

Analisis Biomekanik Penggunaan Teknik Dodos Pada Pekerja Panen Kelapa Sawit Untuk Menurunkan Risiko Gangguan Muskuloskeletal

M.Agus Rinaldy¹, Lusi Susanti², Hilma Raimona Zadry³, Fitra⁴

^{1,2} Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Andalas University, Padang, Indonesia

Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25175

Email: muhammad.rinaldi.agus@gmail.com, susantilusi@gmail.com, hilmazadry.hr@gmail.com, fitra@sttdumai.ac.id

ABSTRAK

Proses pemanenan kelapa sawit di Indonesia pada umumnya masih dilakukan secara manual seperti petik buah, ngangkong, ngutip, dan pemuatan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kegiatan pemanenan memiliki risiko tinggi terhadap terjadinya *musculoskeletal* disorder karena pada saat bekerja, pekerja menggunakan teknik yang berbeda-beda saat menggunakan dodos, sehingga menyebabkan beban kerja yang diterima tubuh pekerja menjadi berlebihan, sehingga pekerja sering mengalami nyeri pada bagian tubuh terutama pada bagian bahu. Penelitian ini menganalisis penggunaan teknik dodos dalam aktivitas panen kelapa sawit untuk menurunkan risiko gangguan muskuloskeletal (MSDs) pada pekerja. Teknik panen yang digunakan berdampak signifikan terhadap beban kerja dan kesehatan otot serta sendi pekerja. Penelitian dilakukan terhadap 10 pekerja panen dengan observasi, wawancara, dan analisis biomekanik berdasarkan standar SNI 9011:2021. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan teknik kerja yang lebih ergonomis menurunkan keluhan nyeri bahu sebesar 37,5 % dan nyeri pergelangan tangan sebesar 57,14 %. Penyesuaian sudut kerja dan rotasi tubuh juga mampu mengurangi beban biomekanik secara signifikan. Perbaikan dilakukan dengan memilih teknik yang paling tepat dengan beban kerja terkecil, teknik yang disarankan adalah teknik 1 untuk pohon 1, teknik 3.1 dan 3 untuk pohon 2, dan teknik 1 untuk pohon 3. Temuan ini menjadi dasar dalam pengembangan pelatihan teknik panen yang lebih aman dan efisien bagi pekerja kelapa sawit.

Kata kunci: Biomekanik, Dodos, Beban Kerja, *Muskuloskeletal Disorder* (MSDs)

ABSTRACT

Indonesia's palm oil harvesting process is generally still done manually, such as picking fruit, ngangkong, ngutip, and loading. Previous studies have shown that harvesting activities have a high risk of musculoskeletal disorders because when working, workers use different techniques when using dodos, causing the workload received by the worker's body to be excessive, so that workers often experience pain in body parts, especially in the shoulders. This study analyzes using the dodos technique in palm oil harvesting activities to reduce the risk of musculoskeletal disorders (MSDs) in workers. The harvesting technique used significantly impacts the workload and health of the muscles and joints of workers. The study was conducted on 10 harvest workers with observations, interviews, and biomechanical analysis based on the SNI 9011:2021 standard. The results showed that using more ergonomic work techniques reduced complaints of shoulder pain by 35% and wrist pain by 25%. Adjusting the work angle and body rotation can also significantly reduce biomechanical loads. Improvements were made by selecting the most appropriate technique with the smallest workload. The recommended techniques are technique 1 for tree 1, techniques 3.1 and 3 for tree 2, and technique 1 for tree 3. These findings form the basis for developing training in safer and more efficient harvesting techniques for oil palm workers.

Keywords: Biomechanics, Palm dodos, Workload, *Muskuloskeletal disorders* (MSDs)

Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu produsen kelapa sawit terbesar di dunia, memiliki banyak kebun kelapa sawit yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor ekonomi yang penting bagi Indonesia. Badan Pusat Statistik mencatat bahwa pada tahun 2023 produksi kelapa sawit Indonesia mencapai 46,98 juta ton atau sekitar 54% dari produksi dunia

[1]. Dalam perkebunan kelapa sawit, proses panen adalah rutinitas yang dilakukan oleh pemilik kebun dan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi produktivitas kelapa sawit [2][3]. Pemanenan kelapa sawit dilakukan dengan cara pemotongan pelepah diikuti dengan pemotongan tandan buah. Petani biasanya memanen sawit secara manual dengan menggunakan alat dodos dan egrek, serta gerobak atau angkong untuk mengangkutnya [4][5][6]. Dodos adalah salah satu alat pertanian yang digunakan untuk memanen kelapa sawit. Selain digunakan dalam proses pemanenan kelapa sawit, dodos biasa juga digunakan untuk proses pruning. Dodos digunakan pada pohon yang berumur di bawah delapan tahun dan memiliki tinggi maksimal lima meter [7][8].

