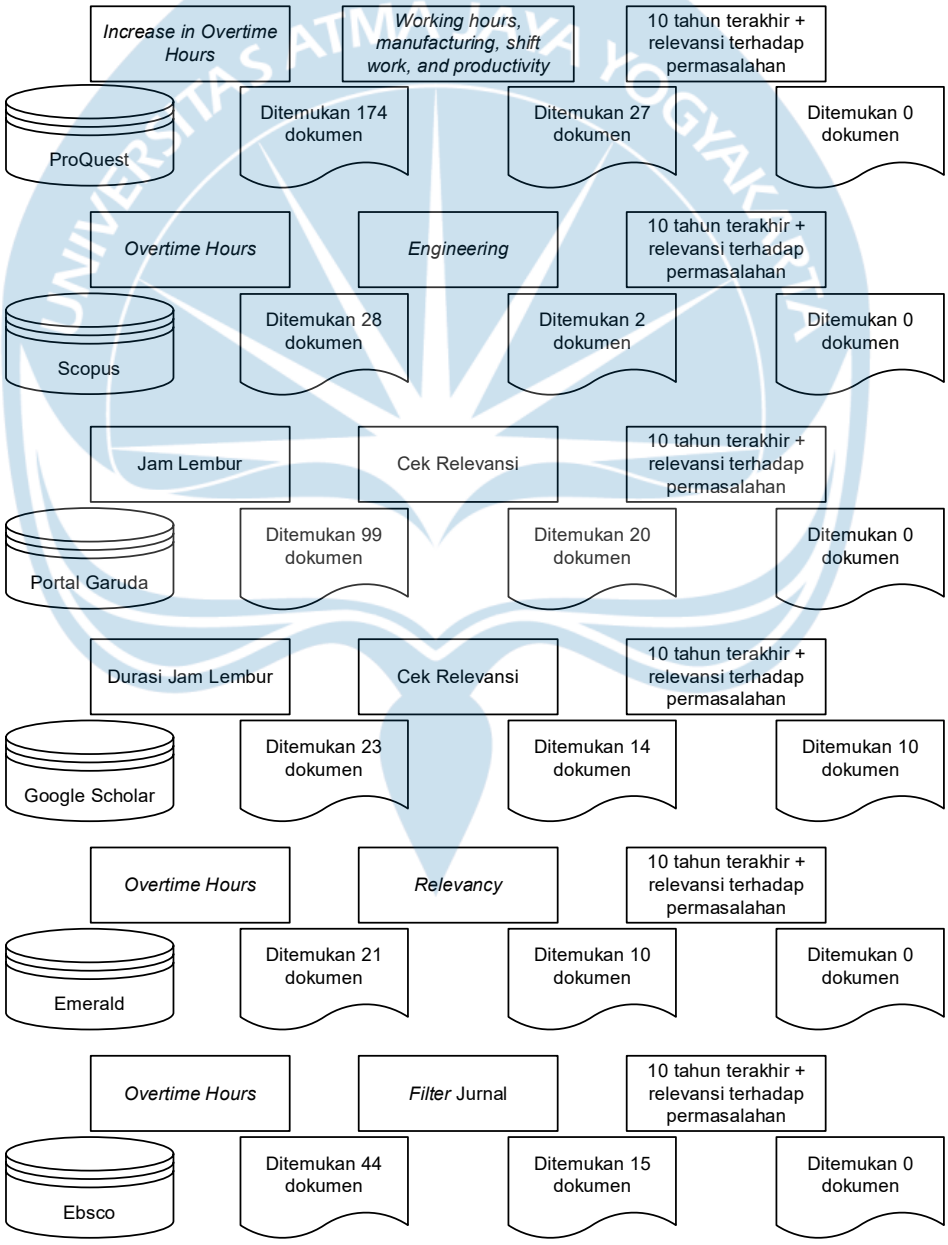
BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tahap pencarian tinjauan pustaka dilakukan pada *Google Scholar, Emerald, Scopus,* Portal Garuda, *Ebsco*, dan *ProQuest* dengan kata kunci tingginya jam lembur. Pustaka yang diambil melalui beberapa tahap dengan penggunaan *filter* secara otomatis maupun manual. Pustaka yang didapatkan digunakan untuk referensi dan mendukung penyelesaian permasalahan pada SPBE Cepu. Peninjauan pustakan akan dipilih berdasarkan keterkaitan tingginya durasi jam lembur.



Gambar 2.1 Penelitian terdahulu

Melalui pencarian yang dilakukan pada *Google Scholar*, kata kunci yang digunakan yaitu Durasi Jam Lembur dan didapatkan 5.160 dokumen. Penyaringan dilanjutkan dengan menyesuaikan abstrak dokumen dengan permasalahan yang ada sehingga ditemukan 14 dokumen terkait. Dokumen yang didapatkan masuk ke tahap penyaringan terakhir dengan melakukan *filter* 10 tahun terakhir dan mengidentifikasi relevansinya terhadap penelitian yang dilakukan. Dokumen yang didapatkan setelah melalui beberapa tahap penyaringan adalah 10 dokumen.

Pencarian melalui *Emerald* dilakukan dengan kata kunci *Overtime Hours* dan ditemukan 21 dokumen terkait. Dokumen dilakukan pengecekan dengan keterkaitan pada masalah yang akan diselesaikan dan didapatkan 10 dokumen. Tahap berikutnya dilakukan dengan melakukan *filter* untuk dokumen 10 tahun terakhir dan relevansi terhadap permasalahan sehingga didapatkan 0 dokumen yang dapat digunakan dan memiliki keterkaitan yang tepat dengan permasalahan.

Pencarian pustaka melalui *Ebsco* dilakukan dengan kata kunci *Overtime Hours* dan ditemukan 44 dokumen terkait. Pengeckan ulang dilakukan dengan melakukan penyaringan *filter* jurnal otomatis dan ditemukan 15 dokumen. Tahap penyaringan terakhir dilakukan dengan melakukan cek relevansi terhadap dokumen yang ditemukan dan melakukan *filter* 10 tahun terakhir pada dokumen. Melalui tahap yang ada, didapatkan 0 dokumen terkait permasalahan yang dimiliki.

Melalui pencarian yang dilakukan pada *Scopus*, kata kunci yang digunakan Durasi Jam Lembur (*Overtime Hours*) dan didapatkan 28 dokumen. Penyaringan dilanjutkan dengan menyesuaikan abstrak dokumen dengan permasalahan yang ada sehingga ditemukan 2 dokumen terkait. Dokumen yang didapatkan masuk ke tahap penyaringan terakhir dengan melakukan *filter* 10 tahun terakhir dan mengidentifikasi relevansinya terhadap penelitian yang dilakukan. Dokumen yang didapatkan setelah melalui beberapa tahap penyaringan adalah 0 dokumen.

Melalui pencarian yang dilakukan pada Portal Garuda, kata kunci yang digunakan Durasi Jam Lembur dan didapatkan 99 dokumen. Penyaringan dilanjutkan dengan menyesuaikan abstrak dokumen dengan permasalahan yang ada sehingga ditemukan 20 dokumen terkait. Dokumen yang didapatkan masuk ke tahap penyaringan terakhir dengan melakukan *filter* 10 tahun terakhir dan mengidentifikasi relevansinya terhadap penelitian yang dilakukan. Dokumen yang didapatkan setelah melalui beberapa tahap penyaringan adalah 0 dokumen.

Pencarian pustaka menggunakan *ProQuest* dilakukan dengan melakukan penyaringan yang dimulai menggunakan kata kunci *Increase In Overtime Hours* dan ditemukan 174 dokumen. Penyaringan dilakukan kembali dengan melakukan *filter* otomatis mengenai *working hours, manufacturing, shift work,* dan *productivity* sehingga didapatkan 27 dokumen. Penyaringan terakhir dilakukan dengan melakukan cek relevansi sesuai permasalahan dan memberikan batasan waktu atau kategori 10 tahun terakhir sehingga mendaapatkan 0 dokumen terkait.

2.1.1 Permasalahan Jam Lembur yang Disebabkan Oleh Fasilitas Kerja

Pada dokumen yang telah didapatkan melalui beberapa tahap penyaringan pada *Google Scholar*, dokumen yang dilakukan pada penelitian Tarunokusumo et al. (2022) Click or tap here to enter text. menuliskan bahwa adanya jam lembur dapat diakibatkan oleh penurunan produktivitas. Penurunan produktivitas ini ditimbulkan dari ketidaknyamanan dan kelelahan pekerja sehingga menambah adanya jam lembur. Penelitian ini dilakukan dengan metode analisis seperti *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) dan *Rapid Entire Body Assessment (*REBA) serta wawancara dalam menarik data yang diperlukan. Pada penelitian ini, perbaikan kapasitas pada fasilitas kerja menjadi solusi yang nantinya akan digunakan dalam mengurangi permasalahan-permasalahan yang ada.

