berupa beratnya pekerjaan seperti mengangkat, memotong, mendorong, dan sebagainya. Adapun beban kerja mental dapat berupa sejauh mana tingkat keahlian dan prestasi kerja yang dimiliki seorang pekerja dibandingkan dengan pekerja lainnya (Tarwaka, 2010).

2.3.1 Klasifikasi Beban Kerja

Beban kerja yang ditetapkan oleh ILO (*International Labour Organization*) tidak boleh mengangkat beban melebihi aturan yang telah ditetapkan yaitu sebagai berikut (Gianti, 2014) :

- a. Laki-laki (16-18 tahun) 20 kg
- b. Laki-laki dewasa 40 kg
- c. Wanita (16-18 tahun) 15 kg
- d. Wanita dewasa 15-20 kg

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Beban Kerja

Menurut Tarwaka dalam (Mutia, 2014), faktor-faktor yang mempengaruhi beban kerja terbagi atas dua, yaitu:

- a. Faktor eksternal, yaitu beban yang berasal dari luar tubuh pekerja yang terbagi menjadi:
 - 1) Tugas (*Task*), tugas bersifat fisik seperti, tata ruang tempat kerja, kondisi ruang kerja, kondisi lingkungan kerja, sikap kerja, ataupun beban kerja yang dijalani. Sedangkan tugas yang bersifat mental meliputi, tanggung jawab, kompleksitas pekerjaan, emosi pekerjaan, dan sebagainya.
 - 2) Organisasi kerja, meliputi lamanya waktu kerja, waktu istirahat, *shift* kerja, sistem kerja, dan sebagainya.
 - 3) Lingkungan kerja ini dapat meliputi, lingkungan kerja fisik, lingkungan kerja kimiawi, lingkungan kerja biologis, dan lingkungan kerja psikologis.
- b. Faktor internal, yaitu faktor yang berasal dari dalam tubuh akibat reaksi beban eksternal yang berpotensi menjadi *stressor*, seperti faktor somatis (jenis kelamin, usia, ukuran tubuh, status gizi, kondisi kesehatan, dan sebagainya), dan faktor psikis (motivasi, persepsi, kepercayaan, keinginan, kepuasan, dan sebagainya).

2.3.3 Pengukuran Beban Kerja

Pengukuran kerja dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai tingkat efektivitas dan efisiensi kerja berdasarkan banyaknya pekerjaan yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu. Pengukuran beban kerja telah digolongkan secara garis besar ada dua kategori pengukuran beban kerja. Dua kategori tersebut yaitu:

- a. Pengukuran subjektif, yakni pengukuran yang dilakukan melalui perubahan reaksi psikologis dan perubahan perilaku. Oleh karena itu, *strain* secara subjektif berkaitan erat dengan harapan, keinginan, kepuasan dan penilaian subjektif lainnya. *Strain* adalah reaksi tubuh terhadap beban yang diperoleh.
- b. Pengukuran fisiologis, yaitu pengukuran yang mengukur tingkat beban kerja dengan mengetahui suatu tugas atau pekerjaan tertentu. Pengukuran yang dilakukan biasanya pada refleks pupil, pergerakan mata, aktivitas otot, dan respon-respon tubuh lainnya.

(Mutia, 2014).

2.3.4 Beban Kerja Fisik

Kerja fisik (*physical work*) adalah kerja yang memerlukan energi fisik otot manusia sebagai sumber tenaganya. Kerja fisik seringkali dikonotasikan sebagai kerja berat ataupun kerja kasar dapat juga dirumuskan sebagai kegiatan yang memerlukan usaha fisik manusia yang kuat selama periode kerja berlangsung.

Kerja fisik dikelompokkan David dan Miller dalam menjadi 3 jenis, yaitu:

- a. Kerja total seluruh tubuh, yang mempergunakan sebagian besar otot biasanya melibatkan dua pertiga atau tiga perempat otot tubuh.
- b. Kerja sebagian otot, yang membutuhkan lebih sedikit *energy expenditure* karena otot yang dipergunakan lebih sedikit.
- c. Kerja otot statis, yaitu otot yang dipergunakan untuk menghasilkan gaya, tetapi tanpa kerja mekanik membutuhkan kontraksi sebagian otot.

