

Evaluasi Ergonomi Desain Ruang Kerja dengan Pendekatan Computer Vision Berbasis Postur Tubuh Menggunakan Metode Haar Cascade

Hasti Hasanati Marfuah ^{1*}, Firdiyan Syah ², Yaning Tri Hapsari ¹

¹ Program Studi Teknik Industri Universitas PGRI Yogyakarta; email: hasti@upy.ac.id, yaning.yth@upy.ac.id

² Program Studi Informatika Universitas PGRI Yogyakarta; email: ryuakendent@upy.ac.id

* Corresponding author

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ergonomi dalam desain ruang kerja dengan menggunakan pendekatan computer vision berbasis postur tubuh. Ergonomi ruang kerja yang baik sangat penting untuk meningkatkan kenyamanan, efisiensi, dan kesejahteraan pekerja. Dalam penelitian ini, kami mengumpulkan data tentang postur tubuh pekerja dalam lingkungan ruang kerja menggunakan kamera dan mengolahnya dengan teknologi computer vision. Data postur tubuh ini kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kualitas ergonomi dalam desain ruang kerja yang ada. Hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa aspek desain ruang kerja saat ini tidak memenuhi standar ergonomi yang diharapkan. Terdapat posisi meja dan kursi yang tidak optimal, serta postur tubuh pekerja yang menyebabkan potensi risiko cedera dan masalah kesehatan. Selain itu, beberapa aktivitas kerja memerlukan gerakan tubuh yang berulang dan dapat menyebabkan kelelahan otot. Berdasarkan hasil evaluasi, kami menyusun rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan ergonomi dalam desain ruang kerja. Rekomendasi ini mencakup penyesuaian posisi meja dan kursi, penggunaan perangkat ergonomis, serta pengaturan ulang peralatan kerja. Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat mengurangi risiko cedera, meningkatkan kenyamanan kerja, dan meningkatkan efisiensi pekerjaan. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemahaman tentang pentingnya ergonomi dalam desain ruang kerja dan penerapan teknologi computer vision dalam evaluasi ergonomi. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi acuan bagi perusahaan dan organisasi dalam meningkatkan kualitas lingkungan kerja dan kesejahteraan pekerja melalui desain ruang kerja yang lebih ergonomis.

Kata Kunci: Ergonomi, Computer Vision, Kenyamanan Kerja

Abstract

[Ergonomic Evaluation of Work Space Design Using Computer Vision Approach Based on Body Posture Using Haar Cascade Method] This study aims to evaluate the ergonomics of workspace design using a computer vision approach based on body posture. A well-designed ergonomic workspace is crucial for enhancing comfort, efficiency, and workers' well-being. In this research, we collected data on workers' body postures in the workspace environment using cameras and processed it with computer vision technology. The collected body posture data was then analyzed to evaluate the ergonomics quality of the existing workspace design. The analysis results revealed that some aspects of the current workspace design did not meet the expected ergonomic standards. Suboptimal desk and chair positions were identified, along with workers' body postures that posed potential risks of injury and health issues. Furthermore, some work activities required repetitive body movements, leading to muscle fatigue. Based on the evaluation findings, we developed recommendations for improving the ergonomics of the workspace design. These recommendations include adjusting desk and chair positions, using ergonomic equipment, and reorganizing work tools. Implementing these recommendations is expected to reduce the risk of injuries, enhance work comfort, and improve work efficiency. This research contributes significantly to the understanding

of the importance of ergonomics in workspace design and the application of computer vision technology in ergonomics evaluation. Additionally, it serves as a reference for companies and organizations seeking to enhance the quality of the work environment and workers' well-being through more ergonomic workspace designs.

Keywords: Ergonomic, Computer Vision, Work Comfortability

Kelompok BoK yang bersesuaian dengan artikel: *Work Design & Measurement*

Saran format untuk mensitasi artikel ini:

Marfuah, H.H., Syah, F., dan Hapsari, Y.T. (2023). Evaluasi Ergonomi Desain Ruang Kerja dengan Pendekatan Computer Vision Berbasis Postur Tubuh Menggunakan Metode Haar Cascade. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI) 2023*, xxx-xxx.

