

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ergonomi

2.1.1 Pengertian Ergonomi

Ergonomi merupakan keilmuan, seni dan implementasi teknologi untuk mensterilkan setiap fasilitas yang ada dan digunakan pada saat melakukan sebuah aktivitas dan istirahat yang berbasis pada keterbatasan dan kemampuan seorang manusia baik dari segi fisik atau dari segi mental sehingga akan menyebabkan kualitas hidup secara keseluruhan akan menjadi lebih baik (Alfiyan et al., 2023). Dari penjelasan diatas dapat diartikan ergonomi adalah suatu ilmu terapan untuk upaya mewujudkan tercapainya keselamatan dan kesehatan kerja. Keilmuan ini bertujuan sebagai tindakan yang dilakukan agar pekerja dapat merasakan kenyamanan dalam melakukan aktivitasnya pada saat bekerja (Masniar & Rusli, 2021).

Istilah Ergonomi berasal dari bahasa Latin yaitu Ergos (kerja) dan Nomos (hukum alam). Ergonomi dapat didefinisikan sebagai penyesuaian pekerjaan terhadap pekerja (fitting the job to workers) (Simanjuntak & Susetyo, 2022). Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk mensterilkan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan & keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Ummah, 2019). Ergonomi diaplikasikan pada dunia kerja supaya pekerja dapat nyaman di dalam melakukan pekerjaannya. Dengan adanya rasa nyaman itu maka manfaatnya terhadap produktivitas kerja yang diinginkan dan dapat semakin meningkat (Simanjuntak & Susetyo, 2022). Secara garis besar ergonomi dalam dunia kerja menaruh minat pada hal berikut:

- Bagaimana seseorang pekerja melakukan pekerjaannya.

- Bagaimana posisi dan gerak tubuh yang dilakukan ketika bekerja.
- Alat alat yang mereka gunakan.
- Apa efek atau dampak dari faktor di atas terhadap kesehatan dan Kenyamanan pekerjaan.

2.1.2 Tujuan dan pentingnya ergonomi

Tujuan utama ergonomi adalah meningkatkan produktivitas tenaga kerja di berbagai institusi atau organisasi dengan mencapai kesesuaian antara pekerja dan tugas mereka. Ini dapat dicapai dengan memfokuskan pada empat tujuan utama ergonomi yaitu:

1. Memaksimalkan efisiensi karyawan.
2. Memperbaiki kesehatan dan keselamatan kerja.
3. Mengajukan agar bekerja aman (*comfort*), nyaman (*convinience*) dan bersemangat.
4. Memaksimalkan kinerja (*performace*) kerja yang meyakinkan.

Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip ergonomi, institusi atau organisasi dapat mencapai harmoni antara produktivitas yang tinggi dan kesejahteraan karyawan, menciptakan lingkungan kerja yang seimbang dan memberdayakan seluruh tim.

2.2 Postur kerja

2.2.1 Pengertian postur kerja

Postur kerja ialah posisi tubuh seseorang selama aktivitas kerja sesuai dengan tugas dan rancangan area kerjanya. Postur kerja yang janggal jika terjadi secara repetitif dalam waktu lama mampu menimbulkan cedera seperti cedera leher, cedera punggung, cedera lengan, cedera pergelangan tangan, dan lain-lain (Safitri & Mulki Siregar, 2023). Seseorang saat bekerja dituntut untuk berpostur tubuh seimbang agar nyaman, tahan lama, dan terhindar dari cedera. Postur kerja tidak ergonomis dialami pekerja ketika pekerja tersebut sudah memaksa, sehingga pekerja menerima beban kerja tambahan dan kelelahan. Penerapan postur kerja

yang ergonomis sangatlah penting guna mengurangi terjadinya keluhan kesehatan terkait postur kerja, meminimalisir beban kerja berlebih, mengurangi kelelahan secara tidak langsung, serta dapat membuat pekerja nyaman (Ramdhani & Zalynda, 2018).

2.2.2 Faktor pengaruh postur kerja

Postur tubuh merupakan suatu sikap anggota tubuh manusia yang dipengaruhi oleh desain area kerja, peralatan kerja, ukuran tubuh, maupun job descriptions pekerja. Salah satu penyebab seorang pekerja mengalami masalah atau keluhan otot rangka yaitu karena adanya postur kerja yang tidak ergonomis saat bekerja. Hal tersebut jika tidak segera ditangani dan dikendalikan dengan segera dapat menyebabkan cedera dan keluhan pada otot, sendi, dan ligamen (Adhitama, 2020)

2.3 *Rapid Upper Limb Assissment (RULA)*

RULA adalah suatu metode untuk menganalisa ergonomi postur tubuh pada pekerjaan dengan penggunaan bagian tubuh atas. Analisa RULA dilakukan apabila terdapat laporan keluhan pada tubuh bagian atas yang disebabkan oleh postur tubuh yang tidak ergonomis (Hudaningsih et al., 2021). Metode RULA mudah untuk digunakan, karena tidak membutuhkan peralatan khusus dalam pelaksanaannya. Beberapa faktor yang dilakukan analisa pada metode RULA adalah sebagai berikut: posisi kerja pada keadaan statis, beban pekerjaan, jangka waktu pekerjaan, energy otot yang digunakan.

Metode analisis yang di gunakan adalah metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*). Metode ini juga bertujuan untuk melakukan perhitungan dan analisis terhadap tubuh manusia bagian atas. Luaran yang diperoleh adalah berupa tingkatan keputusan yang menunjukkan urgensi tindakan yang dibutuhkan. Secara umum, prosedurnya adalah menghubungkan antara sudut yang terbentuk pada postur tubuh subjek dengan bobot yang berada pada tabel. pengukuran dilakukan terhadap pekerja dengan kriteri sehat fisik maupun psikis dan tidak cacat.

Untuk mempermudah penilaian postur tubuh, maka tubuh dibagi atas 2 segmen grup yaitu grup A dan grup B (Torik, 2015).

A. Penilaian postur tubuh grup A

terdiri atas lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan dan putaran pergelangan tangan.

- 1) Lengan Atas Penilaiannya dilakukan terhadap sudut yang dibentuk lengan atas menurut posisi batang tubuh pada saat melakukan aktivitas kerja.
- 2) Lengan Bawah Penilaiannya dilakukan terhadap sudut yang dibentuk lengan bawah menurut posisi batang tubuh pada saat melakukan aktivitas kerja.
- 3) Pergelangan Tangan Penilaiannya dilakukan terhadap sudut yang dibentuk pergelangan tangan menurut posisi lengan bawah pada saat melakukan aktivitas kerja.
- 4) Putaran Pergelangan Tangan

Untuk putaran pergelangan tangan postur netral diberi skor:

1 = Posisi tengah dari putaran

2 = Pada atau dekat dari putaran

Nilai dari postur tubuh lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan dan putaran pergelangan tangan dimasukkan ke dalam tabel postur tubuh grup A untuk diperoleh skor.

- 5) Penambahan Skor Aktivitas Setelah diperoleh hasil skor untuk postur tubuh grup A, maka hasil skor tersebut ditambahkan dengan skor aktivitas.
- 6) Penambahan Skor Beban Skor hasil penambahan dengan skor aktivitas ditambahkan dengan skor beban.

B. Penilaian Postur Tubuh Grup B

Postur tubuh grup B terdiri atas leher, batang tubuh dan kaki.

- 1) Leher (Neck) Penilaiannya dilakukan terhadap posisi leher pada saat melakukan aktivitas kerja apakah operator harus melakukan kegiatan ekstensi atau fleksi dengan sudut tertentu.
- 2) Batang Tubuh (Trunk) Penilaiannya terhadap sudut yang dibentuk tulang belakang tubuh saat melakukan aktivitas kerja dengan kemiringan yang sudah diklasifikasikan.
- 3) Kaki (Legs) Penilaiannya dilakukan terhadap posisi kaki pada saat melakukan aktivitas kerja apakah operator bekerja dengan posisi normal/seimbang atau bertumpu pada satu kaki lurus.
Nilai dari skor postur tubuh leher, batang tubuh dan kaki dimasukkan ke dalam tabel postur tubuh grup B untuk diperoleh skor.
- 4) Penambahan Skor Aktivitas Setelah diperoleh hasil skor untuk postur tubuh grup B, maka hasil skor tersebut ditambahkan dengan skor aktivitas.
- 5) Penambahan Skor Beban Skor hasil penambahan dengan skor aktivitas ditambahkan dengan skor beban. Untuk memperoleh skor akhir, skor yang diperoleh untuk postur tubuh grup A dan grup B dikombinasikan ke tabel. Hasil skor akhir tersebut diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori level resiko.

RULA worksheet A

task:

date:



Occupational
Health Clinics
for Ontario
Workers Inc.

Centres de
santé des
travailleurs (ses)
de l'Ontario Inc.