Gangguan muskuloskeletal (MSDs) merupakan salah satu masalah utama pada pekerja sektor pertanian, termasuk pekerja panen kelapa sawit. Gangguan muskuloskeletal (MSDs) tidak hanya berdampak langsung pada kenyamanan kerja, tetapi juga berpengaruh besar terhadap penurunan produktivitas. Pekerja yang mengalami nyeri kronis atau kelelahan otot akibat postur kerja yang tidak ergonomis cenderung mengurangi intensitas dan kecepatan kerja mereka, serta lebih sering mengalami absensi. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat memicu cedera permanen seperti tendinitis dan bursitis, yang tidak hanya memperburuk kondisi kesehatan pekerja, tetapi juga meningkatkan beban biaya pengobatan dan mengurangi usia produktif mereka di sektor kerja. Oleh karena itu, identifikasi dan pengurangan risiko MSDs melalui perbaikan teknik kerja menjadi hal yang sangat penting dalam upaya menjaga keberlanjutan produktivitas dan kesehatan tenaga kerja di sektor perkebunan kelapa sawit. Penelitian yang dilakukan oleh Harjanto [9] menemukan adanya hubungan antara paparan gerakan berulang dan peningkatan risiko gangguan otot-sendai jangka panjang di industri kelapa sawit.

Para pekerja sering mengeluh tentang penggunaan alat dodos sawit tradisional karena alat tersebut dioperasikan secara manual dan dapat menyebabkan cedera [7][10]. Serangkaian aktivitas dalam panen kelapa sawit secara manual dapat meningkatkan risiko MSDs atau gangguan *musculoskeletal* pada pemanen kelapa sawit yang disebabkan karena otot menerima beban statis secara berulang dan terus menerus dalam jangka waktu yang lama [2][11][12]. Umumnya keluhan MSDs yang dialami pekerja disebabkan oleh kontraksi pada otot yang berlebihan akibat beban kerja yang melebihi kemampuan mereka [13][6][14]. Keluhan MSDs ini kerap menimbulkan rasa sakit, kekakuan, hingga pembengkakan yang berpotensi menghambat produktivitas serta menurunkan kualitas hidup para pekerja [15]. Studi yang dilakukan oleh Mohamaddan [16] menunjukkan bahwa teknik pemanenan berpengaruh terhadap risiko gangguan MSDs pada tubuh pekerja. Berdasarkan pengamatan dan wawancara terdapat 3 teknik yang digunakan oleh pekerja yaitu teknik 1 atau yang disebut dengan tombak cucuk, teknik 2 disebut dengan tombak samping dan teknik 3 disebut dengan teknik mencangkul. Pada masing-masing teknik memiliki gerakan atau posisi yang berbeda terutama pada pergelangan tangan.



Teknik 1



Teknik 2



Teknik 3

Gambar 1. Teknik-teknik yang digunakan pada proses pemanenan menggunakan dodos

Dodos digunakan untuk pohon dengan ketinggian 0,5 meter sampai 5 meter, pada pohon dengan ketinggian 0,5 meter teknik yang digunakan yaitu teknik 1 dan teknik 2, pada pohon dengan ketinggian 2 meter teknik yang digunakan yaitu teknik 1, 2 dan 3, sedangkan pada pohon dengan ketinggian 4 meter teknik yang digunakan yaitu teknik 1 dan teknik 2. Setelah dilakukan survey kepada para pekerja mengeluhkan sering mengalami pegal-pegal pada pergelangan tangan dan bahu, berdasarkan data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia sekitar 60% kasus kecelakaan kerja pada sektor perkebunan disebabkan oleh faktor MSDs. Keluhan muskuloskeletal di Indonesia telah didiagnosis oleh tenaga kesehatan menunjukkan bahwa prevalensi tertinggi terjadi pada kelompok petani, nelayan, dan buruh, yakni sebesar 31,2%. Sektor pertanian termasuk salah satu jenis pekerjaan dengan tingkat risiko tinggi bagi para pekerjanya. Hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan yang ekstrem serta penggunaan alat dan mesin yang masih tergolong tradisional jika dibandingkan dengan wilayah atau sektor lainnya[17][18][19]. Hal ini menunjukkan bahwa risiko terjadinya MSDs pada pekerja pemanen buah sawit harus menjadi perhatian utama dalam upaya meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja di sektor perkebunan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif observasional dan dilakukan diperkebunan milik masyarakat di kota Dumai. Partisipan penelitian adalah pekerja pemanen sawit di kota Dumai, Provinsi Riau. Data diambil dari lima tempat pemanenan kelapa sawit, setiap tempat memiliki 2-5 orang pekerja panen kelapa sawit. partisipan yang diambil dalam penelitian ini adalah tiga orang pekerja yang bersedia menjadi sampel penelitian dan total jumlah pekerja pemanen kelapa sawit yang didapat adalah sebanyak 10 orang pekerja. Proses pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung dilapangan dan tanya jawab dengan 10 orang pekerja yang dipilih secara purposive, dengan kriteria: pengalaman kerja minimal 5 tahun, penggunaan alat dodos secara rutin, dan tidak memiliki riwayat cedera berat [20]. Hasil dari pengumpulan data berupa keluhan nyeri pada pergelangan tangan dan bahu pekerja dengan menggunakan kuisioner SNI 9011:2021. SNI 9011:2021 merupakan standar nasional yang digunakan untuk menilai postur kerja dan beban fisik berdasarkan pengukuran sudut sendi dan durasi kerja. Dalam penelitian ini, standar tersebut digunakan untuk menilai risiko ergonomi berdasarkan data pengamatan sudut ekstrem pada bahu dan pergelangan tangan selama proses panen. Data hasil pengukuran dan evaluasi risiko ergonomi digunakan untuk mengenali potensi gangguan kesehatan akibat faktor ergonomi di tempat kerja. Standar ini mencakup ruang lingkup, referensi normatif, istilah dan definisi, metode, peralatan yang digunakan, prinsip kerja, prosedur, cara menginterpretasikan hasil penilaian, serta rekomendasi dan pelaporan dari proses pengukuran tersebut [21][22]. SAG digunakan untuk menganalisis risiko gerakan tubuh ketika melakukan kegiatan panen kelapa sawit [23] dan perhitungan beban biomekanika dilakukan untuk mengetahui besar beban terhadap bagian tubuh pekerja [24].

