

Perancangan Fasilitas Kerja Dengan Pendekatan Ergonomi dan *Quality Function Deployment* di PD XYZ

1st Kausa Gymnastiar Arrajab
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
kausagarrajab@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Yusuf Nugroho Doyo Yekti
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
doyoyekti@telkomuniversity.ac.id

3rd Dino Caesaron
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
dinocaesaron@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— PD. XYZ merupakan perusahaan dagang yang bergerak dibidang pembuatan pallet kayu. Tentu saja produk yang dihasilkan merupakan pallet kayu biasa dan terfumigasi. Untuk mendapatkan kebutuhan untuk merancangan fasilitas kerja nya, metode yang digunakan adalah *Quality Function Deployment*, pengukuran antropometri dan juga Nordic Body Maps. QFD digunakan agar dapat mengetahui spesifikasi kebutuhan dan juga keinginan konsumen terhadap produk yang dirancang. Pengukuran antropometri dilakukan untuk mengetahui ukuran tubuh dari pekerja serta persentil yang cocok dengan operator. Dari penggunaan metode QFD, dapat diperoleh atribut yang lebih spesifik, agar dapat mempermudah dalam merancangan meja kerja yang nanti nya akan memberikan hasil berupa tingkat kesulitan dari perancangan. RULA atau Rapid Upper Limb Assessment digunakan untuk menganalisa postur pada kegiatan operator. Berdasarkan hasil kuisioner Nordic Body Map yang diberikan kepada operator, terdapat keluhan nyeri pada tubuh bagian atas (tangan, pergelangan tangan, lengan, leher dan trunk). Maka dari itu, fasilitas kerja yang akan dirancang merupakan meja kerja yang akan dirancang berdasarkan data primer (wawancara, nordic body maps dan voice of customer) dan data sekunder (pengukuran antropometri dan aktivitas kerja) yang telah diperoleh.

Kata kunci— REBA, QFD, Anthropometri, MSDs, Nordic Body Maps

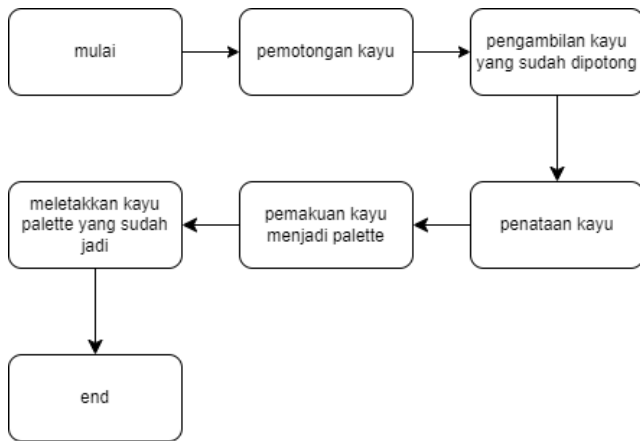
I. PENDAHULUAN

Dalam melakukan suatu perancangan sistem kerja, alangkah baiknya kita dapat memperhatikan elemen-elemen gerakan dari operator. Dengan tersedianya lingkungan kerja yang tidak ergonomis, sering kali terdapat keluhan mengenai *musculoskeletal* pada pekerja. Bisa dengan adanya keluhan pada *Upper Limb* atau *Entire Body*. Keluhan tersebut merupakan keluhan berbentuk rasa nyeri pada bagian-bagian tubuh tertentu yang mendapatkan beban yang melebihi batas kemampuan operator bida dengan adanya berat atau durasi yang lama. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada *ligament* atau *tendon* operator nya. Maka dari itu, gerakan manusia dalam bekerja perlu dirancang secara ergonomis

agar tidak menimbulkan kelelahan serta rasa nyeri. Ergonomi dianggap penting karena didefinisikan untuk menjamin kebutuhan manusia akan keamanan, kenyamanan, keselamatan, kesehatan manusia dalam kehidupannya sehari-hari yang sering beraktifitas dengan menggunakan alat atau mesin yang tidak efektif atau efisiennya dari segi penggunaannya.

Menurut Undang-undang Kesehatan No. 36 Tahun 2009. Kesehatan adalah keadaan sehat, baik secara fisik, mental, spiritual maupun sosial yang memungkinkan setiap orang untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomis. Analisis antropometrik ini dapat digunakan untuk merancangan furnitur kelas ergonomis berorientasi yang tidak hanya akan menggabungkan penyesuaian, tetapi juga meningkatkan tingkat kenyamanan bagi pengguna yang dituju (Ariaratnam & Oyewole, 2010). Desain merupakan kegiatan pemecahan masalah atau inovasi teknologis yang bertujuan untuk menvari solusi terbaik (sistem, proses, konfigurasi fisik) dengan jalan memformulasikan terlebih dahulu gagasan inovatif tersebut kedalam suatu model dan kemudian direalisasikan kenyataanya secara kreatif (Jessie, 2013). Beberapa metode yang digunakan dapat membantu untuk merancangan produk ini, yaitu *Quality Function Deployment* yang dibantu oleh penggunaan metode REBA, Ergonomi, *Anthropometri* serta *Nordic Body Map* untuk mengetahui titik *fatigue operator*.

PD. XYZ merupakan perusahaan dagang yang bergerak pada bidang pengolahan kayu dan berada di Bandung, berlokasi di Jl. Terusan Pasir Koja. Proses pengolahan kayu menjadi palet dilakukan dengan cara manual, adapun mesin otomatis seperti penggunaan paku tembak.



