

SERTIFIKAT

Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi



Kutipan dari Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia

Nomor: 28/E/KPT/2019

Tentang Hasil Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode 5 Tahun 2019

INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi

E-ISSN: 25499815

Penerbit: Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

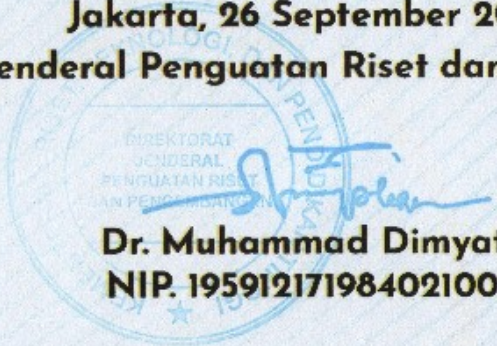
TERAKREDITASI PERINGKAT 3

Akreditasi berlaku selama 5 (lima) tahun, yaitu

Volume 18 Nomor 1 Tahun 2018 sampai Volume 22 Nomor 1 Tahun 2022

Jakarta, 26 September 2019

Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan



Dr. Muhammad Dimiyati
NIP. 195912171984021001



About Journal

INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi is a double blind peer-reviewed journal for Technical, Vocasional, Education and Training (VET) related research. This journal provides full open access to its content on the principle that making research freely available to the science community and the public supports a greater global exchange of knowledge and the further development of expertise in the field of Vocational Education and Training (understood in a wide sense and also known as e.g. TVET Technical Vocational Education and Training, Professional Education and Training, Career and Technical Education, Workforce Education).

Publication frequency : tri-annually. Manuscript submissions are welcome throughout the year.



(<http://invotek.pj.unp.ac.id/index.php/invotek/issue/view/7>)

Published: Feb 4, 2020

Articles

Perbaikan Postur Kerja Proses Muat Kelapa Sawit Berdasarkan Metode Selang Alami Gerak (SAG) (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/710>)

1-12

Fadli Arsi, Hilma Raimona Zadry, Feri Afrinaldi

PDF

65

Perancangan Kontainer Berpendingin pada Sepeda Motor dengan Metoda QFD dan TRIZ (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/752>)

13-26

Ratna Sari Dewi, Ahmad Rusdiansyah, Farhan Herdiansyah

PDF

72

Analisis Sistem Kriptografi dalam Mengamankan Data Pesan Dengan Metode One Time Pad Cipher (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/647>)

27-36

Oskah Dakhi, Mardhiah Masril, Rina Novalinda, Jufrinaldi Jufrinaldi, Ambiyar Ambiyar

PDF

225

Analisis Kemampuan Pedagogi Guru SMK yang sedang Mengambil Pendidikan Profesi Guru dengan Metode Deskriptif Kuantitatif dan Metode Kualitatif (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/652>)

37-44

isnawati isnawati, Niswardi Jalinus, Risfendra Risfendra

PDF

353

Evaluasi Program Ekstrakurikuler di Pondok Pesantren Al-khoir Padang Lawas Sumatera Utara (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/658>)

45-52

Nurhasanah Harahap, Fahmi Rizal

PDF

39

Pengembangan Modul Belajar Berbasis Competency Based Training (CBT) Pada Mata Pelajaran Desain Grafis Percetakan Jurusan Multimedia Sekolah Menengah Kejuruan (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/695>)

53-60

Jessica Trinanda, Kasman Rukun, Asrul Huda

PDF

97

Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Instruction Berbasis Collaboration, Communication, Creativity and Critical Thinking Terhadap Hasil Belajar Rangkaian Elektronika

(<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/665>)

61-68

 Ayu Alam Pertiwi, Fahmi Rizal



PDF

80

Pengembangan Rancangan Media Pembelajaran Augmented Reality Perangkat Jaringan Komputer (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/702>)

69-76

 Melsi Sari Murfi, Kasman Rukun



PDF

118

Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Mobile Learning Pada Mata Pelajaran Dasar Listrik Dan Elektronika Sekolah Menengah Kejuruan (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/704>)

77-84

 Mery Sumiati, Fahmi Rizal, Muhammad Anwar



PDF

72

Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Video Tutorial untuk Meningkatkan Efektifitas Pembelajaran pada Mata Kuliah Tata Rias Pengantin Indonesia (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/725>)

85-92

 Mandalika Mandalika, Syahril Syahril




PDF

135

Konsep Penginjeksian Mata Kuliah Baru Pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/761>)

93-102

 Nadia Utari, Riki Mukhaiyar




PDF

98

Implementasi Model STEMPROCSI Studi Kasus Pada Program Studi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/663>)

103-113

 Karmila Suryani, Khairudin Khairudin



PDF

42

Penilaian Kinerja Guru Produktif Dalam Melaksanakan Standar Kompetensi Guru (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/361>)

114-122

Dedi Setiawan, Hendra Dani Saputra, Muslim Muslim, R Chandra



PDF

109

Model Penjadwalan Pemeliharaan Preventif Mesin-Mesin Produksi untuk Meminimasi Total Tardiness (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/article/view/629>)

123-136

Eri Wirdianto, Irfan Nugraha Putra Mukhti, Alexie Herryandie Bronto Adi, Milana Milana



PDF

80

Akreditasi SINTA



(<https://sinta.ristekbrin.go.id/journals/detail?id=4770>)

Berdasarkan SK No: 28/E/KPT/2019

(http://arjuna.ristekbrin.go.id/files/berita/Pemberitahuan_Hasil_Akreditasi_Jurnal_Ilmiyah_Periode_V_Tahun_2019.pdf)

[[DOWNLOAD SERTIFIKAT \(http://invotek.ppj.unp.ac.id/public/site/images/admin/SertifikatSinta3.jpg\)](http://invotek.ppj.unp.ac.id/public/site/images/admin/SertifikatSinta3.jpg)]



Editorial Team (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/Editors>)



Reviewers (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/Reviewer>)



Archiving (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/archiving>)



Review Process (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/review-process>)



Focus and Scopes (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/focus-scope>)



Publication Ethics (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/EthicsStatement>)



Author Guidelines (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/Author>)



Publication Fee (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/fee>)



Plagiarism (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/plagiat>)



Contact Us (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/about/contact>)



Open Access Statement (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/open-access>)



Journal History (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/history>)



Copyright and License (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/right>)



Indexing (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/indexing>)



Statistics (<http://statcounter.com/p11988540/summary/?guest=1>)

INVOTEK Tools



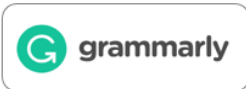
Journal Template

(<https://drive.google.com/file/d/1n4OLRwwraelELbohxaWafjIOcjeuTMy4/view?usp=sharing>)

usp=sharing)



(<https://www.turnitin.com>)



(<https://www.grammarly.com>)



p-ISSN: 1411-3414 (<http://u.lipi.go.id/1180430366>)

e-ISSN: 2549-9815 (<http://u.lipi.go.id/1487061590>)



Make Submission

(<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/submission/wizard>)



UNIVERSITAS NEGERI PADANG

<http://unp.ac.id>

(<http://unp.ac.id>)

Visitors

 ID 7,383	 US 484
 ?? 251	 TW 103
 CN 98	 IN 47
 NL 38	 MY 22
 RU 15	 GB 14

Pageviews: 45,204

Flag hit counter



(<https://flaghitcounter.com/details/CO>)

00053820 (<https://statcounter.com/>) View INVOTEK Stats (<https://statcounter.com/p11988540/?guest=1>)