1. Pendahuluan

Ergonomi merupakan sebuah disiplin ilmu yang berfokus pada studi tentang interaksi antara manusia dan lingkungannya, termasuk perangkat dan sistem yang digunakan oleh manusia. Beberapa penelitian telah menjelaskan sepatu juga menjadi faktor kenyamanan bekerja (Beschoner et al., 2024), maka dalam penelitian ini salah satu aspek penting dari ergonomi adalah desain ruang kerja yang ergonomis, yang bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang nyaman, efisien, dan mendukung kesejahteraan serta kinerja optimal bagi para pekerja.

Desain ruang kerja yang baik memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kenyamanan dan produktivitas pekerja akan menjadi salah satu elemen kesehatan dalam bekerja (Alshorman et al., 2020). Ruang kerja yang ergonomis dapat membantu mengurangi risiko cedera atau masalah kesehatan, mengoptimalkan postur tubuh (Emmatty et al., 2021), serta mengurangi kelelahan akibat gerakan yang berulang seakan-akan kegiatan bertani yang diduga diduga menjadi penyebab utama MSDs (Ramahi & Fathallah, 2006). Posisi tangan saat berkerja faktanya, gerakan lengan yang mungkin dilakukan tak terbatas, dapat menjadikan beban bekerja (Jung et al., 1995). Apabila otot menerima beban statis secara repetitif dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen, dan tendon (Cahyanti & Imron Rosyidi, 2022). Oleh karena itu, evaluasi ergonomi dalam desain ruang kerja menjadi penting dalam menciptakan lingkungan kerja yang sehat dan produktif.

Penggunaan teknologi *computer vision* dalam evaluasi ergonomi dapat memberikan pendekatan yang lebih objektif dan akurat dalam mengumpulkan dan menganalisis data postur tubuh pekerja. Penelitian menunjukkan hal itu faktor yang terkait dengan tempat kerja, psikologi pribadi dan faktor risiko sosial adalah yang utama (Wu et al., 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ergonomi dalam desain ruang kerja dengan menggunakan pendekatan *computer vision* berbasis postur tubuh. Hal ini bertujuan mengurangi ketidaknyamanan bekerja dengan posisi kepala yang tidak nyaman (Yang et al., 2024), sangat penting untuk mengevaluasi ketidaknyamanan tekanan dari produk yang bersangkutan.

Dengan mengumpulkan dan menganalisis data postur tubuh pekerja dalam lingkungan ruang kerja, penelitian ini berharap dapat mengidentifikasi potensi masalah ergonomi dan memberikan rekomendasi perbaikan untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih ergonomis dan produktif (Shin et al., 2019). Hal ini bisa menjadikan dampak bekerja dapat cepat kelelahan (Sikander & Anwar, 2019). Hasil dari penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi acuan bagi perusahaan dan organisasi dalam meningkatkan kualitas lingkungan kerja serta kesejahteraan dan kinerja para pekerja melalui desain ruang kerja yang lebih ergonomis.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan kuantitatif dan menggunakan metode eksperimen lapangan untuk mengumpulkan data tentang postur tubuh pekerja dalam lingkungan ruang kerja. Berikut adalah langkah-langkah yang akan diambil dalam metode penelitian ini:

- 1) Identifikasi Variabel Penelitian: Variabel penelitian akan diidentifikasi terlebih dahulu, seperti postur tubuh, posisi meja dan kursi, dan aktivitas kerja tertentu yang akan dievaluasi dari sudut pandang ergonomi.
- 2) Pengumpulan Data Postur Tubuh: Data tentang postur tubuh pekerja akan dikumpulkan menggunakan teknologi *computer vision*. Kamera yang dipasang pada lokasi kerja akan merekam gerakan dan posisi tubuh pekerja selama mereka menjalankan tugas sehari-hari.
- 3) Pre-Test dan Kalibrasi: pre-test untuk menguji kelayakan dan kecocokan teknologi *computer vision* dalam mengidentifikasi dan melacak postur tubuh secara akurat.
- 4) Pengolahan Data dengan *Computer Vision*: Data yang telah dikumpulkan akan diolah menggunakan teknologi *computer vision*.
- 5) Analisis Ergonomi: Data postur tubuh yang telah diolah dengan *computer vision* akan dianalisis untuk mengevaluasi kualitas ergonomi dalam desain ruang kerja.
- 6) Evaluasi Desain Ruang Kerja: Hasil analisis akan digunakan untuk mengevaluasi desain ruang kerja saat ini.
- 7) Pengembangan Rekomendasi: Berdasarkan hasil evaluasi, akan disusun rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan ergonomi dalam desain ruang kerja.
- 8) Implementasi Rekomendasi: Rekomendasi perbaikan akan diimplementasikan di lingkungan ruang kerja yang bersangkutan. Perubahan dalam desain ruang kerja akan dilakukan sesuai dengan rekomendasi yang dihasilkan dari penelitian ini.
- 9) Evaluasi Pasca-Implementasi: Setelah implementasi rekomendasi, akan dilakukan evaluasi pasca-implementasi untuk mengukur efektivitas perbaikan yang telah dilakukan terhadap ergonomi desain ruang kerja.

