

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perancangan Sistem Kerja

Untuk mencapai tujuan operasional perusahaan, desain sistem kerja merupakan faktor krusial yang harus diperhatikan (Butarbutar & Lakosno, 2022). Menurut (Sofani, Tanjung, Kurnia, Ningrum, & Saputro, 2022), Dalam industri industri, desain sistem kerja sangat penting untuk membangun tempat kerja yang nyaman, efektif, dan produktif.

2.1.1 Desain

Soetam Rizky mencatat dalam (Permadi, Destiawati, & Handayani, 2023) bahwa desain melibatkan penggambaran bagaimana tugas akan dilakukan dengan berbagai cara. Ini mencakup detail tentang komponen, rencana arsitektur, dan tantangan potensial yang mungkin muncul selama implementasi. Sebagaimana dinyatakan oleh (Fauzi, Zainy, Nasution, Hastini, & Simanjuntak, 2023), desain adalah fase dalam menciptakan atau mengorganisasikan sesuatu melalui metode yang ditujukan untuk mencapai tujuan tertentu. Lebih lanjut, Satzinger, Jackson, dan Burd menjelaskan (Hidayatulloh, MZ, & Sutanti, 2020) bahwa desain terdiri dari serangkaian langkah yang menentukan bagaimana suatu sistem tertentu akan beroperasi. (Azis, Pribadi, & Nurcahya, 2020) menggambarkan desain sebagai proses menentukan apa yang perlu dilakukan dengan berbagai pendekatan. Ini juga mencakup detail tentang komponen, rencana arsitektur, dan batasan yang dapat muncul selama proses eksekusi.

2.1.2 Sistem

Menurut Tata Sutabri, sistem pada hakikatnya adalah kumpulan komponen yang saling terhubung dan bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama (Permadi, Destiawati, & Handayani, 2023). Komponen-komponen sistem terdiri dari subsistem-subsistem yang lebih kecil, yang mencakup sekelompok elemen yang membentuk subsistem-subsistem tersebut.

2.1.3 Jenis-jenis Sistem

Menurut Wijoyo dalam (Yulmiawati, Sutiyanto, & Kanafi, 2023), suatu sistem terdiri dari beberapa elemen yang berkolaborasi untuk mencapai tujuan tertentu. Harus ada mekanisme pengendalian untuk mengelola semua operasi dalam organisasi agar dapat mencapai tujuannya. Biasanya, sistem pengendalian perusahaan mencakup masukan, proses, dan keluaran (Efendi, Bil'ibad, & Al Farisi, 2023). Pembahasannya meliputi sistem cerdas, sistem terbuka dan tertutup, sistem terprediksi dan tak terprediksi, beserta lima jenis sistem lainnya. Berikut rincian masing-masing jenis:

- 1) Sistem terbuka adalah sistem yang dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal. Sistem ini dapat berubah berdasarkan masukan yang tidak diketahui dan acak, beserta informasi, material, atau energi di sekitarnya. Sederhananya, sistem terbuka adalah sistem yang menggunakan sumber dayanya untuk berinteraksi langsung dengan lingkungannya dan biasanya memiliki desain yang memungkinkannya menyesuaikan diri dengan lingkungannya.
- 2) Sistem tertutup beroperasi secara independen dari lingkungannya dan dapat berfungsi secara mandiri (mandiri). Tidak ada pertukaran materi, data, atau energi dengan lingkungan eksternal. Namun, pola-pola tertentu pada akhirnya dapat menghilang dari sistem.
- 3) Sistem yang dapat diprediksi akan sesuai dengan keadaan yang diharapkan. Hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya kesalahan terkait keadaan sistem pada setiap saat adalah minimal.
- 4) Sistem yang tidak dapat diprediksi dapat meramalkan hasil, tetapi mungkin memiliki kesalahan dalam prediksinya karena berbagai kondisi. Misalnya, prakiraan cuaca dapat memprediksi cuaca hari ini, tetapi pola angin memengaruhi perubahan cuaca, dan arah angin seringkali tidak pasti. Ketidakpastian inilah yang menyebabkan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) terkadang kesulitan menentukan kapan tepatnya hujan akan turun.
- 5) Sistem cerdas bukanlah fenomena alami; melainkan harus diciptakan secara sengaja dan sering disebut sebagai sistem buatan. Sistem ini dibangun untuk memenuhi kebutuhan perancang dan pengguna. Beberapa contoh sistem cerdas antara lain robot, komputer, ponsel pintar, berbagai organisasi, dan masih banyak lagi.

2.1.4 Memahami Desain Sistem Kerja

Desain sistem kerja adalah bidang yang mengkaji cara mengembangkan sistem kerja terbaik menggunakan metode dan prinsip tertentu. Menurut Kusuma (2007), bidang ini juga melibatkan pengorganisasian komponen-komponen sistem kerja agar dapat bekerja sama dengan baik, yang membantu meningkatkan efisiensi, kinerja, dan produktivitas.

2.2 Gangguan Sistem Muskuloskeletal

Gangguan yang memengaruhi sistem muskuloskeletal dapat berkisar dari ringan hingga sangat serius (Megawati, Saputra, Attaqwa, & Fauzi, 2021). Gangguan muskuloskeletal umumnya memengaruhi bagian tubuh yang digunakan saat bekerja (Silvia, Yohanan, & Cahyani, 2023). Pekerja industri sering melaporkan mengalami masalah umum seperti nyeri punggung, nyeri leher, dan rasa tidak nyaman di pergelangan tangan, siku, dan kaki.