Upper arm

+2 20°+ +1 20° +2 20°-45° +3 45°-90° +4 90°+

+1 shoulder raised +1 shoulder abduction -1 arm supported -1 leaning forward

Upper arm score

Lower arm

+2 0°-60° +1 60°-100° +2 100°+

+1 radial deviation neutral +1 ulnar deviation

Wrist twist

+1 mid-range of twist +2 near end of twist range (supination) +2 near end of twist range (pronation)

Wrist score

A1

Upper arm	Lower arm	Wrist			
		twist	twist	twist	twist
1	1	2	2	2	3
2	2	2	2	3	3
3	3	3	3	3	4
4	4	3	3	3	4
5	5	3	3	3	4
6	6	3	3	3	4

A2

Force/Load	Muscle use is mainly:	
	static	repetitive
No load	1	0
0 < 2 kg	1	0
2-10 kg	3	1
> 10 kg	4	2
rapid build-up	4	3
jolting action	4	3

A1 + **A2** = **A3**

©2021 Adapted from: McAtamney, L., & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 24(2), 91-99.

RULA worksheet B

task:

date:



Occupational
Health Clinics
for Ontario
Workers Inc.

Centres de
santé des
travailleurs (ses)
de l'Ontario Inc.

Neck

+4 neck in extension +1 0°-10° +2 10°-20° +3 20°+ +1 side-bent neck +1 twisted neck

Trunk

+1 Hip-Trunk angle ≥ 90° +1 0° +2 0°-20° +3 20°-60° +4 60°+ +1 side-bent trunk +1 twisted trunk

Legs

+1 balanced standing posture +1 Feet supported while seated +2 unbalanced leg posture

Legs score

RULA score 1-2: posture is acceptable if it is not maintained or repeated for long periods.
RULA score 3-4: further investigation is needed and changes may be needed.
RULA score 5-6: investigation and changes are required soon.
RULA score 7: investigation and changes are required immediately.

B1

Neck	Trunk					
	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	2	3	4	5	6
2	1	2	3	4	5	6
3	1	2	3	4	5	6
4	1	2	3	4	5	6
5	1	2	3	4	5	6
6	1	2	3	4	5	6

B2

Force/Load	Muscle use is mainly:	
	static	repetitive
No load	1	0
0 < 2 kg	1	0
2-10 kg	3	1
> 10 kg	4	2
rapid build-up	4	3
jolting action	4	3

B3

RULA score	B3					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	4	5	6
2	1	2	3	4	5	6
3	1	2	3	4	5	6
4	1	2	3	4	5	6
5	1	2	3	4	5	6
6	1	2	3	4	5	6
7	1	2	3	4	5	6
8+	1	2	3	4	5	6

RULA score

B1 + **B2** = **B3**

©2021 Adapted from: McAtamney, L., & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 24(2), 91-99.

Gambar 2. 1 Form Evaluasi Action Level RULA (Sumber: Occupational Health Clinics for Ontario Workers Inc. 2021)

Gambar 2.1 merupakan Form evaluasi *action level* RULA pada Form evaluasi itu menjelaskan bagaimana cara untuk menghitung RULA dengan nilai – nilai yang sudah ditetapkan.

2.3.1 Komponen dalam Form evaluasi *action level* RULA

Dalam Form evaluasi *action level* RULA, terdapat beberapa bagian tubuh pekerja yang dapat dihitung dan diukur tingkat beban yang diderita oleh pekerja. Dari hasil perhitungan keseluruhan nanti nya akan didapatkan kesimpulan, apakah pekerjaan yang dilakukan akan berdampak pada tubuh pekerja bila dilakukan secara terus - menerus atau tidak. Dalam RULA gerakan menentukan kenyamanan dalam bekerja yang dapat mempengaruhi produktifitasnya Menurut (Ilham Adelino et al., 2023). postur kerja yang baik sangat ditentukan oleh pergerakan organ tubuh saat bekerja yang meliputi:

- a. *Flexion* adalah gerakan dimana sudut antara dua tulang terjadi pengurangan.
- b. *Extension* adalah gerakan merentangkan (*stretching*) dimana terjadi peningkatan sudut antara dua tulang.
- c. *Abduction* adalah pergerakan menyamping menjauhi dari sumbu tengah (*the median plane*) tubuh.
- d. *Adduction* adalah pergerakan ke arah sumbu tengah tubuh (*the median plane*).
- e. *Rotation* adalah gerakan perputaran bagian atas lengan atau kaki depan.
- f. *Pronation* adalah perputaran bagian tengah (menuju kedalam) dari anggota tubuh.
- g. *Supination* adalah perputaran ke arah samping (menuju keluar) dari anggota tubuh.

Menurut (Briansah, 2018). postur normal pada saat bekerja, yaitu:

- a. Pada Tangan dan Pergelangan Tangan

Sikap atau postur normal pada bagian tangan dan pergelangan tangan adalah berada dalam keadaan garis lurus dengan jari tengah, tidak miring ataupun mengalami fleksi atau ekstensi.

b. Pada Leher

Sikap atau posisi normal leher lurus dan tidak miring/memutar ke samping kiri atau kanan. Posisi miring pada leher tidak melebihi 20° sehingga tidak terjadi penekanan pada discus tulang cervical.

c. Pada Bahu

Sikap atau posisi normal pada bahu adalah tidak dalam keadaan mengangkat dan siku berada dekat dengan tubuh sehingga bahu kiri dan kanan dalam keadaan lurus dan proporsional.

d. Pada Punggung

Sikap atau postur normal dari tulang belakang untuk bagian toraks adalah kiposis dan untuk bagian lumbal adalah lordosis serta tidak miring ke kiri atau ke kanan. Postur tubuh membungkuk tidak boleh lebih dari 20° .

2.3.2 Analisis Penilaian RULA

Metode RULA dirancang untuk kemudahan tanpa memerlukan alat yang sulit digunakan. Menggunakan Form evaluasi *action level* RULA, *evaluator* akan menetapkan skor untuk masing-masing daerah tubuh berikut: lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, leher, batang, dan kaki. Setelah itu, dari hasil skor di beberapa bagian tubuh itu ditambahkan dan didapatkan hasil skor akhir yang nantinya akan disimpulkan menjadi jenis pekerjaan yang di lakukan termasuk dalam beberapa kategori dalam tabel 2.1, yaitu :

Tabel 2. 1 Tabel Nilai RULA

Score Rula	Kategori	Level Tindakan	Tindakan
1 s/d 2	Rendah	0	Tidak Perlu
3 s/d 4	Sedang	1	Perubahan Diperlukan
5 s/d 6	Tinggi	2	Penanganan Lebih lanjut
7	Sangat Tinggi	3	Perubahan Sekarang

Langkah-langkah dalam melaksanakan analisa postur kerja menggunakan metode RULA, adalah sebagai berikut :

- Pengambilan data postur pekerja dengan menggunakan bantuan video atau foto
- Observasi dan pilih postur yang akan dianalisis
- Scoring and recording the posture* (lihat *table scoring*)
- Action level* (lihat Form evaluasi *action level*)
- Analisa postur
- Saran perbaikan

2.3.3 Hubungan Ergonomi, Postur Kerja, dan RULA

Dalam ergonomi sendiri salah satu faktor yang mempengaruhi ergonomi adalah postur dan sikap tubuh pada saat melakukan aktivitas tersebut. Hal tersebut sangat penting untuk diperhatikan karena hasil produksi sangat dipengaruhi oleh apa yang dilakukan pekerja. Postur Kerja itu sendiri diartikan bahwa bekerja merupakan suatu kegiatan manusia merubah keadaan-keadaan tertentu dari alam lingkungan yang ditujukan untuk mempertahankan dan memelihara kelangsungan hidupnya. Studi ergonomi yang kaitannya dengan kerja manusia dalam hal ini ditunjukan untuk mengevaluasi dan merancang kembali tata cara kerja yang harus diaplikasikan, agar dapat memberikan peningkatan efektivitas dan efesiensi selain juga kenyamanan ataupun keamanan bagi manusia sebagai pekerjanya (Briansah, 2018). Bila postur kerja yang digunakan pekerja salah atau tidak ergonomis, pekerja akan cepat lelah sehingga konsentrasi dan tingkat ketelitiannya menurun. Pekerja menjadi

lambat, akibatnya kualitas dan kuantitas hasil produksi menurun yang pada akhirnya menyebabkan turunnya produktivitas. Postur kerja dapat dihitung dengan beberapa metode yaitu ; RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), REBA(*Rapid Entire Body Assessment*), OWAS (*Ovako Working Posture Analysis System*), PEI (*Postural Evaluation Index*), QEC (***Quick Exposure Check***), dan PLIBEL (*Plant Injury and Illness Prevention*).