([https://www.worldcat.org/search?](https://www.worldcat.org/search?q=invotek%20%20jurnal+inovasi+vokasional+dan+teknologi&qt=pt&st=pt)



([http://onesearch.id/Search/Results?](http://onesearch.id/Search/Results?qt=pt&st=pt)



([https://app.dimensions.com/search_text=INVOTEK%](https://app.dimensions.com/search_text=INVOTEK%20%20jurnal+inovasi+vokasional+dan+teknologi)

INVOTEK



Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi

Address

2nd floor Integrated Laboratory Building Faculty of Engineering
Universitas Negeri Padang
Jalan Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang
Post code 25131 - INDONESIA

Contact Info

Tel: +62 751 7055644

Fax: +62 751 7055644

Email: invotek@ppj.unp.ac.id

Website: <http://unp.ac.id> (<http://unp.ac.id>)

INVOTEK : Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi Licensed under



(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

About Journal

INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi is a double blind peer-reviewed journal for Technical, Vocasional, Education and Training (VET) related research. This journal provides full open access to its content on the principle that making research freely available to the science community and the public supports a greater global exchange of knowledge and the further development of expertise in the field of Vocational Education and Training (understood in a wide sense and also known as e.g. TVET Technical Vocational Education and Training, Professional Education and Training, Career and Technical Education, Workforce Education).

Publication frequency : tri-annually. Manuscript submissions are welcome throughout the year.

Editorial Team

Editor in Chief

Dr. Andril Arafat (<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55992578000&hl=en>), Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Managing Editor

Zainal Abadi, M.Eng. (<https://scholar.google.co.id/citations?user=aagLeesAAAAJ&hl=en>) Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Editors

Dr. Ir. Remon Lapisa (<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55907363500>), Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Dr. Hilma Raimona Zadry, (<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35338657900>) Universitas Andalas, Sumatera Barat Indonesia

Dr. Unung Verawardina (<https://scholar.google.co.id/citations?user=381rn-YAAAAJ&hl=en>), IKIP PGRI Pontianak, Kalimantan Barat Indonesia

Dr. Yahfizham (<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57201748107>), Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Sumatera Utara Indonesia

Dr. Eng. Zuldesmi, (<https://scholar.google.co.id/citations?hl=en&user=IWjb2K0AAAAJ>) Universitas Negeri Manado, North Sulawesi Indonesia

Dr. Dori Yuvenda (<https://sinta.ristekbrin.go.id/authors/detail?id=6080788&view=overview>) , Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Dr. Krismadinata (<https://sinta.ristekbrin.go.id/authors/detail/?id=72127&view=overview>) , Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Dr. Arwizet (<https://sinta.ristekbrin.go.id/authors/detail/?id=5983337&view=overview>) , Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Dwi Sudarno Putra, M.T. (<https://sinta.ristekbrin.go.id/authors/detail/?id=5977820&view=overview>) , Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Junil Adri M.Pd.T. (<https://sinta.ristekbrin.go.id/authors/detail/?id=6048268&view=overview>) , Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Desain Grafis

Asnil, M.Eng (<https://scholar.google.com/citations?user=rBpNSmUAAAAJ&hl=en&oi=ao>) Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

M. Yasep Setiawan, M.T. (<https://scholar.google.com/citations?user=UQ3bZpYAAAAJ&hl=en&oi=ao>) Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Admin Website

Syukhri, M.CIO (<https://scholar.google.com/citations?user=-3eDfmYAAAAJ&hl=en&oi=ao>) Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Kamil (<https://ppj.unp.ac.id>), Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat Indonesia

Akreditasi SINTA





Berdasarkan [SK No: 28/E/KPT/2019](#)

(http://arjuna.ristekbrin.go.id/files/berita/Pemberitahuan_Hasil_Akreditasi_Jurnal_Ilmiyah_Periode_V_Tahun_2019.pdf)

[DOWNLOAD SERTIFIKAT (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/public/site/images/admin/SertifikatSinta3.jpg>)]



-  | Editorial Team (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/Editors>)
-  | Reviewers (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/Reviewer>)
-  | Archiving (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/archiving>)
-  | Review Process (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/review-process>)
-  | Focus and Scopes (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/focus-scope>)
-  | Publication Ethics (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/EthicsStatement>)
-  | Author Guidelines (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/Author>)
-  | Publication Fee (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/fee>)



Plagiarism (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/plagiat>)



Contact Us (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/about/contact>)



Open Access Statement (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/open-access>)



Journal History (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/history>)



Copyright and License (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/right>)



Indexing (<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/indexing>)



Statistics (<http://statcounter.com/p11988540/summary/?guest=1>)

INVOTEK Tools



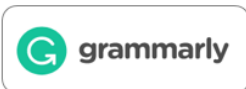
**Journal
Template**

([https://drive.google.com/file/d/1n4OLRwwraelELbohxaWafjI0cjeuTMy4/view?](https://drive.google.com/file/d/1n4OLRwwraelELbohxaWafjI0cjeuTMy4/view?usp=sharing)

usp=sharing)



(<https://www.turnitin.com>)



(<https://www.grammarly.com>)



p-ISSN: 1411-3414 (<http://u.lipi.go.id/1180430366>)

e-ISSN: 2549-9815 (<http://u.lipi.go.id/1487061590>)



Make Submission

(<http://invotek.ppj.unp.ac.id/index.php/invotek/submission/wizard>)



UNIVERSITAS NEGERI PADANG

<http://unp.ac.id>

(<http://unp.ac.id>)

Visitors

 ID 7,383	 US 484
 ?? 251	 TW 103
 CN 98	 IN 47
 NL 38	 MY 22
 RU 15	 GB 14

Pageviews: 45,200

Flag hit counter



(<https://flaghitcounter.com/details/CO>)

00053816 (<https://statcounter.com/>) View INVOTEK Stats (<https://statcounter.com/p11988540/?guest=1>)



([https://www.worldcat.org/search?](https://www.worldcat.org/search?q=invotek%20as%20jurnal%20inovasi+vokasional+dan+teknologi&qt=pt&st=pt)



([http://onesearch.id/Search/Results?](http://onesearch.id/Search/Results?qt=pt&st=pt)



([https://app.dimensions.com/search_text=INVOTEK%](https://app.dimensions.com/search_text=INVOTEK%20as%20jurnal%20inovasi+vokasional+dan+teknologi)

INVOTEK



Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi

Address

2nd floor Integrated Laboratory Building Faculty of Engineering
Universitas Negeri Padang
Jalan Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang
Post code 25131 - INDONESIA

Contact Info

Tel: +62 751 7055644

Fax: +62 751 7055644

Email: invotek@ppj.unp.ac.id

Website: <http://unp.ac.id> (<http://unp.ac.id>)

INVOTEK : Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi Licensed under



(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Invotek

by Feri Afrinaldi

Submission date: 07-Aug-2021 01:20PM (UTC+0800)

Submission ID: 1628666900

File name: Paper_Fadli_Arsi_Hilma_Raimona_Zadry_Feri_Afrinaldi.pdf (975.81K)

Word count: 5459

Character count: 30983

Perbaikan Postur Kerja Proses Muat Kelapa Sawit Berdasarkan Metode Selang Alami Gerak (SAG)

Fadli Arsi^{1*}, Hilma Raimona Zadry² dan Feri Afrinaldi²

¹Jurusan Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Pelalawan (ST2P), Simpang Beringin, Bandar Seikijang, Pelalawan, Riau 28286

²Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang 25163, Sumatera Barat, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: fadliarsy04@gmail.com