Masalah muskuloskeletal adalah masalah yang dihadapi pekerja saat bekerja, dan dapat berupa ketidaknyamanan ringan hingga nyeri yang sangat parah. Mereka yang melakukan tugas berulang lebih mungkin mengalami masalah muskuloskeletal ini (Fitriadi, Putra, & Avina, 2021).

2.2.1 Penyebab Masalah Muskuloskeletal

Faktor risiko yang berkontribusi terhadap masalah muskuloskeletal meliputi beban kerja yang berat, seberapa sering tugas diulang, berapa lama seseorang terpapar pada tugas-tugas tersebut, posisi tubuh, ketegangan mekanis, dan faktor-faktor seperti intensitas tinggi, penumpukan ketegangan, pengeluaran energi, kelelahan otot, dan kondisi lingkungan dan sosial yang tidak menguntungkan (Megawati, Saputra, Attaqwa, & Fauzi, 2021).

2.3 Memahami Ergonomi

Ergonomi adalah studi tentang perilaku manusia, kemampuan, batasan, dan kecenderungan alami mereka, yang bertujuan untuk merancang ruang yang aman, nyaman, efektif, dan efisien bagi manusia (Nuantra dkk., 2022). Menurut Masuri & Putradhiani (2019), ergonomi berupaya meningkatkan produktivitas tempat kerja

dengan mendorong suasana yang tenang, aman, sehat, dan ramah. Penerapannya meliputi desain produk, peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja, serta peningkatan produktivitas.

2.3.1 Tujuan Ergonomi

Tujuan utama penerapan ergonomi adalah untuk:

- a. Mencegah penyakit dan cedera di tempat kerja, mengurangi ketegangan fisik dan mental, serta meningkatkan kepuasan dan kemajuan pekerja untuk meningkatkan kesehatan mereka secara keseluruhan.
- b. Meningkatkan jaminan sosial sepanjang kehidupan kerja seseorang dan meningkatkan praktik organisasi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.
- c. Meningkatkan kebahagiaan pekerja dengan memastikan keseimbangan yang adil di antara berbagai faktor.

2.3.2 Prinsip Utama Ergonomi

Meskipun ergonomi dan teknologi tempat kerja terus berkembang, memahami prinsip-prinsip dasarnya akan memudahkan evaluasi pekerjaan atau tugas apa pun. Hutabarat (2017) menguraikan 12 prinsip ergonomi:

- a. Pertahankan postur tubuh yang normal saat bekerja.
- b. Hindari mengangkat beban berat.
- c. Tempatkan peralatan di dekat.
- d. Sesuaikan pekerjaan dengan tinggi badan Anda.
- e. Minimalkan gerakan ekstra dan tindakan berulang.
- f. Batasi tindakan statis.
- g. Mengurangi titik-titik ketegangan.
- h. Mengelola jarak secara efektif.
- i. Ciptakan lingkungan kerja menyenangkan.
- j. Menggabungkan gerakan, latihan, dan peregangan selama bekerja.
- k. Pastikan tampilannya jelas dan mudah dipahami.
- l. Mengurangi stres.

2.3.3 Bidang Penelitian Ergonomi

Ergonomi merupakan bidang studi penting yang memengaruhi

produktivitas kerja. Habbarat (2017) mengidentifikasi tiga kategori penelitian ergonomi, yaitu:

- a. Ergonomi fisik
 1. Bidang ini mengkaji aspek fisik aktivitas manusia, termasuk ukuran tubuh, respons fisiologis, dan biomekanika.
- b. Ergonomi kognitif
 2. Bidang ini mempelajari bagaimana proses mental seperti persepsi, memori, penalaran, dan reaksi memengaruhi interaksi dalam sistem manusia. Bidang ini mencakup tema-tema seperti interaksi manusia-komputer, kerja sama tim, stres kerja, kinerja keseluruhan, dan pelatihan.
- c. Ergonomi organisasi
 3. Bidang ini berfokus pada optimalisasi faktor-faktor sosial, yang mencakup kebijakan, proses, dan struktur organisasi. Bidang ini juga mencakup desain kerja, komunikasi, manajemen tim, alur kerja, program tempat kerja baru, dan pengendalian mutu.

Beberapa subjek dalam penelitian ergonomi meliputi:

- d. Tujuan fisiologi kerja, cabang ergonomi yang meneliti pengeluaran energi individu saat mereka bekerja, adalah untuk menciptakan sistem kerja yang mengonsumsi lebih sedikit energi secara keseluruhan.
- e. Antropometri adalah sektor penelitian ergonomi yang bertujuan untuk mengidentifikasi ukuran tubuh manusia untuk menciptakan alat dan ruang yang ergonomis.
- f. Biomekanika adalah segmen ergonomi yang menganalisis bagaimana tubuh menjalankan tugas, termasuk fungsi otot manusia selama bekerja dan banyak lagi.
- g. Penginderaan melibatkan studi tentang bagaimana tubuh menyelesaikan berbagai tugas, termasuk bagaimana otot manusia bekerja, dan lain sebagainya.
- h. Psikologi kerja adalah cabang ergonomi yang menyelidiki efek pekerjaan pada kesejahteraan mental individu, termasuk aspek-aspek seperti tingkat stres.

Dalam praktiknya, kelima cabang ilmu ergonomi ini bekerja sama untuk

mengevaluasi lingkungan kerja yang ergonomis secara efektif. Kolaborasi ini memungkinkan semua segmen ilmu ergonomi beroperasi sebagai sistem yang kohesif yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan pekerja.

