

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka meliputi hasil penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan metode, pendekatan, dan solusi perancangan sistem kerja. Melalui tinjauan pustaka, diharapkan dapat menentukan pendekatan analisis serta metode perancangan sistem kerja yang tepat untuk proses produksi di PT X. Kajian ini memuat penelitian yang mengulas permasalahan ergonomi akibat kegiatan *manual handling* seperti pengangkatan beban berat dan postur kerja yang tidak sesuai, menyebabkan gangguan muskuloskeletal. Aktivitas yang menjadi fokus utama yaitu pengangkatan roll alufoil seberat 92 kg dan proses *wrapping finished goods*. Pencarian tinjauan pustaka menggunakan jurnal dari Google Scholar dalam 5 tahun terakhir dengan kata kunci ergonomi, perancangan sistem, dan sistem kerja, sehingga penelitian terdahulu menjadi referensi dalam merancang solusi yang relevan.

Pendekatan ergonomi partisipatif menjadi salah satu metode yang efektif untuk memperbaiki sistem kerja karena melibatkan pekerja dalam proses analisis dan pengambilan keputusan. Riyan *et al.* (2023) meneliti penerapan ergonomi partisipatif di PT Eka Karya Sinergi Bandung menemukan bahwa perbaikan sistem kerja dapat menurunkan risiko cedera serta meningkatkan produktivitas secara signifikan. Penurunan skor risiko REBA sebesar 7 poin menunjukkan adanya perbaikan postur kerja dan efisiensi proses. Temuan sejalan juga oleh Priambudi (2021) menerapkan ergonomi total pada industri batu bata, dengan peningkatan produktivitas sebesar 2,4%. Kedua hasil penelitian ini menegaskan bahwa keterlibatan pekerja dalam identifikasi masalah ergonomi menghasilkan solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Penelitian lain yang relevan juga dilakukan oleh Nasution & Purnomo (2024) di IKM Tulakir *Fiberglass*. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki sistem kerja yang ada pada IKM Tulakir *Fiberglass* agar dapat meningkatkan produktivitas pekerja dengan menerapkan prinsip ergonomi pada aktivitas produksi. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa perbaikan tata letak dan postur kerja dapat mengurangi tingkat kelelahan serta meningkatkan efisiensi operator. Anggara *et al.* (2024) juga menerapkan prinsip ergonomi dalam perancangan alat kerja pada industri manufaktur dengan menyesuaikan rancangan alat kerja yang dibuat terhadap data antropometri pekerja. Kedua penelitian ini menunjukkan bahwa pentingnya penerapan prinsip ergonomi, baik melalui perbaikan sistem kerja maupun dalam perancangan alat bantu kerja untuk meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan pekerja.

Selain pendekatan partisipatif, perancangan fasilitas kerja yang ergonomis juga memiliki peran penting dalam meningkatkan kenyamanan dan efisiensi kerja. Laksono & Butarbutar (2022) merancang meja kerja ergonomis untuk operator pembuatan endplate AC dengan menggunakan data antropometri dan simulasi perangkat lunak CATIA V5. Berdasarkan analisis postur menggunakan metode RULA, tingkat risiko cedera berhasil diturunkan dari kategori tinggi ke sedang, disertai peningkatan efisiensi waktu kerja sebesar 8,6%. Hasil serupa yang ditemukan oleh Azwir *et al.* (2021) yang merancang alat bantu pemasangan ban truk menggunakan pendekatan QFD dan REBA. Penggunaan alat bantu tersebut mampu menurunkan skor REBA dari 11 menjadi 7 dan secara signifikan mengurangi keluhan pekerja pada beberapa bagian tubuh.

Setiawan *et al.* (2021) juga melakukan analisis ergonomi untuk perbaikan aktivitas *manual material handling* pada proyek pembangunan jalan tol Cisumdawu. Penelitian tersebut menggunakan metode RULA, OWAS, dan NBM untuk menilai risiko postur kerja pada proses pengangkatan jeriken bahan bakar. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa postur kerja berada pada kategori risiko tinggi, sehingga disarankan penggunaan alat bantu berupa *jib crane* yang dirancang berdasarkan data antropometri pekerja. Perancangan alat bantu tersebut diharapkan dapat menurunkan risiko cedera dan meningkatkan efisiensi aktivitas kerja. Ketiga penelitian tersebut menegaskan pentingnya rancangan fasilitas kerja ergonomis dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif.

Penelitian oleh Bora *et al.* (2025) mengkombinasikan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dan *Quick Exposure Check* (QEC) untuk menganalisis dan memperbaiki rancangan stasiun kerja penjepit pada industri manufaktur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil skor REBA yang telah dilakukan didapatkan 8 dan WEC 78%, yang menandakan risiko ergonomi yang tinggi terutama pada bagian punggung dan lengan atas akibat posisi kerja yang membungkuk dan rotasi tubuh berulang. *Redesign* dilakukan pada tinggi meja kerja yang digunakan, penggunaan *footrest*, serta reposisi komponen yang sering diakses. Setelah diterapkannya rancangan baru ini, skor REBA menurun menjadi 4 dan QEC berkurang menjadi 55%, yang berarti risiko ergonomi pada kegiatan tersebut menurun menjadi kategori sedang. Penelitian ini juga menegaskan bahwa kombinasi metode REBA dan QEC efektif dalam mengidentifikasi risiko postur kerja dan mengevaluasi dampak perbaikan rancangan terhadap performa ergonomi secara menyeluruh.