GAMBAR 1

Dalam proses kerja ini, ada saja permasalahan postur tubuh. Bisa saja pada *upper body*, *lower body*, atau *entire body*. Untuk mengetahui permasalahan tersebut, dilakukan sistem wawancara terhadap 4 pekerja mengenai ketidaknyamanan atau kesakitan pada tubuh. Wawancara ini menggunakan *nordic body maps*, yang merupakan suatu *tools* dalam ilmu ergonomi berupa kuisioner. Disini saya telah mewawancarai beberapa *operator* yang bekerja dalam pembuatan kayu palette di PD XYZ ini menggunakan kuisioner *nordic body maps*.

The image displays three 'NORDIC BODY MAP' forms. Each form includes a human silhouette with numbered regions (1-27) and a corresponding checklist. The forms are for three different operators, with their names and job titles filled in. The checklists are marked with 'X' to indicate areas of pain or discomfort. The first form is for 'Jenis Kelamin: Perempuan', the second for 'Jenis Kelamin: Perempuan', and the third for 'Jenis Kelamin: Perempuan'.

GAMBAR 2

Berdasarkan hasil wawancara para *operator/pekerjanya* menggunakan *Nordic body maps*, dapat disimpulkan bahwa yang mencapai angka 3 dan 4 (menunjukkan sakit dan sakit sekali) merupakan area leher atas sampai bokong, dan area paha sampai dengan telapak kaki. Untuk memperoleh hasil RULA, digunakanlah *RULA Assessment Worksheet* dengan adanya pengukuran terhadap pekerja.



GAMBAR 3

Berikut merupakan observasi terhadap kondisi eksisting, dimana terdapat ukuran bagian kanan dan bagian kiri dari *operator*. Dalam beberapa proses kerja yang diobservasi dan diwawancara, proses kerja pemakuan kayu merupakan proses kerja yang mempunyai probabilitas tinggi terhadap timbulnya penyakit *musculoskeletal disorder*. Disini terlihat bahwa *operator* berada pada posisi *awkward posture* dan sangat membahayakan ketika melakukan pekerjaannya dengan jangka panjang. Perhitungan *RULA Employee Assessment Worksheet* sangat dibutuhkan agar dapat mengetahui tingkat resikonya dari scoring *RULA* bernilai 1 sampai dengan 7.

The image shows two 'RULA Employee Assessment Worksheet' forms. Each form is divided into three main sections: A. Arm and Wrist Analysis, B. Neck, Trunk and Leg Analysis, and C. Overall Score. The forms include diagrams of the body parts and tables for scoring. The first form is for 'Task Name: ...' and the second for 'Task Name: ...'. The overall scores are calculated and recorded in the final table.

GAMBAR 4

Setelah melakukan pengukuran dan perhitungan terhadap *operator*, kita mendapatkan *score RULA* sebesar 7 untuk pengukuran sisi kanan dan pengukuran sisi kiri. yang

mengindikasikan bahwa aktifitas tersebut beresiko tinggi dan harus segera di ganti.

Score	Level of MSD Risk
1-2	negligible risk, no action required
3-4	low risk, change may be needed
5-6	medium risk, further investigation, change soon
6+	very high risk, implement change now

GAMBAR 5

Data RULA yang ideal atau aman, dapat ditunjukkan dengan nominal di jangkauan 0-1 sampai dengan 1-2, dimana nominal tersebut didefinisikan *negligible risk, no action required*. Untuk mengurangi resiko lebih parah, rancangan usulan fasilitas yang nantinya akan dirancang, merupakan meja kerja *adjustable* agar dapat meningkatkan mobilitas dan efektifitas *operator/pekerja* serta meja agar dapat mengurangi kesakitan pada area *upper limb*.

II. KAJIAN TEORI

A. Perancangan dan Pengembangan Produk

(Ulrich, 2020) mengungkapkan bahwa pengembangan produk merupakan serangkaian aktivitas yang dimulai dengan persepsi peluang suatu pasar dan diakhiri dengan produksi, penjualan, dan pengiriman suatu produk. (Ulrich, 2020) juga mengungkapkan terdapat enam fase proses pengembangan produk secara keseluruhan yaitu:

1. Planning dan Perencanaan

Perencanaan merupakan kegiatan yang mendahului persetujuan dan proses peluncuran pengembangan produk aktual.

2. *Concept Development* / Pengembangan konsep

Pengembangan konsep merupakan kegiatan mengidentifikasi kebutuhan target pasar, mengevaluasi konsep alternatif, dan memilih konsep mana yang akan dikembangkan.

3. *System-Level Design* / Perancangan Tingkatan Sistem

Perancangan tingkatan sistem merupakan pendefinisian arsitektur produk dan diuraikan menjadi beberapa komponen. Output pada proses ini terdiri dari tata letak bentuk produk, spesifikasi produk secara fungsional, dan diagram aliran proses.

4. *Detail Design* / Perancangan Detail

Perancangan detail merupakan kegiatan perancangan yang mencakup spesifikasi bentuk, material, dan toleransi dari seluruh komponen pada produk.

5. *Testing and Refinement* / Pengujian dan Perbaikan

Pengujian dan perbaikan merupakan kegiatan yang melibatkan konstruksi dan evaluasi dari macam-macam produksi di awal produk. Pada tahap ini didapatkan dua tipe prototipe yaitu prototipe alpha dan beta. Kedua prototipe itu bertujuan 19 untuk menentukan apakah produk tersebut sudah memenuhi kebutuhan dan akan bekerja sesuai dengan yang direncanakan.

6. *Production Ramp-up* / Peluncuran Produk

Peluncuran produk merupakan kegiatan mereleasisasikan produk dengan menggunakan sistem produksi yang sesungguhnya sehingga dapat dilakukan

evaluasi mengenai kekurangan dan permasalahan yang terjadi.