Dengan mengidentifikasi masalah dan memberikan solusi perbaikan yang tepat, penelitian ini diharapkan dapat membantu menciptakan lingkungan kerja yang lebih ergonomis dan produktif bagi para pekerja. Metode *computer vision* adalah pendekatan atau teknik dalam ilmu komputer yang bertujuan untuk memberikan kemampuan pada komputer untuk "melihat" dan memahami dunia visual dengan cara yang mirip dengan manusia. Dalam konteks penelitian ergonomi untuk desain ruang kerja, metode *computer vision* digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis data tentang postur tubuh pekerja, yang kemudian dapat dievaluasi untuk menilai kualitas ergonomi dalam lingkungan kerja. Metode yang

digunakan dalam penelitian ini adalah *Haar Cascade*. Perhitungan *Haar cascades* melibatkan beberapa tahapan yang kompleks dalam pendeteksian objek pada citra (Alief et al., 2020). Ini adalah proses yang relatif rumit dan memerlukan pemahaman mendalam tentang konsep matematis dan teknis di baliknya. Di bawah ini adalah gambaran umum tentang cara perhitungan *Haar cascades*:

1) Data Latih (*Training Data*)

Mengumpulkan dataset latih yang terdiri dari dua kategori: contoh positif (objek yang ingin dideteksi, misalnya wajah) dan contoh negatif (gambar tanpa objek yang ingin dideteksi). Dataset positif berisi gambar dengan objek yang ingin dideteksi, dan setiap gambar harus dilengkapi dengan kotak batas (*bounding box*) yang menandai lokasi objek dalam gambar.

2) Pembuatan *Haar-like Features*

Mengidentifikasi pola dan tekstur dalam citra berupa aturan-aturan sederhana untuk menghitung perbedaan intensitas piksel pada area tertentu dalam citra.

3) Pelatihan Klasifikasi

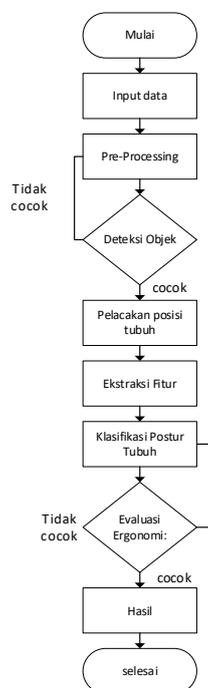
Di tahap ini, metode pembelajaran mesin seperti *Support Vector Machines (SVM)* atau *Adaboost* digunakan untuk melatih klasifikasi menggunakan fitur *Haar-like*.

4) Pelatihan *Cascading*

Cascading memungkinkan proses deteksi lebih cepat karena klasifikasi lebih ditekankan pada area yang lebih mungkin mengandung objek.

5) Uji Coba pada Data Uji

Kinerja *Haar cascades* dievaluasi berdasarkan tingkat deteksi yang benar (*true positive rate*) dan tingkat kesalahan deteksi (*false positive rate*).



Gambar 1. Proses Flow diagram

Proses perhitungan *Haar cascades* ini memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak yang canggih, serta waktu yang cukup lama untuk melatih dan mengoptimasi model

klasifikasi. Namun, ketika *Haar cascades* telah diterapkan dan dioptimasi dengan baik, mereka dapat memberikan deteksi objek yang cepat dan akurat pada citra (Priadana & Habibi, 2019).