Pada analisa beban kerja fisik salah satu alat yang dapat digunakan untuk menghitung denyut nadi adalah *stopwach*. Apabila peralatan tersebut tidak tersedia dapat memakai *stopwatch* dengan metode 10 denyut. Dengan metode tersebut dapat dihitung denyut nadi kerja sebagai berikut:

$$Denyut\ Nadi\ \left(\frac{Denyut}{Nadi}\right) = \frac{10\ denyut}{waktu\ perhitungan} \times 60 \dots\dots\dots (2.1)$$

Lebih lanjut untuk menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum. Beban *cardiovascular* (%CVL) ini dihitung dengan rumus:

$$\%CVL = \frac{100 (Denyut\ nadi\ kerja - Denyut\ nadi\ Istarahat)}{Denyut\ nadi\ maksimum - Denyut\ nadi\ istirahat} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana denyut nadi maksimum adalah (220-usia) untuk laki-laki dan (200-usia) untuk wanita. Dari perhitungan %CVL kemudian akan dibandingkan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan sebagai berikut (Mutia, 2014):

Tabel 2.2 Klasifikasi Beban Kerja Berdasarkan %CVL

%CVL (%)	Interpretasi %CVL
<30	Tidak terjadi kelelahan
30-60	Diperlukan perbaikan
60-80	Kerja dalam waktu singkat
80-100	Diperlukan tindakan segera
>100	Tidak diperbolehkan beraktivitas

Sumber: Mutia, 2014

2.3.5 Heart Rate Variability (HRV)

Pengukuran denyut jantung selama kerja merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain*. Salah satu peralatan yang digunakan untuk menghitung denyut jantung adalah *polar strap* untuk melihat *heart rate variability* (HRV).

Heart rate variability (HRV) adalah waktu yang berlalu diantara dua gelombang R (gelombang dengan amplitude terbesar) yang berurutan. *Heart rate variability* juga dapat didefinisikan sebagai fenomena fisiologi dimana waktu interval antara denyut jantung bervariasi. Pencarian nilai *heart rate variability* ini diturunkan dari sinyal denyut jantung manusia.

Heart rate variability dimediasi oleh sistem saraf otonom, yang mengontrol homeostasis dalam tubuh. Sistem saraf otonom terdiri dari sistem saraf simpatik dan sistem saraf parasimpatik. Pada kondisi normal, peningkatan denyut jantung disebabkan oleh peningkatan aktivitas dari sistem saraf simpatik dan adanya penurunan dalam aktivitas sistem saraf parasimpatik. Ketika tingkat aktivitas dari sistem saraf simpatik dan parasimpatik berubah dengan cara yang berlawanan, maka denyut jantung akan menurun (Paritala, 2009). Dengan demikian, sistem saraf simpatik dan fungsi sistem saraf parasimpatik dalam aktivitasnya bertentangan dengan pengaturan variabilitas denyut jantung karena yang mengontrol denyut jantung adalah sistem saraf otonom. *Heart rate variability* adalah pengukuran secara objektif mengenai respon emosional dari setiap individu. Parameter *heart rate variability* yang paling sering digunakan adalah frekuensi rendah (LF), frekuensi tinggi (HF), dan LF/HF rasio. Analisis *heart rate variability* pada domain frekuensi (interval 5 menit) terbagi dalam komponen sebagai berikut:

- a. *Very Low Frequency* (VLF) = $\leq 0,04$ Hz
- b. *Low Frequency* (LF) = 0,04 – 0,15 Hz
- c. *High Frequency* (HF) = 0,15 – 0,4 Hz

2.4 Kelelahan Kerja

Kelelahan kerja merupakan menurunnya proses efisiensi, performa kerja, dan berkurangnya kekuatan atau ketahanan fisik tubuh untuk terus melanjutkan kegiatan yang harus dilakukan (Wignjosoebroto, 2000). Terjadinya kelelahan tidak begitu saja, tetapi ada faktor yang menyebabkannya. Menurut Suma'mur (2014) faktor yang menyebabkan kelelahan antara lain:

a. Faktor Internal

1) Usia

Usia berkaitan dengan kinerja karena pada usia yang meningkat akan diikuti dengan proses degenerasi dari organ sehingga dalam hal ini kemampuan organ akan menurun. Dengan adanya penurunan kemampuan organ, maka hal ini akan menyebabkan tenaga kerja akan semakin mudah mengalami kelelahan.

