

ANALISIS BEBAN KERJA FISIK OPERATOR PANEN KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE BIOMEKANIKA

Khairunnisa¹, Meri Andriani^{2*}, Wiky Sabardi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Samudra

*Email: meri_tind@unsam.ac.id

Diterima: 18 Februari 2023

Direvisi: 27 April 2023

Disetujui: 15 Juli 2023

ABSTRAK

Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara I (PKS PTPN 1) Tanjung Seumentoh merupakan perusahaan yang mengolah minyak sawit menjadi Crude Palm Oil (CPO) dengan kapasitas produksi 45 ton Tandan Buah Segar (TBS)/jam dengan luas pabrik ±10 Ha . Pemanenan buah kelapa sawit dilakukan secara manual menggunakan alat Egrek. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi gaya tekan dan indeks angkat operator pemanenan kelapa sawit. Tahapan penelitian, terdapat tiga tahapan penelitian yaitu tahap pertama yaitu survey lokasi penelitian, tahap kedua pengumpulan data penelitian jumlah pekerja, umur pekerja, berat alat, dan ketinggian peralatan yang digunakan untuk memanen buah kelapa sawit, tahap ketiga yaitu pengolahan data menggunakan metode Biomekanika dengan perhitungan yang maksimal. Batas yang Diijinkan (MPL) Batas Berat yang Direkomendasikan (RWL). Metode yang digunakan, Biomekanika terbagi menjadi dua metode yaitu Maximum Permissible Limit (MPL) dan Recommended Weight Limit (RWL). Hasil dan pembahasan, dari perhitungan RWL pada 8 operator diperoleh rata-rata Horizontal Multiplier (HM) 0.89, Vertical Multiplier (VM) 62.41625, Distance Multiplier (DM) 1.01875, Asymmetric Multiplier (AM) 1. Perhitungan MPL dari 8 operator didapatkan rata-rata Wtotal 421,79, Abdominal Pressure (PA) 1,8, Muscle force 681,79, Wrist Moment 1,05, Sacral Moment 11,47375, Total Moment 35,06. Kesimpulannya, gaya tekan pada 8 operator pemanenan kelapa sawit dengan rata-rata Recommended Weight Limit (RWL) sebesar 1173,3 N dan nilai rata-rata Maximum Permissible Limit (MPL) sebesar 715,8 N. Beban kerja pada 8 operator dengan nilai rata-rata 0.

Kata kunci: *Beban Kerja, Biomekanik, Indeks Pengangkatan, Batas Maksimum yang Diizinkan (MPL), Batas Berat yang Direkomendasikan (RWL)*

ABSTRACT

Palm Oil Mill PT. Perkebunan Nusantara I (PKS PTPN 1) Tanjung Seumentoh is a company that processes palm oil into Crude Palm Oil (CPO) with a production capacity of 45 tons of Fresh Fruit Bunches (FFB)/hour with a factory area of ±10 Ha. Harvesting of oil palm fruit is done manually using the Egrek tool. The purpose of this study was to identify the compressive force and lift index of oil palm harvesting operators. The research stages, there are three stages of research, namely the first stage, namely the survey of the research location, the second stage of collecting research data on the number of workers, age of workers, weight of equipment, and height of equipment used to harvest oil palm fruit, the third stage is data processing using the Biomechanics method with calculations the maximum. Permissible Limit (MPL) Recommended Weight Limit (RWL). The method used,