Dokumen kedua didapatkan melalui *Google Scholar*, pada penelitian Garside et al. (2019) menuliskan bahwa permasalahan yang terjadi di PT Pelabuhan Indonesia III merupakan adanya jam lembur akibat dari proses bongkar muat *forklift* yang lama. Proses bongkar muat ini memakan waktu dikarenakan perlu menyusun *cargo bag* di atas *pallet* terlebih dahulu. Jam lembur ini menjadi sebuah pemborosan karena perusahaan perlu mengeluarkan biaya operasional yang tinggi, sehingga perusahaan memerlukan adanya *Material Handling Equipment* (HME) yang efektif dan efisien supaya perusahaan dapat meningkatkan produktivitas. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis dari kebutuhan user yang ada dan melakukan interpretasi dengan proses perancangan.

Melalui dokumen yang didapatkan dari *Google Scholar* didapatkan penelitian Ridwan et al. (2021) menjelaskan bahwa karyawan mengalami keluhan *musculokeletal* yang tinggi akibat meja dan kursi tidak ergonomis, sehingga pekerja harus membungkuk, memutar badan, dan meletakkan kain di paha saat bekerja. Terbukti dengan analisa *nordic body map* didapatkan skor persegmen keluhan *musculoskeletal* yang paling tinggi adalah pada punggung yaitu 12. Pada penelitian ini dilakukannya perancangan ulang meja dan kursi dengan metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) sesuai postur tubuh serta menambahkan tempat peletakkan kain dan rak agar operator tidak perlu membungkuk dan memutar badan berlebih.

2.1.2 Permasalahan Jam Lembur yang Disebabkan Oleh Tata Letak Fasilitas

Pada penelusuran mengenai penelitian terdahulu, didapatkan penelitian dari hasil penyaringan *Google Scholar* yang sesuai dengan permasalahan terkait. Pada penelitian Gumilang & Purnomo (2024) menuliskan mengenai UMKM Kerajinan Kulit *Roosman Leather* yang memerlukan adanya lembur bagi karyawan. Adanya waktu lembur ini disebabkan oleh efisiensi waktu yang kurang baik pada saat tingkat pesanan meningkat. Pada penilitan ini, dilakukan adanya perbaikan tata letak fasilitas menggunakan metode *Activity Relationship Chart* (ARC) dan *Activity Relationship Worksheet* (ARW).

Melalui dokumen yang didapatkan dari *Google Scholar* didapatkan penelitian Safitri et al. (2017) menjelaskan bahwa tata letak fasilitas produksi belum tertata sesuai alur kerja, sehingga proses produksi memakan waktu yang lebih lama. Hal ini menyebabkan menurunnya efisiensi proses produksi. Pada penelitian ini dilakukan *Activity Relationship Chart* (ARC) untuk menganalisis hubungan antar fasilitas dan merancang ulang beberapa *layout* agar proses produksi lebih cepat dan efisien.

Melalui dokumen yang didapatkan dari *Google Scholar* didapatkan penelitian Pratama et al. (2022) dijelaskan bahwa pemahaman konsumen terhadap produk ergonomi masih rendah, dan banyak orang belum tertarik atau mengetahui produk ergonomis. Banyaknya konsumen yang membeli produk ergonomi tanpa memperhatikan fungsi dan manfaat produk. Pada penelitian ini dilakukannya perbaikan menggunakan *Technology Acceptance Model* (TAM), eksperimen dengan produk ergonomi dan produk non ergonomi, serta survei kuesioner pada 803 responden untuk menganalisis faktor yang mempengaruhi niat membeli produk ergonomis.

2.1.3 Permasalahan Jam Lembur yang Disebabkan oleh Kebisingan Lingkungan

Melalui dokumen yang didapatkan dari *Google Scholar* didapatkan penelitian dari Wardani et al. (2020) yang menjelaskan mengenai lingkungan kerja khususnya kebisingan yang berpengaruh pada jam lembur karyawan. Kebisingan yang terdapat di lingkungan kerja dapat mengganggu kosentrasi pekerja. Selain itu, kebisingan yang terpapar selama lebih dari 40 jam per minggu juga memberikan beban kerja yang lebih besar sehingga penyelesaian pekerjaan lebih lambat. Hal tersebut juga dapat mempengaruhi durasi jam lembur yang dapat meningkat.

Kebisingan yang terdapat di area atau lingkungan kerja yang berkepanjangan juga berdampak pada kesehatan operator. Gangguan kesehatan tersebut antara lain gangguan pendengaran, gangguan tidur, masalah jantung dan sebagainya. Gangguan-gangguan kesehatan yang terjadi pada operator dapat mengurangi produktivitas operator (Akbar et al., 2025). Selain itu, kebisingan juga dapat mempengaruhi psikologis

operator sehingga menimbulkan stress kerja. Stress kerja tersebut dipicu oleh perasaan tertekan dari pekerjaan serta lingkungan kerja yang ada (Wardani et al., 2020).

Pengaruh kebisingan yang ada dapat di kurangi dampaknya menggunakan alat pelindung diri. Namun, diperlukan alat pelindung diri yang sesuai dengan yang dibutuhkan operator agar mereka merasa nyaman. Kenyaman pada alat pelindung diri yang tersedia meningkatkan tingkat kepatuhan operator untuk mengenakan alat pelindung diri tersebut (Farenza, 2025)

Tabel 2.1 Rekapitulasi penelitian terdahulu

No.	Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Metode	Hasil
1	Ayu & Haryanti (2023)	Kebisingan yang menyebabkan gangguan pekerja sehingga menyebabkan stress kerja.	*Pretest Posttest Control Group design*	Nilai sig (2-*tailed*) dari uji statistik *paired t-test* adalah 0,000, nilai tersebut 0,05 yang berarti terdapat perbedaan strees kerja antara pekerja yang menggunakan *earplug* dan pekerja yang tidak menggunakan *earplug* pada tempat bising.
2	Tarunokusumo et al. (2022)	Penurunan produktivitas kerja akibat dari kelelahan dan postur tubuh yang tidak sesuai sehingga mengakibatkan beberapa permasalahan, salah satunya lembur.	Kuisioner *Nordic Body Map* dan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)	Melalui usulan perbaikan alat bantu kerja, perusahaan tidak memerlukan adanya waktu jam lembur dikarenakan sudah tercukupinya target kapasitas produksi yang diinginkan oleh perusahaan sehingga waktu produksi dapat berjalan dengan waktu normal.
3	Garside et al. (2019)	Kurangnya keefektifan dalam melakukan proses yang ada di salah satu stasiun kerja sehingga mengakibatkan adanya waktu lembur.	Analisis identifikasi kebutuhan *user* dengan melakukan wawancara dan merancang produk yang sesuai dengan kebutuhan.	Berdasarkan kapasitasnya, *belt conveyor* dapat meningkatkan dari yang awalnya sebesar 80 tph menjadi 150 tph yang dapat digunakan untuk mengangkat barang tipe *cargo bag*.
4	Fajar & Purnomo (2024)	Penurunan efisiensi waktu di UMKM Kerajinan Kulit *Roosman Leather* ketika pesanan meningkat.	*Activity Relationship Chart* (ARC) dan *Activity Relationship Worksheet* (ARW).	Penurunan jarak pada *layout* awal dengan *layout* setelah perbaikan. Pada *layout* awal didapatkan jarak sebesar 27,5 meter dan diubah menjadi 20 meter. Hasil yang didapatkan adalah peningkatan tingkat keefisienan pada *layout* usulan dengan alur produksi yang lebih tertata sehingga dapat memaksimalkan proses produksi karena tingkat keefisienan *layout* sebesar 74,54%.

Tabel 2.1 Rekapitulasi penelitian terdahulu (lanjutan)

No.	Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Metode	Hasil
5	Ridwan et al. (2021)	Karyawan mengalami keluhan *musculokeletal* yang tinggi akibat meja dan kursi tidak ergonomis, sehingga pekerja harus membungkuk, memutar badan, dan meletakkan kain di paha saat bekerja.	Merancang ulang meja dan kursi dengan metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) sesuai postur tubuh serta menambahkan tempat peletakkan kain dan rak agar operator tidak perlu membungkuk dan memutar badan berlebih.	Setelah melakukan perancangan, total skor keluhan *musculoskeletal* turun signifikan dari 163 menjadi 67, menunjukkan peningkatan dan penurunan beban kerja fisik.
6	Safitri et al. (2017)	Tata letak produksi CV *Primaset Advertising* kurang efisien karena aliran material dan urutan kerja tidak tertata baik, sehiungga pengerjaan berlangsung lama.	Menggunakan *Activity Relationship Chart* (ARC) untuk menganalisis hubungan antar fasilitas dan merancang ulang beberapa *layout* agar proses produksi lebih cepat dan efisien.	*Layout* usulan berhasil memperpendek jarak produksi 27,6%, mempercepat waktu pengerjaan 19%, mengurangi biaya lembur 50%, dan meningkatkan *output* produksi 24%.
7	Pratama et al. (2022)	Pemahaman konsumen terhadap produk ergonomi masih rendah, sehingga banyak orang belum tertarik atau mengetahui produk ergonomis.	Penelitian menggunakan *Technology Acceptance Model* (TAM), eksperimen dengan produk ergonomi dan produk non-ergonomi, serta survei kuesioner pada 803 responden untuk menganalisis faktor yang mempengaruhi niat membeli produk ergonomis.	Faktor kenyamanan, desain, kemudahan penggunaan, dan kegunaan terbukti meningkatkan niat konsumen untuk menggunakan produk ergonomis, yang pada akhirnya juga meningkatkan minat untuk membeli produk tersebut.
8	Farenza (2025)	Pekerja yang tidak menggunakan alat pelindung telinga di area yang memiliki intensitas kebisingan yang tinggi.	Metode pengendalian resiko	Melakukan pengendalian administrasi seperti pengaturan waktu kerja dan rambu keselataman dan melakukan rekayasa teknik dengan membuat peredam.
9	Akbar et al. (2025)	Pekerja yang tidak menggunakan alat pelindung telinga yang dianggap tidak nyaman dan mengganggu	Pendekatan *Cross-sectional*	Dilakukan pengendalian resiko dengan penyediaan alat pelindung telinga *earplug* dan *earmuff* agar masing-masing pekerja dapat menggunakan alat pelindung telinga sesuai dengan kenyamanan.