Hasil Dan Pembahasan

Pengisian Kuisioner GOTRAK

Pengisian kuisioner GOTRAK kepada 10 orang pekerja untuk mengetahui bagian tubuh pekerja yang paling sering dirasakan sakit, berikut adalah data para pekerja yang mengisi kuisioner GOTRAK, sample yang diambil untuk pengukuran posisi kerja dari 10 pekerja yaitu menggunakan persentil 5 dengan tinggi badan 145 cm, persentil 50 dengan tinggi badan 166 cm dan persentil 95 dengan tinggi badan 173 cm.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Responden

Responden	Usia	Tinggi Badan	Berat Badan	Lama Kerja	Kondisi Kesehatan
1	30	150	56	5	Healthy
2	23	155	50	2	Healthy
3	35	145	55	10	Healthy
4	24	160	57	1	Healthy
5	26	175	60	6	Healthy
6	43	166	65	8	Healthy
7	38	165	75	3	Healthy
8	40	167	59	6	Healthy
9	43	170	64	5	Healthy
10	33	173	71	6	Healthy

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Kuesioner GOTRAK Pekerja Pemanen Buah Kelapa Sawit

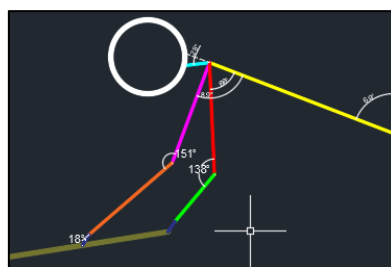
Bagian Tubuh	Jumlah Pekerja Yang Merasakan			Jumlah Karyawan
	Tidak Ada Rasa Sakit	Sakit		
		Jarang	Sering	
Leher	5	3	2	10
Bahu	0	2	8	10
Siku	3	5	2	10
Punggung Atas	4	5	1	10
Punggung Bawah	4	3	3	10
Tangan	1	3	7	10
Paha	4	2	4	10

Lutut	4	6	0	10
Betis	5	1	4	10
Kaki	5	4	1	10

Berdasarkan hasil dari kuesioner proses pemanenan buah sawit dengan menggunakan dodos menunjukkan bahwa bagian tubuh yang paling sering di keluhkan oleh pekerja yaitu : bahu, dan pergelangan tangan. Proses panen buah kelapa sawit dengan menggunakan dodos dilakukan oleh pekerja yang ada dilapangan saat ini disebut dengan proses panen existing. Proses panen existing secara umum dibagi menjadi dua pola, yaitu pola origin dan pola destination. Pada pola destination posisi tubuh pekerja berada pada posisi ekstrem sehingga proses pengukuran terhadap sudut hanya dilakukan pada pola *destination*.

Pengelompokan Besaran Sudut Menggunakan Metode SAG

Selanjutnya besaran sudut tersebut dibandingkan dengan metode SAG. Hal ini berguna untuk mengetahui level risiko dari gerakan anggota tubuh tersebut. Pengelompokan besaran sudut anggota tubuh dapat dilihat pada Tabel 3 [25].



Gambar 2. Model 2D Pohon 1 Pola Destination Existing P5

Tabel 3. Rekapitulasi Sudut Tubuh Pada Gerakan Destination Existing Pohon 1

Destination (Pohon 1)								
Anggota Tubuh	Sebelah	Zona 1	Teknik 1					
			Gerakan	P5	Gerakan	P50	Gerakan	P95
Pergelangan Tangan	Kiri	12	Unlar	27°	Unlar	26°	Unlar	25°
	Kanan	12	Unlar	15°	Unlar	17°	Unlar	18°
Lengan Bawah	Kiri	62	Fleksi	151°	Fleksi	145°	Fleksi	167°
	Kanan	62	Fleksi	138°	Fleksi	130°	Fleksi	155°
Bahu	Kiri	34	Abduksi	89°	Abduksi	62°	Abduksi	103°
	Kanan	34	Abduksi	66°	Abduksi	24°	Abduksi	52°
Destination (Pohon 1)								
Anggota Tubuh	Sebelah	Zona 1	Teknik 2					
			Gerakan	P5	Gerakan	P50	Gerakan	P95
Pergelangan Tangan	Kiri	7	Radial	17°	Radial	18°	Radial	17°
	Kanan	12	Unlar	15°	Unlar	14°	Unlar	13°
Lengan Bawah	Kiri	62	Fleksi	167°	Fleksi	170°	Fleksi	166°
	Kanan	62	Fleksi	119°	Fleksi	109°	Fleksi	84°
Bahu	Kiri	34	Abduksi	101°	Abduksi	97°	Abduksi	98°
	Kanan	34	Abduksi	12°	Abduksi	10°	Abduksi	12°