2) Status Gizi

Status gizi adalah salah satu faktor dari faktor kapasitas kerja dimana keadaan gizi buruk dengan beban kerja yang berantakan mengganggu kerja dan menurunkan efisiensi serta mengakibatkan kelelahan.

3) Posisi Kerja

Posisi tubuh dalam bekerja adalah sikap yang ergonomi, sehingga dicapai efisiensi kerja dan produktivitas yang optimal dengan memberikan rasa nyaman dalam bekerja. Apabila dalam melakukan pekerjaan posisi tubuh salah, maka akan mempengaruhi kelelahan kerja.

b. Faktor Eksternal

1) Beban Kerja

Pekerjaan biasanya dilakukan dalam suatu lingkungan atau situasi yang akan menjadi beban tambahan pada jasmani dan rohani tenaga kerja. Seperti faktor lingkungan, fisik, kimia, biologi, ergonomi, dan psikologi.

Beban kerja menentukan berapa lama seseorang dapat bekerja tanpa mengakibatkan kelelahan atau gangguan. Pada pekerjaan yang terlalu berat dan berlebihan akan mempercepat kelelahan kerja seseorang. Beban kerja dapat mengakibatkan kelelahan, hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah material yang diangkat dan dipindahkan serta aktivitas yang berulang dalam sehari oleh tenaga kerja.

2) Masa Kerja

Masa kerja baru maupun lama dapat menjadi pemicu terjadinya kepatuhan terhadap peraturan pekerjaan. Masa kerja sangat

mempengaruhi pekerja karena menimbulkan rutinitas dalam bekerja. Pekerja yang telah bekerja lebih dari 5 tahun memberi pengaruh yang baik dalam pekerjaan dan pekerja yang baru bekerja kurang dari atau sama dengan 5 tahun dapat memberi pengaruh yang kurang baik dalam pekerjaan.

3) Lama Kerja

Kelelahan yang disebabkan karena kerja statis berbeda dengan kerja dinamis. Lama kerja merupakan lama waktu seseorang bekerja pada suatu instansi atau tempat kerja. Pada lama kerja ini dapat berpengaruh pada kelelahan kerja khususnya kelelahan kronis, semakin lama seorang tenaga kerja bekerja pada lingkungan kerja yang kurang nyaman dan menyenangkan maka kelelahan pada orang tersebut akan menumpuk terus dari waktu ke waktu.

(Andriani, 2021)

Menurut Tarwaka (2010) dalam (Lestari, 2016) pengukuran atau penilaian terjadinya kelelahan kerja dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu:

1) Waktu Reaksi (*Psychomotor Test*)

Waktu reaksi adalah jangka waktu dari pemberian suatu rangsang sampai pada saat kesadaran atau dilaksanakan kegiatan. Dalam uji waktu reaksi dapat digunakan nyala lampu dan denting suara sentuhan kulit atau goyangan badan sebagai stimuli. Terjadinya pemanjangan waktu reaksi merupakan petunjuk adanya perlambatan pada proses saraf dan otot. Sedangkan kriteria kelelahan berdasarkan waktu reaksi tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Kriteria Kelelahan

Kriteria	Waktu Reaksi
Normal	150-240,0 milidetik
Kelelahan Kerja Ringan	$240,0 < x < 410,0$ milidetik
Kelelahan Kerja Sedang	$410,0 \leq x < 580,0$ milidetik
Kelelahan Kerja Berat	$\geq 580,0$ milidetik

Keterangan x adalah hasil pengukuran dengan *Reaction Timer*

Sumber: Tarwaka, 2010

2) Uji Hilangnya Kelipan (Uji *Flicker-Fusion*)

Dalam kondisi yang lelah, kemampuan tenaga kerja untuk melihat kelipan akan berkurang. Semakin lelah akan semakin panjang waktu yang diperlukan untuk jarak antara dua kelipan. Uji kelipan dapat digunakan untuk mengukur kelelahan juga menunjukkan keadaan kewaspadaan tenaga kerja.