Selain fokus pada perbaikan postur tubuh, beberapa penelitian juga mengkombinasikan metode analisis risiko menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Yasra *et al.* (2021) menerapkan FMEA di PT Cameron Systems Batam untuk menganalisis waktu

set-up mesin yang tidak efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa identifikasi prioritas risiko dengan nilai RPN dapat membantu perusahaan menentukan area perbaikan yang tepat. Implementasi metode ini berhasil meningkatkan tingkat utilisasi mesin dari 2,4% menjadi 85% serta mengurangi pemborosan waktu. Sementara itu, Mz *et al.* (2025) juga menggunakan DFMEA untuk mengevaluasi risiko ergonomi di industri makanan. Hasil analisis menunjukkan perlunya perbaikan pada postur kerja bagian punggung dan bahu. Usulan solusi berupa redesain meja kerja dan penambahan *pallet lift* terbukti efektif dalam menurunkan beban kerja fisik pekerja.

Berdasarkan kajian berbagai penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan ergonomi berpengaruh signifikan terhadap peningkatan keselamatan, kenyamanan, dan produktivitas kerja. Beragam metode seperti REBA, RULA, OWAS, FMEA, dan QFD banyak digunakan untuk mengevaluasi postur kerja, mengidentifikasi risiko, serta merancang solusi perbaikan. Selain itu, *software* CATIA V5 dan alat ukur seperti NBM membantu melakukan penilaian postur secara lebih objektif. Mengacu pada hasil penelitian terdahulu, penelitian ini akan menerapkan pendekatan ergonomi dalam merancang perbaikan sistem kerja pada aktivitas pengangkatan alufoil dan proses *wrapping* di PT X. Diharapkan hasil perancangan dapat mengurangi risiko ergonomi tinggi dan mendukung peningkatan produktivitas perusahaan.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari studi literatur yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ringkasan Tinjauan Pustaka

No	Pustaka	Objek	Masalah	Solusi	Metode dan <i>tools</i>	Hasil
1	Riyan <i>et al.</i> (2023)	PT. Eka Karya Sinergi Bandung perusahaan yang memproduksi baja ringan	Penurunan produktivitas di unit produksi terjadi karena frekuensi ketidakhadiran pekerja akibat keluhan kesehatan yang disebabkan oleh sistem kerja yang kurang ergonomis.	Perbaikan sistem kerja berbasis ergonomi serta peningkatan sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk mengurangi keluhan fisik pekerja dan meningkatkan produktivitas di PT Eka Karya Sinergi.	Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu pendekatan deskriptif kualitatif, dengan menggunakan <i>tools Rapid Entire Body Assessment</i> (REBA) dan Gangguan Otot Rangka (GOTRAK).	Menurunkan tingkatan risiko bahaya, mengurangi potensi bahaya gangguan otot rangka, dan meningkatkan <i>output</i> produksi.
2	Priambudi (2021)	UKM Bedeng Ita Malioboro yang memproduksi batu batah merah	Penurunan produktivitas yang disebabkan oleh proses produksi manual yang tidak ergonomis.	Perancangan sistem kerja yang ergonomis untuk meningkatkan produktivitas <i>output</i> produk.	Metode yang digunakan adalah ergonomi total, dengan menggunakan beberapa <i>tools</i> seperti <i>Nordic Body Map</i> (NBM), <i>Rapid Entire Body Assessment</i> (REBA), <i>fishbone</i> .	Memperbaiki %CVL menjadi kategori tidak terjadi kelelahan, dan dengan adanya perbaikan sistem kerja pada proses produksi berdampak pada peningkatan produktivitas sebesar 2,4% dari periode sebelumnya.

Tabel 2.1 Ringkasan Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Pustaka	Objek	Masalah	Solusi	Metode dan <i>tools</i>	Hasil
3	Nasution & Purnomo (2024)	Industri Kecil Menengah (IKM) Tulakir <i>Fiberglass</i>	Penurunan produktivitas yang disebabkan oleh sistem kerja yang tidak ergonomis dan optimal sehingga menimbulkan ketidaknyamanan di area kerja.	Perbaikan sistem kerja dengan mendesain ulang fasilitas kerja, desain ulang tata letak area produksi, dan penambahan alat pelindung diri (APD) untuk meningkatkan produktivitas pekerja.	Penelitian ini menggunakan metode ergonomi partisipatori berupa <i>focus group discussion</i> (FGD), dan menggunakan <i>tools nordic body map</i> (NBM).	Meningkatkan produktivitas pada IKM Tulakir <i>Fiberglass</i> dan menurunkan tingkat keluhan pekerja sebesar 40,03%.
4	Laksono & Butarbutar (2022)	PT Sinergi Mandiri Selaras yang memproduksi semua komponen <i>Air Conditioner</i> (AC).	Terdapat banyaknya keluhan pekerja mengenai keram dan pegal – pegal pada beberapa bagian tubuh pekerja yang diakibatkan oleh proses dan fasilitas kerja yang tidak ergonomis.	Perancangan sistem kerja yang ergonomis pada proses pembuatan <i>endplate coil air conditioner</i> (AC) untuk meningkatkan kenyamanan kerja, menurunkan keluhan pekerja, dan mendapatkan waktu kerja yang optimal untuk meningkatkan <i>output</i> produksi.	Penelitian ini menggunakan metode <i>rapid upper limb assessment</i> (RULA) dan menggunakan <i>tools software</i> Catia V5.	Menurunkan risiko cedera berdasarkan hasil analisis RULA, dan dapat menurunkan waktu standard proses pembuatan <i>endplate coil</i> dari 1.879,12 detik menjadi 1.715,85 detik.