Biomechanics is divided into two methods, namely Maximum Permissible Limit (MPL) and Recommended Weight Limit (RWL). Results and discussion, from the calculation of RWL on 8 operators obtained an average Horizontal Multiplier (HM) 0.89, Vertical Multiplier (VM) 62,41625, Distance Multiplier (DM) 1.01875, Asymmetric Multiplier (AM) 1. MPL calculation from 8 operators obtained an average average Wtotal 421.79, Abdominal Pressure (PA) 1.8, Muscle force 681.79, Wrist Moment 1.05, Sacral Moment 11.47375, Total Moment 35.06. In conclusion, the compressive force on 8 oil palm harvesting operators with an average Recommended Weight Limit (RWL) of 1173.3 N and an average value of Maximum Permissible Limit (MPL) of 715.8 N. Workload on 8 operators with an average value -average 0. The method used, Biomechanics is divided into two methods, namely Maximum Permissible Limit (MPL) and Recommended Weight Limit (RWL). Results and discussion, from the calculation of RWL on 8 operators obtained an average Horizontal Multiplier (HM) 0.89, Vertical Multiplier (VM) 62,41625, Distance Multiplier (DM) 1.01875, Asymmetric Multiplier (AM) 1. MPL calculation from 8 operators obtained an average average Wtotal 421.79, Abdominal Pressure (PA) 1.8, Muscle force 681.79, Wrist Moment 1.05, Sacral Moment 11.47375, Total Moment 35.06. In conclusion, the compressive force on 8 oil palm harvesting operators with an average Recommended Weight Limit (RWL) of 1173.3 N and an average value of Maximum Permissible Limit (MPL) of 715.8 N. Workload on 8 operators with an average value -average 0. The method used, Biomechanics is divided into two methods, namely Maximum Permissible Limit (MPL) and Recommended Weight Limit (RWL). Results and discussion, from the calculation of RWL on 8 operators obtained an average.

Keywords: *Workload, Biomechanics, Lifting Index, Maximum Allowable Limit (MPL), Recommended Weight Limit (RWL)*

PENDAHULUAN

Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara I (PKS PTPN 1) Tanjung Seumentoh adalah perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit menjadi Minyak Sawit Mentah (CPO). Pabrik tersebut memiliki kapasitas produksi 45 ton TBS/jam dengan luas pabrik ±10 Ha. Proses pemanenan buah kelapa sawit di PKS Tj. Seumentoh PTP N 1 Aceh Tamiang masih menggunakan tenaga manusia dengan proses manual atau yang sering disebut dengan *Manual Material Handling* (MMH). Operasi pengangkutan manual terus memainkan peran kunci di sektor industri dan jasa, menimbulkan ketegangan fisik pada sistem muskuloskeletal (Vijaywargiya A. et al. 2022). Aktifitas manual sering menyebabkan rasa nyeri pada punggung atau *Low back pain* (LBP). *Low Back Pain* merupakan gangguan umum yang mempengaruhi populasi pekerja di seluruh dunia (Zhang . et al. 2020). 25 publikasi yang menyediakan data kuantitatif tentang hubungan antara manual penanganan material dan gangguan punggung dipilih. Studi "temuan dievaluasi berdasarkan kekuatan" (Kuiper. Et al. 2019). *Manual material handling* (MMH) merupakan Aktivitas penanganan bahan secara manual (Miswari. Et all). Evaluasi ergonomis Penanganan *Material Manual Handling* (MMH) sebagian besar telah didasarkan pada pendekatan

analisis tugas di mana pekerjaan itu dipecah menjadi tugas-tugas yang lebih sederhana dan dipelajari (Rajesh R. 2016). Penggunaan alat yang nyaman dapat memudahkan manusia dalam melakukan pekerjaannya dan dalam pekerjaan dan sebaliknya (Meri Andriani1, Rita Syntia. 2020). Pencocokan alat dengan dimensi tubuh manusia akan sangat membantu dalam pekerjaan (Yidong Chen1 and Yigang Wang. 2019). Ergonomi dan rekayasa itu dianggap sangat penting untuk sudut pandang kegunaan dan kenyamanan dalam bekerja (Al-Hina. Et al. 2018)

Proses pemanenan buah sawit membutuhkan beban kerja. Beban kerja merupakan beban setiap pekerjaan bagi yang bersangkutan, adanya pembahasan mengenai penelitian yang mungkin diperlukan untuk memajukan kemampuan komunitas ilmiah untuk mencegah perkembangan MSDs secara lebih efektif (Sean Gallagher and Mark C. Schall Jr. 2016). Gangguan muskuloskeletal mempengaruhi persentase yang tinggi dari ahli kesehatan dan terapis. Postur kerja yang statis dan canggung dianggap sebagai faktor risiko utama dari gangguan otot (Anastasios Plessas and Maria Bernardes delgado. 2017). Secara garis besar, aktivitas manusia dapat digolongkan menjadi dua komponen utama, yaitu kerja fisik dan mental. Pekerjaan fisik menggunakan otot sebagai pusat aktivitas dan pekerjaan mental menggunakan otak sebagai pemicu. Kedua kegiatan ini tidak dapat

dipisahkan secara sempurna mengingat adanya hubungan yang erat antara satu dengan yang lainnya.