Abstrak-- Proses panen kelapa sawit di Indonesia secara umum masih dilakukan secara manual. Penelitian ini difokuskan pada kegiatan muat kelapa sawit dengan tujuan untuk menganalisis gerakan proses muat kelapa sawit secara manual yang berisiko menyebabkan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) terhadap pekerja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini antara lain observasi, wawancara, pengisian Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM), metode Selang Alami Gerak (SAG), serta perhitungan beban biomekanika. NBM digunakan untuk mengidentifikasi keluhan pada tubuh pekerja. Metode SAG digunakan untuk menganalisis risiko gerakan tubuh ketika melakukan kegiatan muat kelapa sawit, dan perhitungan beban biomekanika dilakukan untuk mengetahui besar beban terhadap bagian tubuh pekerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tiga bagian tubuh yang terlibat pada proses muat kelapa sawit sehingga para pekerja sering mengeluhkan rasa nyeri, yaitu bahu, leher, serta punggung. Besar beban biomekanika yang terjadi pada punggung pekerja melebihi batas aman yang direkomendasikan oleh *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH). Analisis menggunakan SAG menemukan bahwa proses muat kelapa sawit yang dilakukan saat ini menyebabkan anggota tubuh seperti bahu, leher, dan punggung berturut-turut membentuk sudut yang berada pada zona bahaya. Perbaikan dilakukan dengan mengubah postur kerja pada proses muat kelapa sawit dan menentukan jarak aman antara pekerja dan bak truk pengangkut kelapa sawit. Besar beban biomekanik pada punggung setelah perbaikan juga mengalami penurunan sehingga berada dalam batas yang direkomendasikan oleh NIOSH.

Kata Kunci: muat kelapa sawit, MSDs, NBM, SAG, biomekanika

Abstract— The harvesting of palm oil in Indonesia, is still done manually. This research analyzed the movement of the palm oil loading process manually, which risks of *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) to workers. The methods used in this study include observation, interviews, the *Nordic Body Map* (NBM) Questionnaire, the *Natural Range of Motion* (ROM), and biomechanical load calculations. NBM is used to identify complaints of the worker's body parts. The ROM method is used to analyze the risk of body movements when carrying out palm oil loading activities, and the calculation of biomechanical loads is to determine the burden on the worker's body parts. The results showed that there are three parts of the body involved in the process of loading palm oil so that workers often complain of pain, namely the shoulder, neck, and back. The biomechanical load that occurs on the back of the worker exceeds the safety limit recommended by the *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH). Analysis using ROM found that the existing loading process of oil palm causes shoulders, neck, and back to form angles is in the danger zone based on ROM. Improvements are made by changing the work posture in the process of loading oil palms and determining the safe distance between workers and the tailgate for palm oil carriers. The amount of biomechanical load on the back after improvement also decreases so that it is within the limits recommended by NIOSH.

Keywords: palm oil loading, MSDs, NBM, ROM, biomechanics



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License.

I. PENDAHULUAN

Data Statistik Perkebunan Indonesia (Kelapa Sawit) pada tahun 2018 menunjukkan bahwa luas perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 14,32 juta hektare. Hal tersebut menempatkan Indonesia pada peringkat pertama sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia [1]. Proses panen merupakan agenda rutin yang dilakukan dalam perkebunan sawit dan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi produktivitas kelapa sawit. Hendra [2] dalam penelitiannya menjelaskan bahwa secara umum, proses panen di Indonesia meliputi kegiatan berikut: (1) Ngegrek: Mengambil Tandan Buah Segar (TBS) dari batang pohon sawit yang biasanya dilakukan dengan menggunakan alat bantu egrek; (2) Ngutip: Mengutip butiran buah kelapa sawit yang terlepas dari TBS akibat hampasan yang keras ke tanah, biasa dilakukan dengan tangan kosong; (3) Ngangkong: Memindahkan TBS sawit ke tempat penampungan sementara dengan menggunakan angkong; (4) Muat: Memasukkan TBS sawit dari tanah ke dalam truk dengan alat bantu tojok. Proses panen sawit dikategorikan sebagai pekerjaan yang berat karena memerlukan tenaga yang besar dan dilakukan secara berulang. Selain itu, kegiatan proses panen kelapa sawit sangat berpotensi menimbulkan masalah *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) [3].

Penelitian yang berkaitan dengan kegiatan panen kelapa sawit dan risikonya terhadap pekerja, telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Hendra [2] menganalisis risiko postur kerja pada pekerja ngegrek dan muat kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dan menemukan bahwa risiko pekerjaan ngegrek dan muat termasuk kategori tinggi, yaitu dengan skor 8-10, sehingga kedua kegiatan tersebut harus segera dilakukan perbaikan sistem kerja. Penelitian lainnya dilakukan oleh Emita [4] dan Surya [5] menemukan banyak bagian tubuh yang terkena risiko MSDs dari pekerjaan muat kelapa sawit tersebut, diantaranya: bahu, leher, punggung, lengan bawah, serta anggota-anggota tubuh bagian atas lainnya. Selanjutnya, Anizar [6] mencoba memperbaiki alat bantu dari proses muat sawit, yaitu tojok. Hasilnya, tojok yang direkomendasikan hanya dapat meringankan beban MSDs terhadap pekerjaan bongkar kelapa sawit. Namun, pada proses muat kelapa sawit, pekerja mengalami peningkatan keluhan MSDs.

Sayangnya, walaupun telah ditemukan penelitian berkaitan dengan kegiatan panen kelapa sawit seperti yang dijelaskan sebelumnya, hingga

saat ini belum ditemukan adanya penelitian berkaitan dengan upaya pencegahan MSDs dan perbaikan metode dan postur kerja pada proses muat kelapa sawit. Tindakan pencegahan MSDs dan perbaikan metode kerja pada proses muat sangat penting untuk dilakukan, mengingat banyaknya tenaga kerja yang terlibat dalam kegiatan proses panen kelapa sawit. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gerakan proses muat kelapa sawit secara manual yang berisiko menyebabkan MSDs dan memberikan rekomendasi perbaikan terhadap postur kerja muat kelapa sawit tersebut, sehingga dapat mengurangi risiko MSDs yang terjadi pada pekerja muat kelapa sawit

II. METODE

A. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan secara langsung ke lapangan dimana para pekerja melakukan aktivitas muat kelapa sawit melalui observasi dan wawancara langsung terhadap para pekerja. Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil foto dan video pada saat pekerja melakukan proses muat kelapa sawit. Selanjutnya meminta para pekerja untuk mengisi kuesioner *Nordic Body Map* (NBM). Hal ini dilakukan untuk mengetahui bagian tubuh mana yang paling merasakan MSDs pada pekerja muat kelapa sawit tersebut.

B. Partisipan Penelitian

Partisipan penelitian adalah pekerja muat kelapa sawit di Kelurahan Pasir Sialang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Data diambil dari lima tempat pengumpulan sementara (RAM). Dari setiap RAM diambil dua orang pekerja muat kelapa sawit, sehingga total jumlah partisipan yang terlibat adalah sebanyak 10 orang pekerja. Data umum partisipan diperoleh melalui wawancara diantaranya nama, usia, jenis kelamin, kondisi kesehatan, lama bekerja, serta kuesioner NBM untuk mengetahui keluhan pada bagian tubuh pekerja.