Tabel 2.1 Ringkasan Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Pustaka	Objek	Masalah	Solusi	Metode dan tools	Hasil
5	Azwir <i>et al.</i> (2021)	Perusahaan manufaktur alat berat yang memproduksi produk transportasi pada tambang dan non pertambangan contohnya Semi Side Tipper (SST) dan Dolly.	Adanya gejala gangguan trauma kumulatif (CTD) pada bagian tubuh punggung bawah yang disebabkan oleh postur tubuh yang tidak ergonomis pada proses kerja manual.	Perbaikan sistem kerja pada proses pemasangan ban truk dengan menggunakan perancangan alat bantu untuk <i>material handling</i> untuk mengurangi risiko CTD	Penelitian ini menggunakan metode analisis <i>rapid entire body assessment</i> (REBA) dan menggunakan tools kuesioner Nordic dan <i>quality function deployment</i> (QFD)	Penurunan risiko ergonomis yang mana awalnya mendapatkan level risiko tinggi menjadi risiko sedang, dan mengurangi gejala <i>cumulative trauma disorders</i> (CTD) pada pekerja.
6	Setiawan <i>et al.</i> (2021)	PT Wijaya Karya (Persero) Tbk pada proyek pembangunan jalan tol Cisumdawu	Adanya kelelahan dan risiko <i>musculoskeletal disorder</i> pada pekerja yang disebabkan oleh aktivitas manual <i>material handling</i> .	Perancangan alat bantu untuk mengurangi risiko <i>musculoskeletal disorder</i> pada proses kerja manual.	Penelitian ini menggunakan metode <i>rapid upper limb assessment</i> (RULA) dan <i>ovako working posture analysis system</i> (OWAS), tools yang digunakan pada penelitian ini adalah <i>nordic body map</i> (NBM) dan <i>software ErgoFellow</i> .	Dapat Mengurangi dampak yang disebabkan oleh proses manual.

Tabel 2.1 Ringkasan Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Pustaka	Objek	Masalah	Solusi	Metode dan <i>tools</i>	Hasil
7	Bora <i>et al.</i> (2025)	PT. Xyz merupakan perusahaan internasional yang bergerak pada bidang minyak dan gas	Postur kerja operator yang tidak ergonomis saat melakukan pekerjaannya sehingga menimbulkan kelelahan dan penurunan produktivitas pekerja.	Perancangan ulang stasiun kerja melalui penyesuaian tinggi meja, penambahan <i>footrest</i> , dan reposisi komponen yang sering digunakan untuk memperbaiki postur kerja.	Penelitian ini menggunakan metode REBA (<i>Rapid Entire Body Assessment</i>) dan QEC (<i>Quick Exposure Check</i>).	Penurunan skor REBA dari 8 menjadi 4 dan QWC dari 78% menjadi 55% yang menunjukkan penurunan risiko ergonomi menjadi kategori sedang dan meningkatkan kenyamanan kerja operator.
8	Mz <i>et al.</i> (2025)	Perusahaan <i>Fast Moving Consumer Goods</i> (FMCG) atau perusahaan yang bergerak pada manufaktur makanan.	Keluhan fisik yang disebabkan oleh postur kerja yang tidak ergonomis dan dilakukan secara berulang sehingga berdampak pada tingkat risiko gangguan <i>moskuloskeletal disorders</i> (MSD).	Perancangan ulang fasilitas kerja yang lebih ergonomis pada area kerja untuk menurunkan risiko cedera dan meingkatkan kenyamanan kerja.	Penelitian ini menggunakan metode <i>Design Failure Mode and Effect Analysis</i> (DFMEA), <i>Risk Priority Number</i> (RPN) dan menggunakan <i>tools Nordic Body Map</i> (NBM)	Menurunkan nilai RPN pada posisi tubuh yang membungkuk dan jangkauan lengan yang tidak efisien sehingga dapat menurunkan keluhan MSD pada pekerja.