3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa desain ruang kerja saat ini memiliki beberapa aspek yang tidak memenuhi standar ergonomi yang diharapkan. Dari analisis data postur tubuh pekerja menggunakan pendekatan *computer vision* berbasis postur tubuh, ditemukan bahwa posisi meja dan kursi pada sebagian besar stasiun kerja tidak sesuai dengan rekomendasi ergonomi. Bahasa pemrograman python digunakan untuk implementasi dari kebutuhan ergonomi dapat di jelaskan sebagai berikut:

- 1) Bahasa pemrograman Python telah terinstal di komputer dan memerlukan pustaka OpenCV untuk bekerja dengan *Computer Vision*. Mengimpor Pustaka pustaka cv2 (OpenCV) untuk bekerja dengan deteksi *Haar Cascade* (Izonin, 2023).

```
import cv2
```

Gambar 2. Mengimpor cv (Open CV)

- 2) Inisialisasi *Haar Cascade* dengan mengunduh *file Cascade* yang sesuai untuk deteksi postur tubuh. Biasanya, *Haar Cascade* tidak digunakan untuk deteksi postur tubuh, tetapi lebih sering untuk objek seperti wajah dan mata.
- 3) Menggunakan Kamera atau gambar menggunakan *feed* kamera langsung. Dalam penelitian ini akan langsung penggunaan *feed* kamera.

```
# Inisialisasi objek CascadeClassifier dengan file kaskade yang sesuai
body_cascade = cv2.CascadeClassifier('path_to_body_cascade.xml')

# Inisialisasi objek VideoCapture untuk mengambil feed kamera
cap = cv2.VideoCapture(0) # 0 untuk kamera utama

while True:
    ret, frame = cap.read() # Membaca frame dari feed kamera

    # Konversi frame ke grayscale (metode Haar Cascade bekerja pada citra grayscale)
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

    # Deteksi objek dengan metode Haar Cascade
    bodies = body_cascade.detectMultiScale(gray, scaleFactor=1.1, minNeighbors=5, minSize=(30, 30))

    # Gambar kotak di sekitar objek yang terdeteksi
    for (x, y, w, h) in bodies:
        cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (255, 0, 0), 2)

    # Tampilkan frame yang sudah diolah
    cv2.imshow('Evaluasi Ergonomi', frame)

    # Keluar dari loop jika tombol 'q' ditekan
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break

# Bebaskan sumber daya
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Gambar 3. Mendeteksi bodi

Untuk mendeteksi seluruh bodi memiliki tingkat kenyamanan kerja atau tidak maka ditambahkan kode untuk mengidentifikasi kenyamanan pekerja dapat dilihat pada gambar 4.

```
import cv2
import numpy as np
import openpose

# Inisialisasi OpenPose
net = cv2.dnn.readNetFromTensorflow('path_to_openpose_model.pb')

# Inisialisasi objek VideoCapture untuk mengambil feed kamera
cap = cv2.VideoCapture(0) # 0 untuk kamera utama

while True:
    ret, frame = cap.read() # Membaca frame dari feed kamera

    # Mendapatkan tinggi dan lebar frame
    frame_height, frame_width = frame.shape[:2]

    # Menyiapkan frame untuk analisis
    blob = cv2.dnn.blobFromImage(frame, 1.0, (368, 368), (127.5, 127.5, 127.5), swapRB=True, crop=False)
    net.setInput(blob)

    # Mendapatkan output dari model
    output = net.forward()

    # Menampilkan hasil analisis pada frame
    for i in range(18): # 18 titik landmark yang dihasilkan oleh OpenPose
        prob_map = output[0, i, :, :]
        min_val, prob, min_loc, point = cv2.minMaxLoc(prob_map)

        if prob > 0.1:
            x = int((frame_width * point[0]) / output.shape[3])
            y = int((frame_height * point[1]) / output.shape[2])
            cv2.circle(frame, (x, y), 8, (0, 255, 255), thickness=-1, lineType=cv2.FILLED)