Tabel 4. Rekapitulasi Sudut Tubuh Pada Gerakan Destination Pohon 2

Destination (Pohon 2)								
Anggota Tubuh	Sebelah	Zona 1	Teknik 1					
			Gerakan	P5	Gerakan	P50	Gerakan	P95
Pergelangan Tangan	Kiri	12	Unlar	27°	Unlar	28°	Unlar	27°
	Kanan	12	Unlar	25°	Unlar	27°	Unlar	24°
Lengan Bawah	Kiri	62	Fleksi	153°	Fleksi	128°	Fleksi	145°
	Kanan	62	Fleksi	111°	Fleksi	69°	Fleksi	70°
Bahu	Kiri	34	Abduksi	81°	Fleksi	55°	Fleksi	80°
Pergelangan Tangan	Kiri	12	Unlar	27°	Unlar	28°	Unlar	27°

Destination (Pohon 2)								
Anggota Tubuh	Sebelah	Zona 1	Teknik 2					
			Gerakan	P5	Gerakan	P50	Gerakan	P95
Pergelangan Tangan	Kiri	7	Radial	17°	Radial	18°	Radial	16°
	Kanan	12	Unlar	20°	Unlar	23°	Unlar	24°
Lengan Bawah	Kiri	62	Fleksi	176°	Fleksi	175°	Fleksi	154°
	Kanan	62	Fleksi	44°	Fleksi	22°	Fleksi	49°
Bahu	Kiri	34	Abduksi	96°	Fleksi	78°	Abduksi	86°
	Kanan	34	Abduksi	49°	Ekstensi	41°	Abduksi	60°

Destination (Pohon 2)								
Anggota Tubuh	Sebelah	Zona 1	Teknik 2					
			Gerakan	P5	Gerakan	P50	Gerakan	P95
Pergelangan Tangan	Kiri	7	Radial	14°	Radial	13°	Radial	15°
	Kanan	7	Radial	12°	Radial	11°	Radial	13°
Lengan Bawah	Kiri	62	Fleksi	150°	Fleksi	132°	Fleksi	140°
	Kanan	62	Fleksi	11°	Fleksi	68°	Fleksi	57°
Bahu	Kiri	34	Abduksi	91°	Abduksi	82°	Abduksi	89°
	Kanan	34	Abduksi	11°	Abduksi	52°	Abduksi	29°

Tabel 5. Rekapitulasi Sudut Tubuh Pada Gerakan Destination Pohon 3

Destination (Pohon 3)								
Anggota Tubuh	Sebelah	Zona 1	Teknik 1					
			Gerakan	P5	Gerakan	P50	Gerakan	P95
Pergelangan Tangan	Kiri	12	Unlar	28°	Unlar	27°	Unlar	29°
	Kanan	12	Unlar	25°	Unlar	22°	Unlar	26°
Lengan Bawah	Kiri	62	Fleksi	156°	Fleksi	128°	Fleksi	166°
	Kanan	62	Fleksi	60°	Fleksi	62°	Fleksi	69°
Bahu	Kiri	34	Fleksi	135°	Fleksi	100°	Fleksi	146°
	Kanan	34	Ekstensi	24°	Ekstensi	12°	Ekstensi	14°

Destination (Pohon 3)								
Anggota Tubuh	Sebelah	Zona 1	Teknik 2					
			Gerakan	P5	Gerakan	P50	Gerakan	P95
Pergelangan Tangan	Kiri	7	Radial	18°	Radial	17°	Radial	15°
	Kanan	12	Unlar	20°	Unlar	22°	Unlar	21°
Lengan Bawah	Kiri	62	Fleksi	171°	Fleksi	173°	Fleksi	175°
	Kanan	62	Fleksi	51°	Fleksi	33°	Fleksi	68°
Bahu	Kiri	34	Fleksi	134°	Fleksi	140°	Fleksi	140°
	Kanan	34	Ekstensi	13°	Ekstensi	25°	Ekstensi	11°

Hasil observasi menunjukkan bahwa teknik panen yang digunakan sangat memengaruhi sudut kerja pada bahu dan pergelangan tangan. Pada pohon 1 penggunaan teknik 1 pada pekerja dengan tinggi P95 menghasilkan sudut abduksi bahu kiri sebesar 103° yang menunjukkan posisi ekstrem dan berpotensi menimbulkan gangguan pada tendon rotator cuff [26]. sudut radial pergelangan tangan yang melebihi 15° selama aktivitas panen dikaitkan dengan peningkatan tekanan pada carpal tunnel yang dapat menyebabkan Carpal Tunnel Syndrome (CTS) [27]. Pada pola destination, bahu kiri pekerja lebih dominan dalam merasakan pembebanan, tangan kiri berfungsi untuk menahan berat dodos, sedangkan tangan kanan pada pola destination lebih berfungsi sebagai pendorong. Berdasarkan tabel 3 sampai tabel 5 didapatkan hasil bahwa bagian tubuh yang memiliki nilai resiko paling tinggi yaitu lengan bawah bagian kiri dan bahu bagian kiri dikarenakan pada saat pekerja mengayunkan dodos, bahu kiri pekerja akan terangkat keatas membentuk sudut yang ekstrem berdasarkan metode SAG. Besaran sudut yang terbentuk pada bahu kiri pekerja dapat dilihat pada gambar 3 dan tabel 4 sampai tabel 6.