3. 4 Kapasitas Kerja

Keseimbangan antara karyawan dan penempatan mereka sangat penting untuk mencapai tujuan ergonomi, yang memungkinkan mereka untuk beroperasi sesuai kemampuan dan batasan mereka. Kemampuan, keterampilan, dan keterbatasan manusia dipengaruhi oleh sejumlah faktor, menurut Hutabarat (2017), termasuk:

1. Usia

Sekitar usia 25 tahun, kemampuan fisik seseorang mencapai titik optimalnya dan kemudian secara progresif menurun seiring bertambahnya usia. Kekuatan otot dapat menurun hingga 25% dan kemampuan motorik serta sensorik dapat menurun hingga 60% antara usia 50 dan 60 tahun.

2. Jenis Kelamin

Biasanya, wanita hanya memiliki sekitar dua pertiga kekuatan fisik yang dimiliki pria, jadi tugas harus diberikan kepada kedua jenis kelamin berdasarkan kekuatan dan kelemahan masing-masing untuk memastikan hasil kerja yang efektif.

3. Antropometri

Bidang ini mempelajari ukuran tubuh. Data antropometri sangat penting untuk memahami bagaimana peralatan berinteraksi dengan manusia. Peralatan yang tepat dapat secara signifikan memengaruhi kinerja seseorang, tingkat kenyamanannya, dan seberapa cepat ia lelah. Misalnya, individu dengan obesitas mungkin kesulitan melakukan tugas yang membutuhkan kelincuhan atau bekerja dalam kondisi panas, yang menunjukkan bagaimana antropometri memengaruhi kinerja kerja.

4. Status Kesehatan dan Gizi

Kesehatan dan gizi, yang sering disebut malnutrisi, saling terkait dan memengaruhi produktivitas serta efisiensi kerja. Tubuh membutuhkan energi agar berfungsi dengan baik, dan tanpanya, kinerja akan buruk.

5. Kebugaran Fisik

Kebugaran fisik mengacu pada kemampuan tubuh untuk memenuhi tuntutan fisik tanpa mudah lelah, mempertahankan kekuatan yang dibutuhkan untuk berbagai tugas.

6. Kapasitas Kerja Fisik

Kapasitas kerja fisik menentukan kemampuan individu untuk menyelesaikan aktivitas spesifik yang menuntut tingkat penggunaan otot tertentu.

2.4 Antropometri

Antropometri adalah bidang yang mengukur dan menganalisis ciri tubuh manusia. Antropometri mencakup penilaian tinggi badan, berat badan, panjang lengan, lingkaran dada dan pinggang, ukuran kaki, dan karakteristik fisik lainnya dari tubuh manusia, sebagaimana dicatat oleh Natasya, Sudirman, Rum, Saharullah, & Hudain (2024).

Bridger (sebagaimana dikutip dalam Ahmady, Martini, & Kusnayat, 2020) menyatakan bahwa untuk menghindari ketidaksesuaian fisik antara ukuran alat dan perlengkapan dengan dimensi pengguna, informasi antropometrik umumnya diterapkan dalam ergonomi untuk merancang furnitur, pakaian, perlengkapan, dan ruang kerja. Ergonomi menggunakan tiga jenis persentil: persentil ke-5 menunjukkan ukuran yang lebih kecil, persentil ke-95 menunjukkan ukuran yang lebih besar, dan persentil ke-50 menunjukkan ukuran rata-rata.

2.4.1 Aplikasi Data Antropometri dalam Desain

Sebagaimana dinyatakan oleh T, Ernawati, & Tranggono (2020), ketika merancang perkakas dan peralatan, sangat penting untuk mempertimbangkan keterbatasan manusia beserta kemampuannya. Setiap produk harus didasarkan pada pengukuran antropometri pengguna. Nurmiyanto (sebagaimana disebutkan dalam Salimatusadiah & As'ad, 2021) menjelaskan bahwa antropometri menggabungkan data numerik mengenai ukuran, bentuk, dan kekuatan tubuh manusia untuk menjawab tantangan desain. Faktor ergonomis suatu desain sangat bergantung pada proporsi tubuh pengguna, yang merupakan bagian dari data antropometri. Ketika merancang stasiun kerja baru, sangat penting untuk

mempertimbangkan data ini dalam kaitannya dengan tubuh manusia sebagai penggunaannya, sebagaimana diilustrasikan oleh Sari, LA, & Indriani (2019).

2.4.2 Antropometri Statis

Sebagaimana dinyatakan oleh Nurmiyanto (dalam Alzaelani & Dzikron, 2022), antropometri statis terutama melibatkan evaluasi ciri fisik manusia dalam posisi tetap. Jenis antropometri ini melibatkan pengukuran ukuran secara lurus dan terstandarisasi. Fokus utamanya adalah mengukur ciri fisik manusia saat mereka diam. Dalam antropometri statis, pengukuran dilakukan dari permukaan objek yang lurus dan tidak bergerak.

Banyak faktor yang memengaruhi ukuran tubuh manusia, seperti usia, jenis kelamin, ras, dan pekerjaan. Sebagaimana dicatat oleh Panero (dalam Pattiasina, Markus, & Pattiselano, 2021), informasi antropometri terdiri dari pengukuran bagian tubuh seperti kepala dan torso saat berdiri tegak. Data statistik dari antropometri umumnya digunakan dalam perancangan produk untuk manusia seperti furnitur dan pakaian.

2.4.3 Antropometri Dinamis

Sebagaimana dijelaskan oleh Andrian & Marpaung (2019), antropometri dinamis mengevaluasi ukuran tubuh saat seseorang bergerak dalam berbagai kondisi. Jenis pengukuran ini lebih menantang dan rumit. Pengukuran dinamis dapat dikategorikan menjadi tiga jenis, terutama:

- a. Suatu metode untuk menilai kondisi mekanis suatu tindakan melibatkan pengukuran tingkat keterampilan.
- b. Mengidentifikasi ruang yang diperlukan untuk melakukan tugas. Misalnya, posisi berdiri atau duduk dapat membantu lengan dan kaki bergerak lebih baik saat bekerja.
- c. Mengevaluasi variasi pekerjaan. Salah satu contohnya adalah mengamati gerakan dan keterampilan tangan seseorang yang mengoperasikan komputer atau mengetik.