Tabel 2.1 Rekapitulasi penelitian terdahulu (lanjutan)

No.	Peneliti (Tahun)	Permasalahan	Metode	Hasil
10	Wahyu et al. (2020)	Mengurangi keluhan pekerja akibat kebisisngan yang dapat berpengaruh pada fungsi pendengaran.	Metode Observasional analitik dengan desain *cross-sectional*	Pekerja yang terpapar kebisingan dengan intensitas tinggi memiliki gangguan yang disebabkan oleh kebisingan *non auditory.* Mengurangi gangguan akibat kebisingan dengan melakukan pengendalian resiko seperti penambahan peredam dan penyediaan alat pelindung telinga.

2.2 Dasar Teori

Penelitian ini memiliki dasar-dasar teori yang digunakan untuk membantu menyelesaikan permasalahan dan menemukan solusi dari setiap perancangan yang dilakukan. Dasar teori ini memiliki keterkaitan mengenai aspek-aspek yang terkait dengan permasalahan yang terjadi. Dasar teori menjadi landasan pokok yang memberikan kemudahan dalam suatu perancangan yang ada.

2.2.1 Jam Kerja Lembur

Berdasarkan peraturan pemerintah nomor 35 tahun 2021 pasal 26, kerja lembur pekerja hanya dapat dilakukan maksimal 4 jam dalam satu hari dan 18 jam dalam seminggu, dengan ketentuan waktu kerja normal 40 jam seminggu (Andini & Siregar, 2024). Lembur dilakukan ketika terdapat kebutuhan penyelesaian kegiatan kerja yang tidak mencukupi dalam jam kerja normal (Sujana & Hakim, 2021). Lembur digunakan sebagai salah satu alternatif ketika pekerjaan tidak dapat diselesaikan pada saat jam kerja normal, sehingga pekerjaan dilanjutkan setelah jam kerja normal selesai. Jam kerja lembur jika diterapkan secara terus menerus dan berlebihan dapat menyebabkan kelelahan dan meningkatkan potensi kecelakaan kerja (Wuisan et al., 2022).

2.2.2 Kelelahan Kerja

Keleleahan adalah suatu keluhan umum pada masyarakat umum dan pada populasi pekerja (Setyowati et al., 2014). Kelelahan kerja dapat ditandai dengan menurunnya performa kerja atau seluruh kondisi yang mempengaruhi semua proses organisme, termasuk beberapa faktor seperti perasaan kelelahan bekerja, motivasi menurun, dan penurunan aktivitas mental serta fisik (Setyowati et al., 2014). Kelelahan kerja mampu dipengaruhi oleh beberapa faktor dari dalam pekerjaan atau dari luar pekerjaan

2.2.3 Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan waktu pengamatan yang diperoleh dari hasil pengukuiran waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator untuk menyelesaikan satu aktivitas atau elemen kerja dalam satu siklus produksi, pengukuran dilakukan pada saat pekerjaan berlangsung secara berulang menggunakan metode jam henti (Yudisha, 2021). Waktu siklus hanya mencakup waktu kerja aktual tanpa memasukkan faktor penyesuaian maupun kelonggaran, sehingga menggambarkan durasi dasar proses sebelum dihitung menjadi waktu normal dan waktu baku (Yudisha, 2021). Dalam pengukuran kerja, waktu siklus digunakan sebagai dasar perhitungan lanjutan untuk menentukan waktu normal dan waktu baku untuk mendukung perencanaan produksi dan peningkatkan produktivitas kerja (Yudisha, 2021).

2.2.4 Pembobotan dan Pemilihan

Pembobotan merupakan proses pemberian nilai kepentingan pada setiap parameter yang memengaruhi suatu fenomena dan setiap parameter diberikan bobot tertentu sesuai tingkat pengaruhnya, kemudian dilakukan *overlay* untuk menghasilkan nilai total bobot akhir sebagai dasar penentuan klasifikasi atau keputusan (Arifin et al., 2015). Proses pembobotan dilakukan menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan tingkat kepentingan setiap kriteria secara terstruktur. Selanjutnya, penilaian dari beberapa respondern dirata-ratakan menggunakan *mean geometric*, lalu hasil pembobotan diolah menggunakan perangkat lunak yaitu *Super Decisions* untuk memperolek alternatif terbaik secara sistematis.

a. Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria (MCDM) yang digunakan untuk menentukan prioritas suatu alternatif melalui proses perbandingan berpasangan antar kriteria dan subkriteria sehingga mampu menghasilkan bobot keputusan secara terstruktur (Rivaldi et al., 2023). Metode ini menyusun elemen keputusan dalam bentuk hierarki mulai dari tujuan, kriteria, subkriteria, hingga alternatif proses evaluasi menjadi lebih sistematis dan terstruktur (Rivaldi et al., 2023). AHP bekerja dengan menghitung bobot setiap kriteria menggunakan matriks perbandingan dan *eigen vector* atau bobot, kemudian dilanjutkan dengan pengujian konsistenssi sebagai dasar pengambilan keputusan (Rivaldi et al., 2023). Dengan demikian, AHP berfungsi membantu untuk pemilihan alternatif ter baik secara objektif berdasarkan kepentingan yang telah dihitung secara kuantitatif (Rivaldi et al., 2023).

b. Mean Geometric

Mean geometric merupakan perhitungan yang digunakan untuk perataan jawaban multi partisipan. Pada AHP *mean geometric* berfungsi sebagai pemerataan dari hasil penilaian menggunakan *pairwise comparison.* Penentuan suatu nilai dari kumpulan jawaban dari partisipan dengan cara melakukan mengalikan masing-masing nilai kemudian dipangkatkan dengan total partisipan yang ada (Riyandi & Sudibyo, 2019). Persamaan matematis *mean geometric* seperti pada persamaan (2.1).

$$a_w = \sqrt[n]{a_1 \times a_2 \times a_3 \times \ldots \times a_n} \qquad (2.1)$$

a_w = Rata-rata nilai (*Mean Geometric*)

a_n = Nilai partisipan

N = Total partisipan

c. Super Decisions

Pengambilan keputusan yang melibatkan banyak kriteria membutuhkan alat bantu yang mampu mengelola informasi secara akurat dan sistematis agar risiko kesalahan manual dapat diminimalkan (Wisjhnuadji et al., 2022). *Super Decisions* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu proses pengambilan keputusan yang kompleks dengan memasukkan faktor ketergantungan dan *feedback* antar kriteria, karena ini menerapkan prinsip *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *Analytic Network Process* (ANP) dalam membangun, menganalisis, dan melakukan sintesis model keputusan (Wisjhnuadji et al., 2022). *Super Decisions* memberikan fitur untuk membangun struktur hirarki atau jaringan keputusan yang terdiri dari *goal*, kriteria, dan alternatif, serta melakukan perbandingan berpasangan dan perhitungan bobot secara otomatis sehingga proses analisis menjadi lebih akurat dan efisien (Wisjhnuadji et al., 2022).

d. Metode Brainstorming

Brainstorming merupakan sebuah metode yang digunakan untuk membangkitkan sejumlah ide-ide yang kebanyakan ide-ide yang ada tersebut akan dibuang untuk mendapatkan ide atau gagasan yang terbaik terhadap perancangan produk (Matondang et al., 2020). Metode ini dapat digunakan sebegai pemilihan ide ide maupun gagasan gagasan pokok yang ada dari beberapa pendapat yang berbeda. Melalui penggunaan metode ini dapat menarik sebuha ide terbaik maupun yang mampu untuk direalisasikan dari berbagai ide yang telah didapatkan.

e. Metode Benchmarking

Benchmarking merupakan proses sistematis untuk membandingkan kinerja, praktik, atau proses suatu organisasi dengan standar terbaik yang dimiliki, baik di dalam industri maupun di luar industri yang ada (Firdaus & Rachendu, 2024). Metode ini menjadi salah satu metode yang dapat dimanfaatkan dalam melakukan suatu perbandingan dengan suatu proses yang telah ada di tempat yang berbeda. Melalui adanya metode *benchmarking*, dapat dengan mudah menganalisis dan mengidentifikasi solusi dari suatu permasalahan yang ada untuk dapat mencapai hasil yang diharapkan. Metode 5W+1H.