3) Perasaan Kelelahan secara Subjektif (*Subjective Feeling of Fatigue*)

Subjective Self Rating Test dari *Industrial Fatigue Research Commite (IFRC)* Jepang, merupakan salah satu kuesioner yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan subjektif. Kuesioner tersebut berisi 30 daftar pertanyaan yang terdiri dari:

- a) 10 pertanyaan tentang pelemahan kegiatan (Nomor 1 sampai 10).
- b) 10 pertanyaan tentang pelemahan motivasi (Nomor 11 sampai 20).
- c) 10 pertanyaan tentang gambaran kelelahan fisik (Nomor 21 sampai 30).

4) Pengukuran Asam Laktat

Asam laktat merupakan asam yang cukup kuat. Farenia et al. (2010) memaparkan bahwa asam laktat adalah produk akhir dari proses glikolisis *anaerob* yang dihasilkan oleh sel darah merah dan sel otot yang aktif. Dalam keadaan istirahat, asam laktat dihasilkan oleh sel darah merah, sel darah putih, otak, sel otot, sel hepar, mukosa usus, dan kulit. Saltin and Edstrom (1981) mengemukakan bahwa akumulasi asam laktat dalam otot akan menurunkan kemampuan otot untuk bekerja. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya energi yang dihasilkan sehingga kontraksi otot semakin lemah dan pada akhirnya otot akan mengalami kelelahan. Ningrum (2012) menyatakan bahwa kelelahan timbul karena penumpukan asam laktat dalam jaringan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan tubuh menetralkan tumpukan asam laktat tersebut tidak sebanding dengan kecepatan asam laktat yang terbentuk akibat beratnya aktivitas yang dilakukan. Bal, et al. (2015) menjelaskan bahwa tingkat kinerja individu (durasi kerja dan usaha untuk melakukan pekerjaan) menentukan tingkat kenaikan asam laktat. Ahmaidi (1996) menyebutkan bahwa besarnya kadar asam laktat dalam darah sebanding dengan kadar asam laktat dalam

otot seseorang. Kadar asam laktat dalam kondisi normal adalah 2 mmol/l . Kadar asam laktat darah yang melebihi ambang batas normal (lebih besar dari 2 mmol/l) mengindikasikan terjadinya kelelahan (Mattner, 1988). Peningkatan kadar asam laktat lebih dari 2 mmol/l mengindikasikan telah terjadi hipoksia jaringan, sedangkan peningkatan laktat lebih dari 4 mmol/l dan tidak turun setelah resusitasi mengindikasikan telah terjadi kerusakan organ kadar asam laktat dalam darah (Hidayah, 2018).

2.5 Uji Statistik Data

2.5.1 Uji Normalitas

Tujuan uji normalitas adalah untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dari hasil sebuah penelitian berdistribusi normal atau tidak. Uji ini juga digunakan pada jenis uji hubungan dan uji beda. Bila data berdistribusi normal, maka dapat digunakan uji statistik parametrik. Pengujian normalitas ini bertujuan untuk mengetahui distribusi data variabel yang digunakan dalam penelitian. Jika $p\text{-value} > 0,05$ maka data residual tersebut terdistribusi secara normal (Oktamawati, 2017).

2.5.2 Uji Wilcoxon

Uji *wilcoxon* merupakan uji non parametrik yang digunakan untuk mengukur perbedaan dua kelompok data berpasangan berskala ordinal atau interval tetapi data berdistribusi tidak normal. Uji ini juga dikenal dengan nama uji *match pair test*. Dasar pengambilan keputusan dalam uji *wilcoxon* adalah sebagai berikut:

- a. Ketika nilai probabilitas *asympt.sig 2 failed* $< 0,05$ maka terdapat perbedaan rata-rata.
- b. Ketika nilai probabilitas *asympt.sig 2 failed* $> 0,05$ maka tidak terdapat perbedaan rata-rata.