Tabel 2.1 Ringkasan Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Pustaka	Objek	Masalah	Solusi	Metode dan <i>tools</i>	Hasil
9	Yasra <i>et al.</i> (2021)	PT.Cameron Systems Batam merupakan perusahaan yang memproduksi peralatan pengeboran minyak bumi dan gas	Rendahnya produktivitas <i>direct hours</i> pada proses <i>machining</i> CNC milling yang disebabkan oleh <i>set up time</i> yang terlalu lama dan beban kerja pekerja yang tidak merata.	Perbaikan metode kerja pada proses <i>machining</i> CNC milling untuk meningkatkan produktivitas <i>direct hours</i> .	Penelitian ini menggunakan metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> dan <i>risk Priority Number</i> (RPN), serta menggunakan <i>tools</i> seperti peta aliran proses, peta pekerja dan mesin, <i>fishbone</i> .	Meningkatkan produktivitas <i>direct hours</i> dari 75,8% menjadi 86% sehingga dapat mencapai target perusahaan.
10	Anggara <i>et al.</i> (2024)	Industri manufaktur	Perusahaan belum menerapkan prinsip ergonomi pada desain fasilitas kerja sehingga menimbulkan keluhan muskuloskeletal (MSD) dan penurunan produktivitas pekerja.	Perancangan alat kerja adaptif yang berbasis ergonomi kognitif dan fisiologis untuk meningkatkan produktivitas dan kesehatan pekerja.	Metode pada studi ini menggunakan mengadopsi pendekatan analisis kualitatif interaksi manusia-mesin, simulasi biomekanik, elektromiografi dan kognitif-fisiologis.	Mengurangi beban kerja otot dan meningkatkan produktivitas kerja.

Tabel 2.1 Ringkasan Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Pustaka	Objek	Masalah	Solusi	Metode dan tools	Hasil
11	Bidiawati et al. (2024)	Perusahaan yang memproduksi tahu	Produk yang dihasilkan memiliki ukuran yang tidak seragam dikarenakan menggunakan alat potong manual yaitu dengan menggunakan pisau dan roll kayu.	Melakukan perancangan alat bantu pemotongan untuk meningkatkan jumlah hasil potongan, menyeragamkan ukuran tahu, dan mengurangi waktu pemotongan.	Pada penelitian ini dilakukan perancangan alat bantu dengan menggunakan metode rasional.	Meningkatkan produktivitas pekerja, dengan melakukan pemotongan yang optimal, dengan jumlah cacat produk yang menurun, meningkatkan kapasitas pemotongan, dan waktu proses pemotongan yang menjadi lebih cepat.
12	Ahmady et al. (2020)	Industri pengolahan kayu (<i>wood processing industry</i>)	Aktivitas bongkar muat bahan baku yaitu balok kayu masih dilakukan secara manual tanpa ada bantuan <i>material handling equipment</i> sehingga pekerja berisiko mengalami <i>Musculoskeletal Disorder</i> (MSDs).	Dilakukan perancangan <i>material handling equipment</i> yang menerapkan aspek ergonomi untuk mengurangi risiko terjadinya <i>musculoskeletal disorders</i> (MSDs).	Metode yang digunakan dalam perancangan <i>material handling equipment</i> menggunakan pendekatan <i>Ergonomic Function Deployment</i> (EFD), dengan menggunakan <i>tools</i> REBA.	Terjadinya penurunan risiko dari analisis postur tubuh yang awalnya <i>high risk</i> menjadi <i>medium risk</i> sehingga dapat membuktikan bahwa terjadinya penurunan risiko terjadinya <i>Musculoskeletal disorders</i> (MSDs)

Tabel 2.1 Ringkasan Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Pustaka	Objek	Masalah	Solusi	Metode dan <i>tools</i>	Hasil
13	Sitorus <i>et al.</i> (2021)	PT. Kalbe Farma TBK	Proses penimbangan produk menjadi terlambat dikarenakan waktu penimbangan salah satu bahan baku yaitu <i>glycerin</i> membutuhkan waktu 2,7 kali lipat dari standar waktu yang ada.	Melakukan perancangan alat bantu penimbangan <i>glycering</i> untuk menurunkan lama waktu penimbangan.	Pada perancangan alat timbang digunakan metode <i>Value Engineering</i> .	Dengan adanya alat timbang yang telah dirancang dapat menurunkan waktu penimbangan sebesar 85%, dan dapat menurunkan biaya penimbangan per tahun sebesar 85%.

2.2 Dasar Teori

Pada sub bab ini memaparkan teori yang menjadi landasan dalam proses perancangan solusi yang telah dipilih yaitu perancangan desain mesin untuk proses pengangkatan alufoil dan perancangan alat bantu untuk proses *wrapping finished goods*. Teori mengenai ergonomi, *Musculoskeletal Disorders* (MSDs), dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) merujuk pada mata kuliah Ergonomika (STIN17302) dan mata kuliah Analisis Perancangan Sistem Kerja (STIN28402). Selain itu, aspek keselamatan kerja yang berkaitan dengan risiko cedera dan prinsip kerja aman juga diperkuat melalui mata kuliah Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja (STIN41502).

2.2.1 Industri *Home Hygiene*

Industri *Home Hygiene* merupakan salah satu sektor manufaktur yang memproduksi produk pembasmi serangga (*insect killer*) dan produk penolak serangga untuk aplikasi pada kulit (*insect repellent*). Produk *insect repellent* berfungsi memberikan perlindungan terhadap gigitan serangga. Proses produksi dimulai dari tahap formulasi, persiapan material kemasan, pengisian (*filling*), dan pengemasan akhir menjadi *finished goods*.

Proses produksi pada industri ini secara umum meliputi tahap formulasi bahan, persiapan material kemasan (roll alufoil), proses pengisian (*filling*), penyegelan kemasan, pencetakan kode produksi, dan pengemasan ke dalam kardus sebelum disusun pada pallet kemudian dilanjutkan *wrapping finished goods* dan dipindahkan ke *staging area*. Karakteristik proses yang melibatkan bahan kimia, penggunaan mesin otomatis menjadikan industri ini memiliki risiko fisik, kimia, dan ergonomi.