Metode 5W+1H merupakan metode yang menggunakan unsur *Who* (Siapa), *What* (Apa), *Where* (dimana), *When* (Kapan), *Why* (Mengapa), dan *How* (Bagaimana). Metode ini digunakan dalam penyelesaian masalah untuk mengetahui permasalahan yang ada secara detail dengan keenam unsur tersebut. *Who* memberi informasi mengenai siapa saja yang terkait dengan masalah yang terjadi, *what* memberi informasi mengenai masalah yang harus diperhatikan, *where* memberi informasi mengenai letak masalah

terjadi, *when* memberi informasi mengenai waktu masalah tersebut terjadi, *why* memberi informasi mengenai alasan masalah tersebut dapat terjadi, dan *how* memberi informasi mengenai bagaimana masalah yang ada dapat muncul dserta bagaimana hal tersebut dapat dilakukan (Prasetyo et al., 2024).

2.2.5 Diagram

Diagram merupakan alat bantu yang digunakan untuk menggambarkan proses, hubungan, dan alur suatu sistem secara visual. Diagram mampu digunakan dalam mengidentifikasi suatu proses maupun tahapan yang ada dalam suatu permasalahan. Melalui penggunaan diagram, dapat dengan mudah memberikan struktur yang jelas sehingga proses dan tahapan dalam mengidentifikasi maupun melakukan perancangan dapat terstruktur dengan baik. Adapun diagram yang dapat digunakan dalam penentuan keterkaitan antar masalah dan aliran.

a. Interrelationship Diagram

Interrelationship diagram merupakan salah satu analisis dalam *Total Quality Management* (TQM) yang digunakan untuk menggambarkan keterkaitan antar masalah dengan menunjukkan hubungan sebab dan akibat berbagai faktor yang saling memengaruhi dalam sistem kerja (Alfizi et al., 2019). Diagram ini membantu mengidentifikasi penyebab utama dari permasalahan dengan memetakan hubungan antar faktor, sehingga memudahkan analisis akar masalah yang kompleks dan tidak dapat dijelaskan hanya dengan satu variabel (Alfizi et al., 2019). Diagram ini befungsi memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai struktur permasalahan organisasi untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan faktor yang paling dominan (Alfizi et al., 2019).

b. Flowchart

Flowchart merupakan diagram alir yang digunakan untuk merepresentasikan algoritma atau urutan langkah dalam suatu sistem secara logis dan terstruktur, sehingga setiap aktivitas yang terjadi dalam sistem dapat digambarkan dengan jelas melalui simbol-simbol standar yang menunjukkan proses, input, output, maupun alur kerja (Rosaly & Prasetyo, 2019). *Flowchart* berfungsi membantu analis sistem dalam mendokumentasikan alur logis sebelum diterjemahkan ke dalam bentuk program, mempermudah pemetaan proses, memodelkan urutan kegiatan, serta mendeteksi bagian proses yang memerlukan perbaikan atau evaluasi (Rosaly & Prasetyo, 2019). Dengan adanya *flowchart*, perancangan sistem menjadi lebih terarah karena setiap proses dapat divisualisasikan secara ringkas, mudah dipahami, dan efisien (Rosaly & Prasetyo, 2019).

2.2.6 Wilcoxon Signed Rank-Test

Wilcoxon Signed Rank-Text merupakan prosedur non-parametrik yang digunakan untuk membandingkan dua sampel yang paired atau saling berhubungan (Corder dan Foreman dalam Gumilar et al., 2019). Metode *wilcoxon signed rank-text* digunakan untuk menguji hipotesis populasi yang mempunyai distribusi identik atau dapat digunakan sebagai pembanding tendensi sentral dari dua sampel yang saling berhubungan (Gumilar et al., 2019). Pengambilan keputusan uji *wilcoxon* dinilai berdasarkan nilai α = 0,05, jika nilai α < 0,05 maka H0 ditolak dan menerima Ha jika nilai α > 0,05 maka H0 diterima dan dan menolak Ha (Gumilar et al., 2019).

Metode *wilcoxon signed rank-text* dapat digunakan dengan menggunakan *software minitab*. *Software minitab* dapat digunakan sebagai pendukung dalam penentuan pengukuran dan pembanding yang cukup akurat. *Minitab* merupakan program untuk melakukan pengolahan statistik (Mira & Lely, 2018).

2.2.7 Postural Assessment Method

Postural assessment method merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui postur tubuh seseorang. Metode ini dapat digunakan untuk mengetahui posisi yang baik dan buruk seseorang ketika akan melakukan aktivitas. *Postural assessment* merupakan metode atau alat yang penting dalam menilai penyebab terjadinya berbagai cedera (Deepika & Veqar, 2014). Penilaian postur tubuh dapat meliputi berbagai hal seperti penggunaan *Rapid Entire Body Assesment* (REBA), *Rappid Upper Limb* (RULA), dan *Ovako Working Analysis System* (OWAS) yang memiliki tujuan sama yaitu penilaian dan perbaikan postur tubuh yang sesuai dan ergonomis.

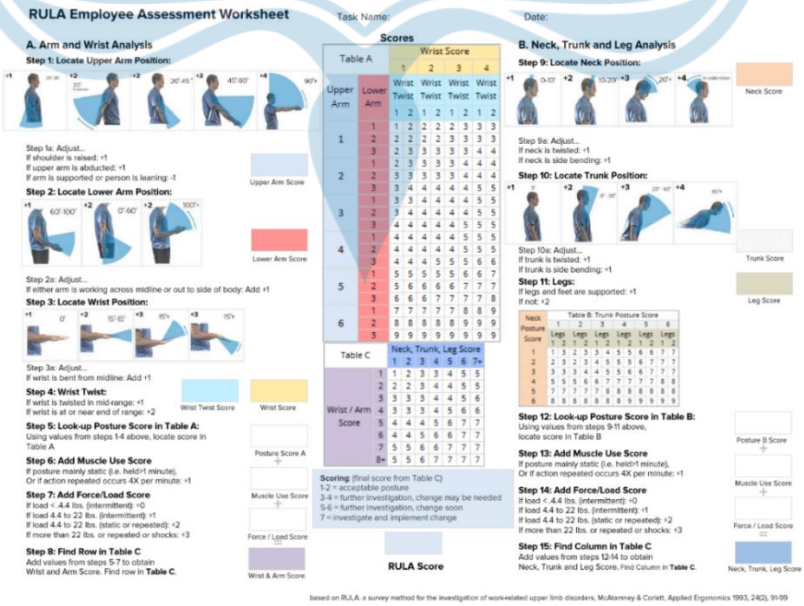
a. Antropometri

Antropometri merupakan ilmu yang mempelajari ukuran dan dimensi tubuh manusia dan digunakan sebagai dasar merancang produk yang ergonomis agar sesuai dengan karakteristik pengguna (Suryatman & Ramdani, 2019). Dalam perancangan berorientasi pada ergonomi, antropometri berfungsi untuk memastikan bahwa desain mampu memberikan kenyamanan, keamanan, dan kemudahan penggunaan dengan memanfaatkan data ukuran dimensi tubuh seperti tinggi popliteal, panjang popliteal, lebar bahu, lebar pinggul, tinggi siku duduk, dan tinggi bahu duduk (Suryatman & Ramdani, 2019). Penggunaan data antropometri dilakukan melalui penentuan persentil yang tepat seperti, persentil besar untuk dimensi ruang dan persentil kecil untuk jangkauan, sehingga dapat digunakan oleh rentang pengguna yang lebih luas dan memberikan tingkat keergonomisan yang optimal (Suryatman & Ramdani, 2019).

b. Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Postur tidak ergonomis muncul ketika tubuh berada dalam posisi yang menyimpang dari postur netral, sehingga menimbulkan tekanan fisik berkelanjutan pada otot dan sendi selama aktivitas kerja (Muhammad & Nuruddin, 2021). Posisi seperti membungkuk, jongkok, atau menunduk dalam waktu lama dapat menghambat aliran darah menuju otot, menyebabkan kelelahan, rasa nyeri, serta meningkatkan risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs). Pada pekerjaan yang dilakukan secara berulang atau tanpa fasilitas kerja yang ergonomis, keluhan MSDs cenderung muncul pada leher, punggung, lengan, dan bagian tubuh lainnya (Muhammad & Nuruddin, 2021).

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan metode penilaian ergonomi yang dikembangkan untuk mengevaluasi postur tubuh bagian atas, khususnya lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, leher, punggung, dan kaki dalam aktivitas kerja yang berpotensi menimbulkan gangguan *muskuloskeletal*. *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) digunakan karena tidak memerlukan peralatan khusus dan mampu memberikan penilaian cepat terhadap postur berisiko dengan menghasilkan skor 1 sampai 7 yang menunjukkan tingkat urgensi perbaikan (Muhammad & Nuruddin, 2021). Dalam penelitian (Muhammad & Nuruddin, 2021), *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) terbukti efektif mengidentifikasi postur juru masak yang menyebabkan keluhan MSDs, terutama ketika pekerja melakukan aktivitas seperti mencuci alat dengan posisi jongkok atau memasak dalam posisi membungkuk, yang menghasilkan skor risiko sedang hingga tinggi.