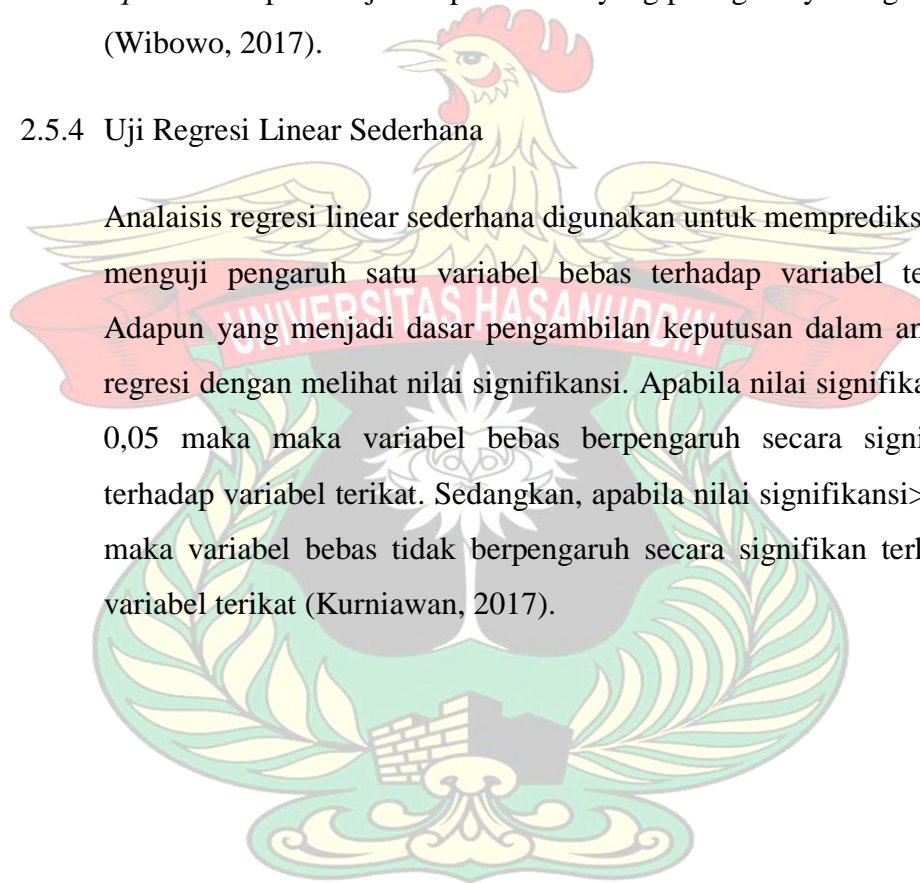
(Hidayat, 2019).

2.5.3 Uji *Chi-Square*

Uji *chi-square* termasuk salah satu uji dalam statistik yang sering digunakan dalam praktek. Dalam bahasan statistika non parametrik, pengujian hipotesa terhadap beda lebih dari dua proporsi populasi tidak dapat menggunakan distribusi t atau distribusi f tetapi menggunakan distribusi *chi-square*. Uji *chi-square* digunakan untuk pengujian hipotesa terhadap beda dua proporsi atau lebih. Uji *chi-square* merupakan uji non parametrik yang paling banyak digunakan (Wibowo, 2017).

2.5.4 Uji Regresi Linear Sederhana

Analisis regresi linear sederhana digunakan untuk memprediksi atau menguji pengaruh satu variabel bebas terhadap variabel terikat. Adapun yang menjadi dasar pengambilan keputusan dalam analisis regresi dengan melihat nilai signifikansi. Apabila nilai signifikansi $< 0,05$ maka variabel bebas berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Sedangkan, apabila nilai signifikansi $> 0,05$ maka variabel bebas tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat (Kurniawan, 2017).



2.6 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian inii, kerangka diawali dengan menganalisis penelitian terdahulu yang berhubungan dengan postur, beban, serta kelelahan kerja fisik.

Penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2. 4 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	(Shamsudin, et al., 2017)	<i>Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs) Industrial Packaging Workers in Malaysia</i>	<i>Task Analysis & Work Movement Task Analysis (WMTA)</i>	Hasil perhitungan menunjukkan sebagian besar pekerja (94%) termasuk dalam rentang risiko sedang menurut kategori risiko WMTA, sedangkan dua kasus masing-masing untuk kategori risiko rendah dan tinggi. Sementara survei ketidaknyamanan tubuh untuk leher, punggung, bahu dan lengan dan lutut dan kaki masing-masing mengungkapkan 42%, 74%, 89% dan 29% pekerja memiliki gejala ketidaknyamanan atau nyeri. Namun, tidak ada hubungan yang signifikan antara skor risiko WMTA dengan ketidaknyamanan. Selain bekerja postur, faktor lain juga mempengaruhi WMSDs.
2	(Waren & Ilyas, 2021)	<i>Heart Rate Variability as a Biomonitoring of Occupational Stress</i>	Perhitungan <i>Heart Rate Variability (HRV)</i>	Pada metode sub- <i>Gaussian</i> dalam menjalankan seluruh data beberapa kali, memvariasikan tumpang tindih ambang batas dari 0,05 menjadi 0,5. Pada grafik hasil perhitungan menunjukkan plot ROC yang membandingkan kinerja kedua metode, dalam hal total true positif versus total positif palsu, di 90 rekaman. Metode sub- <i>Gaussian</i> jelas berkinerja lebih baik daripada CUSUM metode.
3	(Filus, et al., 2021)	<i>The Effect of Job Rotation Intervals on Muscle Fatigue – Lactic Acid</i>	Perhitungan Kelelahan dengan asam laktat	Hasil perhitungan dapat membuat prosedur rotasi pekerjaan layak, dengan definisi skema ideal dan pergantian kelompok otot yang tepat, dapat disimpulkan bahwa melalui keandalan hasil yang disajikan bahwa Skema rotasi pekerjaan dengan interval 1 jam dan 2 jam menghasilkan asam laktat yang lebih sedikit daripada yang lebih panjang

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
4	(Nassef, et al., 2010)	<i>The Assessment of Heart Rate Variability (HRV) and Task Load Index (TLI) as Physiological Markers for Physical Stress</i>	Perhitungan Heart Rate Variability (HRV) dan Task Load Index (TLI)	HRV dapat diwakili oleh dua jenis indikator, HRV1 dan HRV2. Di satu sisi, HRV1 mendefinisikan faktor variabilitas detak jantung yang mewakili 0,1 Hz komponen sinyal HR. Oleh karena itu, HRV1 dihitung dengan merata-ratakan spektrum daya dari sinyal HR yang dikumpulkan dalam periode 128 detik dalam rentang frekuensi dari 0,07 Hz hingga 0,14 Hz. Di sisi lain, HRV2 dianggap sebagai rasio antara standar deviasi atas mean nilai sinyal HR dalam periode 128-s yang sama. HRV memang bisa menjadi penanda untuk beban kerja fisik yang akan dieksploitasi untuk investigasi yang sukses di masa depan. Penanda ini juga bisa menjadi digunakan dalam kolaborasi dengan penanda stres mental untuk membedakan antara berbagai jenis stres.
5	(Surenkoka, et al., 2006)	<i>Effect of Knee Muscle Fatigue and Lactic Acid Accumulation on Balance in Healthy Subjects</i>	Perhitungan Kelelahan dengan asam laktat	Hasilnya menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam statis keseimbangan ($t = 4,106$; $P = 0,001$) setelah otot lutut kelelahan. Skor KAT statis selama unilateral sikap pada kaki uji dominan menunjukkan peningkatan setelah kelelahan otot lutut yang menunjukkan penurunan dalam saldo ($250,50 \pm 88,92$ vs $366,56 \pm 153,49$). berpasangan uji t sampel juga menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kadar asam laktat sebelum dan sesudah kelelahan ($0,68 \pm 0,19$ vs $2,13 \pm 0,99$). Selain itu, tidak ada korelasi signifikan yang ditemukan antara perbedaan KAT. statis skor dan akumulasi asam laktat (perubahan pra dan tingkat pascakelelahan) ($r = 0,370$; $P > 0,05$).