B. *Musculoskeletal Disorder* (MSDs)

Musculoskeletal Disorder (MSDs) merupakan gangguan yang disebabkan ketika seseorang melakukan aktivitas kerja dan pekerjaan yang signifikan sehingga mempengaruhi adanya fungsi normal jaringan halus pada sistem *Musculoskeletal* yang mencakup saraf, tendon, otot. (WHO, 2003)

C. Ergonomi

Menurut (Yulianus Hutabarat, 2021) Ergonomi berarti aturan yang berkaitan dengan kerja Terdapat definisi tentang ergonomi yang dikeluarkan oleh pakar dibidangnya, antara lain; Ergonomi adalah ilmu pendekatan yang bertujuan untuk mengoptimalkan sistem manusia-pekerjaannya, sehingga tercapai alat, cara dan lingkungan kerja yang sehat, aman, nyaman dan efisien. Ergonomi dapat diterapkan pada beberapa aspek dalam pekerjaan, seperti; posisi kerja, proses kerja, tata letak tempat kerja, dan cara mengangkat beban. Ergonomi pun mempelajari hal tentang physiology dan physiology.

III. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Quality Function Deployment* dan juga pendekatan Ergonomi. *Quality Function Deployment* (QFD) merupakan salah satu metode untuk membantu memastikan bahwa suara pelanggan diterjemahkan ke dalam setiap tahap pengembangan produk atau layanan. Tujuan utama dari QFD adalah untuk meningkatkan kualitas produk dengan secara sistematis mengidentifikasi dan memprioritaskan kebutuhan dan keinginan pelanggan. Sedangkan pendekatan ergonomi bertujuan untuk merancang pekerjaan, sistem, dan produk agar sesuai dengan kapabilitas dan keterbatasan manusia, sehingga meningkatkan kenyamanan, efisiensi, dan keselamatan.

Dalam penggunaan metode QFD dilakukan proses wawancara kepada setiap pekerja yang berada di tempat untuk mendapatkan data *need statement*. Metode QFD juga melibatkan penggunaan kuesioner yang disebarkan kepada operator untuk mendapatkan data kepuasan serta kepentingan pengguna. Sementara dalam pendekatan ergonomi memerlukan data rasa sakit otot para pekerja yang didapatkan melalui hasil kuesioner *Nordic body map*. Selain itu diperlukan pula ukuran antropometri beserta aktivitas kerja.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Perancangan

A. *Customer Needs*

Tahap ini merupakan hasil dari tahap wawancara yang telah dilakukan kepada pekerja kayu *palette* di PD.XYZ. Peneliti memperoleh hasil dari wawancara tersebut berupa *Customer Statement* dan *Need Statement* sebagai berikut.

TABEL 1

No.	<i>Customer Statement</i>	<i>Need Statement</i>
-----	---------------------------	-----------------------

1	Kenyamanan dalam menggunakan fasilitas kerja	Kenyamanan fasilitas kerja
2	Fasilitas Kerja memiliki standar keamanan yang diperlukan	Keamanan fasilitas kerja
3	Fungsionalitas fasilitas kerja eksisting dalam produktivitas kerja	Fasilitas kerja yang dapat meningkatkan produktivitas kerja
4	Fasilitas kerja yang tidak mengganggu kesehatan fisik secara jangka panjang	Fasilitas kerja yang dapat mengurangi <i>musculoskeletal disorder</i>
5	Fasilitas kerja efektif mendukung produktivitas serta kinerja pekerja	Efektifitas fasilitas kerja terhadap <i>output</i> yang dihasilkan
6	Fasilitas kerja yang membantu dalam peningkatan produktivitas kayu palet	

B. Need Statement

Tahap ini merupakan tahap untuk mengidentifikasi kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan oleh pelanggan. *Need Statement* didapatkan melalui proses pemberian kuisioner dan wawancara pada *operator* kayu *palette*. Berikut merupakan *need statement* yang didapatkan dari hasil perolehan data tersebut.

TABEL 2

Need Statement	Code
Kenyamanan meja kerja	V1
Keamanan meja kerja	V2
Meja kerja yang dapat meningkatkan produktivitas kerja	V3
Meja kerja yang dapat mengurangi <i>musculoskeletal disorder</i>	V4
Efektifitas meja kerja terhadap <i>output</i> yang dihasilkan	V5

C. Technical Response

Tahap ini merupakan tahap analisis pengembangan *need statement* yang lebih detail agar dapat memenuhi kebutuhan dan harapan dari para konsumen. Tabel 3 merupakan kesimpulan dari pertanyaan wawancara berupa *need statement*.

TABEL 3

Need Statement	Technical Response
Kenyamanan meja kerja	Meja kerja dapat dirancang secara <i>adjustable</i> , Yakni dapat mengatur segi ketinggian. Pada konsep meja <i>adjustable</i> ini, dari ketinggian meja, akan menyesuaikan tinggi dari ketiga <i>operator</i> . Akan tetapi, jarak ketinggian meja akan diperpanjang sebanyak 10-20 cm maksimal, agar dapat menggunakan fitur <i>adjustable</i> . Fitur digunakan karena pada dasarnya <i>operator</i> pekerja kayu palet bekerja secara berdiri dan memerlukan pekerjaan yang memerlukan presisi.
Keamanan meja kerja	Tingkat keamanan meja kerja dapat dirancang dari bentuk/desain meja nya. Di banding meja biasa yang mempunyai sudut yang lancip/tajam, meja ini dirancang dengan mempunyai sudut yang tumpul.
Meja kerja yang dapat meningkatkan produktivitas kerja	- <i>Additional Compartment</i> - Meja kerja dapat dirancang secara <i>adjustable</i>. Yakni dapat mengatur segi ketinggian yang dapat menyesuaikan <i>operator</i>.
Meja kerja yang dapat mengurangi <i>musculoskeletal disorder</i>	Dimensi meja yang ergonomis dapat mengurangi resiko terjangkitnya <i>musculoskeletal disorder</i> .
Efektivitas meja kerja terhadap <i>output</i> yang dihasilkan	- <i>Additional compartment</i>. Untuk <i>compartment</i> yang berkorelasi dengan efektivitas kerja, yaitu untuk menyimpan material. Hal ini dibuat agar dapat mengurangi pergerakan tangan yang tidak penting.