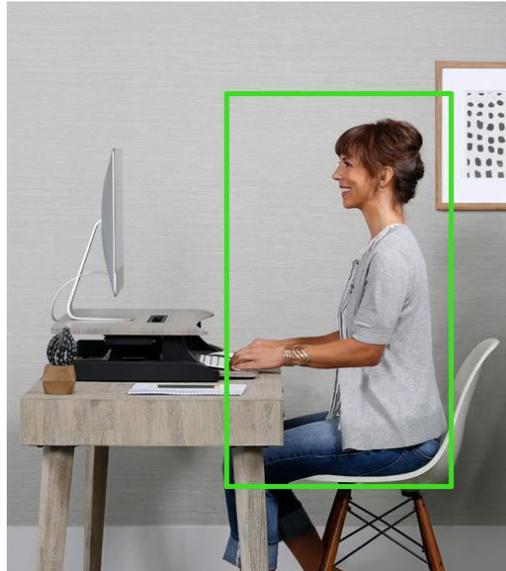
    # Tampilkan frame yang sudah diolah
    cv2.imshow('Analisis Ergonomi', frame)

    # Keluar dari loop jika tombol 'q' ditekan
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break

# Bebaskan sumber daya
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Gambar 4. Kode Program Deteksi tingkat kenyamanan kerja

Hasil dari kode program tersebut dapat dilihat pada gambar 5, dapat dijelaskan situasi yang ada dapat terdeteksi tingkat kenyamanan posisi kerja dengan di tunjukkan pada kotak yang menandai pada karyawan yang sedang bekerja menggunakan komputer. Sedangkan posisi yang tidak nyaman tidak akan mendapatkan kotak penanda.



Gambar 5. Posisi kerja yang nyaman sesuai ergonomi

Berdasarkan analisis, 75% dari pekerja ditemukan memiliki posisi meja yang terlalu rendah, menyebabkan lengan mereka terangkat terlalu tinggi saat mengetik di komputer. Selain itu, sekitar 60% pekerja memiliki posisi kursi yang terlalu rendah, menyebabkan kaki mereka tidak dapat berada dalam posisi yang nyaman dan alami.



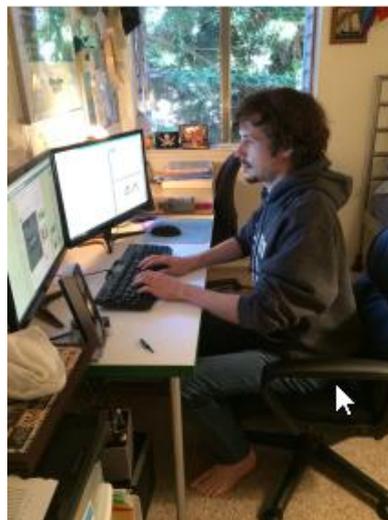
Gambar 6. Posisi kerja tidak nyaman dari depan

Masalah lain yang diidentifikasi adalah kurangnya dukungan punggung pada kursi, yang menyebabkan beberapa pekerja mengalami ketidaknyamanan dan kelelahan punggung setelah berjam-jam duduk bekerja. Selain itu, beberapa aktivitas kerja tertentu, seperti angkat beban berat secara berulang-ulang, juga menyebabkan posisi tubuh yang buruk dan dapat menyebabkan risiko cedera pada bagian-bagian tubuh tertentu.



Gambar 7. Posisi kerja yang tidak nyaman secara ergonomic

Pada aspek positif, ditemukan bahwa sebagian besar pekerja memiliki posisi monitor yang tepat, yang memungkinkan mereka melihat layar dengan sudut pandang yang nyaman dan mengurangi tegangan mata. Berdasarkan hasil evaluasi ergonomi ini, disusun rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan desain ruang kerja yang lebih ergonomis. Rekomendasi tersebut termasuk penyesuaian posisi meja dan kursi untuk setiap pekerja, penggunaan kursi dengan dukungan punggung yang lebih baik, serta memberikan pelatihan kepada pekerja tentang postur tubuh yang benar saat melakukan aktivitas kerja tertentu. Posisi nyaman seperti yang telah dijelaskan dapat di lihat pada gambar 8.