Gambar 2.2 Contoh Rapid Upper Limb Assessment (RULA) *worksheet*

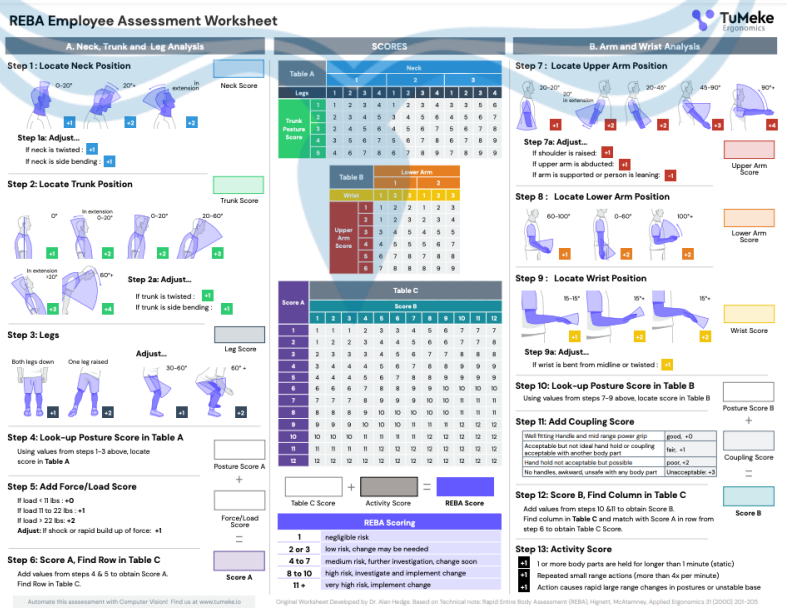
(sumber: https://ergo-plus.com/rula-assessment-tool-guide/)

c. Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map (NBM) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi keluhan *Musculokeletal Disorders* (MSDs) pada bagian tubuh melalui peta tubuh manusia yang membantu operator menandai area yang mengalami keluhan tidak nyaman dan rasa sakit (Chinta, 2024). Metode ini menggunakan skala penilaian yaitu tidak sakit dengan skor 1, agak sakit dengan skor 2, sakit dengan skor 3 dan sangat sakit dengan 4, sehingga tingkat ketidaknyamanan dan rasa sakit pada bagian tubuh dapat diketahui. NBM berfungsi untuk memetakan bagian tubuh yang paling sering mengalami keluhan akibat postur tubuh yang tidak ergonomis, durasi kerja panjang, atau beban kerja berulang, dan penelitian menunjukkan bahwa keluhan paling sering ditemukan pada bahu, lengan atas, pergelangan tangan, serta punggung (Chinta, 2024).

d. Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Rapid Entire Body Assesment atau yang dapat disingkat REBA merupakan metode sistematis yang mengevaluasi seluruh postur tubuh pekerja untuk mengidentifikasi risiko MSDs dan risiko-risiko lainnya yang me(Tiogana & Hartono, 2020)rjaan (Tiogana & Hartono, 2020). REBA dapat menganalisis posisi atau postur tubuh secara menyeluruh sehingga dapat dengan efektif digunakan dalam melihat risiko yang dapat ditimbulkan pada tubuh ketika berada pada posisi yang tidak benar. REBA dirancang hanya menggunakan lembaran REBA sehingga dapat dengan mudah menganalisis dan tidak memerlukan peralatan yang mahal (Tiogana & Hartono, 2020).



Gambar 2.3 Contoh Rapid Entire Body Assesment (REBA) *worksheet*

(sumber: https://www.tumeke.io/updates/reba-the-rapid-entire-body-assessment-comprehensive-overview)

2.2.8 Task Analysis Method

Task Analysis Method merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menganalisis suatu pekerjaan maupun aktivitas. *Task Analysis Method* mampu mengidentifikasi suatu kegiatan yang ada secara detail dengan berbagai keterangan yang mampu digunakan dalam memproses dan mengamati risiko maupun permasalahan yang ada. Salah satu *tools* yang dapat digunakan pada metode *task analysis adalah* HTA.

HTA adalah singkatan dari *Hierarchical Task Analysis* yang digunakan untuk mengidentifikasi pekerjaan atau aktivitas yang ada. HTA dapat sangat membantu pada saat alokasi pekerjaan yang sangat krusial (Azizah, 2015). HTA akan dapat dengan baik untuk melakukan *breakdown* tugas dan mampu untuk mengidentifikasi *human error* yang terjadi (Azizah, 2015). Dalam penggunaanya, HTA mampu menganalisis tujuan dan mengidentifikasi potensi dari kesalahan-kesalahan yang terjadi bagi pekerja (Fadlilah et al., 2018).

2.2.9 Digital Human Modelling (DHM)

Digital human modelling atau yang dapat disingkat DHM menggunakan manusia digital sebeagai suatu bentuk representasi pekerja yang dimasukkan ke dalam simulasi atau lingkungan *virtual* untuk memprediksi kinerja maupun keselamatan (Demirel & Duffy, 2007). Penggunaan *digital human modelling* mampu memudahkan seseorang dalam melakukan suatu perancangan maupun perubahan kondisi tata letak karena dapat dilakukan pengecekan secara *digital* sehingga dapat menjadi penilaian dalam keunggulan dan kekurangan suatu perancangan. Salah satu keunggulan menggunakan DHM adalah dapat memprediksi kenyamanan melalui desain interaktif *virtual* stasiun kerja dan produk baru (Demirel & Duffy, 2007). Perangkat lunak atau *perangkat lunak* yang dapat digunakan sebagai salah satu dari bagian DHM adalah *perangkat lunak* CATIA.

Analisis postur kerja membutuhkan alat bantu yang mampu menampilkan posisi tubuh secara akurat agar risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs) dapat dinilai dengan tepat, terutama pada pekerjaan duduk statis yang rentan menimbulkan tekanan berulang pada otot dan sendi (Sugengriadi et al., 2025). Untuk itu, *Computer Aided Three dimensional Interactive Application* (CATIA) digunakan sebagai perangkat simulasi ergonomi yang mampu memvisualisasikan model manusia virtual serta memberikan penilaian risiko menggunakan warna hijau dengan keterangan aman, kuning untuk risiko rendah, jingga untuk risiko sedang, dan merah untuk risiko tinggi, sehingga bagian tubuh yang mengalami beban berlebih dapat teridentifikasi secara objektif (Sugengriadi et al., 2025). Selain itu, CATIA berperan dalam memvalidasi usulan perbaikan postur, duduk

disimulasikan ulang, yang menunjukkan efektivitas CATIA dalam rancangan ergonomis (Sugengriadi et al., 2025). Hasil simulasi CATIA juga memudahkan identifikasi bagian tubuh yang memiliki risiko tertinggi, seperti lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, leher, atau *trunk*, yang ditampilkan secara rinci pada panel nilai *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) (Sugengriadi et al., 2025).

2.2.10 Creative Method

Creative method atau metode kreatif merupakan metode untuk menambah mengalirnya ide-ide dengan menghilangkan batas mental yang menghalangi kreativitas (Prakosa & Tontowi, 2010). Metode kreatif dapat digunakan dalam beberapa aspek seperti perancangan suatu produk dan pembuatan dari prototipe. Metode kreatif lebih berfokus pada hal-hal yang tidak hanya melihat dari sistematis suatu tahap, namun juga berfokus pada ide-ide maupun gagasan yang dapat dituangkan pada suatu hal yang nyata. Metode kreatif juga lebih memiliki nilai-nilai yang lainnya seperti seni maupun hasil dari sebuah eksperimen yang dilakukan. Salah satu *perangkat lunak* yang dapat digunakan dalam menunjuang metode kreatif adalah *Solidworks*.

Solidworks merupakan perangkat lunak *Computer Aided Design* (CAD) yang banyak digunakan dalam dunia industri untuk keperluan perancangan teknik, khususnya pembuatan gambar 3D yang lebih akurat, efisien, dan mudah dimodifikasi dibandingkan metode konvensional (Sudirman, 2023). Penggunaan *Solidworks* sangat dibutuhkan dalam perancangan *body*, mesin, dan komponen-komponen mekanik karena *perangkat lunak* ini memungkinkan visualisasi bentuk secara nyata dalam model tiga dimensi, sehingga mempermudah proses desain dan pengembangan produk (Sudirman, 2023). Selain itu, kemampuan mengoperasikan *Solidworks* menjadi syarat paling penting dalam dunia industri, karena *perangkat lunak* ini termasuk *Computer Aided Design* atau CAD, yang paling banyak digunakan dalam merancang produk teknik, baik untuk kebutuhan manufaktur, otomotif, maupun rekayasa mesin (Sudirman, 2023).

2.2.11 Pengukuran Kebisingan

Klasifikasi kebisingan dibagi menjadi dua jenis golongan besar: Kebisingan tetap (*steady noise*) atau *continous*, yang mencakup *Discrete frequency noise* yaitu frekuensi terputus berupa "nada-nada" murni seperti suara mesin dan kipas, serta *Broad band noise* yaitu frekuensi terputus yang bukan "nada-nada" murni seperti suara gergaji dan katup gas (Handayani, 2022). Jenis kedua adalah Kebisingan tidak tetap (*unsteady noise*), yang memerlukan waktu penurunan intensitas tidak lebih dari 500 detik. Kebisingan tidak tetap meliputi *Intermittent noise* yaitu suara yang terputus-putus dan besarnya berubah-ubah

seperti lalu lintas dan *Impulsive noise* yaitu suara berintensitas tinggi dalam waktu singkat seperti tembakan senjata api (Handayani, 2022).