Untuk *need statement* yang pertama merupakan kenyamanan meja kerja. Menurut (Openshaw Allsteel, 2006) meja *adjustable* dapat digunakan untuk mendukung *operator*. Penempatan benda pada permukaan kerja harus dipertimbangkan untuk menghindari pergerakan yang menyebabkan otot untuk berkontraksi secara jangka panjang. Untuk pekerjaan yang membutuhkan presisi, dibutuhkan meja kerja yang dirancang agar *adjustable*. Hal ini dilakukan agar dapat mengatur segi ketinggian yang dapat menyesuaikan *operator*. Berikutnya merupakan *need statement* kedua, yaitu segi keamanan meja kerja. Untuk mempertimbangkan keamanan meja kerja, kita dapat merancangannya dari bentuk meja nya. Pada dasarnya, meja biasa mempunyai sudut yang lancip, akan tetapi meja khusus ini memiliki sudut yang tumpul. Untuk *need statement* peningkatan produktivitas kerja dapat dikaitkan dengan adanya *additional compartment*, segi estetika, dan fitur

adjustable. *Need statement* berikutnya yaitu fasilitas kerja yang dapat mengurangi resiko *musculoskeletal disorder*, terdapat *technical response* seperti pembuatan meja dengan dimensi yang ergonomis. Dimulai dari tinggi, panjang dan lebar meja tersebut. *Need statement* yang terakhir yaitu peningkatan efektifitas meja kerja terhadap output nya, menghasili *technical response* seperti memiliki *additional compartment* (untuk paku, dll) dan meja kerja yang *adjustable*.

D. Target Specification

Berikut merupakan lanjutan dari *technical response* yaitu *target specification*. Spesifikasi target berisikan kolom *technical response*, spesifikasi, dan *unit*. *Target specification* merupakan pernyataan awal dengan nilai tertentu dan pada spesifikasi akhir di buat dengan nilai yang tepat, sesuai dengan produk yang dibuat. Berikut merupakan spesifikasi untuk masing-masing *technical response* yang sudah ditentukan.

TABEL 4

Technical Response	Spesifikasi	Unit
<i>Adjustable feature</i> (tinggi meja kerja)	- Operator 1; 165 m - Operator 2; 162 m - Operator 3; 172 m (145 cm minimal, 180 cm maksimal <i>adjustable feature</i>) - Tinggi meja $\pm$ 170 cm	Cm to M (<i>Adjustable Feature</i>)
Desain Meja (sisi meja tanpa sudut yang tajam)	Diameter sudut meja 1.6 Diameter Ketebalan meja 7.5cm	Cm
<i>Additional Compartment</i>	Yes/No	Binary
Panjang Meja Kerja	245 cm	Cm to M
Lebar Meja Kerja	165 cm	Cm to M

E. Matrix Klein Grid

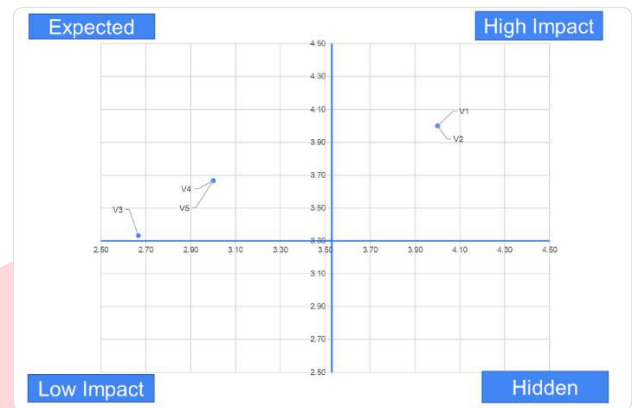
Setelah mendapatkan *need statement*, *technical response*, dan *target specification*, langkah selanjutnya yaitu membuat *Matrix Klein Grid*. *Klein Grid Matrix* merupakan suatu model matriks atau grid yang digunakan untuk menganalisis/memodelkan data. Dapat digunakan juga untuk mengklasifikasi kebutuhan konsumen ke dalam beberapa kategori untuk membantu dalam pengambilan keputusan. Berikut merupakan WAP (*Weighted Average Performance*) dari *Customer Satisfaction* dan *Customer Importance*.

TABEL 5

Weighted Average Performance (Customer Satisfaction)				
V1	V2	V3	V4	V5
4.00	4.00	2.67	3.00	3.00

TABEL 6

Weighted Average Performance (Customer Importance)				
V1	V2	V3	V4	V5
4.00	4.00	3.33	3.67	3.67



GAMBAR 6

Berdasarkan hasil dari pengolahan data *matrix klein grid*, dapat diketahui bahwa V3 (fasilitas kerja yang dapat meningkatkan produktivitas kerja), V4 (fasilitas kerja dapat mengurangi *musculoskeletal disorder*) dan V5 (efektifitas fasilitas kerja terhadap *output* yang dihasilkan) berada pada kategori *expected* yang berarti kategori ini merupakan kebutuhan dasar *customer* yang harus dipenuhi. Untuk V1 (kenyamanan fasilitas kerja) dan V2 (keamanan fasilitas kerja) berada di kategori *high impact* yang berarti kategori ini merupakan kebutuhan *customer* yang sangat diharuskan untuk dipenuhi.