2.2.2 Ergonomi

Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari kemampuan, keterbatasan, dan karakteristik manusia untuk diterapkan dalam perencanaan, desain dan evaluasi lingkungan kerja, pekerjaan, dan peralatan untuk menciptakan kesehatan dan keselamatan kerja serta meningkatkan kinerja (Stack & Ostrom, 2023). Salvendy & Karwowski (2021) menjelaskan bahwa ergonomi juga mencakup interaksi antara manusia dengan elemen sistem lainnya serta menerapkan teori dan data untuk mengoptimalkan kesejahteraan manusia. Tujuan penerapan ergonomi yaitu meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental pekerja dengan mencegah cedera, menurunkan beban kerja fisik dan mental, meningkatkan kepuasan kerja, dan meningkatkan kesejahteraan sosial melalui koordinasi kerja yang baik di tempat kerja (Hutabarat, 2017).

Secara umum terdapat tiga jenis ergonomi yaitu ergonomi fisik, ergonomi kognitif, dan ergonomi organisasi. Berikut penjabaran dari ketiga jenis ergonomik sebagai berikut:

a. Ergonomi Fisik

Ergonomi fisik berkaitan dengan anatomis, fisiologis, dan biomekanis manusia yang berkaitan dengan aktivitas fisik.

b. Ergonomi Kognitif

Ergonomi kognitif berkaitan dengan proses mental seperti persepsi, memori, penalaran, dan respon motorik karena mereka mempengaruhi interaksi antara manusia dan elemen lain dari suatu sistem.

c. Ergonomi Organisasi

Ergonomi organisasi atau ergonomi makro berkaitan dengan optimalisasi sistem sosioteknik, termasuk struktur organisasi, kebijakan, dan proses.

Dalam industri manufaktur, jenis ergonomi yang paling berkaitan yaitu ergonomi fisik karena berkaitan dengan postur kerja, beban fisik, gerakan repetitif, dan risiko cedera muskuloskeletal. Penerapan ergonomi fisik diharapkan dapat memastikan bahwa aktivitas kerja selaras dengan kemampuan tubuh pekerja.

Pada pekerjaan yang melibatkan aktivitas *manual handling*, berdasarkan *International Organization for Standardization* (ISO) 11228-1:2021 menetapkan acuan batas aman pengangkatan beban sebesar 25 kg untuk aktivitas pengangkatan dua tangan dalam kondisi kerja yang optimal. Nilai ini digunakan sebagai dasar evaluasi risiko dan pertimbangan dalam merancang alat bantu kerja yang bertujuan menurunkan beban fisik pekerja (ISO, 2021). Penerapan ergonomi berperan penting untuk mengurangi keluhan pekerja, meningkatkan kenyamanan kerja dan mencegah cedera. Prinsip-prinsip ergonomi tersebut menjadi landasan dalam perancangan alat bantu dan desain mesin agar aktivitas kerja yang dilakukan aman, nyaman, efisien, dan stabil.

2.2.3 Musculoskeletal Disorders (MSDs)

Musculoskeletal disorders (MSDs) adalah gangguan atau cedera pada otot, tendon, ligamen, saraf, sendi, kartilago, cakram vertebra, tulang atau pembuluh darah pendukung (Stack & Ostrom, 2023). Gangguan atau cedera ini dapat muncul secara perlahan akibat aktivitas kerja yang dilakukan berulang, beban kerja fisiki yang besar, dan postur saat bekerja yang tidak ergonomis. Apabila gangguan tersebut muncul dan semakin diperparah dengan faktor-faktor lain yang berkaitan dengan aktivitas atau kondisi kerja, maka kondisi ini termasuk dalam *Work-Related Musculoskeletal Disorders* (WMSDs). Pekerjaan manual yang tidak ergonomis, seperti pengangkatan beban yang berlebih, postur membungkuk dan waktu lama, gerakan yang berulang, dan penggunaan tenaga yang berlebih dapat meningkatkan risiko terjadinya MSDs pada pekerja. Selain itu faktor

tersebut, faktor seperti usia, kekuatan otot, kebiasaan kerja, dan durasi paparan juga dapat mempengaruhi kerentanan pekerja terkena gejala MSDs.

2.2.4. Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

RULA merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis postur kerja untuk mengidentifikasi risiko gangguan pada anggota tubuh bagian atas (Stack & Ostrom, 2023). Metode ini memberikan penilaian cepat dan sistematis terhadap risiko ergonomi yang berkaitan dengan postur kerja, khususnya pada leher, lengan, bahu, dan pergelangan tangan. Penilaian RULA dilakukan dengan mengevaluasi posisi lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan yang kemudian dikombinasikan dengan penilaian postur tubuh lainnya untuk menghasilkan skor tingkat risiko. Skor RULA digunakan sebagai dasar perbaikan terhadap postur kerja jika memiliki risiko ergonomi yang tergolong tinggi. Lembar RULA dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.