Paparan kebisingan yang tinggi dapat menyebabkan gangguan konsentrasi, kelelahan kerja, serta meningkatkan tekanan psikologis pekerja. Kondisi ini menyebabkan pekerja membutuhkan usaha lebih besar untuk mempertahankan fokus saat bekerja sehingga dapat menurunkan efisiensi kerja. Selain itu, kebisingan juga dapat memicu stres kerja yang pada akhirnya berpengaruh terhadap performa dan produktivitas pekerja dalam menyelesaikan tugasnya. Ketika pekerja mengalami gangguan konsentrasi akibat kebisingan, maka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dapat menjadi lebih lama dibandingkan kondisi kerja yang lebih tenang (Amir et al., 2019).

Kebisingan yang tinggi juga dapat meningkatkan risiko kelelahan kerja karena pekerja harus bekerja dalam lingkungan kerja yang kurang nyaman. Kelelahan tersebut dapat menyebabkan penurunan ketelitian dan meningkatkan kemungkinan terjadinya *human error*. Apabila kesalahan kerja terjadi, maka pekerja harus melakukan perbaikan atau pengulangan proses kerja yang pada akhirnya dapat memperpanjang waktu kerja maupun waktu siklus produksi. Oleh karena itu, pengendalian kebisingan di lingkungan kerja sangat penting untuk menjaga kesehatan pekerja, meningkatkan konsentrasi kerja, serta memastikan proses kerja dapat berlangsung secara efektif dan efisien (Amir et al., 2019). Oleh karena itu, diperlukan pengendalian kebisingan yang diatur berdasarkan Nilai Ambang Batas (NAB) seperti yang telah diatur pada Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018.

Pengukuran kebisingan merupakan metode yang dilakukan untuk mengukur kebisingan di suatu area kerja. Pengukuran kebisingan umumnya dilakukan menggunakan alat bantu *Sound Level Meter* (SLM). Metode pengukuran dapat dilakukan dengan titik *sampling* yaitu dengan melakukan pengukuran kebisingan pada satu lokasi atau peralatan sederhana, peta kontur atau *isoplet* untuk menentukan kondisi kebisingan dalam cakupan area dengan pewarnaan kode, atau metode *grid* dengan membuat titik *sampling* dengan jarak interval yang sama di seluruh lokasi (Handayani, 2022).

Pengukuran kebisingan dilingkungan industri dilakukan dengan menggunakan parameter *Equivalent Continous Sound Level* (Leq). Parameter Leq merupakan tingkat kebisingan rata-rata selama periode waktu tertentu, sehingga dapat mengukur tingkat kebisingan yang tidak menentu atau berubah-ubah (Amnur, 2020). Penggunaan parameter Leq efektif pada lingkungan atau area kerja yang memiliki kebisingan yang tidak konstan, sehingga dapat menggambarkan tingginya paparan kebisingan yang

sebenarnya terhadap para pekerja. Secara matematis parameter Leq dinyatakan seperti pada persamaan (2.2).

$$Leq = 10Log_{10}\left(\frac{1}{T}\int_0^T 10^{\frac{L(t)}{10}}dt\right) \quad (2.2)$$

Keterangan:

Leq = *Equivalent noise level* (dB)

$L(t)$ = Level kebisingan pada waktu t

T = Total waktu pengukuran

2.2.12 Human Error

Human error merupakan terjadinya kesalahan dalam penyelesaian kegiatan yang spesifik yang dapat menimbulkan gangguan pada proses operasional atau kecacatan produk (Gucci & Nalendra, 2022). *Human error* merupakan suatu kejadian yang sering dijumpai pada proses operasional sebuah perusahaan. Bagi perusahaan terjadinya *human error* dapat mengakibatkan kerugian terutama pada biaya operasional. Namun, bagi para pekerja terjadinya *human error* dapat mengakibatkan cidera atau gangguan kesehatan. Oleh karena itu, maka diperlukan metode untuk mengatasi permasalahan tersebut. Cara mengatasi permasalahan *human error* tersebut dapat dilakukan dengan analisis menggunakan *Human Error Assesment and Reduction* (HEART).

HEART ditemukan oleh seorang ahli ergonomi yang berasal dari Britania yaitu Jeremy William pada Tahun 1985. HEART dimanfaatkan untuk mengukur kesalahan manusia dengan melihat faktor yang mempengaruhi dalam pekerjaan (Perwitasari, 2015). Penerapan HEART menggunakan 9 *Generic Task Type* (GTT) seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.2 *Generic task type* (GTT)

(Sumber:(Perwitasari, 2015))

Kategori *Task*		Nominal *Human Unrealbility*
Kode	**Keterangan**	
A	Pekerjaan yang benar-benar asing atau tidak dikuasai, dilakukan pada suatu kecepatan tanpa konsekuensi yang jelas.	0,55
B	Mengubah atau mengembalikan sistem ke keadaan yang baru atau awal dengan suatu upaya tunggal tanpa pengawasan dan prosedur.	0,26
C	Pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan tingkat pemahaman dan keterampilan yang tinggi.	0,16

Tabel 2.2 *Generic task type* (lanjutan)

Kategori Task		Nominal Human *Unrealbility*
Kode	**Keterangan**	
D	Pekerjaan yang cukup sederhana, dilakukan dengan cepat atau membutuhkan sedikit perhatian.	0,09
E	Pekerjaan yang rutin, cepat, dan sering dilakukan dengan melibatkan keterampilan yang rendah.	0,02
F	Mengembalikan atau menggeser sistem ke kondisi semula atau baru dengan mengikuti prosedur dan beberapa pemeriksaan.	0,003
G	Pekerjaan familiar yang sudah dikenal, dirancang dengan baik, tugas rutin terjadi beberapa kali per jam, dilakukan hingga standar tertinggi oleh personel terlatih, namun tanpa alat bantu.	0,0004
H	Menanggapi perintah sistem dengan benar, meskipun ketika tersedia sistem pengawasan tambahan atau otomatis yang menyediakan interpretasi akurat.	0,00002
M	Tugas lain yang deskripsi pekerjaannya tidak dijelaskan di kategori sebelumnya.	0,03

Selain itu, HEART juga mempertimbangkan 38 *Error Producing Condition* (EPC) untuk melihat penyebab kesalahan terjadi. EPC dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Error Producing Condition* (EPC)

(Sumber:(Perwitasari, 2015))

No	*Error Producing Condition* (EPC)	Nilai EPC
1	Tidak terbiasa dengan sebuah situasi yang sebenarnya penting namun jarang atau baru terjadi.	17
2	Waktu yang singkat untuk mendeteksi kegagalan dan melakukan tindakan koreksi.	11
3	Rasio *signal-to-noise* rendah.	10
4	Penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses.	9
5	Tidak adanya alat untuk menyampaikan informasi kepada operator dalam bentuk yang dapat secara siap dipahami oleh operator.	8
6	Ketidaksesuaian antara cara pandang operator dengan atasan.	8
7	Tidak bisa membalikkan kegiatan yang tidak diharapkan.	8
8	Kapasitas saluran komunikasi *overload*, terutama yang disebabkan oleh informasi-informasi kecil yang disajikan bersamaan.	6
9	Meninggalkan suatu teknik dan melaksanakan sebuah kegiatan yang benar-benar baru, belum pernah dilakukan.	6
10	Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan.	5,5

Tabel 2.3 *Error Producing Condition* (lanjutan)

No	*Error Producing Condition* (EPC)	Nilai EPC
11	Ketidakjelasan akan standar performansi yang diminta.	5
12	Ketidaksesuaian antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan.	4
13	Sistem timbal balik buruk, ambigu, dan tidak sesuai.	4
14	Tidak jelasnya arahan dan lamanya konfirmasi yang diberikan dari suatu Tindakan.	3
15	Operator yang tidak berpengalaman (baru memenuhi kualifikasi namun tidak *expert*).	3
16	Menurunnya kualitas informasi yang disampaikan oleh prosedur dan interaksi orang per orang.	3
17	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil.	3
18	Adanya konflik antara tujuan jangka pendek dan jangka panjang.	2,5
19	Tidak adanya perbedaan *input* informasi untuk pengecekan ketelitian.	2,5
20	Ketidaksesuaian antara *level* edukasi yang dimiliki individu dengan kebutuhan pekerjaan.	2
21	Dorongan untuk menggunakan prosedur lain yang lebih berbahaya.	2
22	Sedikit kesempatan untuk melatih pikiran dan tubuh di luar jam kerja.	1,8
23	Alat yang tidak dapat diandalkan.	1,6
24	Kebutuhan untuk membuat suatu keputusan yang di luar kapasitas atau pengalaman dari operator.	1,6
25	Alokasi fungsi dan tanggung jawab yang tidak jelas.	1,6
26	Tidak adanya cara yang jelas untuk mengamati kemajuan selama aktivitas.	1,4
27	Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik.	1,4
28	Sedikit atau tidak adanya makna yang terkandung pada suatu pekerjaan.	1,4
29	Tingkat *stress* yang tinggi.	1,3
30	Adanya gangguan kesehatan, khususnya demam.	1,2
31	Moral pekerja rendah.	1,2
32	Tidak konsistennya makna dari tampilan atau prosedur.	1,2
33	Lingkungan yang buruk atau tidak mendukung.	1,15
34	Tidak aktif dalam waktu yang lama atau siklus yang sangat berulang-ulang dari pekerja dengan beban kerja mental rendah.	1,1
35	Terganggunya siklus tidur normal.	1,1
36	Melewatkan kegiatan karena intervensi dari orang lain.	1,06
37	Penambahan anggota tim yang sebenarnya tidak dibutuhkan.	1,03
38	Usia individu yang melakukan pekerjaan.	1,02