2.4.4 Tiga Pedoman Penggunaan Informasi Antropometri

Sebagaimana dinyatakan oleh Nurmiyanto (dalam Montororing & Sihombing,

2020), informasi antropometri sangat membantu dalam pembuatan produk atau alat kerja karena dapat menunjukkan metrik ukuran untuk berbagai bagian tubuh dalam persentil tertentu. Meskipun demikian, beberapa aturan perlu diperhatikan saat menggunakan informasi antropometri:

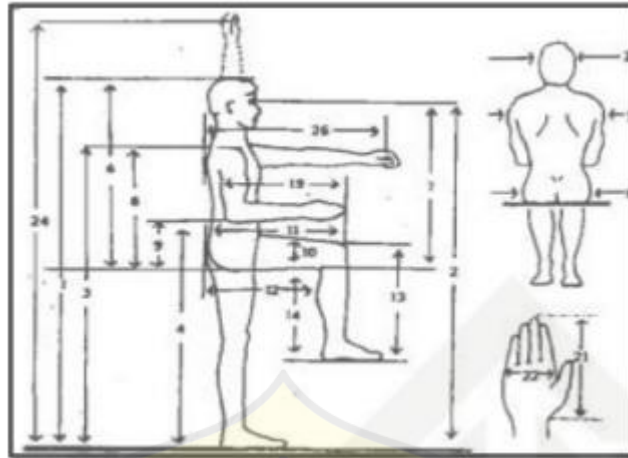
- a. Pedoman perancangan produk untuk ukuran tubuh yang tidak biasa
- b. Pedoman untuk merancang produk untuk ukuran dalam rentang tertentu
- c. Pedoman untuk membuat produk dengan ukuran standar.

Ada beberapa tujuan dan rekomendasi mengenai penerapan informasi antropometri yang diperlukan selama perancangan produk dan ruang kerja:

1. Identifikasi bagian tubuh mana yang akan terlibat dalam desain.
2. Cari tahu ukuran tubuh mana yang penting untuk desain; selain itu, tentukan apakah ukuran tersebut untuk tujuan struktural atau fungsional.
3. Kemudian, identifikasi demografi yang diperkirakan paling banyak menggunakan produk tersebut, yang sering disebut “Segmen Pasar Pusat”.
4. Ikuti pedoman pengukuran berdasarkan apakah fokusnya adalah pada ukuran ekstrem, ukuran bervariasi, atau ukuran umum.
5. Tentukan persentil populasi mana—seperti ke-90, ke-95, atau ke-99—yang perlu ditargetkan.
6. Terakhir, pilih atau tetapkan nilai pengukuran untuk setiap dimensi tubuh yang ditentukan berdasarkan tabel data antropometri yang relevan. Gunakan data ini dan, jika perlu, tambahkan kelonggaran untuk ruang ekstra atau penyesuaian karena operator mengenakan sarung tangan atau menggunakan alat berat (Nurmianto, 2008).

2.4.5 Pengukuran Antropometri

Sebagaimana disebutkan oleh Umboh dalam (Ridawati, 2023), informasi antropometri mengenai ukuran tubuh dapat dilihat pada gambar berikut..:



Gambar 2.1 Gambar pengukuran Dimensi Antropometri

Keterangan:

1. Ketika seseorang berdiri tegak, tinggi badannya diukur dari lantai hingga puncak kepala..
2. Tinggi pandangan mata seseorang saat berdiri tegak.
3. Tinggi bahu saat berdiri tegak.
4. Tinggi siku seseorang saat berdiri tegak.
5. Tinggi tangan yang terentang penuh saat berdiri (tidak terlihat di foto).
6. Tinggi duduk, diukur dari puncak kepala hingga tempat duduk.
7. Duduk sejajar dengan mata..
8. Tinggi bahu saat duduk.
9. Duduk dengan siku lurus dan setinggi siku.
10. Lebar atau lingkaran paha.
11. Panjang paha diukur dari tempurung lutut hingga bokong.
12. Panjang paha diukur dari belakang lutut atau betis hingga bokong..
13. Tinggi lutut, pengukuran yang dapat digunakan saat duduk maupun berdiri.
14. Tinggi duduk diukur dari lantai hingga paha.
15. Lebar bahu (pengukuran dapat dilakukan saat duduk maupun berdiri)
16. Lebar pinggul atau bokong.
17. Lebar dada (tidak tergambar dalam foto).
18. Lebar perut.
19. Panjang siku, diukur dengan mengukur siku tegak lurus dengan ujung jari.
20. Lebar kepala.
21. Panjang tangan, diukur dari ujung jari hingga pergelangan tangan.

22. Lebar telapak tangan.
23. Lebar tangan saat lengan direntangkan ke samping (tidak terlihat pada gambar).
24. Tinggi jangkauan tangan saat berdiri, diukur dari tanah hingga telapak tangan saat diangkat lurus ke atas.
25. Tinggi jangkauan tangan saat duduk, diukur dengan cara yang sama seperti langkah 24 tetapi saat duduk (tidak ditunjukkan dalam gambar).
26. Jarak jangkauan tangan, diukur dari bahu sampai ujung jari.