ERGONOMICS PLUS **RULA Employee Assessment Worksheet** Task Name: _____ Date: _____

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:
If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Scores

Table A: Wrist Score

	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Wrist	Wrist Twist
1	1	1	1	1	2	2
2	2	2	2	2	3	3
3	3	3	3	3	4	4
4	4	4	4	4	5	5
5	5	5	5	5	6	6
6	6	6	6	6	7	7
7	7	7	7	7	8	8
8	8	8	8	8	9	9
9	9	9	9	9	10	10

Table B: Neck, Trunk, Leg Score

	Neck	Trunk	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	1	1	1	2	2
2	2	2	2	2	3	3
3	3	3	3	3	4	4
4	4	4	4	4	5	5
5	5	5	5	5	6	6
6	6	6	6	6	7	7
7	7	7	7	7	8	8
8	8	8	8	8	9	9
9	9	9	9	9	10	10

Table C: Neck, Trunk, Leg Score

	Neck	Trunk	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	1	1	1	2	2
2	2	2	2	2	3	3
3	3	3	3	3	4	4
4	4	4	4	4	5	5
5	5	5	5	5	6	6
6	6	6	6	6	7	7
7	7	7	7	7	8	8
8	8	8	8	8	9	9
9	9	9	9	9	10	10

Scoring: (final score from Table C)
1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

RULA Score

Gambar 2.1 Lembar RULA (Murbowaseso, 2021)

Berikut merupakan penjelasan pengisian lembar RULA.

- Langkah 1 memberikan skor untuk posisi lengan atas (*Upper Arm*), dengan menyesuaikan dengan derajat dan posisi lengan atas.
- Langkah 2, memberikan skor untuk posisi lengan bawah (*Lower Arm*), dengan menyesuaikan derajat dan posisi lengan bawah.

- c. Langkah 3, memberikan skor untuk posisi pergelangan tangan (*Wrist*) dengan mempertimbangkan posisi dan derajat pergelangan tangan.
- d. Langkah 4, memberikan skor untuk rotasi perputaran pergelangan tangan sesuai posisinya.
- e. Langkah 5, menentukan skor untuk kelompok A (posture score A) dengan menggabungkan nilai langkah 1, 2, 3, dan 4 pada Tabel A.
- f. Langkah 6, menambahkan skor penggunaan otot
- g. Langkah 7, menambahkan skor beban atau gaya (*force/load score*) yang dibawa oleh pekerja.
- h. Langkah 8, menemukan baris pada tabel C. Menjumlahkan nilai dari langkah 5-7 untuk mendapatkan skor lengan dan pergelangan tangan, kemudian tentukan baris yang sesuai pada tabel C.
- i. Langkah 9, menentukan dan mengevaluasi posisi leher (*Neck position*) serta memberikan skor yang sesuai dengan kategori postur.
- j. Langkah 10, menentukan posisi batang tubuh (*Trunk*) serta menganalisis kemiringan dan lengkungan batang tubuh.
- k. Langkah 11, menentukan skor untuk dukungan kaki (*Leg support score*), menentukan skor dari tabel B yang akan digunakan pada langkah 12.
- l. Langkah 12, menentukan skor untuk kelompok B (posture score B) dengan menggabungkan nilai langkah 9 hingga 11 pada Tabel B.
- m. Langkah 13, menambahkan skor penggunaan otot
- n. Langkah 14, menambahkan skor beban atau gaya (*force/load score*) yang dibawa oleh pekerja.
- o. Langkah 15, menemukan baris pada tabel C. Menjumlahkan nilai dari langkah 12-14 untuk mendapatkan skor leher, batang tubuh, dan kaki, kemudian tentukan baris yang sesuai pada tabel C untuk memperoleh skor RULA akhir.

Setelah menyelesaikan seluruh langkah penilaian risiko ergonomi menggunakan metode RULA dan mendapatkan skor akhir, selanjutnya adalah menentukan tingkat risiko ergonomi berdasarkan skor akhir. penentuan tingkat risiko ergonomi membantu dalam mengetahui *urgensi* dan prioritas perbaikan yang harus dilakukan. Oleh karena itu, berikut disajikan tabel klasifikasi tingkat risiko berdasarkan skor akhir RULA sebagai acuan dalam menentukan langkah perbaikan yang sesuai.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tingkat Risiko Ergonomi

No	Skor Akhir RULA	Tingkat Risiko
1	1-2	Rendah
2	3-4	Sedang
3	5-6	Tinggi
4	>7	Sangat Tinggi

Berdasarkan Tabel 2.2 dapat diketahui bahwa klasifikasi tingkat risiko ergonomi dapat dibagi menjadi empat level yaitu skor 1 sampai dengan 2 menunjukkan tingkat risiko ergonomi rendah atau postur masih dapat diterima. Skor 3 sampai 4 menunjukkan risiko ergonomi sedang yang menunjukkan perlu dilakukan perbaikan tetapi tidak mendesak. Skor 5 sampai 6 menunjukkan risiko ergonomi tinggi menggambarkan risiko ergonomi yang tinggi dan memerlukan tindakan perbaikan dalam waktu dekat. Sementara itu, skor >7 tergolong dalam risiko ergonomi sangat tinggi dan perbaikan harus segera dilakukan.