Berikut ini adalah tujuan metode RULA (buku tutorial postur kerja, 2016):

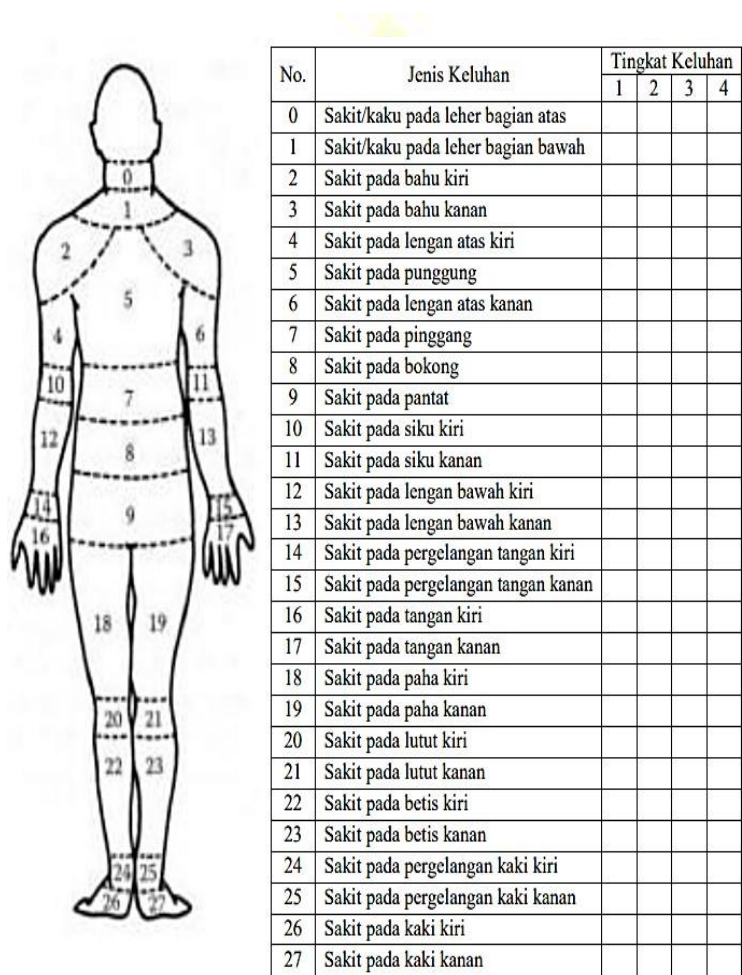
- a. Menyediakan perlindungan yang cepat dalam pekerjaan.
- b. Mengidentifikasi usaha yang dibutuhkan otot yang berhubungan
- c. dengan postur tubuh saat kerja.
- d. Memberikan hasil yang dapat dimasukkan dalam penilaian ergonomi yang luas.
- e. Mendokumentasikan postur tubuh saat kerja, dengan ketentuan: Tubuh dibagi menjadi dua grup yaitu A (lengan atas dan bawah dan pergelangan tangan) dan B (leher, tulang belakang, dan kaki).
- f. Jarak pergerakan dari setiap bagian tubuh diberi nomor.
- g. Scoring dilakukan terhadap kedua sisi tubuh, kanan dan kiri

2.4 Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map (NBM) adalah metode kuesioner yang digunakan untuk mengetahui kesakitan yang dirasakan pekerja atau seseorang. Dengan kuesioner ini dapat melakukan pemetaan tingkat sakit yang dialami pekerja meliputi tidak sakit, agak sakit, sakit, dan sangat sakit metode ini bersifat subjektif namun data yang diperoleh dari kuesioner ini sudah standar dan valid (Utomo et al., 2021).

Berdasarkan pengisian NBM akan dilanjutkan untuk memberikan nilai dengan skala *lingkert* yang telah di tetapkan. Skala tersebut berupa keterangan yang ada di dalam kuesioner yaitu tidak sakit dengan skor 1, agak sakit dengan skor 2, sakit dengan skor 3, dan sangat sakit dengan skala yang tinggi) dengan

skor 4 (Utomo et al., 2021). Instrument *Nordic Body Map* yang terdiri dari 28 items pertanyaan sudah biasa digunakan terutama untuk penelitian ergonomic (Briansah, 2018). Dimensi tubuh yang diteliti dalam *Nordic Body Map* dapat dilihat pada gambar 2.2. Gambar 2.2 merupakan gambar tabel kuesioner dari kuesioner *Nordic Body Map* yang mana dari kuesioner tersebut peneliti dapat membuat data tentang MSDs yang dirasakan pekerja saat melakukan pekerjaannya.



Gambar 2. 2 *Nordic Body Map (NBM)*

2.5 Rapid Upper Limb Assessment (RULA) berbasis *Deep Learning* (*Xpose*)

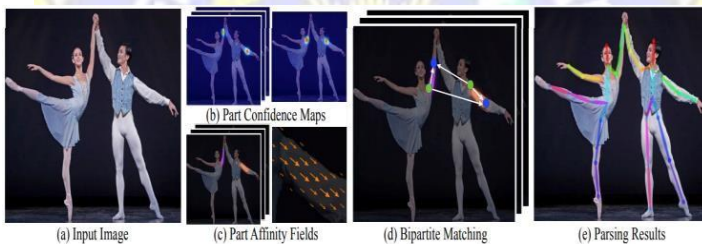
Metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) adalah salah satu alat evaluasi ergonomis yang digunakan untuk menilai risiko cedera pada sistem muskuloskeletal pekerja, khususnya pada bagian tubuh atas (Sya'bana & Herwanto, 2023). Namun, proses perhitungan manual menggunakan RULA sering kali memerlukan waktu dan tenaga yang signifikan. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan perhitungan otomatis menggunakan metode RULA berbasis *Computer Vision* dan *Deep Learning*. Dengan menggunakan metode RULA berbasis *Computer Vision* dan *Deep Learning* ini data postur pekerja yang diambil dari gambar atau video dapat dianalisis secara otomatis.

RULA berbasis *Deep Learning* mampu mendeteksi posisi tubuh dengan presisi tinggi dan memetakan kali memerlukan waktu dan tenaga yang signifikan. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan perhitungan otomatis menggunakan metode RULA berbasis *Computer Vision* dan *Deep Learning*. Dengan menggunakan metode RULA berbasis *Computer Vision* dan *Deep Learning* ini data postur pekerja yang diambil dari gambar atau video dapat dianalisis secara otomatis. RULA berbasis *Deep Learning* mampu mendeteksi posisi tubuh dengan presisi tinggi dan memetakan sudut sendi, Implementasi ini tidak hanya mempercepat proses penilaian, tetapi juga meningkatkan konsistensi dan akurasi hasil, yang pada akhirnya dapat membantu dalam meminimalkan risiko cedera kerja secara lebih efektif (Kusuma & Akbar, 2024).

2.5.1 Arsitektur *Xpose*

Langkah awal pada gambar 2.3(a), *input image* dimasukkan ke dalam jaringan *convolutional neural network* (CNN). Tujuan CNN ini adalah untuk mengekstraksi peta fitur. Setelah peta fitur diperoleh, mereka diproses lebih lanjut melalui pipa CNN bertahap. Tujuan utama dari pipeline ini adalah untuk menghasilkan dua jenis keluaran: gambar 2.3(b) *confidence maps* dan gambar 2.3(c) *part affinity fields*. *Confidence map*

merepresentasikan kemungkinan atau keyakinan akan adanya bagian tubuh pada citra. Peta ini memberikan informasi tentang lokasi dan visibilitas bagian tubuh yang berbeda untuk setiap individu. Di sisi lain, *part affinity field* bertanggung jawab untuk menangkap hubungan antara bagian tubuh yang berbeda. Ini menunjukkan hubungan atau hubungan antara bagian tubuh, yang membantu dalam memahami pose dan struktur setiap orang dalam gambar. Pada langkah terakhir, *confidence maps* dan *part affinity fields* yang dihasilkan pada tahap sebelumnya dikenai algoritma pada gambar 2.3(d) *bipartite matching*. Algoritma ini memproses keluaran dan menentukan pose optimal untuk setiap individu dalam gambar berdasarkan informasi *confidence* dan *affinity* yang dihasilkan. Gambar 2.3(e) *parsing results* menunjukkan sendi-sendi dan postur kerja tubuh (Kusuma & Akbar, 2024).



Gambar 2. 3 *Arsitektur Pengembangan Xpose (Kusuma & Akbar, 2024).*

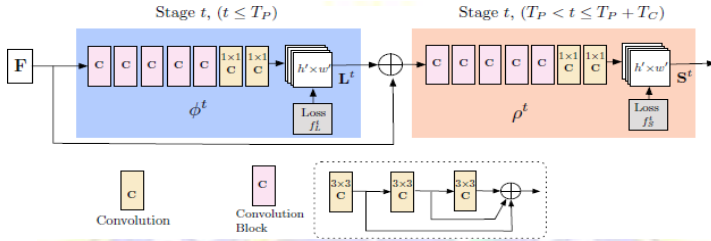
Confidence maps dapat dideskripsikan sebagai representasi dua dimensi yang menunjukkan tingkat kepercayaan atau kepercayaan terhadap keberadaan bagian tubuh tertentu pada setiap lokasi piksel.