Beban kerja akibat pemanenan buah sawit sangat besar, sehingga kegiatan tidak ergonomis. Bevan mengatakan Gangguan muskuloskeletal beban kerja (WMSD) adalah satu-satunya kategori cedera terkait pekerjaan terbesar dan bertanggung jawab atas 30 persen dari semua biaya kompensasi pekerja (Merikh-Nejadas. Et al. 2021). Kondisi kerja ergonomis yang tidak tepat adalah salah satu faktor yang paling penting dalam timbulnya masalah muskuloskeletal (Fouladi-Dehagh. Et al. 2021). Gangguan muskuloskeletal (MSD) pada tahun 2015. Diantaranya, nyeri pada punggung (46%) dan otot bahu, leher, dan tungkai atas (43%) adalah yang paling sering dilaporkan untuk mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal terkait pekerjaan (WMSDs) (Tröster. Et al. 2022). Beberapa metode telah dikembangkan, diterima oleh literatur internasional dan digunakan dalam tempat kerja (Ranavolo. Et al. 2018)

Ergonomi merupakan ilmu atau kaidah yang mempelajari manusia sebagai komponen internal dari suatu sistem kerja yang meliputi karakteristik fisik dan non fisik, keterbatasan manusia, dan kemampuan untuk merancang suatu sistem yang efektif, aman, sehat, nyaman, dan efisien agar tidak menimbulkan keluhan *Muskuloskeletal* (Andriani, et al. al.2018). Prinsip ergonomi dilakukan untuk menghindari siswa dari keluhan-keluhan gangguan muskuloskeletal (Andriani. 2019)

Gangguan *Muskuloskeletal* (MSD) dapat diidentifikasi dengan metode Biomekanik. *Muskuloskeletal Disorders* (MSDs) adalah gangguan yang terjadi pada tubuh manusia akibat aktivitas tubuh saat bergerak terlalu lama menerima beban berat yang dapat menyebabkan kelelahan otot (Nurjamilah, 2022). *Muskuloskeletal disorders* (MSDs) merupakan masalah kesehatan yang sering dirasakan oleh tenaga kerja yang diakibatkan oleh beberapa sebab, yaitu umur, jenis kelamin, indeks massa tubuh, masakerja, beban kerja, sikap kerja, dan suhu (Raines Saingo. Et all. 2022). Eksposur biomekanik dapat mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal yang relevan dengan pekerjaan. (Sol Lim and Clive D'Souza. 2020)

Biomekanika merupakan metode untuk mengevaluasi efek dari mengangkat beban dan postur beban yang dibawa oleh pekerja dan meminimalkannya sehingga dapat mengurangi kecelakaan dan kesehatan kerja (Antwi-Afari. Et al. 2017). Pendekatan yang efektif dan ilmiah dapat membantu mengurangi kecelakaan kerja, sehingga manusia dapat bekerja dengan aman. Biomekanika mengukur kekuatan fisik tenaga kerja seperti kekuatan fisik (Genitrini. et al. 2020). Biomekanika dioperasikan pada tubuh manusia baik ketika tubuh

dalam keadaan statis maupun dalam keadaan dinamis

Kemampuan tubuh manusia secara mekanis pada saat melakukan aktivitas dan metode kerja, serta sarana dan peralatan, dirancang sesuai dengan kemampuan tubuh manusia saat melakukan pekerjaan. *Quality work Live* (QWL) dan postur kerja dengan adanya nyeri muskuloskeletal harus dikurangi (Asghari. et al, 2019). Beberapa pekerjaan manual dilakukan dengan cara yang berbahaya dapat menyebabkan keluhan rasa sakit. (Munawir. Et al. 2020). Mengingat kerja manusia bersifat fisik dan mental, maka masing-masing punya tingkat pembebanan yang berbeda-beda. Banyak ditemukan metode yang dapat membantu manusia kerja. Pekerjaan menjadi lebih mudah, lebih cepat, lebih nyaman dan dapat mengurangi risiko penyakit dan cedera karena pekerjaan (Widodo. Et al. 2020). Salah satunya metode biomekanika yang bertujuan untuk mengurangi secara signifikan kompresi sendi dan aktivitas otot (Tröster. Et al. 2020).

