

Available online at: <https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/JOTI>

Jurnal Optimasi Teknik Industri

| ISSN (Print) 2656-3789 | ISSN (Online) 2657-0181 |



Rancang Bangun Alat Bantu Hand Stacker Menggunakan Sistem Penggerak Electric Winch di PT. X

Hendi Febrianto¹, Amirul Wicaksono², Arina Khusnah³, Rindra Yusianto^{4*}

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Industri, Universitas Dian Nuswantoro, Jl. Imam Bonjol 207 Semarang 50131, Indonesia

*Corresponding author: rindra@staff.dinus.ac.id

ARTICLE INFORMATION

Received : 5 November 2024
 Revised : 12 Februari 2025
 Accepted : 15 Maret 2025
 Available online : 30 Maret 2025

KATA KUNCI

Electric Winch;
 Hand Stacker;
 Material Manual Handling;
 QFD.

ABSTRAK

Penanganan bahan secara manual merupakan kegiatan rutin yang sering dilakukan individu. *Manual Material Handling* (MMH) merupakan proses penanganan bahan secara manual tanpa menggunakan bantuan alat. Kegiatan ini melibatkan penggunaan energi untuk mengangkat, mendorong, menarik dan membawa bahan. Jika seseorang terlibat dalam aktivitas MMH secara berulang dan berkepanjangan, sangat penting untuk memperhatikan batasan kemampuan tubuh, termasuk aspek energi. PT. X merupakan suatu perusahaan manufaktur yang bergerak pada bidang industri garmen. Di perusahaan tersebut, pekerja masih menggunakan metode MMH untuk menyusun material ke rak, yang menyebabkan beban kerja berat dan kelelahan otot para pekerjanya. Penelitian ini merancang bangun alat bantu *hand stacker* dengan metode Quality Function Deployment (QFD) untuk memenuhi kebutuhan pekerja, melalui tahapan yaitu: 1) Pengumpulan data *voice of customer*, pengolahan data yang meliputi pengujian validitas, reliabilitas, *importance rating* dan *technical requirements*; 2) Pengumpulan dan pengolahan data antropometri; dan 3) Perancangan produk dengan software Autodesk Inventor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hand stacker yang dirancang bangun ini memiliki dimensi sesuai ukuran tubuh pekerja yaitu dengan dimensi rangka 2.000 mm x 780 mm x 1.590 mm. Alat ini dilengkapi tombol naik turun, garpu fleksibel, bahan anti karat serta kuat dengan sistem penggerak electric winch. Pengujian awal dengan daya 42 volt, alat hanya dapat mengangkat maksimal 80 kg dengan ketinggian maksimal 100 cm. Setelah dievaluasi dan perbaikan dengan daya 120 volt, maka alat dapat mengangkat beban maksimal 100 kg dan ketinggian maksimal 150 cm sesuai spesifikasi yang dibutuhkan. Hal ini menunjukkan bahwa alat ini telah terbukti memenuhi spesifikasi dan lolos pada tahap pengujian.

I. PENDAHULUAN

Penanganan bahan secara manual merupakan kegiatan rutin yang sering dilakukan oleh individu [1]. *Manual Material Handling* (MMH) adalah proses penanganan bahan secara manual tanpa menggunakan bantuan alat [2][3]. Kegiatan material handling melibatkan penggunaan energi atau kekuatan untuk mengangkat, mendorong, menarik, dan membawa bahan. Jika seseorang terlibat dalam aktivitas MMH secara berulang dan berkepanjangan, sangat penting untuk memperhatikan batasan kemampuan tubuh, termasuk aspek energi [4][5].

PT. X merupakan suatu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang industri garmen di Jawa Tengah. Di dalam perusahaan terdapat departemen gudang atau *warehouse* yang bertugas mengatur penyimpanan barang masuk dan keluar sesuai permintaan atau yang telah ditentukan oleh departemen *Production, Planning, dan Inventory Control (PPIC)*.