F. Planning Matrix

Setelah melakukan *klein grid matrix*, tahap selanjutnya yaitu pembuatan *planning matrix*. Tabel *planning matrix* merupakan tabel hasil pengolahan dari *klein grid matrix*. Tahap ini melibatkan informasi penting dari *customer*. *Planning matrix* mencakup beberapa elemen seperti *customer satisfaction performance*, *importance to customer*, *goals*, *improvement ratio*, *sales point*, *raw weight*, dan *normalized raw weight*.

No.	Need Statement	Matritks Klein Grid	Customer Satisfaction Performance	Importance to Customer	Goal	Improvement ratio	Sales point	Raw weight	Normalized raw weight
1	Kenyamanan Fasilitas Kerja	HIM	4.00	4.00	4.00	1.00	1.5	6.00	0.23
2	Kemamanan Fasilitas Kerja	HIM	4.00	4.00	4.00	1.00	1.5	6.00	0.23
3	Fasilitas Kerja Yang Dapat Meningkatkan Produktivitas Kerja	EXP	2.67	3.33	3.00	1.13	1.2	4.50	0.17
4	Fasilitas Kerja Yang Dapat Mengurangi <i>Musculoskeletal Disorder</i>	EXP	3.00	3.67	3.33	1.11	1.2	4.89	0.19
5	Efektifitas Fasilitas Kerja Terhadap Output Yang Dihasilkan	EXP	3.00	3.67	3.33	1.11	1.2	4.89	0.19
Total								26.28	1.00

GAMBAR 7

Pada kolom *klein grid matrix*, *customer satisfaction performance* dan *importance to customer* dapat diraih dari hasil *klein grid matrix*. Kolom *goals* merupakan tingkatan yang diharapkan untuk memenuhi *customer needs* tersebut dengan pertimbangan *customer satisfaction performance* dan *importance to customer*. Untuk mendapatkan *goals* yang diinginkan, kita dapat mencari rata-rata dari kolom *customer satisfaction performance* dan *importance to customer*. *Improvement ratio* merupakan penilaian pada sejauh mana suatu rencana atau strategi telah berhasil meningkatkan kinerja atau hasil yang diharapkan. Nilai *improvement ratio* dapat diraih dari pembagian *goal* dengan *customer satisfaction performance*. Nilai yang didapatkan pada kolom *sales point*, merupakan nilai yang menunjukkan seberapa baik kaitan produk tersebut terhadap *customer needs*. Pada dua kolom terakhir (*raw weight* dan *normalized raw weight*), yaitu *raw weight* adalah bobot nilai yang mencerminkan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria tersebut. Dan untuk *normalized raw weight*, merupakan bobot yang telah dinormalisasikan agar dapat dibandingkan secara adil diberbagai kriteria. Total dari *raw weight* adalah 26.28 dan untuk *normalized raw weight* adalah 1.00. *Raw weight* dan *normalized raw weight* dapat membantu kita dalam proses pengambilan keputusan berdasarkan nilai pada kriteria-kriteria yang berbeda.

G. House of Quality

Setelah melakukan analisis *klein grid matrix* dan *planning matrix*, selanjutnya merupakan tahap pembuatan *house of quality*.

		<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																													
Kode	Technical Response Need Statement	Degree Of Importance	Adjustable Features	Desain Meja	Additional Compartment	Panjang Meja Kerja	Lebar Meja Kerja																								
			1	2	3	4	5																								
V1	Kenyamanan Meja Kerja	5	9	3		3	3																								
V2	Kemamanan Meja Kerja	5	3	9																											
V3	Meja Kerja Yang Dapat Meningkatkan Produktivitas Kerja	3	3	3	9																										
V4	Meja Kerja Yang Dapat Mengurangi <i>musculoskeletal disorder</i>	5	9	3		3	3																								
V5	Efektivitas Meja Kerja Terhadap Output Yang Dihasilkan	4	9	9	3	3	3																								
Absolute Importance			150	120	39	42	42																								
Ranking			1	2	3	4	4																								

GAMBAR 8

Pada tabel *house of quality*, dapat disimpulkan bahwa terdapat nominal *degree of importance* sebanyak 5 untuk V1, 5 untuk V2, 3 untuk V3, 5 untuk V4, dan 4 untuk V5. *Degree of importance* didapatkan berdasarkan kepentingannya terhadap *customer*. Dari hasil perhitungan nominal *relationship matrix* dan *degree of importance* kita dapat menghasilkan nilai *absolute importance* yang nantinya akan di urutkan ulang berdasarkan nominal terbesar sampai dengan terkecil.

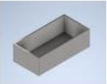
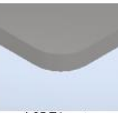
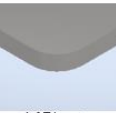
TABEL 7

Technical Response	Ranking
Adjustable Feature	1
Desain Meja	2
Additional Compartment	3
Panjang Meja Kerja	4
Lebar Meja Kerja	4

Tabel 7 merupakan ranking yang didapatkan berdasarkan *absolute importance*. Telah didapat tingkatan prioritas dari setiap *technical response*. Pada peringkat 1 yaitu *adjustable feature*, untuk peringkat 2 yaitu desain meja, peringkat 3 yaitu *additional compartment*, peringkat 4 yaitu panjang meja kerja dan lebar meja kerja.

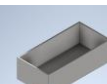
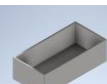
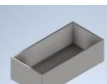
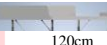
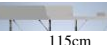
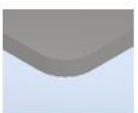
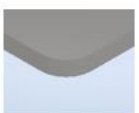
H. Concept Generation

Concept generation merupakan proses yang diawali dengan serangkaian kebutuhan pelanggan dan target spesifikasi agar dapat menghasilkan sekumpulan konsep produk yang akan dijadikan pilihan terakhir. Berikut merupakan *morphological chart* yang berisikan *function* serta 3 alternatif, digunakan agar dapat mempermudah proses perancangan produk.