Jika terdapat EPC yang tidak berdampak penuh maka dapat dilakukan penentuan Assessed Proportion of Affect (APOA). Penentuan APOA dilakukan oleh *expert* dengan melihat seberapa besar dampak yang ditimbulkan. Kemudian, HEART dilanjutkan

dengan perhitungan nilai *affection effect* (AE). AE Adalah nilai EPC dengan mempertimbangkan nilai dampak atau APOA yang ditetapkan. Secara matematis ditulis seperti persamaan (2.3).

$$AE_i = [(b_i - 1) \times c_i + 1] \quad (2.3)$$

Keterangan:

AE_i = *Affection Effect*

b_i = Nilai APOA

c_i = Nilai EPC

Setelah mendapatkan nilai AE dilanjutkan dengan menghitung *Human Error Probability* (HEP). Secara matematis perhitungan HEP dapat dilihat pada persamaan (2.4).

$$HEP = GTT \times AE \quad (2.4)$$

Keterangan:

HEP = Nilai probabilitas error

GTT = Nilai GTT

AE = Nilai AE

2.2.13 Perhitungan Analisis Stabilitas

Secara mekanika, kursi dimodelkan sebagai benda tegar dalam kondisi setimbang statik tepat sebelum terjungkit. Keseimbangan ini memenuhi prinsip *Equilibrium of Moment* $\sum M$ yang menyatakan bahwa jumlah momen semua gaya terhadap suatu titik acuan sama dengan nol dengan $\vec{r_i}$ adalah posisi titik berat atau center of gravity ($\bar{X}$), sedangkan $\vec{F_i}$ menyatakan besar gaya (Hibbeler, 2009). Prinsip keseimbangan momen digunakan sebagai pendekatan analitis untuk menentukan hubungan antar gaya dan geometri sistem, khususnya ketika pengujian eksperimental belum dilakukan atau gaya tidak diperoleh secara langsung.

$$\sum \vec{r_1} \times \vec{F_1} = 0 \quad (2.5)$$

$$F_0 = \frac{W.\bar{X}\bar{Y}}{h} \quad (2.6)$$

Keterangan:

$\vec{r_i}$ = jarak posisi titik berat

$\vec{F_i}$= besar gaya

W = gaya berat benda

$\bar{X}$= Titik berat (*center of gravity*)

h = sebagai jarak vertikal titik tumpu

Untuk itu diperlukan gaya berat atau gaya yang bekerja pada titik berat yang digunakan sebagai lengan momen dengan W adalah gaya, m merupakan massa dan g merupakan gaya gravitasi yaitu 9,81 $\mathrm{m/s^2}$.

$$\mathrm{W = m.g} \tag{2.7}$$

Keterangan:

W = gaya berat benda

g = gaya gravitasi

Center of gravity merupakan titik kerja resultan gaya berat yang merepresentasikan distribusi massa suatu benda dan berpengaruh terhadap kestabilannya (Usman et al., 2025). Posisi center of gravity yang telah ditentukan selanjutnya digunakan dalam analisis keseimbangan momen. Dalam persamaan keseimbangan momen. Sehingga momen gaya berat diperoleh dari hasil antara gaya berat dan jaraknya terhadap titik acuan, dengan X menyatakan arah vertikal yang sejajar dengan permukaan lantai, sedangkan sumbu Y menyatakan arah vertikal yang diukur dari lantai ke atas.

$$\overline{\sum \mathrm{X}} = \frac{\sum \mathrm{x}}{\mathrm{n}} = \overline{\mathrm{X}} \ , \overline{\sum \mathrm{Y}} = \frac{\sum \mathrm{Y}}{\mathrm{n}} = \overline{\mathrm{Y}} \tag{2.8}$$

Keterangan:

$\overline{\mathrm{X}}$ = arah horizontal

$\bar{Y}$ = arah vertikal

n = jumlah titik tumpuan penahan beban

2.2.14 Analisis Beban Statis

Analisis beban statis adalah suatu teknik analisis yang digunakan untuk menentukan suatu tegangan pada material serta struktur yang mengalami beban atau gaya statis maupun gaya dinamis (Pilargenta et al., 2024). Penggunaan teknik ni penting untuk memastikan bahwa struktur material mampu menahan suatu beban yang telah disesuaikan tanpa menimbulkan adanya kerusakan maupun deformasi yang berlebihan (Pilargenta et al., 2024). Variabel-variabel dalam analisis beban statis dapat meliputi *von mises stress*, *strain*, *displacement*, dan *safety factor* (Pilargenta et al., 2024).

a. Von Mises Stress

Von Mises Stress merupakan besarnya gaya pada suatu permukaaan benda untuk setiap satuan luas dengan satuan MPa (Pilargenta et al., 2024). Pada penilaian ini, kemanan suatu material dapat ditentukan melalui kondisi yang tidak memperbolehkan melebihi dari *yield strength* atau kekuatan luluh. Tegangan geser serta tegangan normal

juga perlu berada di bawah *yield strength* karena jika berada di atas *yield strength* maka suatu material tidak akan kembali ke bentuk awal (Pilargenta et al., 2024).

b. Strain

Strain merupakan deformasi yang terjadi pada suatu material pada saat diberikan beban (Pilargenta et al., 2024). *Strain* mampu menunjukkan adanya perubahan bentuk maupun ukuran yang ada pada material. Rasio dari perubahan yang ada yaitu besaran yang tidak berdimensi (Pilargenta et al., 2024).

c. Displacement

Displacement merupakan perubahan bentuk pada benda yang dikenai suatu gaya (Pilargenta et al., 2024). *Displacement* dapat diartikan sebagai perpindahan geser yang mampu menunjukkan deformasi suatu material (Pilargenta et al., 2024). Deformasi yang dapat terjadi dapat berupa pertambahan panjang maupun perubahan bentuk ke lainnya.

d. Safety of Factor

Safety of Factor merupakan faktor yang digunakan untuk menilai suatu material ataupun desain. Suatu desain dapat dikatakan aman jika nilainya melebihi 2 kali lipat dari tegangannya, dengan minimal di atas 2,5 (Pilargenta et al., 2024). *Safety of Factor* dilakukan untuk mengetahui desain yang telah dirancang berada pada kategori aman atau tidak.

2.3 Standar dan Kode Etik

Selama pelaksanaan penelitian ini diterapkannya standar dan kode etik sebagai pedoman selama proses penelitian. Selain itu, perusahaan memiliki standar dan kode etik internal yang dijadikan sebagai acuan. Penerapan standar dan kode etik tersebut bertujuan untuk mendukung penyelesaian permasalahan yaitu, tingginya durasi jam lembur. Standar berfungsi untuk acuan dalam proses analisis dan penelitian, sedangkan kode etik digunakan sebagai pedoman perilaku dalam pelaksanaan penelitian.

Perusahaan memiliki standar kerja yang terdapat dalam Standar Operasional Prosedur (SOP) yang mengatur seluruh pelaksanaan aktivitas operasional, penggunaan fasilitas kerja, pengaturan waktu kerja, dan aspek keselamatan kerja. Standar Operasional Prosedur (SOP) digunakan sebagai pedoman dalam memastikan bahwa seluruh aktivitas dilakukan secara aman, efisien dan sistematis. Penerapan standar perusahaan ini menjadi acuan dalam pengambilan data dan analisis penelitian agar hasil yang diperoleh sesuai dengan kondisi sesungguhnya. Perusahaan menerapkan kode etik yaitu, Undang-undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja yang mengatur kewajiban perusahaan dalam menjamin keselamatan dan

kesehatan tenaga kerja melalui pencegahan kecelakaan, pengendalian biaya, serta hubungan antar tenaga kerja, alat kerja, metode kerja, dan lingkungan kerja. Penerapan ketentuan dalam undang-undang tersebut digunakan sebagai landasan agar setiap aktivitas yang dilakukan tetap memperhatikan aspek keselamatan, kesehatan, dan kenyamanan kerja untuk mencegah risiko tambahan bagi pekerja.

Selain itu, penelitian ini menerapkan kode etik dalam proses perancangan dan pengambilan data. Penerapan kode etik perancangan dalam penelitian ini didasarkan pada standar yang benar-benar digunakan dalam proses perancangan. *Redesign* alat bantu dan perancangan rak penyimpanan mengacu pada prinsip ergonomi berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, yang menetapkan kesesuaian desain stasiun kerja dengan sikap kerja duduk, termasuk desain ketinggian area kerja, serta penerapan dan pengelolaan data antropometri dalam perancangan produk dan fasilitas kerja agar sesuai dengan postur tubuh pekerja. Sedangkan, perancangan alat bantu untuk kebisingan mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan, yang digunakan sebagai dasar penilaian kondisi kebisingan pada lingkungan kerja.