Biomekanika dibagi menjadi dua metode, yaitu metode Batas Maksimum yang Diizinkan (MPL) dan Batas Berat yang Direkomendasikan (RWL). *Recommended Weight Limit* (RWL) adalah batas beban yang direkomendasikan yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera meskipun pekerjaan dilakukan secara berulang-ulang dan dalam jangka waktu yang lama (Muslimah, 2008). Batas *Maksimum Permissible Limit* (MPL) adalah batas gaya tekan pada segmen L5/S1 kegiatan pengangkatan dalam satuan Newton yang distandarisasi oleh NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) (Purwaningsih, 2007)

METODE PENELITIAN

1. Tahap pertama adalah survei lokasi penelitian,
2. Tahap kedua pengumpulan data penelitian adalah jumlah pekerja, umur pekerja, berat alat, dan tinggi alat yang digunakan untuk memanen buah kelapa sawit,
3. Tahap ketiga adalah pengolahan data menggunakan metode Biomekanika dengan perhitungan Maximum Permissible and (MPL) dan Recommended Weight Limit (RWL).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data *Recommended Weight Limit* (RWL) operator dalam kegiatan dodos kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar dan Tabel 4.1



Gambar 1. Data RWL Kegiatan Pengolahan Kelapa Sawit oleh Operator

Sumber: PTPN 1 Perkebunan PKS Aceh Tamiang

Gambar 1. Menunjukkan aktivitas pemanenan buah sawit oleh operator dalam posisi berdiri dan memegang alat egrek.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Operator Pemanenan Buah Sawit RWL

No	Operator	H(cm)	V(cm)	D(cm)	A(cm)
1	Suriyadi	28	112	20	0
2	Rusiadi	25	112	18	0
3	Romiadi	19	139	13	0
4	Arjito	27	130	18	0
5	Zulkarnain	26	142	34	0
6	Siswanto	28	160	29	0
7	Paimun	32	158	32	0
8	Ramadan	67	148	39	0

Sumber: PTPN 1 Perkebunan PKS Aceh Tamiang

Tabel 1. Hal ini menunjukkan bahwa data pada delapan operator tidak terjadi *Sudut asimetris* (A) atau rotasi tubuh bagian atas saat memanen kelapa sawit. Terlihat juga bahwa rata-rata jarak beban alat dari tanah berada di atas 1 meter, dimana kegiatan ini dapat memicu kelelahan pada operator jika dilakukan dalam jangka waktu yang lama dan berulang-ulang sehingga dapat menyebabkan cedera otot.

Tabel 2. Rekapitulasi Data MPL Operator Pemanenan Buah Sawit

Data *Maximum Permissible Limit* (MPL) operator pada kegiatan dodos kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar dan Tabel 2. di bawah ini.



Gambar 2. Data MPL Kegiatan Pengolahan Kelapa Sawit Oleh Operator

Sumber: PTPN 1 Perkebunan PKS Aceh Tamiang

Gambar 2. Menunjukkan aktivitas pemanenan buah sawit oleh operator dalam posisi berdiri dan memegang alat egrek.