Gambar 3. Sudut Yang Terbentuk Bahu Kiri Pekerja Pola Destination Existing P5

Tabel 6. Rekapitulasi Sudut Yang Terbentuk Bahu Kiri Pekerja Semua Persentil Posisi Destination Existing Pada Pohon 1

Persentil	<i>Destination Existing</i>					
	Teknik 1			Teknik 2		
	01 (°)	02 (°)	03 (°)	01 (°)	02 (°)	03 (°)
5	4	29	1	3	13	2
50	4	35	28	2	10	3
95	5	13	13	3	14	1

Tabel 7. Rekapitulasi Sudut Yang Terbentuk Bahu Kiri Pekerja Semua Persentil Posisi Destination Existing Pada Pohon 2

Persentil	<i>Destination Existing</i>								
	Teknik 1			Teknik 2			Teknik 3		
	01 (°)	02 (°)	03 (°)	01 (°)	02 (°)	03 (°)	01 (°)	02 (°)	03 (°)
5	3	27	9	3	4	4	6	30	1
50	2	52	35	2	5	12	7	48	8
95	3	35	10	4	26	4	5	40	1

Tabel 8. Rekapitulasi Sudut Yang Terbentuk Bahu Kiri Pekerja Semua Persentil Posisi Destination Existing Pada Pohon 3

Persentil	<i>Destination Existing</i>					
	Teknik 1			Teknik 2		
	01 (°)	02 (°)	03 (°)	01 (°)	02 (°)	03 (°)
5	2	15	45	2	9	46
50	3	52	80	3	7	40
95	1	14	34	5	5	40

Beban Biomekanik Pada Bahu Kiri Pekerja Pada Pola Destination Existing

Perhitungan beban biomekanika dilakukan pada anggota tubuh pekerja seperti telapak tangan, lengan bawah, dan lengan atas dengan menggunakan persamaan 1 sampai 9 dengan dados memiliki berat total sebesar 3 kg [24].

$$W_H = 0,6 \% \times W_{Badan} \quad (1)$$

$$W_H = 0,6 \% \times (55 \times 9,81)$$

$$W_H = 3,24$$

$$F_{yw} = \frac{W_0}{2} + W_H \quad (2)$$

$$F_{yw} = \frac{29,43}{2} + 3,24$$

$$F_{yw} = 17,95$$

$$M_w = \left(\frac{W_0}{2} + W_H \right) \times SL1 \times \cos\theta_1 \quad (3)$$

$$M_w = (17,95) \times 0,16 \times 0,982$$

$$M_w = 2,760$$

Keterangan :

WH = Berat telapak tangan (N)

Wo = Berat benda (N)

01 = Sudut pada telapak tangan (°)

Fyw = Gaya pada telapak tangan (N)

SL1 = Jarak pergelangan tangan ke pusat massa benda (m)

Mw = Momen pada telapak tangan (Nm)

$$W_{LA} = 1,7 \% \times W_{Badan} \quad (4)$$

$$W_{LA} = 1,7 \% \times (55 \times 9,81)$$

$$W_{LA} = 9,17$$

$$F_{ye} = F_{yw} + W_{LA} \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
 F_{ye} &= 17,95 + 9,17 \\
 F_{ye} &= 27,12 \\
 M_e &= M_w + (W_{LA} \times \lambda_2 \times SL_2 \times \cos\theta_2) + (F_{yw} \times SL_2 \times \cos\theta_2) \\
 M_e &= 2,760 + (9,17 \times 0,09 \times 0,21 \times 0,87) + (17,95 \times 0,21 \times 0,87) \\
 M_e &= 6,238
 \end{aligned} \tag{6}$$

Keterangan :

WLA = Berat lengan bawah (N)
 λ_2 = Persentase segmen dari humerus ke pusat beban lengan bawah (%)
 θ_2 = Sudut pada lengan bawah (°)
 F_{ye} = Gaya pada lengan bawah (N)
 SL_2 = Jarak pergelangan tangan ke siku (m)

$$W_{UA} = 2,8 \% \times W_{Badan} \tag{7}$$

$$W_{UA} = 2,8 \% \times (55 \times 9,81)$$

$$W_{UA} = 15,11$$

$$F_{ys} = F_{ye} + W_{UA} \tag{8}$$

$$F_{ys} = 27,12 + 15,11$$

$$M_s = M_e + (W_{UA} \times \lambda_3 \times SL_3 \times \cos\theta_3) + (F_{ys} \times SL_3 \times \cos\theta_3) \tag{9}$$

$$M_s = 6,238 + (15,11 \times 0,12 \times 0,27 \times 1) + (15,11 \times 0,12 \times 0,27)$$

$$M_s = 14,032 \text{ Nm}$$

Keterangan :