Dari 10 orang pekerja terpilih, diambil satu orang pekerja muat kelapa sawit untuk proses penelitian lanjutan. Pekerja tersebut dipilih berdasarkan kriteria berikut: (1) pekerja dengan ukuran postur tubuh terkecil; (2) pekerja dengan keluhan beban terbanyak dan terberat; (3) pekerja dengan waktu pengalaman bekerja paling lama. Hal ini merujuk pada penelitian Dewi *et al.* [3] mengenai proses panen ngegrek yang

menyebutkan bahwa pemanenan dengan ukuran tubuh persentil 5 (terkecil) memiliki kondisi yang lebih sulit (ekstrim) pada saat proses ngegrek dan mendapatkan risiko terbesar dibandingkan dengan pekerja lainnya.

C. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 2 Februari 2019 sampai dengan 4 Maret 2019 di daerah Riau, khususnya Kelurahan Pasir Sialang, Kabupaten Kampar, Riau. Lokasi pengambilan data adalah dari lima tempat pengumpulan sementara (RAM) kelapa sawit hasil panen dari perkebunan milik warga.

D. Pemilihan Metode

Berdasarkan penelitian sebelumnya, ditemukan bahwa salah satu penyebab terjadinya MSDs terhadap pekerja muat kelapa sawit adalah gerakan pekerja pada saat melakukan kegiatan muat kelapa sawit [5]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis gerakan-gerakan proses muat kelapa sawit tersebut adalah metode Selang Gerak Alami (SAG). Hal ini dikarenakan metode SAG dapat mendeskripsikan batasan-batasan gerakan yang bisa diterima oleh pekerja sehingga tidak menyebabkan MSDs [7]. Oleh sebab itu, pada penelitian ini, metode SAG sesuai digunakan sebagai acuan untuk memperbaiki gerakan pada proses muat kelapa sawit. Adapun metode lain yang digunakan pada penelitian ini adalah survei keluhan tubuh pekerja menggunakan kuesioner NBM yang berguna untuk mengetahui bagian tubuh yang rentan terkena MSDs. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan beban biomekanika untuk mengetahui besar beban terhadap bagian tubuh pekerja pada saat melakukan pekerjaan muat kelapa sawit.

D.1. Kuesioner Nordic Body Map (NBM)

Kuesioner NBM merupakan alat ukur untuk menilai keluhan otot yang terjadi pada pekerja. Kelebihan metode ini adalah mudah digunakan, murah, dan cukup reliabel [8]. Penerapan metode ini juga memudahkan peneliti serta pekerja yang diminta jawaban dalam memahami kuesioner tersebut. Kuesioner NBM digunakan dengan tujuan untuk mengidentifikasi masalah postur kerja pada proses muat kelapa sawit secara singkat dan tidak ribet. Hasil kuesioner memberikan informasi bagian-bagian tubuh mana saja yang dikeluarkan

oleh para pekerja muat kelapa sawit pada umumnya.

D.2. Selang Alami Gerak (SAG)

Tingkat bahaya atau tidaknya suatu gerak sendi dapat dianalisis menggunakan SAG. Menurut Dewi *et al.* [3], SAG merupakan batasan-batasan derajat bebas yang dapat dicapai oleh tubuh manusia pada saat melakukan pekerjaan. Anggota tubuh manusia memiliki rentang gerakan yang apabila pada saat bekerja dapat memperbaiki sirkulasi darah dan fleksibilitas tinggi sehingga dapat bekerja dengan nyaman, aman dan menghasilkan produktivitas tinggi, serta anggota tubuh manusia juga bisa bergerak hingga membuat badan itu menjadi sakit karena otot berkontraksi tinggi akibat gerakan tersebut. Rentang gerakan itu diatur dalam metode SAG. Gambar 1 menunjukkan SAG tubuh manusia.



Gambar 1. Selang Alami Gerak (SAG) tubuh manusia B [9]

Pada setiap gerakan pemanenan kelapa sawit, dapat dipetakan distribusi zona bahaya yang terjadi pada anggota tubuh pekerja. Terdapat empat zona yang dihadapi manusia ketika duduk atau berdiri yaitu: (1) Zona 0 (zona hitam), yaitu zona yang dianjurkan; (2) Zona 1 (zona hijau), yaitu zona yang masih dalam batas aman; (3) Zona 2 (zona kuning), yaitu zona kurang aman; (4) Zona 3 (zona merah), yaitu zona tidak aman [9].

D.3. Beban Biomekanika Pekerja Muat Kelapa Sawit

Biomekanika adalah ilmu yang menggunakan hukum-hukum fisika dan mekanika teknik untuk mendiskripsikan gerakan pada bagian tubuh (kinematik) dan memahami efek gaya dan momen yang terjadi pada tubuh (kinetik) [10]. Biomekanika kerja merupakan salah satu sub disiplin keilmuan biomekanika yang mempelajari interaksi fisik antara pekerja dan peralatan, mesin dan material untuk meminimalkan resiko gangguan pada sistem otot-rangka yang terkait dengan kerja [10]. Tabel 1 menunjukkan batasan angkat yang direkomendasikan untuk pekerja berdasarkan analisis biomekanika oleh *International Labour Organization (ILO)*.

Tabel 1. Batasan Angkat Pekerja Berdasarkan ILO [11]

Aktivitas mengangkat	Dewasa		Tenaga kerja muda	
	Laki-laki (kg)	Wanita (kg)	Laki-laki (kg)	Wanita (kg)
Sekali-kali	40	10	15	10-12
Terus menerus	15-18	10	10-15	6-9

Punggung merupakan salah satu bagian tubuh yang paling banyak terkena MSDs dari proses muat apa sawit. Oleh sebab itu, pemodelan biomekanika diperlukan untuk mengevaluasi suatu rencana pekerjaan sebelum pekerjaan tersebut diujicobakan. Dalam kasus pengangkat benda atau material, dibutuhkan suatu model yang lebih menggambarkan seluruh tubuh. Model yang dapat digunakan dalam ka seperti tersebut adalah model punggung bawah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 [8].

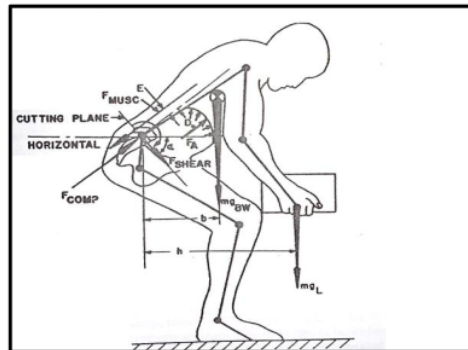
Untuk mencari besar gaya tekan terhadap punggung, persamaan yang dapat digunakan adalah:

$$\sum \frac{ML5}{S1} = 0 \quad (1)$$

$$\sum \frac{ML5}{S1} = \text{Momen bdn} + \text{Momen Bbn} \quad (2)$$

$$b(mgbw) + h(mgload) - D(FA) - (E(Fm)) = 0 \quad (3)$$

$$FM = \frac{b(mgbw) + h(mgload) - D(FA)}{E} \quad (4)$$



Gambar 2 Perhitungan Beban Biomekanika Pada Punggung [8]

Kekuatan otot dalam kondisi paralel dapat dinyatakan dengan:

$$\sum FC = 0 \quad (5)$$

$$\cos \alpha mgbw + \cos \alpha mgload - FA + FM - FC = 0 \quad (6)$$

Dimana:

$L5/S1$ = Momen resultan pada L5/S1

FM = Gaya otot pada *spinal erector* (Newton)

E = Panjang lengan momen otot *spinal erector* dari L5/S1 (estimasi 0,05 m, [12])

B = Jarak antara titik pusat masa dengan L5/S1 (cm)

H = Jarak antara pusat benda dengan L5/S1 (cm)

m = Massa (kg)

g = Gaya gravitasi bumi (9,8 m/s²)

ad = Beban

D = Jarak dari gaya perut ke L5/S1 (0,11 m, [12])

FA = Gaya perut (newton)

PA = Tekanan perut

FC = Tekanan terhadap punggung

E. Identifikasi Gerakan Proses Muat Kelapa Sawit

Identifikasi proses muat kelapa sawit dilakukan dengan cara mengukur sudut-sudut anggota tubuh bagian atas yang terjadi akibat melakukan kegiatan muat kelapa sawit. Adapun langkah-langkah yang dilakukan diantaranya:

- Mengambil foto dan video proses muat kelapa sawit dari setiap pekerja.
- Mengubah video menjadi foto *capture* menggunakan AutoCAD
- Mengidentifikasi gerakan dengan cara mengelompokkan gerakan yang terjadi pada saat proses muat kelapa sawit. Maka

didapatlah dua pola umum proses muat kelapa sawit diantaranya:

Pola awalan (*origin*): proses pertama ketika buah kelapa sawit telah ditusuk dengan tojok kemudian pekerja berada pada posisi buah sawit ingin diangkat.