Sumber: PTPN 1 Perkebunan PKS Aceh Tamiang

Tabel 2. Hal ini menunjukkan bahwa data delapan operator angkat berat rata-rata 4,5 kg yang jika dilakukan dalam waktu lama dapat menyebabkan cedera otot. Tabel di atas juga menunjukkan θ_4 atau tekanan pada 15/s1 stabil pada rata-rata 90° sedangkan yang tertinggi adalah untuk operator Rusia dengan

N o	Operator	Mb ada n (kg)	Mbe nda (kg)	SL1 (cm)	SL2 (cm)	SL3 (cm)	SL4 (cm)	θ_1 ($^\circ$)	θ_2 ($^\circ$)	θ_3 ($^\circ$)	θ_4 ($^\circ$)	θ_H ($^\circ$)	θ_T ($^\circ$)
1	Suriyadi	72	4,5	0.16	0.32	0.34	0,48	10	30	70	90	90	10
2	Rusiadi	62	4	0.16	0.32	0.34	0,47	40	30	55	95	95	5
3	Romiadi	60	4,5	0.14	0.24	0,30	0,43	20	40	5	75	75	20
4	Arjito	62	4	0,15	0,30	0.31	0,49	50	75	65	90	90	15
5	Zulkarnain	63	4,5	0.14	0.31	0,30	0,41	60	55	35	90	90	10
6	Siswanto	67	4	0,15	0.32	0.34	0,47	45	30	20	80	80	50
7	Paimun	59	4	0.14	0,26	0,30	0,43	40	60	20	95	95	20
8	Ramadan	60	4	0.16	0,30	0.31	0,42	15	15	40	55	55	35

nilai 95,0 terendah di operator Ramadhan.

Rekapitulasi Nilai RWL

Rekapitulasi hasil perhitungan *Recommended Weight Limit* (RWL) operator kegiatan dodos buah sawit dapat dilihat pada Tabel 3. di bawah ini

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Nilai RWL pada Operator

Nama operator	RWL (N)	Kategori
Suriyadi	720.19	Aman
Rusiadi	825.9	Aman
Romiadi	2048.6	Aman
Arjito	1136.7	Aman
Zulkarnain	1279.9	Aman
Siswanto	1544	Aman
Paimun	1299.5	Aman
Ramadan	531.5	Aman

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 3. Hasil nilai MPL (*Maximum Permissible Limit*) berdasarkan perhitungan menunjukkan bahwa nilai FC (tekanan perut) semua operator dalam kegiatan pemanenan buah sawit berada di bawah 6300 N dalam kategori aman dan tidak ada tindakan dibutuhkan. Nilai FC tertinggi terdapat pada operator kedelapan yaitu 1887,24 N dan nilai FC terendah terdapat pada operator kedua yaitu 66,18 N.

Rekapitulasi Nilai MPL

Rekapitulasi hasil perhitungan Batas Maksimum yang Diizinkan (MPL) pada operator kegiatan dodos buah sawit dapat dilihat pada Tabel 4. di bawah ini

Tabel 4. Rekapitulasi perhitungan nilai MPL pada operator kegiatan pemanenan buah sawit

Nama Operator	MPL	FC(N)	Kategori
Suriyadi	6300 N	1176.6	Aman
Rusiadi	6300 N	66.18	Aman
Romiadi	6300 N	1067.65	Aman
Arjito	6300 N	172.41	Aman
Zulkarnain	6300 N	321.32	Aman
Siswanto	6300 N	1010.77	Aman
Paimun	6300 N	80.08	Aman
Ramadan	6300 N	1887.24	Aman

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 4. Hasil *Recommended Weight Limit* (RWL) berdasarkan perhitungan didapatkan nilai terendah dengan beban terkecil terjadi padaoperator kedelapan oleh Bp Ramadhan dengan nilai 531,5 N dan nilai tertinggi terjadi pada operator ketiga oleh Bp Romiadi dengan nilai 2048,6 N. Hasil keseluruhan dari delapan operator dengan nilai di bawah 3500 N, aktivitas memanen

buah sawit berada dalam kategori aman dan tidak ada tindakan yang diperlukan.