2.2.5 Muscle Strenght

Muscle strenght merupakan kemampuan otot atau kelompok otot dalam menghasilkan gaya atau tegangan saat melakukan usaha maksimal, baik pada kondisi dinamis maupun statis (Abdurachman *et al.*, 2016). Kekuatan ini dihasilkan melalui kontraksi otot secara optimal. Otot yang memiliki kekuatan optimal dapat melakukan kontraksi dan relaksasi secara efektif, sehingga dapat menunjang keseimbangan dan mendukung kegiatan sehari-hari seperti berjalan, bekerja, dan lain sebagainya. Kekuatan otot dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ukuran otot, jenis kelamin, dan umur.

Kekuatan otot pada laki-laki umumnya mencapai puncak pada umur 20-an tahun kemudian akan mengalami penurunan secara perlahan hingga umur 60 tahun atau lebih. Meskipun demikian, penurunan tersebut dapat diminimalkan melalui latihan yang dilakukan secara rutin, sehingga kekuatan otot tetap dan dapat dipertahankan hingga usia lanjut. Berikut merupakan tabel data kekuatan genggam tangan manusia berdasarkan umur dan jenis kelamin.

Tabel 2.3 Kekuatan Genggaman Tangan Pada Posisi Berdiri

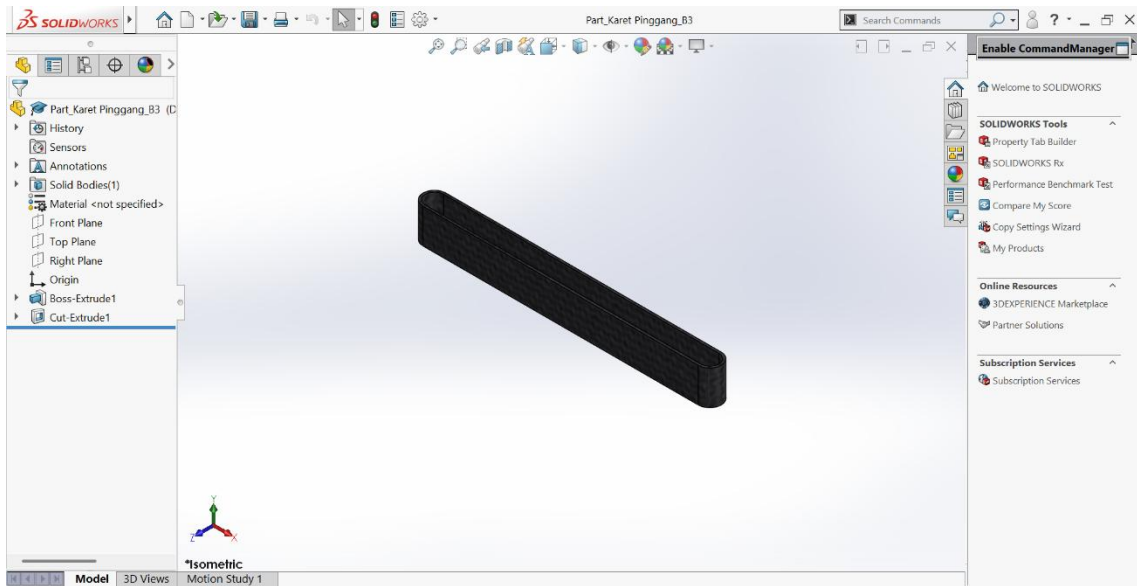
Umur	Laki-laki		Perempuan	
	Rata-rata (N)	Standard Deviasi	Rata-rata (N)	Standard Deviasi
≤ 20	37,1	4,4	34,8	3,5
21-25	33,4	2,4	29,7	4,3
26-30	36,5	4,2	34,3	4,6
31-35	35,9	9	32,4	9
36-40	40,9	7,8	38,4	6,7
41-45	28,8	4,8	25,5	5,1
46-50	37,7	3,1	32,7	4,4
51-55	28,8	4,6	26,5	7,1
56-60	34,2	7,7	32,3	6,8
61-65	36	4,8	33,4	4,3

2.2.6 Tools

Dalam proses pengimplementasian solusi, dibutuhkan berbagai alat pendukung yang berfungsi untuk memastikan akurasi pengukuran, dan ketepatan hasil desain. Penggunaan *tools* yang tepat sangat penting untuk memudahkan proses perancangan, dan evaluasi ergonomi. Terdapat beberapa *tools* yang digunakan untuk membantu proses analisis dan proses perancangan, yaitu Solidworks, CATIA, dan aplikasi *Angle Meter*. Berikut merupakan penjelasan mengenai masing-masing *tools* yang digunakan.