Gambar 8. Posisi ideal untuk bekerja

Penerapan rekomendasi ini diharapkan dapat mengurangi risiko cedera, meningkatkan kenyamanan kerja, dan meningkatkan efisiensi pekerjaan. Selain itu, dengan mengoptimalkan desain ruang kerja berdasarkan prinsip ergonomi, diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan dan kinerja para pekerja dalam jangka panjang.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang disebutkan mungkin dapat mencakup beberapa poin berikut:

- 1) Validitas Metode
Metode *Haar Cascade* yang digunakan dalam penelitian dapat mengenali postur tubuh bekerja dengan akurat dalam berbagai situasi di ruang kerja.
- 2) Efektivitas Ergonomi
Pendekatan menggunakan *Computer Vision* berhasil dalam mengidentifikasi masalah ergonomi dalam desain ruang kerja, seperti postur yang tidak sesuai atau potensi risiko cedera.
- 3) Rekomendasi Perbaikan
Beberapa masalah yang diidentifikasi, seperti posisi gambar yang susah dalam area deteksi contoh posisi manusia di belakang kamera.
- 4) Keunggulan Metode
Pendekatan menggunakan *Computer Vision* lebih efisien atau lebih akurat dibandingkan dengan metode lain yang digunakan untuk evaluasi ergonomi desain ruang kerja.
- 5) Implikasi Praktis
Penelitian ini dapat memberikan manfaat praktis bagi perancang ruang kerja, perusahaan, atau individu yang tertarik untuk meningkatkan ergonomi dalam lingkungan kerja.

5. Saran

Pengembangan penelitian ke depan mengembangkan dalam bentuk aplikasi dan *interface* yang memudahkan *user*.

6. Daftar Pustaka

- Alief, M., Syafiq, Z., Rafiq, A. A., & Susanti, H. (2020). Pengembangan Metode Haar Cascade Classifier Pada Pengenalan Mata Untuk Sistem Keamanan Brankas. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 6(1), 895–901.
- Alshorman, O., Alshorman, B., & Masadeh, M. S. (2020). A review of physical human activity recognition chain using sensors. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics*, 8(3), 560–573. <https://doi.org/10.11591/ijeei.v8i3.2312>
- Beschorner, K. E., Nasarwanji, M., Deschler, C., & Hemler, S. L. (2024). Prospective validity assessment of a friction prediction model based on tread outsole features of slip-resistant shoes. *Applied Ergonomics*, 114(July 2023), 104110. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104110>
- Cahyanti, P. D., & Imron Rosyidi, M. (2022). Pencegahan Keluhan Musculoskeletal Disorders Pada Pekerja Dengan Metode Rula Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja (Literature Review). *Borobudur Engineering Review*, 2(2), 73–84. <https://doi.org/10.31603/benr.6295>
- Emmatty, F. J., Panicker, V. V., & Baradwaj, K. C. (2021). Ergonomic evaluation of work table for waste sorting tasks using digital human modelling. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 84(May), 103146. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103146>
- Izonin, I. J. J. K. S. (2023). Data Intelligence and Cognitive Informatics. In *Algorithms for Intelligent Systems: Vol. NA* (Issue NA).
- Jung, E. S., Kee, D., & Chung, M. K. (1995). Upper body reach posture prediction for ergonomic

- evaluation models. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 16(2), 95–107. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(94\)00088-K](https://doi.org/10.1016/0169-8141(94)00088-K)
- Priadana, A., & Habibi, M. (2019). Face detection using haar cascades to filter selfie face image on instagram. *Proceeding - 2019 International Conference of Artificial Intelligence and Information Technology, ICAIIT 2019*, 6–9. <https://doi.org/10.1109/ICAIIIT.2019.8834526>
- Ramahi, A. A., & Fathallah, F. A. (2006). Ergonomic evaluation of manual weeding practice and development of an ergonomic solution. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 1421–1425. <https://doi.org/10.1177/154193120605001335>
- Shin, J. G., Onchi, E., Reyes, M. J., Song, J., Lee, U., Lee, S. H., & Saakes, D. (2019). Slow robots for unobtrusive posture correction. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300843>
- Sikander, G., & Anwar, S. (2019). Driver Fatigue Detection Systems: A Review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(6), 2339–2352. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2868499>
- Wu, S., Chen, Z., Zhao, X., Yao, M., Wang, Z., & Kuang, S. (2020). Design of an ergonomic App for entire rapid body assessment based on Mask RCNN. *Journal of Physics: Conference Series*, 1633(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1633/1/012150>
- Yang, W., Chen, T., He, R., Goossens, R., & Huysmans, T. (2024). Autonomic responses to pressure sensitivity of head , face and neck : Heart rate and skin conductance. *Applied Ergonomics*, 114(August 2022), 104126. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104126>