Function	Alternatif		
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Tipe - Tipe Compartment	 Tempat penyimpanan tools		 Tempat penyimpanan tools
Tinggi Meja (Minimal Fitur Adjustable)		 105cm	 110cm
Max Tinggi Fitur Adjustable	 120cm		 115cm
Material Permukaan Meja		 Besi Hollow	 Besi Stainless
Material Kaki Meja	 Besi Tempa		 Besi Hollow
Dimensi Sudut Permukaan Meja		 1.27 Diameter	 1.6 Diameter
Roda Meja		 180°C	 360°C

GAMBAR 9

Berikut merupakan opsi dari hasil penggabungan alternatif-alternatif di atas. Opsi-opsi ini nantinya akan dipilih berdasarkan yang terbaik untuk pengembangan lebih lanjut.

Function	Opsi		
	Opsi A	Opsi B	Opsi C
Tipe - Tipe Compartment	 Tempat penyimpanan paku	 Tempat penyimpanan paku	 Tempat penyimpanan paku
Tinggi Meja	 110cm	 105cm	 105cm
Min/Max Tinggi Fitur Adjustable	 120cm	 120cm	 115cm
Material Permukaan Meja	 Besi Stainless	 Besi Hollow	 Besi Stainless
Material Kaki Meja	 Besi Tempa	 Besi Hollow	 Besi Hollow
Material Kaki Meja	 Besi Tempa	 Besi Hollow	 Besi Hollow
Dimensi Sudut Permukaan Meja	 1.27 Diameter	 1.6 Diameter	 1.6 Diameter
Roda Meja		 360°C	 360°C

GAMBAR 10

I. Concept Selection

Concept selection merupakan tahap evaluasi konsep yang didapatkan dengan tetap memperhatikan kebutuhan pelanggan dengan membandingkan kelebihan dan kekurangan setiap konsep. Tahap selanjutnya adalah langkah pemilihan satu konsep atau lebih untuk dikembangkan lagi. Terdapat dua pengujian pada concept selection yaitu concept screening dan concept scoring. Sebelum pengujian dilakukan, tahap selection criteria merupakan tahap yang

harus dilakukan, Dimana tahap ini merupakan penghubungan antara *need statement* dan *stakeholder needs* yang akan menghasilkan *selection criteria*. Dari hasil penghubungan antara *need statement* dan *stakeholder needs* pada *selection criteria*, didapatkan *ergonomic* pada *need statement* kenyamanan dan keamanan meja kerja. Selanjutnya *product additional features* didapatkan untuk meja kerja yang dapat meningkatkan produktivitas kerja. Pada *selection criteria ergonomic*, didapatkan untuk meja kerja yang dapat mengurangi *musculoskeletal disorder*. Pada *selection criteria easy to use*, didapatkan untuk *need statement* yaitu efektifitas meja kerja terhadap *output* yang dihasilkan. Pada *needs statement stakeholder needs*, didapatkan *selection criteria* yaitu *easy to use* dan *safety manufacture*.

J. Concept Scoring Matrix

Setelah mendapatkan *selection criteria*, tahap selanjutnya merupakan tahap *concept screening*. Pada tahap ini, hal yang dilakukan adalah penilaian pada opsi yang sudah terpilih pada tahap *concept generation*. Terdapat klasifikasi nilai pada tahap *concept screening*.

TABEL 8

Relative Score	Sign
Better than reference	+
Same as reference	0
Worse than reference	-

Tabel 8 merupakan nilai *relative score* pada *concept screening*. Terdapat 3 tanda, “+” yang berarti *selection criteria* tersebut *better than reference*, “0” yang berarti *same as reference* dan yang terakhir “-” yang berarti *worse than reference*.

TABEL 9

Selection Criteria	Opsi			Reference
	A	B	C	
Ergonomic	+	+	+	0
Product Additional Features	0	0	+	0
Easy to Use	+	+	+	0
Sum +’s	2	2	3	
Sum 0’s	1	1	0	
Sum -’s	0	0	0	
Net Score	2	2	3	
Rank	2	2	1	
Continue?	NO	NO	YES	

Setelah melakukan proses penilaian *concept screening*, dapat disimpulkan bahwa pada opsi A terdapat 2 tanda “+”, 1 tanda “0” dan tidak ada tanda “-” sehingga mendapatkan nilai *net score* sebesar 2. Pada opsi B terdapat 2 tanda “+”, 1 tanda “0” dan tidak ada tanda “-” sehingga mendapatkan nilai *net score* sebesar 2. Pada opsi C terdapat 3 tanda “+”, tidak ada tanda “0” dan tidak ada tanda “-” dan mendapatkan nilai *net score* sebesar 3. Setelah mendapatkan rank dari ke 3 opsi, tahap selanjutnya yaitu *concept scoring*.

Setelah menentukan *rating concept scoring*, proses perhitungan *concept scoring* dapat dilakukan.