2.3.1 Standar Pengujian Stabilitas Kursi Tanpa Sandaran Tangan

Dalam analisis stabilitas kursi, gaya yang diperhatikan adalah gaya horizontal yang dapat menyebabkan kursi mencapai kondisi batas kestabilan dengan rumus pada persamaan (2.13).

$$F_c = F_0 + \frac{W.a}{h} \tag{2.13}$$

Gaya ini dinyatakan sebagai F_0 yaitu gaya horizontal pada kondisi kursi tanpa beban, sedangkan F_c yaitu gaya horizontal pada kondisi kursi berisi beban. Standar ISO 7174-1 mendefinisikan parameter yang digunakan dalam analisis stabilitas, yaitu gaya berat atau *W* senilai 600 N, jarak beban terhadap titik tumpu a senilai 0,05 m, dan tinggi titik kerja gaya vertikal h, yang digunakan untuk mengetahui stabilitas kursi yang terjungkit (ISO 7174-1, 1988).

Keterangan:

F_c = gaya jungkit kursi berisi beban

F_0 = gaya jungkit kursi kosong

W = gaya berat sesuai standar ISO (600 N)

a = jarak beban sesuai standar ISO (0,05 m)

h = tinggi titik kerja gaya vertikal h

2.3.2 Spesifikasi Material

Setiap material memiliki bahan dasar yang terdapat standar khusus dalam proses pembuatannya. Material memiliki beberapa unsur penting seperti *yield strength*, *tensile strength*, *elastic modulus*, *mass density*, dan *poisson's ratio*. Unsur-unsur tersebut pasti dimiliki oleh setiap material dan didapatkan melalui uji yang ada seperti halnya uji tarik. Spesifikasi material logam yang terdisi dari ASTM A500, ASTM A36 *steel*, dan *stainless steel* ASTM A312 dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi material

(Sumber: https://beamdimensions.com/materials/Steel/ASTM/ASTM_A500/)

Jenis material	*Yield strength* (N/mm^2)	*Tensile strength* (N/mm^2)	*Elastic modulus* (N/mm^2)	*Mass density* (kg/m^3)	*Poisson's ratio* (N/mm^2)
ASTM A500	290	400	290000	7850	0,30
ASTM A36 Steel	250	400	250000	7850	0,26
Stainless Steel ASTM A312	205	515	193000	8000	0,30

2.3.3 Rekomendasi Material Handling

Material handling digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan pekerjaan ataupun suatu aktivitas untuk dapat mengurangi beban seharusnya. *Material handling* memiliki berbagai jenis bentuk yang difungsikan dengan cara yang berbeda-beda, salah satunya adalah *truck* / *cart* yang digunakan untuk mengangkat beban dalam jumlah banyak dengan cara didorong. *Material handling truck / cart* memiliki batasan-batasan seperti *maximum load*, *maximum frequency units*, dan *minimum aisle width* yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Rekomendasi pada *material handling*

(Sumber: (Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 2026))

Recommended limits in the selection of hand and powered trucks and carts								
Type of truck or cart	*Maximum load*		*Maximum transport distance*		*Maximum frequency units (8 hour/shift)*	*Minimum aisle wdth*		*Type of transfer to and from truck*
	kg	*lb*	*m*	*ft*		*m*	*ft*	
2-wheeled hand cart	114	250	16	50	200	1,0	3	*Manual*
3-wheeled hand cart	227	500	16	50	200	1,0	3	*Manual*
4-wheeled hand cart	227	500	33	100	200	1,3	4	*Manual*
Hand pallet truck	682	1500	33	100	200	1,3	4	*Mechanical*
Electric pallet truck	2273	5000	82	250	400	1,3	4	*Mechanical*
Electric hand-jack lift truck	2273	5000	33	100	400	1,3	4	*Mechanical*
Power low lift truck	2273	5000	328	1000	400	2,0	4	*Mechanical*
Electric handstacking truck	682	1500	82	250	400	1,3	4++	*Mechanical*
Power fork truck	2273	5000	164	500	400	2,0	4++	*Mechanical*

2.3.4 Standar Kebisingan

Kebisingan didefinisikan sebagai suara yang tidak dikehendaki oleh manusia dan faktor lingkungan yang berpotensi berpengaruh negatif terhadap kesehatan. Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumbut dari penggunaan alat kerja atau alat produksi yang menimbulkan gangguan pendengaran (Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018).

Tabel 2.6 NAB Kebisingan

(sumber: Permenaker No. 5 Tahun 2018)

Waktu Pemaparan Per Hari		Intensitas kebisingan dalam dBA
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30	Menit	97
15		100
7,5		103
3,75		105
1,88		109
0,94		112
28,12	Detik	115
14,06		118
7,03		121
3,52		124
1,76		127
0,88		130
0,44		133
0,22		136
0,11		139

2.3.5 Standar Perancangan dan Implementasi

Dalam melakukan perancangan dan implementasi suatu produk, diperlukan acuan standar yang memperhatikan aspek kenyamanan, kemudahan penggunaan, serta kenyamanan bagi pengguna. Standar yang digunakan ialah ISO 9241-11 yang menjelaskan tentang tingkat kemudahan suatu sistem, produk, dan layanan yang digunakan untuk mencapai tujuan secara efektif, efisien, serta memberikan kepuasan penggunaan suatu sistem, produk, dan layanan. Standar ini dipengaruhi berbagai faktor seperti karakteristik pengguna, tujuan penggunaan, tugas atau aktivitas yang dilakukan, serta lingkungan pengunaan. Penerapan standar ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja, meninimalkan kesalahan penggunaan, dan menciptakan interaksi yang nyaman antara pengguna dan sistem atau produk.

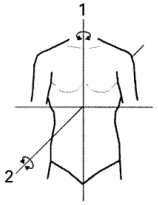
Selanjutnya, aspek ergonomi dan juga keamanan kerja juga terdapat pada ISO 6385:2016. Standar tersebut memberikan pedoman dalam merancang sistem kerja yang memperhatikan kesesuaian antara manusia dengan tugas, peralatan, serta lingkungan kerja guna meningkatkan keselamatan, kesehatan, dan kinerja operator. ISO 6385:2016 juga menekankan pentingnya pengendalian beban kerja fisik maupun mental serta kondisi lingkungan. Kesuaian antara manusia dengan tugas, peralatan, serta lingkungan dilihat mulai dari ukuran produk yang mempertimbangkan ukuran tubuh operator, desain alat yang mempertimbangkan kemudahan dan durasi pengerjaan tugas hingga lingkungan kerja seperti kebisingan yang memiliki probabilitas kecelakaan kerja serta dapat menghambat pekerjaan yang ada.

Selain itu, aspek ergonomi juga diperhatikan untuk memastikan keamanan dan kenyamanan postur kerja pengguna. Standar yang digunakan adalah ISO 11226 yang berfokus pada evaluasi postur kerja berdasarkan sudut tubuh, durasi mempertahankan tubuh (holding time), serta waktu pemulihan (recovery time). Standar ini memberikan rekomendasi batasan postur pada bagian tubuh seperti punggung, kepala, lengan, dan kaki untuk menentukan suatu postur kerja dengan kategori aman, perlu evaluasi, atau tidak direkomendasikan. Standar postur tubuh ISO 11226 dapat dlhat pada Gambar 2.4.

Tabel 2.7 Standar postur tubuh ISO 11226

No	*Postural characteristic*	*Acceptable*	*Go to step 2*	*Not recommended*
1.	*Symmetrical trunk posture*			
	No			X
	Yes	X		
2.	*Trunk inclination α[b]*			
	> 60°			X
	20° to 60° without full trunk support		X	
	20° to 60° with full trunk support	X		
	0° to 20°	X		
	< 0° without full trunk support			X
	< 0° with full trunk support	X		
3.	*For sitting: convex lumbar spine posture[c]*			
	No	X		
	Yes			X

a With a symmetrical trunk posture, there is neither axial rotation nor lateral flexion of the upper part of the trunk (Figure 1)
b Posture during task execution with respect to the reference posture when viewed from the side of the trunk (figure 2, where forward inclination is given a positive sign).
c Convex curvature of the lumbar part of the spine (figure 3)



Key
1 Axial rotation
2 Lateral flexion

Figure 1 — Trunk posture (axial rotation/lateral flexion of thorax vs. pelvis)

(a)

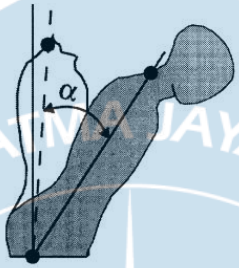


Figure 2 — Trunk inclination

(b)



Key
1 Convex lumbar spine posture

Figure 3 — Convex lumbar spine posture

(c)

iTeh STANDARD PREVIE
(standards.iteh.ai)
ISO 11226:2000
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0bd9ebed-32e5-4fa
5ff0/iso-11226-2000

Gambar 2.4 Trunk posture ISO 11226 *figure* 1 (a); *figure* 2 (b); *figure* 3 (c)