Part Affinity Fields mengacu pada kumpulan bidang vektor dua dimensi yang menyandikan posisi dan orientasi anggota badan milik berbagai individu dalam sebuah gambar. Bidang ini memberikan informasi tentang hubungan spasial dan koneksi antara bagian tubuh tertentu, yang memungkinkan penentuan bagaimana anggota tubuh yang berbeda terkait satu sama lain dalam hal posisi dan arah. Pengkodean data

ini melalui koneksi berpasangan memungkinkan pemahaman tentang keseluruhan struktur dan pose individu dalam gambar.

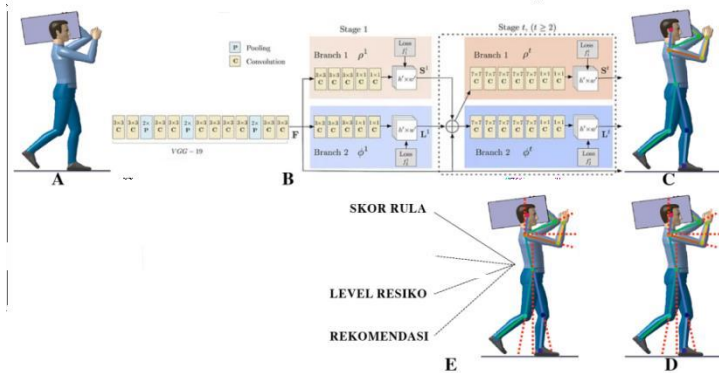
Multi stage CNN memiliki langkah sebagai berikut:

Tahapan awal dari proses ini melibatkan prediksi *part affinity fields*, yang menyempurnakan informasi yang terkandung dalam layer. Bidang-bidang ini dihasilkan berdasarkan peta fitur yang diperoleh dari jaringan dasar.



Gambar 2. 4 *Arsitektur Multi-Stage CNN (Kusuma & Akbar, 2024).*

Pada tahap kedua, *part affinity fields* dari lapisan sebelumnya digunakan untuk meningkatkan prediksi *confidence maps* untuk deteksi bagian tubuh. Bidang Afinitas ini memainkan peran penting dalam menyempurnakan dan meningkatkan akurasi *confidence maps* yang dihasilkan dalam proses deteksi. Dengan memasukkan informasi dari *part affinity fields*, prediksi *confidence maps* menjadi lebih tepat dan dapat diandalkan.



Gambar 2. 5 *Ilustrasi Sistem X-Pose yang diusulkan A. Gambar/video masukan. B. Struktur jaringan CNN. C. Hasil berupa sendi dan postur kerja. D. Perhitungan sudut-sudut postur kerja dengan bantuan garis bantu. E. Pengaplikasian RULA, Level Resiko dan Rekomendasi (Kusuma & Akbar, 2024).*

Sistem X-Pose akan diuraikan secara singkat pada bagian ini:

1. Data masukan X-Pose adalah berupa gambar responden ketika melakukan aktifitas. Gambar ini diambil melalui kamera dengan resolusi yang baik. dapat dilihat pada gambar 2.5 A.
2. Data masukan kemudian diolah menggunakan deep learning, pada struktur jaringannya, akan melalui beberapa tahap, yaitu confidence map, part affinity fields, dan bipartite matching untuk menghasilkan postur kerja. Proses ini dapat dilihat pada gambar 2.5 B.
3. Pada tahap ini postur kerja yang dihasilkan sudah terlihat dan mewakili postur tubuh, namun belum bisa digunakan untuk menghitung skor RULA, dapat dilihat pada gambar 2.5 C.
4. Pada tahap ini postur kerja pada tahap 3 dimodifikasi dengan menambahkan garis bantu dan perhitungan sudut postur kerja. Sehingga pada tahap ini dapat di terapkan aturan RULA serta penilaian skor nya, dapat dilihat pada gambar 2.5 D.

5. Ini merupakan tahap terakhir dari usulan kami. Pada tahap ini menampilkan skor RULA, level resiko, dan rekomendasi.

2.5.2 Aplikasi *Xpose*

Perancangan aplikasi *Xpose* berbasis antarmuka grafis pengguna (GUI) menggunakan pemrograman Python, terdapat beberapa langkah dalam menjalankan aplikasi *Xpose* seperti membuka aplikasi Visual Studio Code dan membuka script bahasa pemrograman *Deep Learning* yang sudah tersedia ke dalam aplikasi *Visual Studio Code*, selanjutnya tahapan *Start Debugging*, *Start Debugging* adalah proses untuk menjalankan kode program Pada aplikasi dengan cara **Buka Panel Debugging**: Klik pada ikon "Run" di head bar bagian atas sebelah kiri lalu klik pada bagian *Run without Debugging*, kemudian tahapan "*Load Gambar*" berfungsi untuk mengambil gambar dari direktori komputer, selanjutnya gambar yang telah diproses atau dimuat menggunakan *Xpose* sehingga menghasilkan gambar yang berisi landmark dan sudut pada gambar pekerja, Pada gambar tersebut, titik hijau menandakan posisi landmark, sedangkan garis merah menggambarkan line-connections antara landmark. seperti posisi sendi bahu, siku, dan lutut, (Kusuma & Akbar, 2024).

2.5.3 Landmark dan Pehitungan Sudut (aplikasi *Xpose*)

Untuk memperoleh *landmark* koordinat x dan y pada suatu gambar $L_n(X_n, Y_n)$ menggunakan persamaan,

$$L_n(X_n, Y_n) = (x_n \cdot W, y_n \cdot H)$$

Dimana, L_n adalah nomor *landmark* ke-n. x_n , y_n adalah koordinat *landmark* normalisasi x dan y bernilai antara 0 - 1. X_n , Y_n adalah koordinat *landmark* aktual x dan y pada suatu gambar. W , H adalah lebar dan tinggi gambar. Lebar (W) dan tinggi (H) gambar diperoleh dengan

menggunakan fungsi *img.shape* pada python.

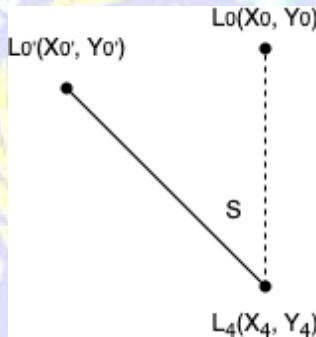
Jarak garis antara dua *landmark* ($J_{n,n}$) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$J_{n1,n2} = \sqrt{(X_{n2} - X_{n1})^2 + (Y_{n2} - Y_{n1})^2}$$

Sedangkan koordinat *landmark* tengah diantara 2 *landmark* diperoleh dengan menggunakan persamaan,

$$L_{n1, n2} = \left(\frac{X_{n1} + X_{n2}}{2}, \frac{Y_{n1} + Y_{n2}}{2} \right)$$

Dimana, $L_{n1, n2}$ adalah vektor dari 2 *landmark*.



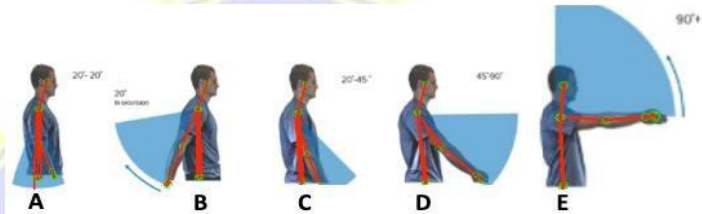
Gambar 2. 6 Contoh Pengukuran Sudut (Kusuma & Akbar, 2024).

Determinan utama dari postur tubuh adalah sudut yang terbentuk oleh garis leher dan garis tubuh terhadap sumbu y. Dalam konteks ini, garis leher dibentuk dengan menghubungkan tengah bahu dan tengah telinga, dengan tengah bahu dianggap sebagai titik pivot. Secara bersamaan, garis tubuh didefinisikan oleh hubungan antara tengah pinggul dan tengah bahu, di mana tengah pinggul dianggap sebagai titik pivot dalam hal ini. Sudut-sudut khusus ini, yang terbentuk oleh titik-titik penting ini, memainkan peran dasar dalam memahami dan menilai postur tubuh, memberikan

ukuran kuantitatif untuk menganalisis penyelarasan dan orientasi bagian atas tubuh.

2.5.4 Validasi *Xpose* Terhadap *GroundTruth* (sumbe:<https://ergo-plus.com/rula assessment-tool-guide/>)

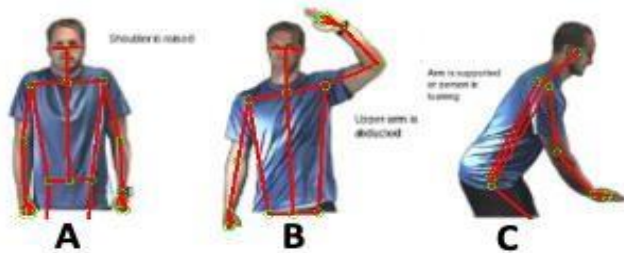
Hasil pengujian *Xpose* diaplikasikan pada kriteria penilaian RULA. Visualisasi data pada Gambar 2.7 – 2.15 menggunakan posisi gambar bagian tubuh berada dibawah hasil estimasi postur. Gambar 2.7 menyajikan hasil estimasi postur dapat merekonstruksi dengan baik kriteria RULA pada sudut lengan atas.