2.1.6 Persentil

Persentil merupakan angka yang menunjukkan persentase orang yang pengukurannya berada pada atau di bawah angka tertentu (Ananta, Sadika, & Yunidar, 2018). Sebagaimana disebutkan oleh Yusuf, Mira, dan Atya (2014) dalam buku mereka tentang modul praktikum desain dan ergonomi, yang dikutip dari (Ananta, Sadika, & Yunidar, 2018), distribusi normal dapat dibentuk dengan menggunakan rata-rata dan simpangan baku dari data yang dikumpulkan berdasarkan pengukuran antropometri. Biasanya, rentang persentil berikut digunakan:

Penggunaan Nilai Persentil

1. Maksimum (90%, 95%, 99%)

Ini digunakan untuk desain pada batas atas yang ekstrem.

2. Minimal (10%, 5%, 1%)

Ini digunakan untuk desain pada batas paling bawah.

3. Disesuaikan (5% hingga 95% atau 99%)

Ini diterapkan ketika suatu produk ditujukan untuk penggunaan universal, asalkan desainnya tetap praktis, terutama menyangkut biayanya.

4. Rata-rata (50%)

Hal ini berdasarkan pada persyaratan produk, yang menunjukkan bahwa produk tersebut seharusnya dapat digunakan oleh mayoritas individu.

Singkatnya, persentil adalah ukuran yang menunjukkan proporsi orang dengan hasil pengukuran yang sama atau lebih rendah dari nilai tertentu. Perbedaan antara berbagai persentil dan perhitungannya dalam distribusi normal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Tabel Perhitungan Persentil.

Persentil	Perhitungan
ke 5	$X-1,645 \sigma$
ke-50	X
ke-95	$X+1,645 \sigma$

2.5 NORDIC BODY MAP (NBM)


Menurut Wilson dan Corlett (dikutip dalam Aghina, 2017), *Nordic Body Map* merupakan metode personal yang digunakan untuk menilai nyeri otot pada pekerja. Sebagai contoh, kuesioner dari *Nordic Body Map* berfungsi sebagai daftar periksa ergonomis. Kuesioner ini merupakan instrumen paling populer untuk mengukur kenyamanan pekerja karena desainnya yang terstruktur dengan baik dan andal.

Peserta diminta untuk mengevaluasi area tubuh mereka yang mengalami nyeri saat melakukan aktivitas terkait pekerjaan, menggunakan skala Likert tertentu. Kemudian, mereka mengisi kuesioner Peta Tubuh Nordik dengan memberi tanda (√) pada bagian tubuh mana pun yang mereka rasa tidak nyaman, berdasarkan seberapa serius mereka memandang masalah tersebut (Dewi, 2020). Kuesioner Peta Tubuh Nordik memiliki empat kategori pada skala Likert: 1 (tidak nyeri), 2 (nyeri ringan), 3 (nyeri sedang), dan 4 (nyeri hebat). Berikut tabel yang menggambarkan kuesioner Peta Tubuh Nordik:

Kuesioner Nordic Body Map

Nama : _____
 Usia : _____ Tahun
 Lama Bekerja : _____ Tahun

Anda diminta untuk menilai apa yang anda rasakan pada bagian tubuh yang ditunjukkan pada tabel dan gambar di bawah ini.
 Pilihlah tingkat kesakitan yang anda rasakan dengan memberikan tanda \checkmark pada kolom pilihan anda.

No.	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan				Peta Bagian Tubuh
		Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sangat Sakit	
0	Sakit/aku di leher bagian atas					
1	Sakit/aku di leher bagian bawah					
2	Sakit di bahu kiri					
3	Sakit di bahu kanan					
4	Sakit pada lengan atas kiri					
5	Sakit di punggung					
6	Sakit pada lengan atas kanan					
7	Sakit pada pinggang					
8	Sakit pada bokong					
9	Sakit pada paha					
10	Sakit pada siku kiri					
11	Sakit pada siku kanan					
12	Sakit pada lengan bawah kiri					
13	Sakit pada lengan bawah kanan					
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri					
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan					
16	Sakit pada tangan kiri					
17	Sakit pada tangan kanan					
18	Sakit pada paha kiri					
19	Sakit pada paha kanan					
20	Sakit pada lutut kiri					
21	Sakit pada lutut kanan					
22	Sakit pada betis kiri					
23	Sakit pada betis kanan					
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri					
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan					
26	Sakit pada kaki kiri					
27	Sakit pada kaki kanan					

Gambar 2.2 Gambar Tabel Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM).

2.6 **RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT (REBA)**

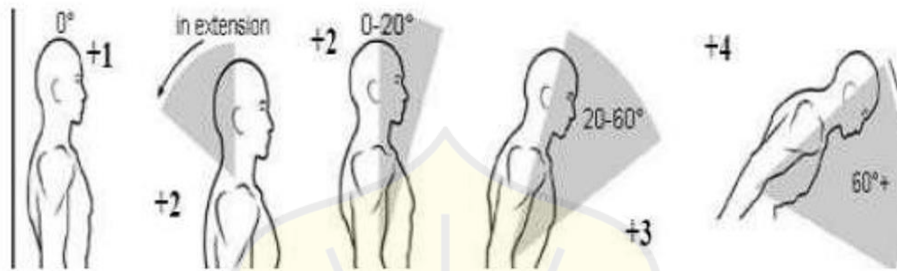
Penilaian (REBA) adalah metode untuk mengevaluasi aktivitas kerja yang mempertimbangkan posisi tubuh. REBA bertujuan untuk mengidentifikasi tugas-tugas yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan, termasuk masalah seperti sakit pada leher, tulang belakang, atau lengan (Mulyono dkk., 2017). Penilaian ini dapat mengungkap faktor-faktor yang dapat menyebabkan masalah kesehatan yang memengaruhi seluruh tubuh. Informasi yang dikumpulkan meliputi postur tubuh, gaya yang diberikan, jenis gerakan, frekuensi tindakan, dan kekuatan genggaman. Skor akhir dari REBA membantu menunjukkan tingkat risiko dan prioritas aktivitas yang dibutuhkan.