Gudang PT. X digunakan menyimpan bahan material yang akan digunakan pada proses produksi. Gudang dibedakan menjadi 2 agar memudahkan dalam pengambilan, pendataan dan mempermudah pekerja. Tiap gudang terdapat 6 tingkat di setiap

raknya dan sudah terdapat penulisan yang ditandai dengan huruf untuk memudahkan penyimpanan. Pekerjaan manual *handling* sampai saat ini masih terjadi di area gudang yaitu disaat pekerja menyusun material yang datang untuk disimpan di rak. Pekerja masih mengangkat box dan disusun ke rak. Beban kerja yang ditanggung pekerja akan sangat berat jika melakukan kegiatan tersebut dengan kurun waktu lama.

Aktivitas MMH seperti mengangkat, mendorong, memanggul, menggendong, menarik, dan kegiatan manual lainnya tanpa alat bantu mekanis dapat menyebabkan gangguan *musculoskeletal disorders* (MSDs) yang umum dan berbahaya [6][7]. MSDs melibatkan sejumlah gangguan otot, tendon, ligamen, kartilago, sistem syaraf, struktur tulang, dan pembuluh darah [8][9]. Penting untuk mengevaluasi proses material *handling* secara berkala dan mempertimbangkan integrasi teknologi atau alat bantu untuk mengurangi beban kerja manual dan meningkatkan keselamatan [10][11]. Berdasarkan hasil wawancara 20 pekerja di PT. X, terdapat beberapa keluhan rasa sakit yang terjadi pada pekerja bagian gudang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Keluhan Pekerja Operator Alat

Beban (kg)	Ketinggian (m)	X waktu (detik)	Kondisi Pekerja ^{*)}			
			1	2	3	4
5	1	14,08	15	5	0	0
10	1	16,45	9	8	3	0
15	1	20,22	0	12	5	3
20	1	23,15	0	0	13	7
25	1	27,37	0	0	9	11

*) 1=tidak sakit; 2=agak sakit; 3=sakit; 4=sangat sakit.

Berdasarkan Tabel 1, didapat hasil skoring keluhan pekerja saat pengoperasian alat *hand stacker* yaitu pada beban 5 kg ketinggian 1 m skor tidak sakit (1) didapat kasus keluhan 15 pekerja, sedangkan kasus agak sakit (2) di dapat keluhan 5 pekerja, kasus keluhan sakit (3) dan sangat sakit (4) tidak terdapat keluhan dengan kecepatan rata-rata waktu yaitu 14,08 detik. Pada beban 10 kg ketinggian 1 m kasus tidak sakit (1) didapat keluhan 9 pekerja, kasus agak sakit (2) di dapat keluhan 8 pekerja, kasus keluhan sakit (3) didapat 3 keluhan sedangkan sangat sakit (4) tidak terdapat keluhan dengan kecepatan rata-rata waktu yaitu 16,45 detik. Pada beban 15 kg ketinggian 1 m kasus tidak sakit (1) tidak ada keluhan, kasus agak sakit (2) di dapat keluhan 12 pekerja, kasus keluhan sakit (3) didapat 5

keluhan sedangkan sangat sakit (4) terdapat 3 keluhan pekerja dengan kecepatan rata-rata waktu yaitu 20,22 detik. Pada beban 20 kg ketinggian 1 m kasus tidak sakit (1) dan kasus agak sakit (2) tidak terdapat keluhan, kasus keluhan sakit (3) didapat 13 keluhan sedangkan sangat sakit (4) terdapat 7 keluhan dengan kecepatan rata-rata waktu yaitu 23,15 detik. Sedangkan beban 25 kg ketinggian 1 m kasus tidak sakit (1) dan kasus agak sakit (2) tidak terdapat keluhan, kasus keluhan sakit (3) didapat 9 keluhan, sangat sakit (4) terdapat 11 keluhan dengan kecepatan rata-rata waktu yaitu 27,37 detik. Dari hasil skoring didapat rata-rata pekerja banyak mengalami keluhan pada rasa sakit bagian tubuh yaitu lengan pada tangan.

Perkembangan zaman saat ini berpengaruh secara terus-menerus pada perancangan produk [12]. Sebagian besar perusahaan dan pabrik modern secara berkala melakukan perubahan konsep, perbaikan dan pengembangan terhadap produk lama yang sudah tidak layak pakai, dengan tujuan meningkatkan kualitas. Oleh karena itu, diperlukan perancangan konsep produk yang mendukung ide-ide baru dan memiliki kepekaan terhadap perkembangan tersebut [13].