Pola akhiran (*destination*): posisi terakhir dari pekerja muat kelapa sawit dengan ujung tojok berada di tepian salah satu sisi bak truk dan buah sawit siap untuk dimasukkan ke dalam bak truk tersebut.

- d. Pengukuran sudut gerakan anggota tubuh pekerja muat kelapa sawit.

Setiap pola dari proses muat ini akan membentuk posisi yang berbeda-beda, sehingga anggota tubuh seperti bahu, punggung, dan leher pun akan berubah posisi dari sebelumnya. Perubahan posisi tubuh tersebut membentuk sudut antara bagian tubuh satu dengan anggota tubuh lainnya. Pengukuran pada penelitian ini fokus terhadap anggota tubuh seperti bahu, leher, dan punggung tersebut.

F. Perbaikan Gerakan Proses Muat Kelapa Sawit

16 Perbaikan gerakan berdasarkan metode SAG dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Memberikan pendidikan dan pengarahan mengenai prinsip ergonomi dalam bekerja, *manual material handling* yang baik, serta batasan-batasan gerak manusia (SAG).
- Memilih *range* gerakan tubuh manusia yang masih dalam batas aman berdasarkan metode SAG.
- Melakukan simulasi perbaikan, adapun pekerja yang terpilih untuk melakukan simulasi adalah pekerja dengan antropometri tubuh terkecil. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan beban pekerjaan yang terberat dirasakan oleh pekerja sehingga bisa mewakili pekerja lainnya [5].
- Mendapatkan gerakan perbaikan dengan sudut-sudut gerakan anggota tubuh yang terbentuk berada dalam *range* zona aman berdasarkan metode SAG.
- Mengukur kembali sudut tubuh yang terbentuk pada pemanen muat kelapa sawit setelah perbaikan, jika masih ada sudut tubuh yang berwarna merah, maka gerakan pada anggota tubuh tersebut perlu perbaikan kembali hingga minimal tergolong warna hijau atau hitam.

G. Batasan Penelitian

Penelitian dilakukan pada perkebunan sawit milik warga, dengan rata-rata berat Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit dibawah 15 kg.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Umum Partisipan

Tabel 2 menunjukkan data umum partisipan yang terlibat dalam penelitian.

Tabel 2. Biodata Partisipan

Respon den	Usia (thn)	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)	Lama Bekerja (thn)	Kondisi Kesehatan
1	26	164	61	2	Sehat
2	40	116	82	10	Sehat
3	24	160	40	6	Sehat
4	37	170	63	4	Sehat
5	26	160	90	5	Sehat
6	24	150	60	2	Sehat
7	30	162	53	2	Sehat
8	29	162	64	2	Sehat
9	40	165	55	10	Sehat
10	39	163	52	9	Sehat

B. Hasil Kuesioner NBM

Kuesioner NBM diisi oleh 10 orang partisipan yang terlibat dalam penelitian. Rekapitulasi hasil pengisian kuesioner NBM dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, bagian tubuh yang paling sering terkena MSDs adalah leher, bahu, dan punggung bawah. Hal ini dikarenakan pada saat melakukan kegiatan proses muat kelapa sawit, pekerja pertama kali harus memberikan tenaga awalan yang cukup besar untuk mengangkat sawit dari tanah menggunakan alat bantu tojok.

Kegiatan awalan proses muat ini disebut dengan pola *origin*. Otot yang dominan bekerja pada pola *origin* ini adalah otot pada bahu dan otot pada punggung bawah. Pada bahu terdapat otot *deltoid*, yang berfungsi untuk membuat tangan bisa melakukan kegiatan seperti fleksi, ekstensi, abduksi, dan adduksi. Pada pola *origin*, otot yang bekerja mulai dari jari, gengaman (*brevis*), tangan lengan bawah (*radius* dan *ulna*), tangan lengan atas (*bicep* dan *tricep*), hingga ke bahu (*deltoid*).

Pada saat mengangkat buah kelapa sawit, maka pusat tumpuan beban di tangan terjadi pada bahu yaitu otot *deltoid*, sehingga para pekerja muat kelapa sawit sering mengeluhkan bagian tubuh bahu. Setelah beban terpusat pada bahu, maka untuk dapat mengangkat tubuh dari membungkuk hingga berdiri tegap, maka adapun pusat beban akan

bertumpu pada punggung bagian bawah, berat beban seperti sawit dan tojok, ditambah beban berat badan bagian atas akan bertumpu pada punggung bagian bawah, semakin besar jumlah beban yang terjadi, akan membuat punggung bagian bawah menjadi semakin terbebani. Selain itu, kegiatan proses muat kelapa sawit dilakukan dengan cara berulang dan terus-menerus, sehingga mengakibatkan pekerja mengeluhkan rasa sakit terhadap punggung bagian bawah.

Pada saat mengangkat buah kelapa sawit, maka pusat tumpuan beban di tangan terjadi pada bahu yaitu otot *deltoid*, sehingga para pekerja muat kelapa sawit sering mengeluhkan bagian tubuh bahu. Setelah beban terpusat pada bahu, maka untuk dapat mengangkat tubuh dari membungkuk hingga berdiri tegap, maka adapun pusat beban akan bertumpu pada punggung bagian bawah, berat beban seperti sawit dan tojok, ditambah beban berat badan bagian atas akan bertumpu pada punggung bagian bawah, semakin besar jumlah beban yang terjadi, akan membuat punggung bagian bawah menjadi semakin terbebani. Selain itu, kegiatan proses muat kelapa sawit dilakukan dengan cara berulang dan terus-menerus, sehingga mengakibatkan pekerja mengeluhkan rasa sakit terhadap punggung bagian bawah.

Tabel 3. Keluhan Bagian Tubuh pada Pekerja Muat Kelapa Sawit

Bagian Tubuh	Jumlah Pekerja Yang Merasakan		
	Tidak Sakit	Sakit	
		Jarang	Sering
Leher	1	2	7
Bahu	0	1	9
Siku	1	7	2
Punggung Bawah	1	0	9
Pergelangan Tangan	2	5	3
Bokong Paha	2	5	3
Lutut	3	7	0
Pergelangan Kaki	2	5	3

Selanjutnya terdapat pola *destination*, pola ini mengharuskan pekerja melihat keatas untuk melihat apakah pemindahan kelapa sawit sudah tepat pada tempat tujuannya. Adapun tujuan akhir buah kelapa sawit adalah masuk ke dalam truk. Namun, truk ini memiliki dinding yang cukup tinggi untuk bisa memasukkan buah kelapa sawit tersebut. Pola *destination* akan membuat leher pekerja berkontraksi selama pekerjaan muat kelapa sawit berlangsung. Adapun otot yang bekerja pada leher yaitu otot *trapezius*. Otot *trapezius* dapat membuat leher bisa bergerak ke atas, ke bawah, dan berputar. Otot

trapezius mengalami kelelahan diakibatkan pergerakan yang dilakukan terhadap leher secara berulang dan terus-menerus. Hal ini menyebabkan para pekerja muat kelapa sawit banyak yang mengeluhkan nyeri pada anggota tubuh bagian leher. Proses memasukkan kelapa sawit juga menyebabkan punggung menjadi ekstensi sehingga menambah beban terhadap punggung bagian bawah pekerja muat kelapas awit.