2.6.1 Penilaian Postur REBA Grup A

Dalam metode REBA, bagian tubuh dibagi menjadi dua kelompok, A dan B. Kelompok A meliputi leher, punggung, dan kaki (torso). Di sisi lain, Kelompok B meliputi pergelangan tangan, lengan bawah, dan lengan atas. Data sudut untuk

segmen-segmen di setiap kelompok dapat dinilai. Kemudian, skor untuk Kelompok A diperiksa di Tabel A, dan skor untuk Kelompok B diperiksa di Tabel B untuk menghitung skor akhir untuk setiap kelompok.

1. Punggung



Gambar 2.3 Gambar skor bagian punggung.

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

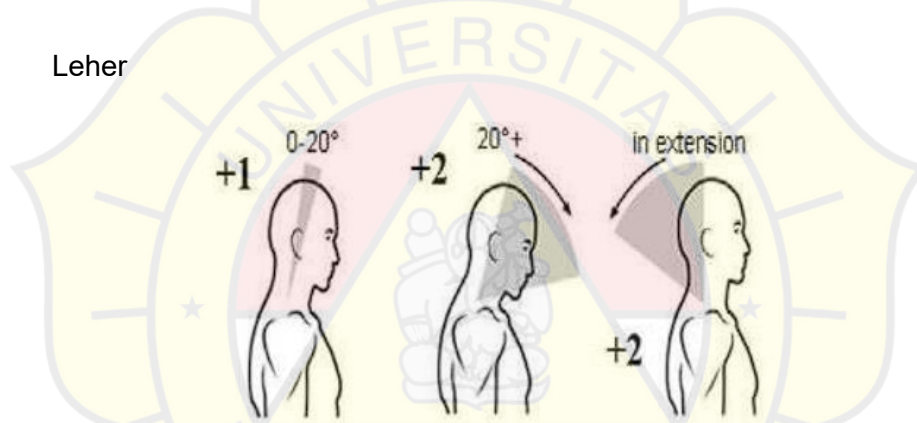
Skor postur tubuh untuk grup A bagian punggung:

Tabel 2.2Skor Grup A Punggung.

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
Posisi normal 0°	1	+1 Jika batang tubuh berputar atau bengkok
0°- 20° kedepan tubuh 0°- 20° kebelakang tubuh	2	
20°- 60° kedepan tubuh 20° kebelakang tubuh	3	
>60° kedepan tubuh	4	

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

2. Leher



Gambar 2.4Kondisi Pergerakan Leher

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

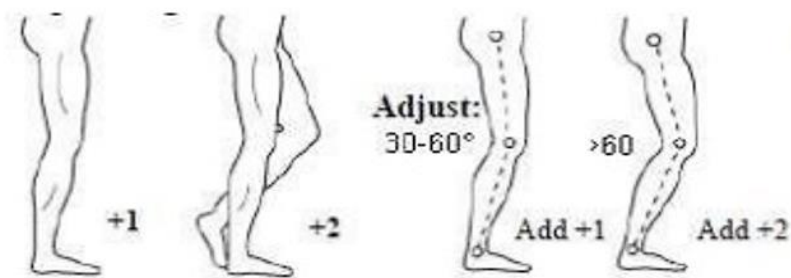
Skor postur tubuh untuk grup A bagian leher:

Tabel 2.3Skor Grup A Leher.

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
0°- 20° kedepan tubuh	1	+1 Jika leher memutar/miring kesamping
>20° kedepan atau >20° kebelakang	2	

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

3. Pergerakan Kaki



Gambar 2.5 Kondisi Pergerakan Kaki

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

Skor postur tubuh untuk grup A bagian pergerakan kaki:

Tabel 2.4 Skor Grup A Pergerakan Kaki.

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
Kaki tertopang, bobot sama rata, jalan atau duduk	1	+1 jika lutut bengkok antara 30° dan 60°
Kaki tidak tertopang, bobot tersebar merata/ postur tidak stabil	2	+2 Jika lutut bengkok >60° (tidak ketika duduk)

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

Untuk memperoleh skor A, diperoleh dengan menggunakan perhitungan perhitungan berikut :

Tabel 2.5 Perhitungan Skor Grup A.

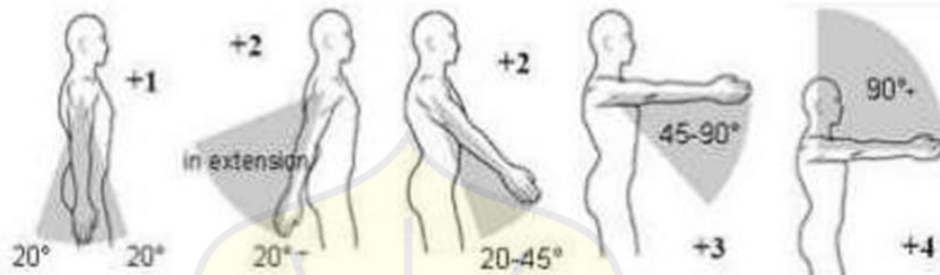
Skor A	Leher												
		1				2				3			
	kaki	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
punggung	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	3	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	4	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	5	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

2.6.2 Penilaian Postur Tubuh Grup B REBA

Postur lengan bawah, pergelangan tangan, dan lengan atas termasuk dalam Grup B.