Gambar 2.7 Validasi Postur Kriteria RULA berbasis Deep Learning dan Computer Vision (*Xpose*) Sudut Lengan Atas. A. Ekstensi 20° - fleksi 20°. B. Ekstensi > 20°. C. Fleksi 20° - 45°. D. Fleksi 45° - 90°. E. Fleksi > 90° (Kusuma & Akbar, 2024).

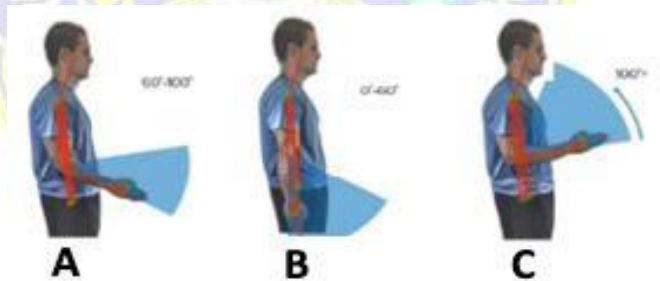
Gambar 2.7 A menunjukkan lengan atas membentuk sudut ekstensi 20° - fleksi 20°, Gambar 2.7 B menunjukkan lengan atas membentuk sudut ekstensi > 20°, Gambar 2.7 C menunjukkan lengan atas membentuk sudut fleksi 20° - 45°, Gambar 2.7 D menunjukkan lengan atas membentuk sudut fleksi 45° - 90°, dan Gambar 2.7 E menunjukkan lengan atas membentuk sudut fleksi > 90°.

Gambar 2.8 menyajikan hasil aplikasi *Xpose* estimasi postur dapat merekonstruksi dengan baik kriteria RULA tambahan sudut lengan atas. Gambar 2.8 A menunjukkan pundak naik melebihi posisi normal, Gambar 2.8 B menunjukkan salah satu atau dua lengan atas diangkat, Gambar 2.8 C menunjukkan lengan posisi menyangga.



Gambar 2. 8 Validasi Postur Kriteria RULA berbasis Deep Learning dan Computer Vision (Xpose) Tambahan Sudut Lengan Atas. A. Bahu terangkat. B. Lengan Atas Terangkat. C. Lengan Posisi Menyangga (Kusuma & Akbar, 2024).

Gambar 2.9 menyajikan hasil estimasi postur sistem dapat merekonstruksi dengan baik kriteria RULA sudut lengan bawah. Gambar 2.9 A menunjukkan lengan bawah membentuk sudut fleksi 60° - 100° , Gambar 2.9 B menunjukkan lengan bawah membentuk sudut fleksi $< 60^{\circ}$, Gambar 2.9 C menunjukkan lengan bawah membentuk sudut fleksi $> 100^{\circ}$.

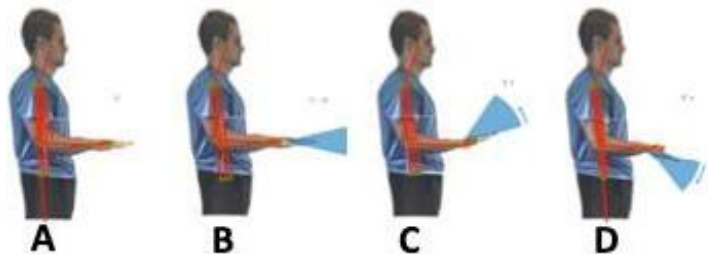


Gambar 2. 9 Validasi Postur Kriteria RULA berbasis Deep Learning dan Computer Vision (Xpose) Sudut Lengan Bawah. A. Fleksi 60° - 100° .

B. Fleksi $< 60^{\circ}$. C. Fleksi $> 100^{\circ}$ (Kusuma & Akbar, 2024).

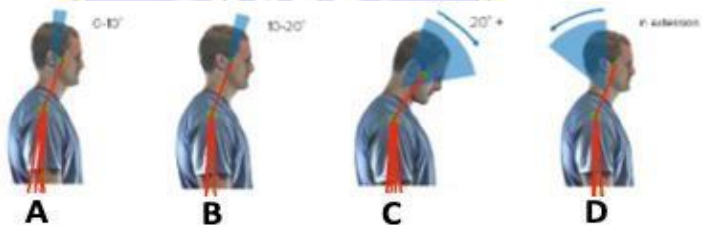
Gambar 2.10 menyajikan hasil estimasi postur sistem dapat merekonstruksi dengan baik kriteria RULA sudut telapak tangan. Gambar 2.10 A menunjukkan telapak tangan posisi netral 0° , Gambar 2.10 B

menunjukkan telapak tangan sudut fleksi atau ekstensi $0^\circ - 15^\circ$, Gambar 2.10 C menunjukkan telapak tangan membentuk sudut fleksi $> 15^\circ$, Gambar 2.10 D menunjukkan telapak tangan membentuk sudut ekstensi $> 15^\circ$.



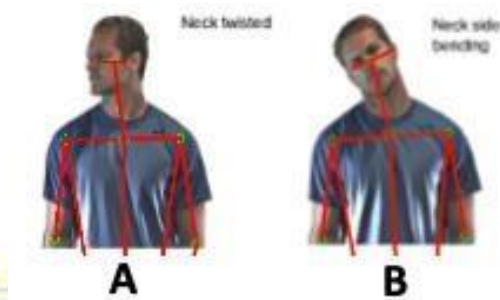
Gambar 2. 10 Validasi Postur Kriteria RULA berbasis Deep Learning dan Computer Vision (Xpose) Sudut Telapak Tangan. A. Netral 0° . B. Fleksi atau ekstensi $0^\circ - 15^\circ$. C. Fleksi $> 15^\circ$ (Kusuma & Akbar, 2024).

Gambar 2.11 menyajikan hasil estimasi postur sistem dapat merekonstruksi dengan baik kriteria RULA sudut leher. Gambar 2.11 A menunjukkan leher membentuk sudut fleksi $0^\circ - 10^\circ$, Gambar 2.11 B menunjukkan leher membentuk sudut fleksi $10^\circ - 20^\circ$, Gambar 2.11 C menunjukkan te leher membentuk sudut fleksi $> 30^\circ$, Gambar 2.11 D menunjukkan leher membentuk sudut ekstensi.



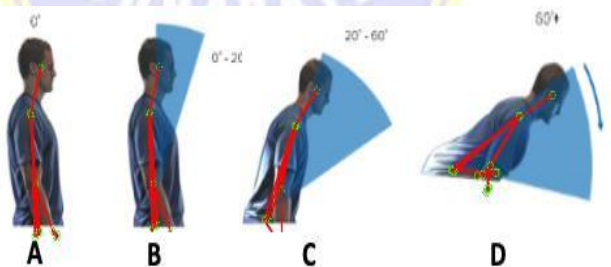
Gambar 2. 11 Validasi Postur Kriteria RULA berbasis Deep Learning dan Computer Vision (Xpose) Sudut Leher. A. Fleksi $0^\circ - 10^\circ$. B. Fleksi $10^\circ - 20^\circ$. C. Fleksi $> 30^\circ$. D. Ekstensi (Kusuma & Akbar, 2024).

Gambar 2.12 menyajikan hasil estimasi postur sistem dapat merekonstruksi dengan baik kriteria RULA tambahan sudut leher. Gambar 2.12 A menunjukkan leher memutar ke samping, Gambar 2.12 B menunjukkan leher menekuk ke samping.



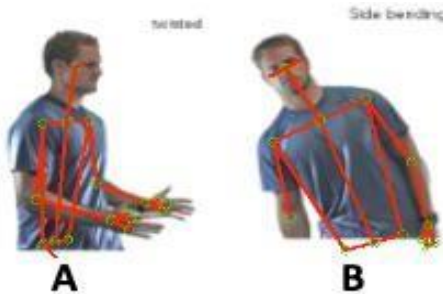
Gambar 2. 12 Validasi Postur Kriteria RULA berbasis *Deep Learning* dan *Computer Vision (Xpose)* Tambahan Sudut Leher. A. Leher Memutar. B. Leher Menekuk(Kusuma & Akbar, 2024).