C. Identifikasi Gerakan Proses Muat Kelapa Sawit

Gambar 3 dan 4 merupakan gerakan proses muat kelapa sawit yang terjadi saat ini di lapangan (*existing*). Setiap pola tersebut kemudian diukur dengan cara manual menggunakan alat bantu busur. Rekapitulasi pengukuran besar sudut yang terbentuk pada bahu, punggung, dan leher dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Besar Sudut Gerakan *Origin*

Origin			
Gerakan	Anggota Tubuh	Sebelah	Existing
Flex	Punggung		47°
Flex	Leher		23°
Flex	Lengan	Kiri	5°
Flex	Bawah	Kanan	78°
Flex	Bahu	Kiri	65°
Ex		Kanan	40°



Gambar 3. Pola *Origin*

Pola *origin* serta pola *destination* yang digunakan pekerja saat ini, masih tergolong berbahaya serta memberikan risiko MSDs yang besar terhadap pekerja. Hal ini dibuktikan dengan ditemui banyak sudut gerakan yang berwarna kuning dan merah. Berdasarkan metode SAG, sudut gerakan yang masuk dalam zona 2 dan 3 (kuning dan merah) tergolong gerakan yang

berbahaya dilakukan oleh pekerja, sehingga perlu perbaikan segera untuk menghindari risiko MSDs yang lebih besar. Terbukti berdasarkan hasil kuesioner NBM yang diberikan kepada pekerja muat kelapa sawit, bahwa anggota tubuh yang banyak dikeluhkan pekerja adalah leher, bahu, dan punggung.

Tabel 5. Besar Sudut Gerakan *Destination*

Destination			
Gerakan	Anggota Tubuh	Sebelah	Existing
Ex	Punggung		12°
Ex	Leher		31°
Flex	Lengan	Kiri	15°
Flex	Bawah	Kanan	72°
Flex	Bahu	Kiri	120°
Flex		Kanan	75°

Gambar 4. Pola *Destination*

Berdasarkan metode SAG, anggota tubuh yang melakukan gerakan dengan membentuk sudut melebihi batas aman zona 1 (zona hijau), maka anggota tubuh tersebut akan mengganggu sirkulasi darah pada tubuh pekerja, sehingga membuat pekerja tidak nyaman [8].

D. Perbaikan Gerakan Proses Muat Kelapa Sawit

Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan perbaikan gerakan yang dilakukan saat memuat kelapa sawit sesuai dengan prinsip ergonomi. Perbaikan diberikan terhadap posisi pekerja yang terbiasa membungkuk ketika melakukan pola *origin*. Setelah diberikan pelatihan dan pendidikan mengenai proses angkat dan angkut yang baik dan benar, maka pekerja merubah posisi mengangkat kelapa sawit menjadi tidak terlalu membungkuk (Tabel 6).

Perbedaan yang cukup jelas antara Gambar 3 proses muat kelapa sawit pada saat ini di lapangan dengan Gambar 5 proses muat kelapa sawit yang telah diperbaiki. Perbedaan pertama yang terlihat adalah postur tubuh pada saat mengangkat kelapa sawit, posisi real di lapangan menggambarkan pekerja dengan postur membungkuk pada saat mengangkat kelapa dan pada posisi perbaikan, pekerja muat menggunakan posisi yang tidak membungkuk pada saat mengangkat kelapa sawit. Postur ini membuat besar sudut yang terbentuk oleh anggota tubuh seperti punggung mengalami penurunan

Pada postur *destination*, besar sudut yang terbentuk pada posisi real di lapangan adalah sebesar 12° sebelum perbaikan, menjadi sudut sebesar 2° setelah dilakukan perbaikan. Sedangkan pada pola *origin*, perbaikan terhadap posisi punggung dapat dilakukan dari proses real di lapangan punggung pekerja membentuk sudut yang tergolong zona merah yaitu sebesar 47° menjadi sudut sebesar 20° yang tergolong zona nyaman.

Tabel 6. Gerakan *origin* perbaikan

Gerakan	Bagian Tubuh	Existing	Zona 2	Perbaikan	
Flex	Punggung	47	25	20	
Flex	Leher	23	22	9	
Flex	Lengan	Kiri	5	62	24
	Bawah	Kanan			
Flex		Kanan	78	62	90
Flex		Kiri	65	47	35
Ex	Bahu	Kanan	40	15	25

Gambar 5. Perbaikan *origin*

Gambar 6. Perbaikan *Destination*Tabel 7. Gerakan *Destination* perbaikan

Gerakan	Bagian Tubuh	Existen	Zona	Perbaikan
Ex	Punggung	12	10	2
Ex	Leher	31	15	14
Flex	Lengan Kiri	15	62	33
Flex	Bawah Kanan	72	62	60
Flex	Kiri	120	47	90
Flex	Bahu Kanan	75	47	67

Perbaikan postur juga dilakukan pada pola *destination*. Pola *destination* memberikan efek yang besar terhadap kelelahan yang terjadi pada leher. Hal ini dikarenakan pada saat mengangkat buah kelapa sawit, kepala dalam keadaan menengadahkan ke atas untuk melihat buah kelapa sawit masuk atau tidaknya ke dalam truk. Posisi real di lapangan didapatkan pekerja membentuk sudut sebesar 12° berwarna kuning (tidak aman) terhadap leher. Perbaikan pada pola *destination* ini dapat diatasi dengan cara menambah jarak antara pekerja dengan mobil truk sebagai tujuan akhir. Sudut yang terbentuk antara tojok dengan dinding truk tersebut makin besar, sehingga pandangan pekerja tidak terlalu ke atas yang menyebabkan leher bergerak ekstensi ke belakang tidak terlalu jauh. Adapun sudut ekstensi yang terbentuk dari leher menjadi sebesar 2° berwarna hitam yang berarti dalam keadaan gerakan yang nyaman (Tabel 7).

E. Perhitungan Beban Biomekanika

Perhitungan biomekanik merupakan proses mencari besar beban yang dialami oleh pekerja dalam beraktivitas. Penelitian ini menghitung besar

beban yang dialami oleh pekerja muat kelapa sawit. Gambar 7 menunjukkan model perhitungan beban biomekanika pada posisi *origin* dan Tabel 8 menunjukkan besar variabelnya.