PT. X sedang mengalami transformasi menuju era teknologi baru dengan fokus pada otomatisasi dan digitalisasi. Langkah ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga untuk memperkuat daya saing perusahaan di pasar global yang semakin kompetitif. Dengan menerapkan teknologi terkini, PT. X berupaya mempercepat proses produksi, meningkatkan kualitas produk, dan merespon lebih cepat perubahan pasar. Selain itu, strategi ini juga akan membuka peluang baru dalam hal inovasi produk dan pengembangan layanan kepada pelanggan. Dengan komitmen terhadap otomatisasi dan digitalisasi, PT. X siap menghadapi tantangan masa depan dan memperkuat posisinya sebagai pemimpin industri di bidangnya.

Pada saat wawancara, Manager Continues Improvement PT. X sangat menekankan pentingnya melakukan inovasi produk. Inovasi merupakan kunci untuk menjaga daya saing perusahaan di pasar yang terus berubah dan semakin kompetitif. Inovasi tidak hanya tentang menciptakan produk baru, tetapi juga meningkatkan produk yang sudah ada dengan fitur-

fitur baru. Manager Continues Improvement PT. X menginginkan ada inovasi produk alat *hand stacker* menggunakan katrol manual. Hal ini dimaksudkan agar para pekerja khususnya area gudang dapat bekerja maksimal. Pengembangan *hand stacker* tujuan utamanya adalah merancang bangun mesin ergonomis sesuai keinginan pengguna (*voice of customer*) melalui metode Quality Function Deployment (QFD).

II. METODE

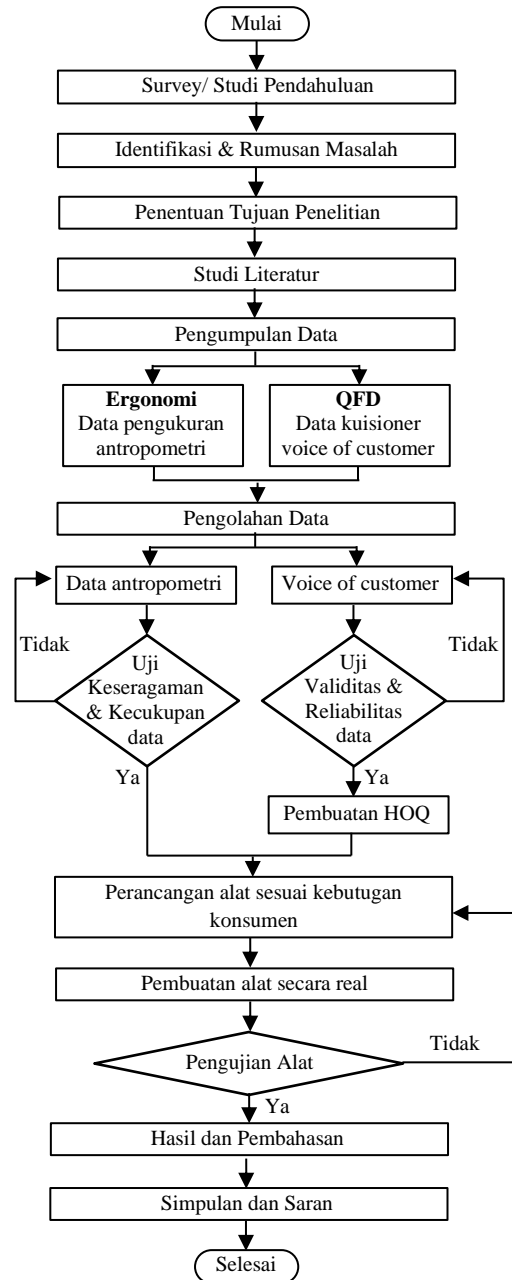
Metode QFD adalah pendekatan sistematis yang bertujuan untuk menerjemahkan preferensi pelanggan secara efektif ke dalam desain teknis, proses manufaktur, dan perencanaan produksi yang sesuai [14][12][15]. Pada dasarnya, QFD mengintegrasikan suara pelanggan ke dalam proses pengembangan produk, memungkinkan tim untuk bertukar pikiran dan memprioritaskan ide-ide untuk memenuhi kebutuhan pelanggan secara efisien [16][17].