Rekapitulasi Nilai LI

Rekapitulasi hasil perhitungan nilai LI (*Lifting Index*) operator kegiatan dodos buah sawit dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Nilai LI Pada Penyelenggara Kegiatan pemanenan Buah Sawit

Nama Operator	LI (<i>Lifting Indeks</i>)	Kategori
Suriyadi	0,006248 Kg	Aman
Rusiadi	0,004843 Kg	Aman
Romiadi	0,002197 Kg	Aman
Arjito	0,010752 Kg	Aman
Zulkarnain	0,003516 Kg	Aman
Siswanto	0,002591 Kg	Aman
Paimun	0.003078 Kg	Aman
Ramadan	0,007526 Kg	Aman

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 5. Hasil nilai LI (*Lifting Index*) berdasarkan perhitungan menunjukkan bahwa semua operator dalam kegiatan pemanenan buah sawit berada pada kategori aman (tidak terjadi penyimpangan beban) dan tidak diperlukan tindakan.

KESIMPULAN

- Hasil nilai MPL (*Maximum Permissible Limit*) berdasarkan perhitungan menunjukkan bahwa nilai FC (tekanan perut) semua operator dalam kegiatan pemanenan buah sawit berada di bawah 6300 N dalam kategori aman dan tidak diperlukan tindakan. Nilai FC tertinggi terdapat pada operator kedelapan yaitu 1887,24 N dan nilai FC terendah terdapat pada operator kedua yaitu 66,18 N.
- Hasil nilai RWL (*Recommended Weight Limit*) berdasarkan perhitungan didapatkan nilai terendah dengan beban terkecil terjadi pada operator kedelapan oleh Pak Ramadhan dengan nilai 531,5 N dan nilai tertinggi terjadi pada operator ketiga oleh Pak Romiadi dengan nilai 2048,6 N. Hasil keseluruhan dari delapan operator dengan nilai di bawah 3500 N, maka aktivitas pemanenan buah sawit dalam kategori aman dan tidak diperlukan tindakan.
- Hasil nilai LI (*Lifting Index*) berdasarkan perhitungan menunjukkan bahwa semua operator dalam kegiatan pemanenan buah sawit berada pada kategori aman (tidak terjadi penyimpangan beban) dan tidak diperlukan tindakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Industri yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian saya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-hinai, Nasr, Mahmood Al-kind, dan Ahm Shamsuzzoha. 2018. "An Ergonomic Student Chair Design and Engineering for Classroom Environment." 7(5):534–43.
- Andriani, M. 2018. "Application of Anthropometry to Overcome Musculoskeletal Problems Application of Anthropometry to Overcome Musculoskeletal Problems."
- Andriani, Meri, dan Rita Syntia. n.d. "The Impact of Anthropometry on Terasi Packaging The Impact of Anthropometry on Terasi Packaging."
- Article, Original. 2022. "Ergonomics Evaluation of Manual Lifting Task on Biomechanical Stress in Symmetric Posture 1." 12(3):206–14.
- Asghari, Elnaz, Iman Dianat, Farahnaz Abdollahzadeh, dan Fariba Mohammadi. 2019. "International Journal of Industrial Ergonomics Musculoskeletal pain in operating room nurses : Associations with quality of work life , working posture , socio-demographic and job characteristics." *International Journal of Industrial Ergonomics* 72(May):330–37.
- Desember, No Juli. 2021. "Global Science Society : Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat MASKER ERGONOMIS MINIMIZING THE DISTRIBUTION OF THE COVID-19 PLAGUE THROUGH ERGONOMIC Global Science Society : Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat PENDAHULUAN Kota Langsa merupakan." 3(2):178–85.
- Film, Composite, By Electrodeposition, Masaya Ozawa, dan Susumu Arai. 2019. "Anthropometry application of students in the design of campus tables and chairs Anthropometry application of students in the design of campus tables and chairs."
- Forsman, Mikael, Mikael Forsman, dan Mikael Forsman. n.d. "MTM-based ergonomic workload analysis Related papers."
- Fouladi-dehaghi, Behzad, Reza Tajik, Leila Ibrahim-ghavamabadi, dan Javad Sajedifar. 2021. "International Journal of Industrial Ergonomics Physical risks of work-related musculoskeletal complaints among quarry workers in East of Iran." *International Journal of Industrial Ergonomics* 82(July 2019):103107.
- Gallagher, Sean, dan Mark C. Schall Jr. 2016. "Musculoskeletal disorders as a fatigue failure process : evidence , implications and research needs research needs." *Ergonomics* 0139(February 2017):0.
- Genitrini, Matteo, Francesca Dotti, Eleonora Bianca, dan Ada Ferri. 2022. "Impact of Backpacks on Ergonomics : Biomechanical and Physiological Effects : A Narrative Review."
- Kramer, R. n.d. "An Anthropometric Dimensions Measurement Method Using Multi-pose Human Images with Complex Background An Anthropometric Dimensions Measurement Method Using Multi-pose Human Images with Complex Background."
- Kuiper, Judith. n.d. "Epidemiologic evidence on manual materials handling as a risk factor for back disorders : a systematic review."
- Lim, Sol, dan Clive D'Souza. 2020. "A narrative review on contemporary and emerging uses of inertial sensing in occupational ergonomics." *International Journal of Industrial Ergonomics* 76(February):102937.
- Merikh-nejadasl, Atieh, Ilias El, Greet Van De Perre, Tom Verstraten, dan Bram Vanderborght. 2021. "A generic algorithm for computing optimal ergonomic postures during working in an industrial environment." *International Journal of Industrial Ergonomics* 84(May):103145.
- Nagamachi, Mitsuo. n.d. "Kansei Engineering : A new ergonomic consumer-oriented technology for product development."
- Rajesh, R. 2016. "Manual material handling : A classification scheme." *Procedia Technology* 24(1978):568–75.
- Ranavolo, Alberto, Arash Ajoudani, Andrea Cherubini, Matteo Bianchi, Lars Fritzsche, Sergio Iavicoli, Massimo Sartori, Alessio Silveti, Bram Vanderborght, Tiwana Varrecchia, dan Francesco Draicchio. 2020. "The Sensor-Based Biomechanical Risk Assessment at the Base of the Need for Revising of Standards for Human Ergonomics."
- Ranavolo, Alberto, Francesco Draicchio, Tiwana