TABEL 10

		Concept					
		A		B		C	
Selection Criteria	Weight	Rating	Weight Score	Rating	Weight Score	Rating	Weight Score
Product Additional features	19 %	3	0.57	3	0.57	4	0.95
Easy To Use	29 %	3	1.45	5	1.45	4	1.45
Total Score		4.59		4.59		4.97	
Rank		2		2		1	
Continue?		Tidak		Tidak		Develop	

Weight score yang didapatkan merupakan hasil perkalian dari *weight* yang didapatkan pada *selection criteria* tertentu. *Total score* didapatkan dengan melakukan penjumlahan seluruh *weight score* yang didapatkan pada setiap opsi, yang nantinya akan dijadikan patokan pengurutan opsi yang layak untuk dikembangkan. Dari hasil perhitungan tersebut, opsi A mendapatkan nilai 4.59, opsi B mendapatkan nilai 4.59 dan opsi C mendapatkan nilai 4.97. Opsi A dan B tidak layak untuk dikembangkan, sedangkan untuk opsi C, layak untuk dikembangkan.

Hasil Rancangan

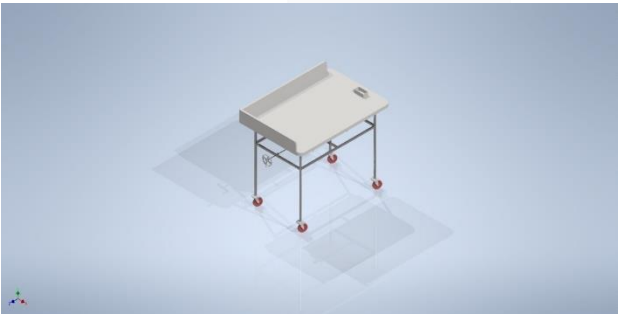
A. 3D Design

Setelah melewati tahap terakhir dari *concept generation* yaitu *concept generation* dan *concept selection*, diperoleh opsi C yang nantinya akan dikembangkan lebih lanjut. Perancangan dilakukan menggunakan *Autodesk Inventor Professional*, dengan spesifikasi hasil seperti berikut.

TABEL 11

Spesifikasi Akhir		
Technical Response	Value	Unit
Tinggi Meja	170	cm
Lebar Meja	165	cm
Panjang Meja	245	cm

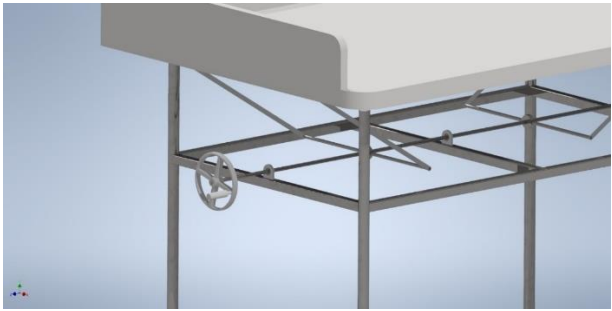
Ketebalan Permukaan Meja	7,5	cm
Sudut Permukaan Meja	1,6°	Diam eter
Adjustable Feature	150-180	Cm
Compartment	Yes	<i>Binar y</i>
Material Permukaan Meja	Besi Stainless	<i>List</i>
Material Kaki Meja	Besi Hollow	<i>List</i>
Roda Meja	4 buah roda yang dapat berputar 360°C	<i>Binar y</i>



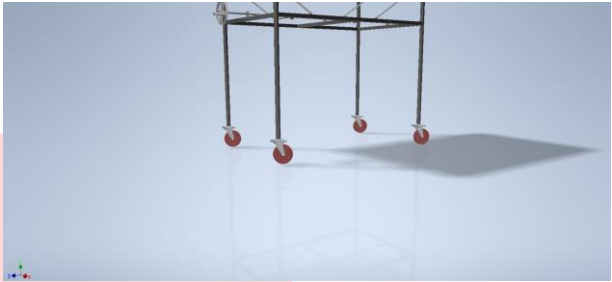
GAMBAR 11



GAMBAR 12



GAMBAR 13

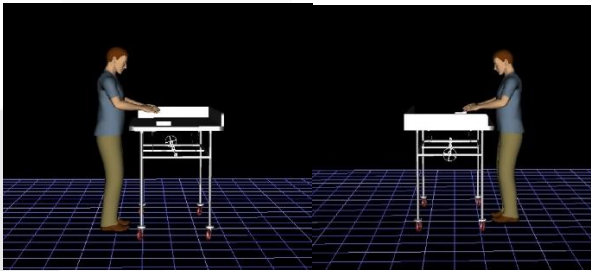


GAMBAR 14

Daftar Bagian			
No.	Jumlah	Nama <i>Part</i>	Material
1.	1	Permukaan Meja	<i>Stainless Steel</i>
2.	1	<i>Compartment</i>	<i>Stainless Steel</i>
3.	1	Rangka	<i>Hollow Steel</i>
4.	4	Kaki Meja	<i>Hollow Steel</i>
5.	4	Roda Meja	<i>Rubber Silicone</i>

B. Analisis RULA

Dari hasil perancangan, telah dilakukan analisis RULA dengan simulasi menggunakan *software* Jack 8.2.



GAMBAR 14

Gambar 14 merupakan simulasi *software* jack yang menggambarkan apabila produk jadi digunakan *operator*. Dapat dilihat bahwa terdapat perubahan signifikan terhadap posisi *operator* ketika bekerja.

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	1
Lower arm:	2
Wrist:	1
Wrist Twist:	1
Total:	2

Body Group B Posture Rating

Neck:	1
Trunk:	1
Total:	1

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Supported

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

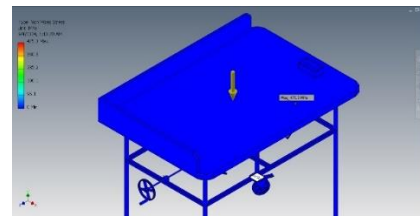
Grand Score: 2
 Action: Posture acceptable if not maintained or repeated for long periods.