Gambar 2.13 menyajikan hasil estimasi postur sistem dapat merekonstruksi dengan baik kriteria RULA sudut punggung. Gambar 2.13 A menunjukkan punggung tegak 0° , Gambar 2.13 B menunjukkan punggung membentuk sudut fleksi $0^\circ - 20^\circ$, Gambar 2.13 C menunjukkan punggung membentuk sudut fleksi $20^\circ - 60^\circ$, Gambar 2.13 D menunjukkan punggung membentuk sudut fleksi $> 60^\circ$.

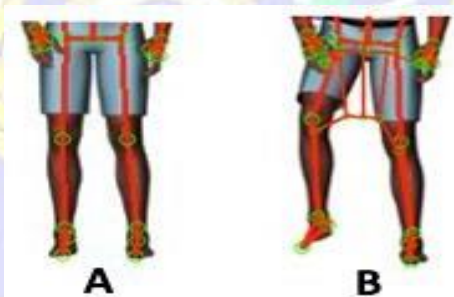


Gambar 2. 13 Validasi Postur Kriteria RULA berbasis *Deep Learning* dan *Computer Vision (Xpose)* Sudut Punggung. A. 0° . B. Fleksi $0^\circ - 20^\circ$. C. Fleksi $20^\circ - 60^\circ$. D. Fleksi $> 60^\circ$ (Kusuma & Akbar, 2024).

Gambar 2.14 menyajikan hasil estimasi postur sistem dapat merekonstruksi dengan baik kriteria RULA tambahan sudut punggung. Gambar 2.14 A menunjukkan punggung memutar ke samping, Gambar 2.14 B menunjukkan punggung menekuk ke samping.



Gambar 2. 14 Validasi Postur Kriteria RULA berbasis Deep Learning dan Computer Vision (Xpose) Tambahan Sudut Punggung. A. Punggung Memutar. B. Punggung Menekuk (Kusuma & Akbar, 2024).



Gambar 2. 15 Validasi Postur Kriteria RULA berbasis Deep Learning dan Computer Vision (Xpose) pada Tambahan Kaki dengan GroundTruth. A. Posisi Normal. B. Posisi Menahan Salah Satu (Kusuma & Akbar, 2024).

Gambar 2.15 menyajikan hasil estimasi postur sistem dapat merekonstruksi dengan baik kriteria RULA tambahan sudut kaki. Gambar 2.15 A menunjukkan posisi kaki normal, Gambar 2.15 B menunjukkan posisi kaki menahan salah satu.

2.5.5 Validasi *Xpose* Terhadap Hasil Penelitian Jurnal Internasional

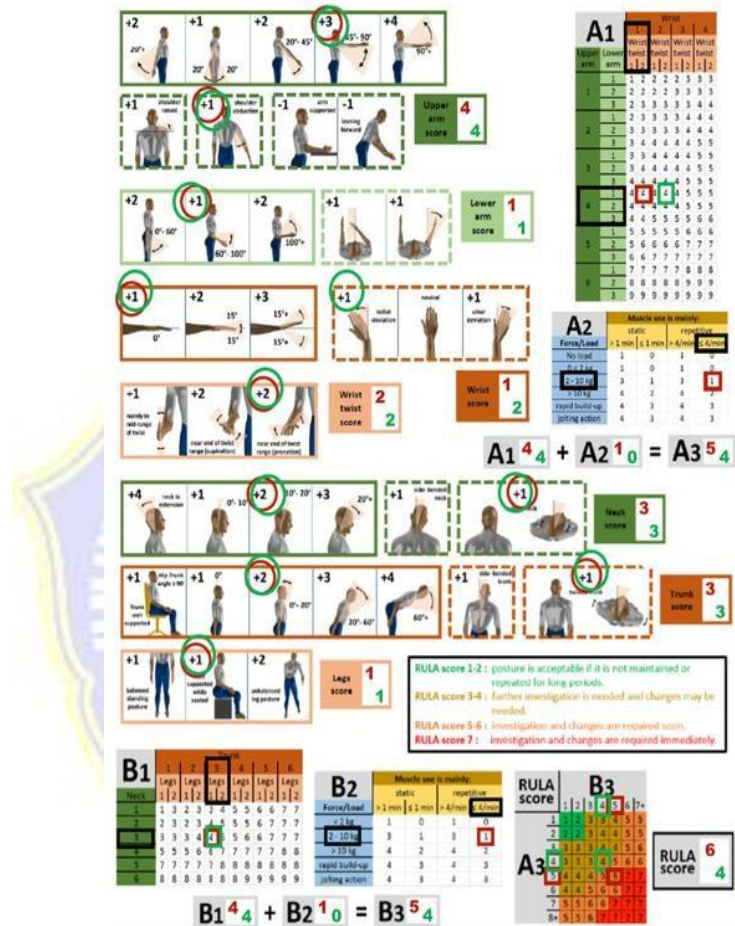
Hasil estimasi Rula berbasis *Computer Vision* dan *Deep Learning* juga sudah divalidasi dengan hasil penelitian jurnal Internasional yaitu pada pekerja operator forklift (Kusuma & Akbar, 2024). Hasil validasi dapat dilihat melalui gambar 2.16, yang menunjukkan postur kerja setelah penerapan sistem yang diusulkan. Pada gambar tersebut, titik hijau menandakan posisi landmark, sedangkan garis merah menggambarkan line-connections antara landmark. Dari hasil sistem yang diusulkan, terlihat peningkatan dalam penyesuaian postur kerja pekerja operator forklift, yang dapat meningkatkan akurasi estimasi penilaian RULA (Kusuma & Akbar, 2024).



Gambar 2. 16 *Postur Kerja Hasil Implementasi aplikasi Xpose pada Pekerja Operator Forklift (Kusuma & Akbar, 2024).*

Gambar 2.16 menunjukkan hasil skor RULA setelah implementasi *Xpose* pada pekerja operator *forklift*. Skor RULA digunakan sebagai indikator evaluasi ergonomi, dengan perbandingan hasil referensi jurnal, dan dengan aplikasi *Xpose*. Pada gambar tersebut tanda merah

menunjukkan hasil yang kami peroleh dari referensi jurnal, sedangkan tanda hijau merupakan aplikasi *Xpouse*.



Gambar 2. 17 Skor RULA Hasil Aplikasi Xpose pada Pekerja Operator Forklift (Kusuma & Akbar, 2024).

Dapat ditunjukkan pada Gambar 2.17 skor RULA di kolom A2 untuk referensi jurnal memberikan angka 1, sedangkan aplikasi *Xpose* memberikan angka 0. Lalu pada pada Gambar 30 skor RULA di kolom B2 untuk referensi jurnal memberikan angka 1, sedangkan aplikasi *Xpose*

memberikan angka 0. Sehingga skor RULA akhir pada penilaian tersebut referensi jurnal memperoleh skor 6, sedangkan aplikasi *Xpose* memperoleh skor 4. Secara keseluruhan aplikasi *Xpose* mempunyai keunggulan menilai skor RULA lebih efektif dan efisien dalam menilai kriteria postur kerja (Kusuma & Akbar, 2024).

2.5.6 Implementasi *Xpose* Terhadap Postur Pekerja dilabolatorium UMSurabaya



Gambar 2. 18 *Postur Kerja Hasil Implementasi Aplikasi Xpose pada Praktikan Sedang Menggunakan Mesin Bubut (Titik Hijau adalah Landmark dan Garis Merah adalah Line-Connections)(Kusuma & Akbar, 2024).*

RULA worksheet A

task:

date:

Occupational Health Clinics for Ontario Workers Inc.
 Centres de santé des travailleurs (ses) de l'Ontario Inc.

Upper arm score 2

Lower arm score 3

Wrist score 2

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

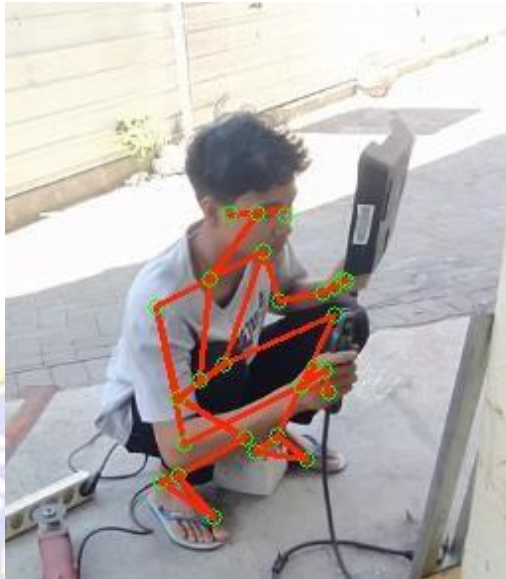
Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

Wrist score 1

sehingga proses praktikum pembubutan kedepannya bisa dilakukan diinfestigasi lebih lanjut.