WUA = Berat lengan atas (N)
 λ_3 = Persentase segmen dari sendi lengan atas ke pusat beban (%)
 θ_3 = Sudut pada lengan atas (°)
 F_{xs} = Gaya pada lengan atas (N)
 SL_3 = Jarak siku ke bahu (m)

Setelah dilakukan perhitungan beban biomekanik pada tubuh pekerja seperti telapak tangan, lengan bawah dan lengan atas maka didapatkan rekapitulasi beban kerja yang diterima oleh pekerja dapat dilihat pada tabel 7 sampai tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Beban Biomekanik Bahu Kiri Pekerja Semua Persentil Posisi Destination Existing Pada Pohon 1

Persentil	Destination Existing					
	Teknik 1			Teknik 2		
	Mw	Me	Ms	Mw	Me	Ms
5	2.80	6.28	14.08	2.81	6.68	14.47
50	3.30	7.18	15.79	3.30	7.97	17.70
95	3.48	8.38	18.74	3.48	8.37	19.00

Tabel 10. Rekapitulasi Beban Biomekanik Bahu Kiri Pekerja Semua Persentil Posisi Destination Existing Pada Pohon 2

Persentil	Destination Existing								
	Teknik 1			Teknik 2			Teknik 3		
	Mw	Me	Ms	Mw	Me	Ms	Mw	Me	Ms
5	2.81	6.24	13.63	2.81	6.65	14.11	2.80	6.13	13.61
50	3.30	6.10	13.69	3.30	7.82	16.89	3.28	6.32	15.50
95	3.48	7.42	17.34	3.48	7.80	17.85	3.48	7.16	17.23

Tabel 11. Rekapitulasi Beban Biomekanik Bahu Kiri Pekerja Semua Persentil Posisi Destination Existing Pada Pohon 3

Persentil	Destination Existing					
	Teknik 1			Teknik 2		
	Mw	Me	Ms	Mw	Me	Ms
5	2.81	6.53	11.82	2.81	6.61	12.17
50	3.30	6.09	7.70	3.30	7.81	14.91

95	3.49	8.15	16.50	3.48	8.26	17.39
----	------	------	-------	------	------	-------

Berdasarkan hasil perhitungan beban biomekanika pada telapak tangan, lengan bawah dan lengan atas maka dapat direkomendasikan penggunaan teknik dodos berdasarkan hasil beban biomekanikan paling kecil pada bahu sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya cedera *musculoskeletal disorder*, rekapitulasi rekomendasi pemilihan teknik menggunakan dodos dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 12. Rekomendasi Pemilihan Teknik Menggunakan Dodos

Pemilihan Teknik			
Persentil	Pohon 1	Pohon 2	Pohon 3
5	Teknik 1	Teknik 3	Teknik 1
50	Teknik 1	Teknik 1	Teknik 1
95	Teknik 1	Teknik 3	Teknik 1

Pengisian Kuisiener GOTRAK

Setelah dilakukan perbaikan penggunaan teknik berdasarkan perhitungan beban kerja, maka dilakukan pengujian terhadap pekerja dengan menggunakan teknik yang direkomendasikan selama 2 kali pemanenan maka didapatkan hasil seperti pada tabel 10.

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Kuesiener GOTRAK Pekerja Pemanen Buah Kelapa Sawit

Bagian Tubuh	Jumlah Pekerja Yang Merasakan			Jumlah Karyawan
	Tidak Ada Rasa Sakit	Sakit		
		Jarang	Sering	
Leher	5	3	2	10
Bahu	0	2	5	10
Siku	3	5	2	10
Punggung Atas	4	5	1	10
Punggung Bawah	4	3	3	10
Tangan	1	3	3	10
Paha	4	2	4	10
Lutut	4	6	0	10
Betis	5	1	4	10
Kaki	5	4	1	10

$$\text{Penurunan persentase nyeri pergelangan tangan} = \left(\frac{\text{Skor Awal Nyeri} - \text{Skor Akhir Nyeri}}{\text{Skor Awal Nyeri}} \right) \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Penurunan persentase nyeri pergelangan tangan} &= \left(\frac{7-3}{7} \right) \times 100 \% \\ &= 57,14 \% \end{aligned}$$

$$\text{Penurunan persentase nyeri bahu} = \left(\frac{\text{Skor Awal Nyeri} - \text{Skor Akhir Nyeri}}{\text{Skor Awal Nyeri}} \right) \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Penurunan persentase nyeri bahu} &= \left(\frac{8-5}{8} \right) \times 100 \% \\ &= 37,5\% \end{aligned}$$

Terjadi penurunan tingkat nyeri yang dirasakan oleh pekerja pada telapak tangan yaitu sebesar 57,14 % dan pada bahu sebesar 37,5 %

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap aktivitas panen kelapa sawit menggunakan alat dodos, diketahui bahwa terdapat keluhan pada bagian tubuh seperti, bahu, lengan atas, siku, dan pergelangan tangan. Keluhan-keluhan tersebut erat kaitannya dengan sudut dan beban biomekanik yang diterima oleh tubuh saat melakukan aktivitas panen. Analisis mendalam menunjukkan bahwa teknik yang digunakan mempengaruhi tingkat keluhan yang dirasakan, misalnya penggunaan dodos menyebabkan sudut kerja ekstrem pada bahu melebihi 90° yang secara biomekanik meningkatkan risiko cedera pada otot deltoid dan tendon rotator cuff.