1. Lengan atas



Gambar 2.6 Kondisi Gerakan Lengan Atas

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

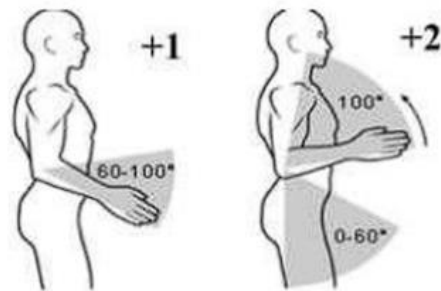
Skor postur lengan atas untuk Kelompok B adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6 Skor Grup B Lengan Atas.

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
20° kebelakang atau kedepan	1	+ Jika posisi lengan berputar atau bengkok
>20° kebelakang		
20° - 45° kedepan	2	
45° - 90° kedepan tubuh	3	+1 Jika bahu ditinggikan
>90° kedepan	4	+1 Jika bersandar, bobot lengan ditopang atau sesuai gravitasi

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

2. Lengan Bawah



Gambar 2.7 Kondisi Gerakan Lengan Bawah

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

Skor postur tubuh untuk Grup B lengan baawah sebagai berikut:

Tabel 2.7Skor Grup B Lengan Bawah.

Pergerakan	Skor
60°- 100° kedepan tubuh	1
<60° atau >100° kedepan tubuh	2

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

3. Pergerakan Pergelangan Tangan



Gambar 2.8Kondisi Pergerakan Pergelangan Tangan

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

Tabel 2.8 Skor Grup B Pergerakan Tangan.

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
0°- 15° ke depan atau ke belakang	1	+1 jika keinginan tangan menyimpang / berputar
>15° kedepan atau kebelakang	2	

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

Tabel berikut kemudian digunakan untuk menghitung skor kelompok B berdasarkan evaluasi gerakan pergelangan tangan, lengan bawah, dan lengan atas :

Tabel 2.9 Skor Perhitungan Grup B.

Skor B		Lengan bawah					
pergelangan tangan		1			2		
		1	2	3	1	2	3
Lengan atas	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	4	4	5	5
	4	4	5	4	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9
Kopel							

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

Untuk memeriksa tabel C, hasil skor dari tabel A dan B digunakan sebagai pedoman. Skor dari tabel C kemudian diperoleh dengan menggunakan tabel di bawah ini dengan cara yang dijelaskan di bawah ini:

Tabel 2.10 Perhitungan Skor Grup C.

Skor A	Tabel C											
	Skor B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

2.6.3 Penentuan Berat Benda yang Diangkat, Coupling, dan Aktivitas Kerja

Berat beban diangkat, dikumpulkan, dan aktivitas pekerja semuanya harus diperhitungkan selain menilai setiap segmen tubuh. Terdapat juga kategori penilaian untuk masing-masing faktor tersebut.

Tabel berikut menunjukkan skor berat beban diangkat.

Tabel 2.11 Perhitungan Skor Berat Beban.

Beban	Skor	Perubahan Skor
<5 kg	0	+1 penambahan beban secara tiba-tiba atau secara cepat
5-10 kg	1	
>10 kg	2	

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

Besar skor kopling dapat ditunjukkan seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.12 Perhitungan Skor Coupling.

Kopel			
0-Baik	1-Adil	2-Miskin	3-Tidak dapat diterima
Memegang dengan baik dan menggunakan setengah tenaga menggegam	Pegangan tangan masih dapat diterima meskipun tidak ideal	genggaman tangan tidak dapat diterima meskipun tidak memungkinkan	Buruk sekali genggaman tidak aman, tidak ada pegangan

Sementara itu besarnya skor aktivitas dapat ditunjukkan pada tabel berikut

:

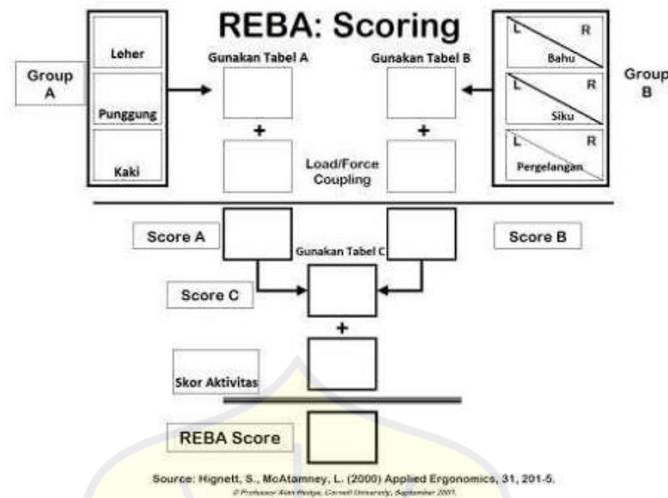
Tabel 2.13 Perhitungan Skor Aktivitas.

Skor aktivitas		
(+1) Satu atau lebih jika tubuh dalam posisi statis seperti memegang selama 1 menit	(+1) Mengulangi Sebagian kecil aktivitas, seperti mengulang lebih dari 4 kali dalam 1 menit	(+1) Aktivitas yang mengakibatkan secara cepat terjadi perubahan besar pada sikap kerja yang mengakibatkan ketidakstabilan pada sikap kerja

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

2.6.4 Perhitungan Nilai REBA (REBA Scoring)

Nilai bagian A diperoleh dengan menjumlahkan skor berat beban yang diangkat dengan skor yang diperoleh dari tabel A. Sedangkan nilai bagian B diperoleh dengan menjumlahkan skor tabel B dengan skor tabel pengumpulan. Nilai bagian C dapat dicari dari tabel C saat ini dengan menggunakan nilai bagian A dan B. Nilai REBA dihitung dengan menjumlahkan nilai aktivitas pekerja dan nilai bagian C. Derajat nyeri muskuloskeletal dan langkah-langkah yang diperlukan untuk menguranginya serta meningkatkan produktivitas dapat dipastikan dengan menggunakan nilai REBA. Gambar di bawah mengilustrasikan alur kerja metode REBA secara lebih rinci.