a. Solidworks

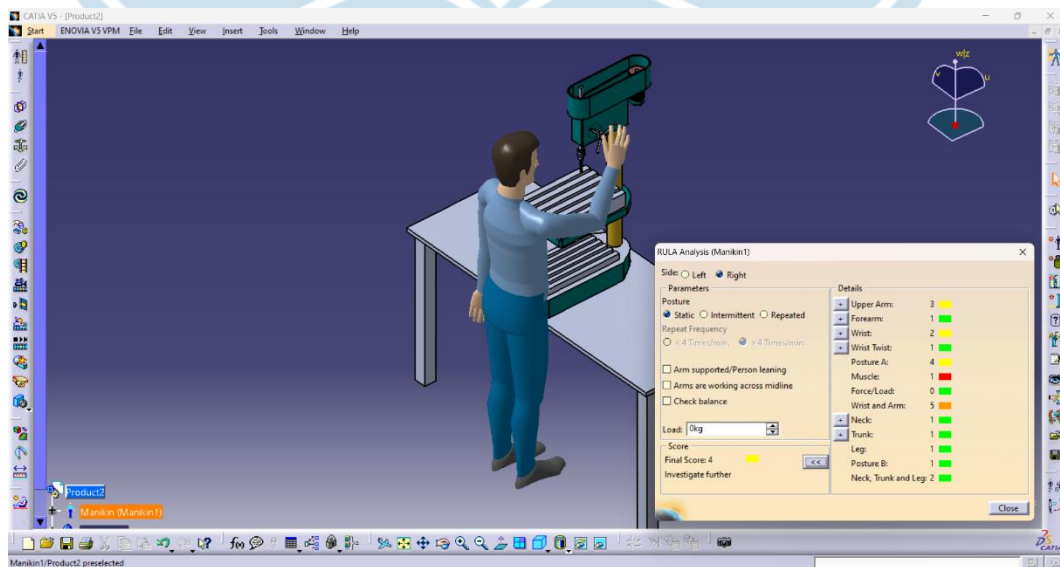
Solidworks adalah perangkat lunak yang dirancang untuk mendukung kebutuhan perancangan teknik, seperti pembuatan desain produk, mesin, *mold*, dan berbagai keperluan teknik lainnya (Bintari & Anurogo, 2018). Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk pemodelan 2D (dua dimensi) dan 3D (tiga dimensi). Terdapat beberapa fitur pada perangkat lunak *Solidworks* yang membantu dalam proses pembuatan model alat seperti fitur *sketch*, *chamfer*, *fillet*, *extrude*, *revolve*, dan berbagai fitur lain. Berikut merupakan contoh pembuatan desain alat menggunakan *software* Solidworks yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Software Solidworks

b. CATIA

CATIA (*Computer Aided Three Dimensional Interactive Application*) merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membuat model desain 3D dan melakukan simulasi aktivitas kerja untuk kebutuhan evaluasi ergonomi. *Software* ini menyediakan simulasi RULA dengan memvisualisasikan postur kerja secara detail pada fitur manekin dan analisis gerak. Dengan adanya fitur penilaian postur kerja menggunakan metode RULA pada *software* dapat memudahkan proses analisis dan penilaian akan menjadi lebih akurat. Berikut merupakan contoh analisis ergonomi menggunakan metode RULA pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Software CATIA

c. *Angle Meter*

Angle Meter merupakan aplikasi yang digunakan untuk mengukur sudut pada gambar yang akan dianalisis. Dengan menggunakan *Angle meter* dapat membantu menghasilkan pengukuran yang lebih akurat. Berikut merupakan aplikasi *Angle meter* yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Aplikasi *Angle Meter*

2.3 Standar dan Kode Etik

Pada sub bab ini memaparkan standar dan kode etik yang digunakan sebagai patokan dalam proses perancangan solusi. Standar digunakan untuk memastikan bahwa perancangan yang dilakukan sesuai dengan regulasi, peraturan yang relevan. Sementara, kode etik sebagai pedoman etis selama proses perancangan tugas akhir dengan ketentuan etika yang berlaku. Berikut merupakan penjabaran standar dan kode etik untuk solusi perancangan yang terdapat pada subsubbab 2.3.1 hingga 2.3.2.

2.3.1 Standar

Perancangan desain alat bantu dan mesin untuk proses pengangkatan roll alufoil dan *wrapping finished goods* pada tugas akhir ini mengacu pada Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, Khususnya pada lampiran A6 mengenai perancangan peralatan kerja. Dalam peraturan tersebut dijelaskan bahwa alat bantu yang akan dirancang haruslah disesuaikan dengan kondisi pekerja. Oleh karena itu, prinsip dasar ergonomi harus diterapkan, seperti penggunaan data antropometri dalam perancangan alat bantu. Dengan menerapkan data antropometri yang sesuai, desain alat bantu yang dirancang dapat sesuai dengan kebutuhan pekerja dan meningkatkan kenyamanan dan kesehatan di lingkungan kerja. Standar ini akan digunakan pada tahapan penentuan ukuran beberapa komponen pada alat bantu yang mana harus disesuaikan dengan data antropometri pekerja.

2.3.2 Kode Etik

Etika dalam perancangan alat bantu ini merujuk pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 88 Tahun 2019 Pasal 13 tentang Kesehatan Kerja, pasal ini menjelaskan bahwa setiap peralatan kesehatan kerja harus memiliki kesesuaian fungsi dengan potensi bahaya yang ada pada lingkungan kerja tersebut untuk mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Kode etik ini akan digunakan pada tahapan diskusi desain alat dan mesin agar perancangan mesin pengangkatan roll alufoil dan alat bantu *wrapping finished goods* harus disesuaikan dengan fungsi dan potensi bahaya yang ada pada area produksi. Dengan demikian, diharapkan desain alat bantu yang dirancang dapat aman, mendukung perlindungan kesehatan pekerja, dan tidak menimbulkan risiko kecelakaan baru.