Gambar 7. Model Biomekanika Pola *Origin Existing*Tabel 8. Besar Variabel Pola *Origin Existing*

Pola Origin Existing	Berat Badan (kg)	θ T	b (cm)	h (cm)	θk	θ H
Existing	40	40	40	60	129	39

3
Keterangan:

BB = Berat badan (kg)

θT = Sudut torso axis terhadap garis vertikal L5/S1

b = Jarak antara titik pusat masa dengan L5/S1 (cm)

h = Jarak antara pusat benda dengan L5/S1 (cm)

θk = Sudut paha terhadap betis (θ)

θh = Sudut garis torso axis terhadap paha (θ)

Berikut merupakan contoh perhitungan biomekanika pekerja terpilih untuk berat 15 kg pada pos³ *origin*:

1. ML5/S1

= Momen badan + Momen benda

= (b x m x g responden) + (h x m x g load) 8
= (0,4 m x 40 kg x 9,8 m/s²) + (0,6 m x 15 kg x 9,8 m/s²)

9 245 Nm

2. PA

= (10⁻⁴ (43 - 0,36 (θH + θT)) (ML5/S1)⁻⁴) / 75
= (10⁻⁴ (43 - 0,36 (39⁰ + 40⁰)) (245 Nm)⁻⁴) / 75
= 1,24658E-12 N/cm²

3. FA

= PA x AA

$$= 1.24658E-12 \text{ N/cm}^2 \times 465 \text{ cm}^2$$

$$= 5.79658E-10 \text{ N}$$

4. F_{M6}

$$= (m \times g \text{ responden}) + (h \times m \times g \text{ load}) - \frac{D(FA)}{E}$$

$$= (0,4 \text{ m} \times 40 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + (0,6 \text{ m} \times 15 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) - 0,11 \text{ m}^2 \times 5.79658E-10 \text{ N} / 0,05 \text{ m}$$

$$= 4900 \text{ N}$$

$$B = -17,5 - 0,12T + 0,23K + 0,0012TK + 0,005T^2 - 0,00075K^2$$

$$= -17,5 - 0,12(40^0) + 0,23(129^0) + 0,0012(40^0)(129^0) + 0,005(40^0)^2 - 0,00075(129^0)^2$$

$$= 44,08125^0$$

$$\alpha = 40^0 + \beta$$

$$= 40^0 + 44.08125 = 84,08125^0$$

5. F_{G9}

$$= \text{Cos } \alpha \text{ mgbw} + \text{Cos } \alpha \text{ mgload} - FA + FM$$

$$= \text{Cos } \alpha (0,4 \text{ m} \times 40 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + \text{Cos } \alpha (0,6 \text{ m} \times 15 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) - 5.79658E-10 \text{ N} + 4900 \text{ N}$$

$$= 4719,37 \text{ N}$$

Gambar 8 menunjukkan model beban biomekanika yang terjadi pada pekerja setelah dilakukan perbaikan. Tabel 9 menunjukkan besar variabel pola *origin* perbaikan.



Gambar 8. Model Biomekanika *Origin* Perbaikan

Tabel 9. Besar Variabel Pola *Origin* Perbaikan

Pola Origin	Berat Bada n (kg)	θ T	b (cm)	h (cm)	θk	θ H
Perbaikan	40	30	25	40	45	20

Berdasarkan Gambar 8 dan Tabel 9, maka besar gaya tekan terhadap punggung adalah sebagai berikut:

1. $ML5/S1 = 156.8 \text{ Nm}$
2. $PA = 4.70264E-12 \text{ N/cm}^2$
3. $FA = 2.18673E-09 \text{ N}$

4. $FM = 3136 \text{ N}$
- $\beta = 28.85125^0$
- $\alpha = 68.85125^0$
5. $FC = 3287.376151 \text{ N}$

Perhitungan beban biomekanika pada penelitian ini adalah menghitung besar gaya tekan terhadap punggung bawah yang dialami oleh pekerja muat kelapa sawit. Tishauer dalam Helianty [13] menyatakan bahwa momen beban pada punggung bawah (di sekitar L5/S1) digunakan sebagai dasar untuk menentukan batas dalam pengangkatan maupun pemindahan beban untuk menghindari kelelahan yang berlebihan. Model biomekanika tulang belakang dikembangkan oleh Chaffin yang menjelaskan bahwa tekanan pada L5/S1 diakibatkan oleh momen yang terjadi karena berat badan diatas L5/S1, beban yang diangkat, tegangan otot tulang belakang (*back muscles*), dan tekanan pada diafragma [10].

Besarnya gaya tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang L5/S1 ini dipengaruhi oleh berat beban, berat tubuh, panjang masing-masing segmen anggota tubuh, dan sudut yang terbentuk dari masing-masing segmen anggota tubuh. Sudut yang terbentuk ini dipengaruhi oleh cara dan posisi pekerja saat mengangkat material. Cara kerja dan posisi pekerja pada saat mengangkat kelapa sawit yang dilakukan pada saat ini menghasilkan momen yang besar pada bahu, tulang belakang tepatnya pada L5/S1.

Pada pola *origin*, beban yang dirasakan oleh pekerja dengan posisi tubuh membungkuk pada saat melakukan proses muat menghasilkan gaya tekan terhadap punggung bawah sebesar 4719,37 N. Hal ini menunjukkan bahwa pekerjaan tersebut tergolong pada pekerjaan yang membahayakan bagi pekerja, karena batas gaya tekan terhadap punggung berdasarkan standar dari NIOSH adalah $\leq 3400 \text{ N}$.

Posisi punggung pekerja yang membungkuk pada saat mengangkat, selanjutnya diperbaiki berdasarkan metode SAG. Adapun posisi punggung pada perbaikan berada pada sudut ekstensi yang tergolong zona aman yaitu sebesar 20^0 . Kemudian, beban biomekanika posisi setelah perbaikan dihitung dan diperoleh besar beban biomekanika pekerja pada posisi perbaikan adalah 3287,38 N. Beban biomekanika setelah perbaikan $< 3400 \text{ N}$, berarti posisi perbaikan sudah termasuk ke dalam batas aman gaya tekan standar yang telah dibuat oleh NIOSH dan dapat mengurangi risiko MSDs yang dirasakan oleh pekerja muat kelapa sawit.

Adapun beberapa penelitian mengenai proses muat kelapa sawit yang pernah dilakukan diantaranya oleh Anizar [6], perbaikan pada alat bantu (tojok) proses bongkar-muat kelapa sawit, setelah diteliti maka didapatkan tojok yang didesain ulang hanya mampu mengurangi risiko MSDs pada proses bongkar. Akan tetapi, pada proses muat mengalami peningkatan risiko MSDs. Penelitian Surya [5] menemukan 12 anggota tubuh pekerja muat kelapa sawit yang berpotensi MSDs. dan beberapa penelitian lainnya seperti Sukadarin ¹ al. [14], yang menghasilkan informasi bahwa pada pekerjaan proses muat kelapa sawit terdapat risiko MSDs yang tinggi, serta perlu melakukan perbaikan segera terhadap postur proses muat kelapa sawit. Penelitian ini memberikan rekomendasi perbaikan terhadap proses muat kelapa sawit serta informasi besar beban biomekanik dari proses muat kelapa sawit.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa kegiatan muat kelapa sawit secara manual dapat menimbulkan risiko MSDs pada bahu, leher, dan punggung para pekerja. Risiko MSDs pada pekerja muat kelapa sawit berasal dari gerakan anggota tubuh yang melebihi batas aman berdasarkan metode SAG. Setelah dilakukan perhitungan beban biomekanika terhadap postur kerja pekerja muat kelapa sawit, terbukti bahwa gerakan yang dilakukan saat ini memberikan gaya tekan terhadap punggung yang melebihi standar tekanan yang dapat diterima oleh punggung berdasarkan rekomendasi NIOSH. Perbaikan dilakukan dengan cara mengubah postur gerakan proses muat dan jarak antara pekerja dengan bak truk. Perbedaan terlihat jelas pada posisi tubuh bagian atas pekerja muat kelapa sawit. Posisi punggung pada proses *existing* lebih menunduk dibandingkan proses perbaikan. Besar sudut yang dihasilkan dari gerakan perbaikan tergolong zona aman berdasarkan metode SAG. Perhitungan beban biomekanika terhadap punggung pada pekerja dengan posisi perbaikan menunjukkan bahwa terjadi penurunan gaya tekan sehingga masuk kedalam batas rekomendasi beban yang dapat diterima oleh punggung berdasarkan rekomendasi NIOSH.