Gambar 2.9 Contoh REBA Scoring

Hasil dari scoring REBA diperoleh nilai akhir dari pengumpulan tabel A, tabel B dan digabungkan menjadi tabel C ditambah dengan penentuan berat benda yang diangkat, kopling, dan aktivitas kerja maka diperoleh hasil akhir, hasil akhir tersebut terdapat level pada tabel berikut ini :

Tabel 2.14 Contoh Tabel Level Resiko.

Tingkat Aksi	Skor REBA	Level Resiko	Tindakan Perbaikan
0	1	Bisa diabaikan	Tidak Perlu
1	2 sampai 3	Rendah	Mungkin Perlu
2	4 sampai 7	Sedang	Perlu
3	8 sampai 10	Tinggi	Perlu Segera
4	11 sampai 15	Sangat Tinggi	Perlu Saat Ini Juga

(Sumber: Hignett dan Mcatamney, 2000)

2.7 RAPID UPPER LIMB ASSESMENT (RULA)

Tungga menyatakan dalam (Adelino, Salputra, Arnika, Hermanto, & Yusrila, 2023) bahwa pendekatan penilaian ekstremitas atas cepat (RULA) adalah cepat untuk meningkatkan postur tubuh bagian atas. Input untuk metode ini meliputi jumlah energi, gaya (statis atau dinamis), beban yang diangkat, dan posisi tubuh (telapak tangan, lengan atas, lengan bawah, punggung, dan leher). Input postural metode RULA dibagi menjadi dua kelompok: kelompok B (leher, tulang belakang, dan kaki) dan kelompok A (lengan atas dan bawah serta

pergelangan tangan). Berikut ini adalah tujuan penerapan RULA untuk mengukur kerja pekerja :

1. Menyediakan cara untuk memeriksa populasi pekerja dengan cepat guna mengidentifikasi potensi masalah pada bagian tubuh atas.

2. Tentukan ketegangan otot mana yang disebabkan oleh tugas yang berulang, penggunaan tenaga, dan postur tubuh yang buruk. Skor penggunaan otot dan energi kelompok A dan B dikur, dimasukkan, dan ditambahkan ke skor dari tabel A dan B dengan cara yang dijelaskan di bawah ini:

A. Untuk kelompok A, skor A ditambah skor penggunaan otot ditambah skor usaha (beban) sama dengan skor C.

B. Untuk kelompok B, skor B ditambah skor penggunaan otot ditambah skor usaha (beban) sama dengan skor C.

Setelah perolehan skor total yang berkisar antara 1 hingga 7, level tindakan ditampilkan sebagai berikut :

a. Tingkat tindakan 1

Jika posisi ini tidak dipertahankan atau diulang dalam jangka waktu yang lama, maka akan mendapat skor 1 atau 2.

b. Tingkat tindakan 2

Skor tiga atau empat berarti diperlukan penelitian dan penyesuaian tambahan.

c. Tingkat tindakan 3

Tindakan tingkat 3

Skor lima atau lebih berarti diperlukan pemeriksaan dan penyesuaian cepat.

d. Tingkat tindakan 4

Jika suatu kondisi memiliki skor 7, maka dianggap berbahaya dan memerlukan pemeriksaan dan modifikasi cepat.

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 other 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.

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.

SCORES

Table A: Wrist Posture Score

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

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture	Legs					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	1	2	1	2
2	2	3	2	3	2	3
3	3	4	3	4	3	4
4	4	5	4	5	4	5
5	5	6	5	6	5	6
6	6	7	6	7	6	7
7	7	8	7	8	7	8
8	8	9	8	9	8	9

Table C: Neck, trunk and leg score

Wrist and Arm Score	Neck, Trunk and Leg Score						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	5
4	3	3	3	4	5	5	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

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

Gambar 2.10 Lembar Analisis RULA Scoring

2.8 PERANGKAT LUNAK CATIA

Sebuah perangkat lunak desain ergonomis bernama CATIA digunakan untuk mengevaluasi ergonomi lingkungan kerja. Penerapan aspek desain ergonomis secara signifikan mendukung terciptanya proses dan produk. Penilaian ergonomis mempertimbangkan atribut alat dan penggunaannya, sehingga meningkatkan efisiensi dan keselamatan. Mengingat pesatnya pertumbuhan teknologi dan meningkatnya persaingan dalam produktivitas, penggunaan perangkat lunak CATIA menjadi sangat penting.

Menurut jurnal (Tobing et al., 2023), sangat penting untuk mempertimbangkan komponen panjang suatu dimensi saat menciptakan lingkungan kerja terbaik bagi suatu alat, baik dalam pengaturan statistik maupun dinamis (Rahmad Hidayat dan Malikul Adil, 2008; Yani Prabowo et al., 2020). Salah satu tanggung jawab utama adalah mengembangkan produk yang memenuhi kebutuhan dan harapan manusia. Desain produk mencakup berbagai aspek teknis, termasuk penggantian atau pertukaran komponen, proses perakitan, dan sentuhan akhir pada produk (Silvia Uslianti, 2020) dalam jurnal (Tobing, dkk., 2023).