GAMBAR 15

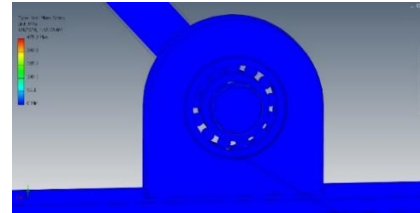
Dari hasil analisis skor RULA yang didapatkan setelah menggunakan alat bantu, terdapat nilai skor RULA sebesar 2 yang mengindikasikan bahwa postur dapat diterima jika tidak dipertahankan atau diulangi untuk waktu yang lama. Dengan adanya alat bantu, menandakan bahwa postur *operator* sangat ergonomis dibandingkan sebelumnya saat menggunakan alat eksisting yang mendapatkan skor RULA sebesar 7, yang menandakan penyelidikan dan perubahan dibutuhkan segera mungkin (mendesak).

C. Analisis Von Mises Stress

Von Mises Stress analisis dilakukan pada produk agar dapat menyatakan apakah benda yang didesainnya akan gagal atau tidak. Jika nilai Von Mises stress lebih rendah dari *strength material*, maka desain akan aman.



GAMBAR 16

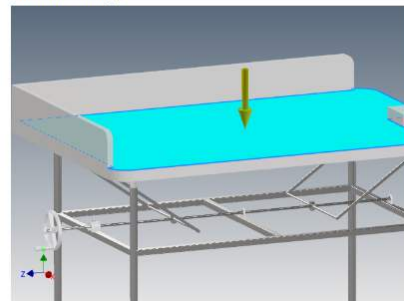


GAMBAR 17

Force:1

Load Type	Force
Magnitude	200.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-200.000 N
Vector Z	0.000 N

Selected Face(s)

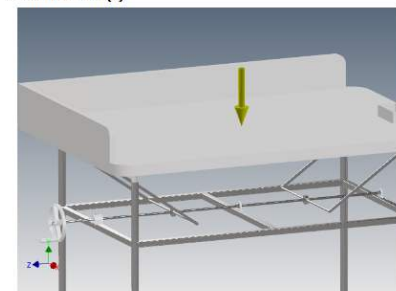


GAMBAR 18

Gravity

Load Type	Gravity
Magnitude	9810.000 mm/s^2
Vector X	0.000 mm/s^2
Vector Y	-9810.000 mm/s^2
Vector Z	0.000 mm/s^2

Selected Face(s)



GAMBAR 19

Dapat dilihat bahwa meja yang dirancang berwarna biru, yang menandakan bahwa nilai Von Mises stress lebih rendah dari *strength material* nya. Hal ini menandakan bahwa desain meja aman jika diberi beban seberat 200N atau setara dengan 20kg kepada meja ini.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data, proses validasi dan juga analisis yang dilakukan. Penulis dapat menyimpulkan bahwa perancangan meja *adjustable* dengan menerapkan metode QFD (*Quality Function Deployment*) dapat mengurangi resiko terjadinya MSDs (*Musculoskeletal Disorder*) pada

operator. Selain itu terdapat perbandingan yang sangat signifikan terhadap analisis RULA antara fasilitas kerja eksisting dan dengan penggunaan alat bantu. *Operator* mendapatkan skor RULA sebesar 7 ketika bekerja tanpa adanya alat bantu, hal ini menandakan bahwa sangat memungkinkan untuk *operator* untuk terjangkit resiko MSDs (*musculoskeletal disorder*). Namun dengan adanya alat bantu yang berupa meja *adjustable*, skor RULA tersebut menurut sangat drastis menjadi 2. Hal ini menunjukkan bahwa *operator* memiliki persentase yang rendah untuk mendapatkan gejala MSDs (*musculoskeletal disorder*). Perancangan meja kerja *adjustable* ini dilakukan dengan adanya pendekatan terhadap antropometri, agar dapat membantu dalam merancang alat kerja yang menyesuaikan *operator* ditempat. Penulis dapat mengenal bahwa setiap individu memiliki dimensi serta proporsi tubuh yang berbeda.

REFERENSI

- Ariaratnam, S., & Oyewole. (2010). The ergonomic design of classroom furniture/computer workstation for firstgraders in the elementary school. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1-11. n.d.
- Cohen, L. 2009. *Quality Function Deployment and Six Sigma: A QFD Handbook 2nd ed*. Indiana: Pearson Education, Inc.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. 2016. *Operation Management*. USA: PEARSON. n.d.
- Ir Julianus Hutabarat, M. S. I. E. (2021). *Dasar-dasar pengetahuan ergonomi*. Media Nusa Creative (MNC Publishing). n.d.
- Iridiastadi, H., & Yassierli. (2014). *Ergonomi Suatu Pengantar*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya. n.d.
- Jessie. (2013). A 30-s Chair-Stand Test as a Measure of Lower Body Strenght in Community Residing Older Adult. *Journal of reasearch quarterly for exercise and sport*, 70-80. n.d.
- Klein, P. D. n.d. *Perancangan dan pengembangan produk : Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger*. . Salemba Teknika.
- Openshaw, Scott., Erin Taylor. "Ergonomics and Design A Reference Guide" Allsteel, 2006. n.d.
- Sari, Y. L. (2021). Analisis Kualitas Sistem Knowledge Management Metode Quality Function Deployment (Studi Kasus:Pt.Pupuk Sriwidjaja Palembang). *Matics*, 12(2), 104–110. <https://doi.org/10.18860/Mat.V12i2.9567>. n.d.
- Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, penerbit Alfabeta,Bandung. n.d.
- Ulrich, Karl T. 2016. *Product Design and Development*. Vol. Sixth Edition. New York: McGrawHill Education.
- World Health Organization. (2003, October 27). Musculoskeletal conditions affect millions. World Health Organization. <https://www.who.int/news/item/27-10-2003-musculoskeletal-conditions-affect-millions>. n.d.