- Varrecchia, dan Alessio Silveti. 2018. "Wearable Monitoring Devices for Biomechanical Risk Assessment at Work : Current Status and Future Challenges — A Systematic Review." 1–26.
- Rubio-valdehita, Susana, M^a Inmaculada López-núñez, dan M^a Díaz-ramiro. 2017. "Ergonomic Assessment of Mental Workload in Higher Education . Effects of Education System on Student ' s Workload Perception."
- Saingo, Reno Raines, Luh Putu Ruliati, dan Afrona E. L. Takaeb. 2022. "Media Kesehatan Masyarakat ERGONOMIC RISK OF MUSCULOSKELETAL DISORDERS Media Kesehatan Masyarakat." 4(2):235–44.
- The, Warse, dan World Academy. n.d. "Analysis of Work Posture and Manual Material Handling in a Flour Production Process."
- Tröster, Mark, Sarah Budde, Christophe Maufroy, Michael Skipper Andersen, John Rasmussen, Urs Schneider, dan Thomas Bauernhansl. 2022. "Biomechanical Analysis of Stoop and Free-Style Squat Lifting and Lowering with a Generic Back-Support Exoskeleton Model."
- Tröster, Mark, David Wagner, Felix Müller-graf, Christophe Maufroy, Urs Schneider, dan Thomas Bauernhansl. n.d. "Biomechanical Model-Based Development of an Active Occupational Upper-Limb Exoskeleton to Support Healthcare Workers in the Surgery Waiting Room."
- Widodo, Lamto, dan Christian Ruslie. n.d. "Ergonomic Analysis By Using REBA , WERA And Biomechanics Method In The Production Process Of Women ' s Bags In Small Industry (SME) Ergonomic Analysis By Using REBA , WERA And Biomechanics Method In The Production Process Of Women ' s Bags In Small Indu."
- Wong, Y. L., John Rosecrance, Bob Meyer, Ira Janowitz, Y. L. Wong, dan Kermit Davis. 2004. "Biomechanical analysis of risk factors for work-related musculoskeletal disorders during repetitive li ing task ..."
- Zhang, Yongbao, Jinjing Ke, dan Xiang Wu. 2020. "A Biomechanical Waist Comfort Model for Manual Material Lifting."