Gambar 2. 20 *Postur Kerja Hasil Implementasi Aplikasi Xpose pada Praktikan Sedang Menggunakan Mesin Bubut (Titik Hijau adalah Landmark dan Garis Merah adalah Line-Connections)(Kusuma & Akbar, 2024).*

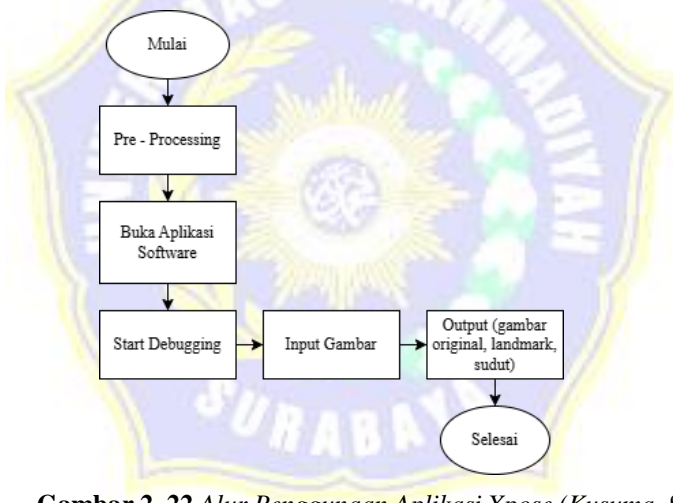
```
{'score': '4', 'risk': 'Low risk', 'point_score': {'upper_arm': 1, 'upper_arm_adjustment': 0, 'lower_arm_adjustment': 0, 'lower_arm': 3, 'wrist': 1, 'wrist_adjustment': 0, 'neck': 3, 'neck_adjustment': 0, 'trunk': 3, 'trunk_adjustment': 0, 'wrist_twist': 2, 'legs': 2, 'muscle_use_a': 0, 'force_load_a': 0, 'force_load_b': 0, 'muscle_use_b': 0, 'posture_score_a': '3', 'wrist_and_arm_score': '3', 'posture_score_b': '5', 'neck_trunk_leg_score': '5'}}
```

Gambar 2. 21 *Skor RULA Hasil Implementasi Aplikasi Xpose pada Praktikan Sedang Menggunakan Mesin Las dan Perbandingan Hasil (Kusuma & Akbar, 2024).*

Gambar 2.23 memperlihatkan hasil analisis RULA pada praktikan yang sedang menggunakan mesin las menunjukkan bahwa skor RULA sebesar 4, yang dikategorikan sebagai risiko rendah. Skor ini lebih tinggi dibandingkan dengan postur kerja pada kegiatan membubut, yang

menunjukkan risiko yang lebih rendah atau lebih baik dalam hal postur ergonomis. Hal ini menandakan bahwa postur kerja saat menggunakan mesin las memerlukan perhatian khusus untuk mengurangi risiko lebih lanjut. Meskipun demikian, aplikasi Xpose menunjukkan keunggulan dalam menilai postur kerja dengan lebih efektif dan efisien, sehingga mampu memberikan penilaian yang akurat dan cepat. Implementasi sistem ini diharapkan dapat membantu dalam mengidentifikasi dan memperbaiki postur kerja yang berpotensi menimbulkan risiko ergonomis, yang pada akhirnya akan meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja.

2.5.7 Penggunaan Aplikasi XPOSE



Gambar 2. 22 Alur Penggunaan Aplikasi Xpose (Kusuma & Akbar, 2024).

Dengan penjelasan penggunaan aplikasi *Xpose* sebagai berikut :

1. *Pre – Processing*

Pre-processing adalah tahap awal dalam pemrosesan penggunaan aplikasi *software* yang bertujuan untuk menyiapkan Alat dan bahan.

Alat yang digunakan berupa aplikasi *Xpose* dan bahan yaitu berupa gambar foto postur tubuh pekerja.

2. Buka Aplikasi *Xpose*

Pada tahap membuka atau menjalankan aplikasi *Xpose* ini memerlukan beberapa tahapan yang perlu dijalankan dengan tahapan seperti membuka aplikasi Visual Studio Code dan membuka script bahasa pemrograman *Deep Learning* yang sudah tersedia ke dalam aplikasi *Visual Studio Code*.

3. *Start Debugging*

Start Debugging adalah proses untuk menjalankan kode program Pada aplikasi dengan cara Buka Panel Debugging: Klik pada ikon "Run" di head bar bagian atas sebelah kiri lalu klik pada bagian *Start Debugging*.

4. Input Gambar

Pada tahapan Input gambar merupakan sebuah proses memasukan data gambar postur kerja yang akan dianalisis menggunakan *aplikasi Xpose*.

5. Output Gambar

Output gambar merupakan sebuah tahapan dimana gambar yang telah diproses atau dimuat menggunakan *aplikasi Xpose* sehingga menghasilkan gambar yang berisi landmark dan sudut pada gambar pekerja, seperti posisi sendi bahu, siku, dan lutut. Dari sudut dan landmark yang telah dihasilkan oleh *aplikasi Xpose* tersebut kemudian akan dilakukan perhitungan menggunakan metode RULA.

2.6 Penelitian terdahulu

Beberapa hasil dari penelitian RULA penelitian terdahulu antara lain sebagai berikut :

NO	Peneliti dan tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	(Kusuma & Akbar, 2024)	Pengembangan Metode RULA Berbasis <i>Image Processing</i> dan <i>DeepLearning</i> untuk Penilaian Risiko Ergonomi Postur Kerja	Penelitian ini mengusulkan sistem perhitungan indeks risiko secara otomatis dengan memanfaatkan metode evaluasi <i>Rapid Upper Limb Assessment</i> (RULA). Sistem yang diusulkan mencakup perancangan hardware dan software yang menggabungkan sistem deteksi postur kerja tanpa memerlukan penambahan alat pada tubuh, melainkan menggunakan pemrosesan gambar dan memanfaatkan model <i>Deep Learning</i> MediaPipe. Software yang diusulkan secara spesifik mengestimasi

			<p>postur kerja dari gambar yang diperoleh melalui webcam real-time atau gambar yang sudah ada. Selanjutnya, software menghitung sudut tubuh dan menghasilkan skor serta indeks risiko RULA. Pendekatan ini telah berhasil dievaluasi dalam skala laboratorium, dan penelitian ini memberikan gambaran komprehensif tentang sistem yang diusulkan, termasuk hasil validasi.</p>
2	(Hudaningsih et al., 2021)	<p>Analisis postur kerja pada saat mengganti oli mobil dengan menggunakan metode <i>Rapid upper limb assesment</i> (RULA) dan <i>Rapid entire body assesment</i></p>	<p>Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa dari hasil yang diperoleh, perhitungan yang didapat dengan metode RULA untuk posisi 1 dengan RULA skor 6 maka diperlukan pemeriksaan lebih lanjut dan segera</p>

		(REBA) di bengkel barokah mandiri	melakukan perubahan, posisi 2 dengan RULA skor 7 harus dilakukan pemeriksaan dan perubahan penerapan serta posisi 3 dan posisi 4 dengan RULA skor 4 diperlukan pemeriksaan lebih lanjut dan mungkin melakukan perubahan.
3	(I. S. Ananda, 2023)	Simulasi robot patroli sederhana untuk deteksi berbasis <i>Computer Vision</i> dan Deep learning	Penelitian ini menghasilkan deteksi yang diberikan pada model manusia mendapatkan akurasi 80% hingga 90% dalam kondisi terhalang objek atau aktivitas lain maupun dalam jarak 1 – 10 meter jauhnya. Akan tetapi, dalam pendeteksian objek lain seperti model mobil terutama pada mobil berwarna tidak netral seperti biru pelabelan YOLOv5 masih cenderung salah

			mengidentifikasi dan memberi label pada kelas objek pada jarak diatas 7 meter, tetapi memiliki akurasi 50% hingga 80% pada jarak 1—6 meter.
4	(Ilham Adelino et al., 2023)	Analisis Postur Kerja Mengurangi Musculoskeletal Disorders Menggunakan Metode RULA dan REBA Pada Bengkel Aryka Motor	Hasil penelitian menunjukkan bahwa dua karyawan memiliki postur kerja dengan level risiko tinggi, Sehubungan dengan hal tersebut, perlu dilakukan investigasi dan perubahan postur kerja perlu segera dilakukan dengan memberikan meja kerja.
5	(Hunusalela et al., 2021)	Analisis Postur Kerja Operator Dengan Metode RULA dan REBA Di Juragan Konveksi	Dari hasil perhitungan kuesioner NBM (<i>Nordic Body Map</i>) terdapat empat operator yang mempunyai tingkat resiko yang