Sementara penggunaan dodos menyebabkan sudut kerja ekstrem pada pergelangan tangan dan siku, yang dapat menyebabkan gangguan pada tendon fleksor dan ekstensor. Semakin lama durasi kerja dengan postur tidak netral, semakin besar risiko akumulasi stres pada jaringan musculetendinous [28]. Perhitungan beban biomekanik menunjukkan bahwa risiko cedera meningkat seiring dengan deviasi sudut yang ekstrem, terutama pada bahu dan pergelangan tangan. Sudut kerja melebihi ambang normal (misalnya >90° untuk bahu) mengindikasikan postur yang tidak ergonomis, yang dalam jangka panjang berpotensi menyebabkan *musculoskeletal disorders* (MSDs), seperti tendinitis dan bursitis.

Daftar Pustaka

- [1] M. Rivki, A. M. Bachtiar, T. Informatika, F. Teknik, and U. K. Indonesia, "Statistik Kelapa Sawit Indonesia," no. 112.
- [2] F. Arsi, H. R. Zadry, and F. Afrinaldi, "Perbaikan Postur Kerja Proses Muat Kelapa Sawit Berdasarkan Metode Selang Alami Gerak (SAG)," *J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–12, 2020, doi: 10.24036/invotek.v20i1.710.
- [3] M. N. Ramadani and M. Sunaryo, "Identifikasi Risiko Ergonomi Pada Pekerja Ud. Satria Tahun 2021," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 10, no. 1, pp. 50–57, 2022, doi: 10.14710/jkm.v10i1.31629.
- [4] R. K. Prabawati and E. Lidiana, "Profil Pekerja Pemanen Kelapa Sawit Bagian Cutting Egrek," *Herb-Medicine J.*, vol. 4, p. 23, 2021, doi: 10.30595/hmj.v4i2.9931.
- [5] A. Christian, S. Asmara, C. Sugianti, and M. Telaumbanua, "Unjuk Kerja Alat Pemotong Pelepah Sawit Tipe Dodos Secara Manual Dan Mekanis Menggunakan Mesin Husqvarna 327 LDx," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.)*, vol. 7, no. 1, p. 15, 2018, doi: 10.23960/jtep-l.v7i1.15-24.
- [6] M. Sultan, A. Isnaniah Saputri, and I. M. Ramdan, "Postur Kerja dan Keluhan Musculoskeletal Disorders Pada Pemanen Sawit di PT. Inti Energi Kaltim Kabupaten Berau," *Trop. Public Heal. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 54–59, 2022, doi: 10.32734/trophico.v2i2.9208.
- [7] T. Suwanda *et al.*, "Pembuatan Alat Pemanen Sawit Elektrik," *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 2, no. 1, pp. 90–104, 2023.
- [8] Sandy Putrawan Tansala, "Kajian Efektifitas Panen Kelapa Sawit Menggunakan Dodos Modifikasi Dan Dodos Biasa Pada Tm Muda," vol. 6, no. April, pp. 487–492, 2017.
- [9] A. S. Istisya, H. M. Denny, and Y. Setyaningsih, "Potential Hazards and Associated Causal Factors in the Occupational Environment of Palm Oil Workers," *Indones. J. Occup. Saf. Heal.*, vol. 13, no. 1, pp. 116–123, 2024, doi: 10.20473/ijosh.v13i1.2024.116-123.
- [10] Rima, "Analisis Risiko Ergonomi Terhadap Keluhan Muskuloskeletal Pada Pekerja Kebun Kelapa Sawit," *Assets.Jurnal.Unprimdn.Ac.Id.S3 ...*, vol. 8, no. 1, pp. 35–42, 2024, [Online]. Available: <http://repository.uma.ac.id/handle/123456789/10587>
- [11] P. Bhuanantanondh, B. Buchholz, S. Arphorn, P. Kongtip, and S. Woskie, "The prevalence of and risk factors associated with musculoskeletal disorders in thai oil palm harvesting workers: A cross-sectional study," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 10, 2021, doi: 10.3390/ijerph18105474.
- [12] H. Minggu and T. W. E. Mautang, "Hubungan durasi kerja dan risiko ergonomi dengan kejadian keluhan musculoskeletal pada pengrajin gerabah pulutan kecamatan remboken," vol. 5, pp. 5703–5713, 2024.
- [13] A. R. E. S. Nasher, Y. E. Prawatya, and R. Rahmawati, "Pengukuran Postur Kerja Pada Penggunaan Alat Olahraga Angkat Beban Dengan Pendekatan Biomekanika Dan Fisiologi," *J. TIN Univ. Tanjungpura*, vol. 4, no. 2, pp. 239–249, 2020.
- [14] C. Y. Safithry, K. Nisya, N. Fadhilah, R. Shakila, R. A. Harahap, and W. Hasanah, "Pengaruh Aktivitas Kerja Dan Beban Angkat Terhadap Keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs)," *J. Nurs. Public Heal.*, vol. 11, no. 2, pp. 338–344, 2023, doi: 10.37676/jnph.v11i2.5099.
- [15] K. Badarin, *Dissertation: Physical Workload And Exit From The Labour Epidemiological studies with a focus on employees with musculoskeletal disorders*. 2022.
- [16] S. Mohamaddan *et al.*, "Investigation of oil palm harvesting tools design and technique on work-related musculoskeletal disorders of the upper body," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 86, no. September, p. 103226, 2021, doi: 10.1016/j.ergon.2021.103226.
- [17] Yeni Ayu Astuti and S. Susilawati, "Analisis Factor-Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Penggunaan Benda Tajam Atau Mesin pada Pemanen Sawit," *Sehat Rakyat J. Kesehat. Masy.*, vol. 2, no. 3, pp. 320–327, 2023, doi: 10.54259/sehatrakyat.v2i3.1745.
- [18] W. I. Bempa, T. S. Maksum, J. Masyarakat, F. Olahraga, and U. N. Gorontalo, "Hubungan