Dalam mendapatkan data-data yang diperlukan, maka perlu dilakukan pengambilan data *voice of customer* secara langsung ke pekerja PT. X. Sasaran objek yang dilakukan untuk mendapatkan data yang sesuai pada proses rancang bangun adalah dengan melakukan pengukuran ergonomi anthropometri pekerja yang berada PT. X.

Tahapan proses realisasi perancangan alat *hand stacker* ini dilakukan setelah melalui tahapan pengukuran secara ergonomis dan penarikan kesimpulan dari hasil QFD. Adapun diagram alir penelitian ini adalah seperti Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, penelitian dimulai dengan survey/studi pendahuluan, identifikasi dan penyusunan rumusan masalah, penentuan tujuan penelitian, studi literatur dan pengolahan data. Kemudian mengolah data anthropometri tubuh pekerja dan *voice of customer*.

Penelitian ini menggunakan uji keseragaman data, uji kecukupan data, uji validitas dan reliabilitas. Tahapan selanjutnya adalah menyusun House of Quality (HOQ), perancangan alat sesuai kebutuhan, pembuatan alat, implementasi dan pengujian alat. Jika alat lolos uji maka tahap selanjutnya adalah menyusun hasil dan pembahasan serta menyusun kesimpulan dan saran. Jika alat tidak lolos pengujian, maka dilakukan perbaikan dan perancangan alat kembali.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pada tahapan perancangan alat, penelitian ini menggunakan sistem penggerak electric winch. Sedangkan perancangan produk menggunakan software Autodesk Inventor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data Voice of Customer

Berikut merupakan Tabel 2 rekapitulasi dari identifikasi kebutuhan pengguna.

Tabel 2. *Voice of Customer*

No	<i>Voice of Customer</i>	<i>Customer Need</i>	Atribut
1	Penggunaan katrol memperlambat proses pengangkatan	Penambahan mesin untuk mempercepat pengangkatan	Kinerja alat cepat

2	Alat yang saat digunakan tidak menimbulkan rasa sakit	Ukuran disesuaikan ukuran tubuh penggunaanya	Nyaman
3	Alat yang mudah dalam mengoperasikannya	Penambahan tombol dalam pengoprasiaannya	Mudah digunakan
4	Alat yang mudah dalam penyimpanan	Pembuatan alat yang dapat dibongkar pasang	Mudah digunakan
5	Alat yang mudah dalam melakukan perpindahan dan manuver	Penambahan roda agar mempermudah dalam mobilitas	Mudah digunakan
6	Garpu yang muat dengan berbagai ukuran barang	Garpu yang dapat diatur lebarnya	Garpu yang fleksibel
7	Alat yang mudah dalam perawatannya	Pemilihan bahan yang mudah dalam perawatan	Bahan anti karat
8	Alat tidak mudah mengalami perkaratan	Pemilihan bahan anti karat	Bahan anti karat
9	Alat yang dapat bertahan lama	Pemilihan material yang kuat	Bahan kuat
10	Alat yang kuat diberi beban yang cukup besar	Pemilihan bahan yang mampu menahan beban cukup besar	Bahan kuat
11	Biaya alat murah	Biaya proses produksi murah	Murah

Berdasarkan hasil rekapitulasi Tabel 2, keinginan dari responden sebanyak 20 orang dapat dikelompokkan menjadi beberapa atribut yang nantinya akan digunakan sebagai acuan spesifikasi dalam penentuan kebutuhan pengguna pada alat *hand stacker* di PT. X. Berikut ini merupakan atribut kebutuhan pengguna yang didapat dari seluruh keluhan pengguna (Tabel 3):

Tabel 3. Atribut Kebutuhan Pengguna

No	Atribut kebutuhan pengguna
1	Kinerja alat bekerja dengan cepat
2	Nyaman
3	Mudah saat digunakan
4	Garpu yang fleksibel
5	Bahan anti karat
6	Bahan kuat
7	Harga murah

2. Pengolahan Data Voice of Customer

Setelah menentukan atribut kepentingan, maka tahap selanjutnya adalah menentukan tingkat kepentingan dari tiap-tiap atribut yang telah diambil yaitu minimal jumlah pekerja, kinerja alat bekerja dengan cepat, nyaman, mudah saat digunakan, garpu yang fleksibel, bahan anti karat, bahan kuat, dan harga murah [18]. Penentuan nilai atribut ini dilakukan menggunakan skala Likert dengan penjelasan nilai, sebagai berikut [19]:

- 1 = Sangat Tidak Penting
- 2 = Tidak Penting
- 3 = Cukup Penting
- 4 = Penting
- 5 = Sangat penting

Berikut ini adalah Tabel 4 yang merupakan hasil dari penilaian atribut menggunakan skala Likert.