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
6	(Meh, et al., 2020)	<i>Work-Related Musculoskeletal Disorders among Slovenian Physiotherapists</i>	<i>Cross-Sectional observational</i>	Prevalensi 1 tahun WMSD adalah 92,2%. Prevalensi satu tahun WMSD tertinggi untuk leher 64% dan punggung bawah 63%. Usia yang lebih tinggi dan lebih banyak tahun latihan berkorelasi dengan WMSD untuk bahu dan area pergelangan kaki/kaki. Beberapa pasien yang dirawat oleh fisioterapis merupakan faktor risiko kesulitan di leher dan beberapa area tubuh. Tingkat aktivitas fisik tidak berkorelasi dengan WMSD di area tubuh yang berbeda.
7	(Rathore, et al., 202)	<i>Ergonomic Risk Factors in Glass Artware Industries and Prevalence of Musculoskeletal Disorder</i>	<i>Cross-Sectional</i>	Kepuasan kerja memiliki hubungan yang signifikan terhadap terjadinya gotrak, sedangkan stress kerja tidak berhubungan dengan terjadinya gotrak.
8.	(Thamrin, et al., 2020)	<i>Ergonomics and Musculoskeletal Disorders among Seaweed Workers in Takalar Regency: A Mixed Method Approach</i>	<i>A mixed method design</i>	Lebih dari 50% pekerja menyebutkan bahwa mereka sering bekerja dalam posisi membungkuk dan hampir 45% pekerja menyebutkan bahwa mereka sering bekerja dengan posisi duduk menyamping atau memutar. Adapun keluhan musculoskeletal meliputi nyeri/nyeri terutama di daerah punggung bawah 66,5%, demam 5,6%, keseleo 8,7%, mati rasa 3,1% dan regangan lebih dari 60%.
9.	(Dodi, et al., 2018)	Risiko Postur Janggal dengan Kejadian Gangguan Otot Rangka Akibat Kerja (Gotrak) pada Terapis Pijat	<i>Cross-sectional observational</i>	Angka kejadian Gotrak pada terapis pijat cukup tinggi yaitu 61%. Keluhan gotrak terbanyak pada kedua tangan sebanyak 57 orang (74%), bahu kiri dan bahu kanan sebanyak 27 orang (35,1%) dan punggung bawah sebanyak 19 orang (24, 7%). Disarankan pada terapis pijat untuk untuk menghindari postur janggal saat memijat klien dengan memperbaiki postur kerja, posisi saat memijat dan meletakkan peralatan yang digunakan dalam area jangkauan tangan.

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
10.	(Novani, et al., 2019)	Analisa Detak Jantung dengan Metode <i>Heart Rate Variability</i> (HRV)	<i>Heart Rate Variability</i> (HRV)	<p>Dalam penelitian ini, telah digunakan analisa HRV domain frekuensi berupa nilai <i>low frequency</i> (LF) yang meningkat pada kondisi stress berat dengan nilai tertinggi LF sebesar 23.4204 ms², nilai <i>high frequency</i> (HF) meningkat pada kondisi <i>stress</i> ringan dengan nilai HF tertinggi sebesar 19.825 ms². Sedangkan untuk data stress berat, nilai HF tertinggi sebesar 13.9231 ms². Nilai Rasio LF/HF meningkat pada kondisi <i>stress</i> berat dengan nilai rasio LF/HF tertinggi sebesar 6.2757 ms². Pengklasifikasian dengan menggunakan pelabelan dengan <i>self assesment</i> menggunakan kuesioner PSS yang diisikan oleh subjek uji sebelum pengukuran HR. Dalam evaluasi performa data latih yang memiliki total data pelatihan sebanyak 80 data, pada pelatihan stress ringan dengan jumlah 19 data latih memiliki akurasi sebesar 95%, pada pelatihan <i>stress</i> sedang dengan jumlah 49 data latih memiliki akurasi sebesar 96%, pada pelatihan <i>stress</i> sedang dengan jumlah 12 data latih memiliki akurasi sebesar 99%.</p>