DAFTAR PUSTAKA

- ⁴⁴ [1] M. Andriani, Dewiyana, and E. Erfani, "Perancangan Ulang Egrek yang Ergonomis untuk Meningkatkan Produktivitas Pekerja Pada Saat Memanen Sawit," *J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 119–128, 2017.
- [2] R. S. Hendra, "Risiko ergonomi dan keluhan musculoskeletal disorders (MSDs) pada pekerja panen kelapa sawit," in *Prosiding Seminar Nasional Ergonomi IX TI-UNDIP, Semarang*, 2009, pp. D11-1-8.
- [3] N. S. Dewi, M. F. Syaib, and L. Saulia, "Desain Model Diagnostik Resiko Ergonomi Kelapa Sawit Secara Manual," *JTEP J. Keteknikan Pertan.*, vol. 3, no. 1, pp. 17–24, 2015.
- [4] T. Ernita, "Pengukuran Beban Kerja Karyawan dalam Mengangkat Tbs dengan Pendekatan Ergonomi di PT Incasi Raya Muara Sakai," *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 16, no. 2, pp. 115–117, 2016.
- [5] R. Z. Surya, "Pemetaan Potensi Musculoskeletal Disorders (MSDs) Pada Aktivitas Manual Material Handling Kelapa Sawit," *J. Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 10, no. 1, pp. 25–33, 2017.
- [6] Anizar, "Analisis desain tojok sebagai alat sortasi TBS kelapa sawit di Loading Ramp," *J. Tek. Ind.*, vol. 10, no. 3, pp. 149–154, 2015.
- [7] D. J. P. Kementrian Pertanian, "Statistik Perkebunan Indonesia 2017 - 2019," Jakarta, 2018.
- [8] H. Iridiastadi and Yassierli, *Ergonomi suatu pengantar*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2014.
- [9] M. S. Sanders and E. J. McCormick, *Human Factors in Engineering and Design*, 7th ed. New York: Mc-Graw Hill, 1993.
- [10] D. B. Chaffin, G. B. J. Andersson, and B. J. Martin, *Occupational ergonomics*. Brisbane: John Wiley & Sons, 2014.
- [11] P. K. Suma'mur, *Higene Perusahaan Dan Keselamatan Kerja*. Jakarta: Haji Masagung, 1979.
- [12] E. Nurmianto, *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya: Tinjauan Anatomi, Fisiologi, Antropometri, Psikologi dan Komputasi untuk Perancangan Kerja dan Produk*. Surabaya: Guna Widya, 2004.
- [13] C. S. Helianty, Y., Mona, C., Wahyuning, "Rancangan Alat Bantu untuk Meminimasi Gaya Tekan (Fcomp) pada Lempeng Tulang Belakang Bagian Bawah (L5/S1)," *J. Itenas Rekayasa*, vol. 16, no. 1, 2012.
- [14] D. Sukadarin, E., Ros, B., Ghani, J., Ismail, A., Mokhtar, M., Mohamad, "Investigation Of Ergonomics Risk Factor For Musculoskeletal Disorder Among Oil Palm Worker Using Quick Exposure Check (QEC)," *Adv. Eng. Forum*, vol. 10, pp. 103–109, 2013.

Biodata Penulis

Fadli arsi lahir pada tanggal 25 November 1994, Serjana Teknik di jurusan Teknik Industri UIN Suska Riau 2012-2016. Melanjutkan Pendidikan

pada Magister Teknik Industri Unand dengan bidang konsentrasi Ergonomi. Staff Tenaga Kependidikan di Sekolah Tinggi Teknologi Pelalawan (ST2P).

Hilma Raimona Zadry adalah staf pengajar pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang. Penulis memperoleh gelar sarjana (S1) dari Jurusan Teknik Industri ITB (2002), S2 dari Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia (UTM) dan S3 dari Faculty of Engineering Universiti Malaya (UM). Bidang penelitian yang didalami berkaitan dengan Ergonomi, antara lain fisiologi kerja, biomekanika kerja, antropometri, dan perancangan produk.

Feri Afrinaldi adalah salah seorang staf pengajar pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang. Penulis memperoleh gelar sarjana (S1) dari Jurusan Teknik Industri Universitas Andalas, S2 dari Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia (UTM) dan S3 dari Texas Tech University, USA.

Invotek

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

20%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	scholar.unand.ac.id Internet Source	4%
2	text-id.123dok.com Internet Source	2%
3	eprints.ums.ac.id Internet Source	1%
4	media.neliti.com Internet Source	1%
5	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
6	repository.ppns.ac.id Internet Source	1%
7	lms2.unhas.ac.id Internet Source	1%
8	www.slideshare.net Internet Source	1%
9	juminten.upnjatim.ac.id Internet Source	1%

10	karyailmiah.unisba.ac.id Internet Source	1 %
11	idoc.pub Internet Source	<1 %
12	josi.ft.unand.ac.id Internet Source	<1 %
13	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
14	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
15	es.scribd.com Internet Source	<1 %
16	id.scribd.com Internet Source	<1 %
17	link.springer.com Internet Source	<1 %
18	www.ijera.com Internet Source	<1 %
19	Muhammad Saiful, Amri Muliawan Nur. "Application of Expert System with Web-Based Forward Chaining Method in Diagnosing Corn Plant Disease", Journal of Physics: Conference Series, 2020 Publication	<1 %

20	academic.oup.com Internet Source	<1 %
21	ejournal.uniks.ac.id Internet Source	<1 %
22	ejurnal.itenas.ac.id Internet Source	<1 %
23	www.neliti.com Internet Source	<1 %
24	www.ijepc.com Internet Source	<1 %
25	www.jstage.jst.go.jp Internet Source	<1 %
26	ojs.pnb.ac.id Internet Source	<1 %
27	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
28	ijets.ump.edu.my Internet Source	<1 %
29	Iman Satra Nugraha, Aprizal Alamsyah, Dwi Shinta Agustina. "STUDI PERKIRAAN HARGA KARET MINGGUAN DI TINGKAT PETANI DENGAN PENDEKATAN PENGELUARAN RUMAH TANGGA DAN BIAYA BERKEBUN KARET DI MUSI BANYUASIN", Jurnal Penelitian Karet, 2019	<1 %

30	kikyputriani.wordpress.com Internet Source	<1 %
31	pdfs.semanticscholar.org Internet Source	<1 %
32	taipannnewsss.blogspot.com Internet Source	<1 %
33	123dok.com Internet Source	<1 %
34	adoc.pub Internet Source	<1 %
35	conference.uthm.edu.my Internet Source	<1 %
36	docplayer.info Internet Source	<1 %
37	eprints.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
38	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
39	konan-u.repo.nii.ac.jp Internet Source	<1 %
40	trinunggal.net Internet Source	<1 %
41	www.scribd.com	

Internet Source

<1 %

42

zh.scribd.com

Internet Source

<1 %

43

Rahmaniyah Dwi Astuti, Susy Susmartini, Ade Putri Kinanthi. "Improving the work position of worker based on manual material handling in rice mill industry", AIP Publishing, 2017

Publication

<1 %

44

talentaconfseries.usu.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On