- Faktor Karakteristik Pekerja Dan Risiko Kerja Manual Material Handling Menggunakan Niosh Lifting Equation Dengan Keluhan *Upper Back Pain The Relationship Of Worker Characteristic Factors And Work Risks Of Manual Material Handling Using Niosh Lift*,” pp. 244–251, 2024.
- [19] A. Fiza Putri Rahmadillah, “Analisis Faktor yang Berhubungan Dengan Penerapan SMK3 Terhadap Kecelakaan Kerja Pada Pemanen Kelapa Sawit Kabupaten Batubara: Studi Literatur Riview,” *Nanggroe J. Pengabd. Cendikia*, vol. 337, no. 3, pp. 337–342, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8072753>
- [20] I. D. Karina, Y. A. Wani, and E. P. Arfiani, “Studi Kualitatif: Praktik Penggunaan Alat Pelindung Diri Pada Penjamah Makanan di Instalasi Gizi RSUD Bangil,” *J. Gizi Kerja dan Produkt.*, vol. 4, no. 2, pp. 240–252, 2023, doi: 10.52742/jgkp.v4i2.204.
- [21] D. R. Ningtyas, Z. Febrilian, and F. Isharyadi, “Implementasi Sni 9011:2021 Untuk Evaluasi Ergonomi Pada Operator Produksi Departemen Plastic Injection: Studi Kasus Di Industri Manufaktur,” *J. Stand.*, vol. 25, no. 2, p. 103, 2023, doi: 10.31153/js.v25i2.979.
- [22] A. Susanto *et al.*, “Measurement and Evaluation of Potential Ergonomic Hazards in The Analytical & Assay Laboratory of The Concentrating Division,” *J. Ind. Hyg. Occup. Heal.*, vol. 7, no. 1, pp. 36–52, 2022.
- [23] E. Y. Yovi and A. Fauzi, “Penilaian Risiko Ergonomi dalam Kegiatan Pemungutan Getah Pinus: Analisis Postur Kerja Statis (Ergonomics Risk Assessment in Pine Resin Harvesting: A Static Postural Analysis),” *J. Sylva Lestari*, vol. 9, no. 1, p. 104, 2021, doi: 10.23960/jsl19104-120.
- [24] I. A. Maulana, M. Idkham, and M. Dhafir, “Analisis Biomekanika Operator Pria Pada Pengoperasian Alat Pengupas Sabut Kelapa Tipe Sundak (Analysis of Biomechanical Male Operators on Coconut Husk Peeler Operation Sundak Type),” *JFP J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 8, no. 4, pp. 548–560, 2023, [Online]. Available: www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- [25] R. Yunita, M. Dhafir, and M. Idkham, “Studi Gerak Operator pada Pengoperasian Trailer Tipe Konvensional untuk Traktor Roda Dua Jenis Roda Sangkar di Lahan Sawit,” *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 7, no. 3, pp. 344–352, 2022, doi: 10.17969/jimfp.v7i3.20925.
- [26] N. Andarawis-Puri, A. F. Kuntz, M. L. Ramsey, and L. J. Soslowsky, “Effect of glenohumeral abduction angle on the mechanical interaction between the supraspinatus and infraspinatus tendons for the intact, partial-thickness torn, and repaired supraspinatus tendon conditions,” *J. Orthop. Res.*, vol. 28, no. 7, pp. 846–851, 2010, doi: 10.1002/jor.21068.
- [27] P. Y. Loh and S. Muraki, “Effect of wrist angle on median nerve appearance at the proximal carpal tunnel,” *PLoS One*, vol. 10, no. 2, 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0117930.
- [28] A. Priyanto, R. Mutia Andini, and A. Faris Naufal, “Kejadian Cedera Muskuloskeletal Saat Melakukan Exercise Selama Masa Pandemi Covid-19,” *Qual. J. Kesehat.*, vol. 16, no. 1, pp. 73–81, 2022, doi: 10.36082/qjk.v16i1.439.