		Jakarta	<p>tinggi yaitu pada proses pemotongan pola dengan <i>score</i> 80 dan 77, dan proses menjahit dengan <i>score</i> 71 dan 73, serta dua operator mempunyai tingkat resiko sangat tinggi pada proses <i>finishing</i> dengan <i>score</i> 92 dan 103. Dari skor RULA pada operator proses menjahit diperoleh nilai 6 yang berarti perlu diadakan penyelidikan lebih lanjut dan harus segera ada perubahan. Kemudian untuk skor REBA pada operator proses pemotongan pola dan <i>Finishing</i> mendapatkan nilai 8 dan 10 yang berarti beresiko tinggi mengalami cedera/gangguan otot. Hal ini berarti perlu dilakukan</p>
--	--	---------	--

			perbaikan pada proses produksi sehingga dapat mengurangi cedera kerja para operator.
6	(V. Ananda & Nidya, 2020)	Analisis Postur Kerja pada Pengangkutan Buah Kelapa Sawit menggunakan Metode RULA dan REBA	Penelitian ini bertujuan untuk mengukur serta mengetahui postur kerja pekerja. Pengukuran dilakukan pada tubuh bagian atas dan tubuh bagian bawah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Rapid Upper Limb Assessment (RULA) dan Rapid Entire Body Assessment (REBA). Hasil pengukuran didapat skor rata-rata Rapid Upper Limb Assessment (RULA) yaitu 5 termasuk kedalam Action List 3 dengan risiko sedang dan menunjukkan bahwa penyelidikan

			dan perubahan dibutuhkan segera. Hasil
7	(Briansah, 2018)	Analisa postur kerja yang terjadi untuk aktivitas dalam proyek kontruksi bangunan dengan metode RULA di CV. Basani	Hasil penelitian menunjukkan bahwa skor akhir dari postur kerja duduk dan duduk dikursi memiliki skor 7, yang berarti risk level tinggi dan perlu dilakukan perbaikan segera. Sedangkan untuk postur jongkok skor akhir didapatkan sebesar 6 yang mana postur ini juga perlu dilakukan perbaikan segera mungkin. Terakhir postur kerja berdiri memiliki skor 4, merupakan skor akhir terendah dalam penelitian ini.
8	(Syahputra et al., 2024)	Analisis Beban Kerja dengan Menggunakan Metode RULA	Analisis beban kerja dengan metode RULA menunjukkan bahwa postur kerja tertinggi

		<p>pada Produksi <i>Furniture</i> di CV Arsy Gallery Medan</p>	<p>risikonya adalah saat mengangkat barang-barang produksi atau pun melakukan perakitan furniture, yang dapat menyebabkan kontraksi otot karna durasi dan beban yang panjang berkisar antara 15-20% dari kekuatan otot maksimum, dengan batas kontraksi otot melebihi 20% memiliki resiko kelainan yang signifikan yang dapat menyebabkan cedera musculoskeletal dan menurunkan produktivitas kerja.</p>
9	<p>(Muhammad Rijalul Fikri & Rusindiyano Rusindiyano, 2023)</p>	<p>Analisis Postur Kerja Pekerja Divisi Minipack Sikatop Menggunakan Metode RULA di PT. Sika</p>	<p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerja di divisi Minipack Sikatop melakukan tugas mereka dengan postur yang buruk. Selain itu,</p>

		Indonesia	<p>ditemukan juga beberapa faktor yang mempengaruhi postur kerja, seperti kekurangan peralatan dan lingkungan kerja yang kurang ergonomis. Berdasarkan hasil evaluasi RULA, peneliti merekomendasikan beberapa tindakan perbaikan postur kerja seperti penambahan meja, pengaturan ketinggian meja kerja, dan perbaikan lingkungan kerja.</p>
10	(Mughtar et al., 2022)	Rancang bangun purwarupa pemilihan sampah pintar berbasis <i>Deep Learning</i>	<p>Penelitian ini telah berhasil membangun purwarupa alat pendeteksian sampah menggunakan metode pembelajaran mendalam (deep learning) dengan arsitektur MobileNet SSD. Sistem dijalankan menggunakan mikrokontroler Raspberry Pi yang berbiaya rendah.</p>

			<p>Tingkat akurasi yang diperoleh dengan 5 kategori dan menggunakan 25 sampel gambar sampah rata-rata sebesar 98,84%. Kendala yang mempengaruhi kurangnya tingkat akurasi pendeteksian pada sampah metal, plastik, kertas, kaca, dan kardus adalah kurangnya kumpulan gambar untuk melatih dataset, intensitas cahaya mempengaruhi pada saat pengenalan objek sampah, dan cahaya yang berlebihan juga dapat menyebabkan noise pada citra.</p>
11	(Naqitasia et al., 2022)	<p>Analisis sentimen berbasis aspek pada wisata halal dengan metode <i>Deep Learning</i></p>	<p>penelitian ini dilakukan analisis sentimen berbasis aspek terhadap tempat wisata di negara Asia menggunakan metode deep learning. Metode ini digunakan karena menghasilkan</p>

			<p>akurasi performa yang baik. Data yang digunakan adalah ulasan berbahasa inggris yang diambil dari website TripAdvisor. Data tersebut kemudian diolah dan diproses sehingga dapat mengenali sentimen dan juga aspek dari ulasan tersebut. Terdapat tiga aspek yang digunakan yaitu mosque, halal food, dan toilet. Setelah dilakukan pengujian, metode CNN mendapatkan hasil akurasi tertinggi jika dibandingkan dengan metode lainnya baik pada klasifikasi aspek maupun klasifikasi sentimen. Dengan metode CNN, klasifikasi aspek menghasilkan akurasi sebesar 98.299%. Sedangkan klasifikasi sentimen mendapatkan</p>
--	--	--	---

			akurasi sebesar 93.96%.
12	(Wahyuniardi & Reyhanandar, 2018)	Penilaian postur operator dan perbaikan sistem kerja dengan metode RULA dan REBA (studi kasus)	Hasil perhitungan RULA dan REBA masing-masing bernilai 7 dan 9. Artinya sistem kerja perlu mendapatkan penyesuaian untuk perbaikan. Adapun penyesuaian yang dilakukan adalah dengan menyesuaikan meja kerja dengan menambahkan alas meja yang dapat berputar. Selain perbaikan meja kerja, posisi operator harus dalam keadaan duduk dalam proses perakitan. Hasil perhitungan RULA dan REBA setelah simulasi meja kerja dengan alas meja berputar adalah 3 dan 5.
13	(Akshinta & Susanty, 2017)	Analisis RULA (Rapid upper limb assesment) dalam menentukan	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai resiko postur kerja pekerja berdasarkan nilai

		<p>perbaikan postur pekerja las listrik pada bengkel las listrik Nur untuk mengurangi resiko musculoskeletal disorders</p>	<p>RULA dan memberikan usulan perbaikan pada pekerja tersebut untuk mengurangi resiko musculoskeletal disorders. Pada postur kerja actual didapatkan nilai akhir sebesar 7 untuk posisi pengelasan dengan membungkuk nilai 5 untuk pengelasan dengan posisi duduk, dan nilai 7 untuk pengamplasan dengan posisi jongkok. Alat bantu kursi dan meja digunakan untuk mereduksi timbulnya keluhan musculoskeletal disorders dengan nilai akhir sebesar 3.</p>
--	--	--	--

14	(Mindhayani & Suhartono, 2022)	Penilaian Postur Kerja Pada Pekerja Bagian Penggorengan Kering	<p>Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui keluhan</p> <p>– keluhan yang dirasakan pekerja, mengetahui postur kerja sesuai dengan kaidah ergonomi atau tidak, dan mengetahui seberapa besar tingkat risikonya.</p> <p>Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kuisioner <i>Nordic Body Maps (NBM)</i>, metode <i>Rapid Upper Limb Assessment (RULA)</i> dan metode <i>Rapid Entire Body Assessment (REBA)</i>. Hasil analisis menggunakan kuisioner NBM menunjukkan bahwa pekerja merasa sakit pada bagian bahu sebesar 50%, punggung bawah sebesar 50%, pantat/paha sebesar 60%, dan lutut sebesar</p>
----	--------------------------------	--	---

			<p>50%. Kesimpulan lanjutan dari kuisioner NBM, postur kerja pekerja bagian penggorengan belum memenuhi kaidah ergonomi. Hasil penilaian dengan metode RULA menunjukkan aktivitas kerja bagian penggorengan memiliki tingkat risiko sangat tinggi dengan skor 7.</p>
15	(Chen et al., 2018)	Analisis postur kerja dengan menggunakan metode RULA pada pekerja laundry	<p>Berdasarkan pengolahan data dihasilkan bahwa pada penyebaran kuesioner NBM diperoleh skor yang tergolong rendah karena keterbiasaan para pekerja dalam melakukan aktivitas dengan postur kerja yang buruk. Sedangkan, metode <i>Rapid Upper Limb Assessment</i> diperoleh skor 7 yang masuk kedalam kategori level</p>

			<p>risiko tinggi sehingga diperlukan perbaikan. Usulan perbaikan adalah dengan mendekatkan beban cucian ke tubuh pekerja, menjaga kaki selebar bahu dan menggunakan otototot kaki untuk memberikan daya angkat, memberikan waktu istirahat 10 menit pada setiap 1- 2 jam bekerja dan menggunakan alat bantu troli untuk memindahkan keranjang cucian.</p>
--	--	--	---