Tabel 4. Rating Atribut Kebutuhan

Kinerja Cepat	Nyaman	Mudah	Garpu fleksibel	Anti karat	Bahan Kuat	Murah
4	4	5	5	5	5	5
5	5	5	4	4	5	4
4	5	4	5	5	5	5
5	5	5	5	5	4	4
4	5	4	5	5	5	5
5	5	5	5	4	5	4
5	4	4	5	5	5	4
5	5	5	5	5	4	5
4	5	5	3	4	3	4
3	3	3	4	3	4	3
5	4	4	5	4	4	4
5	4	5	5	5	5	4
4	5	5	5	5	5	4
4	4	4	5	4	3	4
4	3	3	5	4	5	5
4	4	5	5	5	5	5
4	5	5	4	3	5	5
5	5	3	4	5	4	5
4	5	5	5	5	4	5
5	3	3	4	5	5	4

Uji Validitas

		Kinerja alat cepat	Nyaman	Mudah digunakan	Garpu yang fleksibel	Bahan anti karat	Bahan kuat	Murah	Total
Kinerja alat cepat	Pearson Correlation	1	.210	-.130	.120	.308	.205	-.029	.471
	Sig (2-tailed)		.374	.585	.615	.187	.386	.902	.036
	N		20	20	20	20	20	20	20
Nyaman	Pearson Correlation	.210	1	.618	-.024	.142	-.041	.327	.608
	Sig (2-tailed)			.004	.921	.549	.865	.160	.004
	N		20	20	20	20	20	20	20
Mudah digunakan	Pearson Correlation	.130	.618	1	.160	.080	.109	.130	.617
	Sig (2-tailed)				.501	.737	.649	.585	.004
	N		20	20	20	20	20	20	20
Garpu yang fleksibel	Pearson Correlation	.120	-.024	.160	1	.411	.372	.270	.547
	Sig (2-tailed)					.072	.106	.250	.013
	N		20	20	20	20	20	20	20
Bahan anti karat	Pearson Correlation	.308	.142	.080	.411	1	.229	.308	.605
	Sig (2-tailed)						.331	.187	.005
	N		20	20	20	20	20	20	20
Bahan kuat	Pearson Correlation	.205	-.041	.109	.372	.229	1	.333	.530
	Sig (2-tailed)							.151	.015
	N		20	20	20	20	20	20	20
Murah	Pearson Correlation	-.029	.327	.130	.270	.308	.333	1	.570
	Sig (2-tailed)								.009
	N		20	20	20	20	20	20	20
Total	Pearson Correlation	.471	.608	.617	.547	.605	.530	.570	1
	Sig (2-tailed)								
	N		20	20	20	20	20	20	20

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Gambar 2. Hasil Uji Validitas

Uji Reliabilitas

Case Processing Summary

	N	%	
Cases	Valid	20	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	20	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.645	7

Gambar 3. Hasil Uji Reliabilitas

Importance Rating

Importance rating atau tingkat kepentingan yaitu menggambarkan seberapa pentingnya setiap atribut kebutuhan pelanggan [20]. Penilaian ini disusun dengan peringkat dimulai dari yang paling penting hingga yang paling tidak penting, untuk menentukan atribut mana saja yang paling krusial dalam merancang alat. Nilai kepentingan ini diambil dari kuesioner tingkat kepentingan yang telah diberikan kepada responden, menggunakan skala Likert untuk mengidentifikasi tingkat kepentingan (Tabel 5):

Tabel 5. Importance Rating Minimum Pekerja

Atribut kebutuhan pengguna	Jumlah Nilai					Importance Rating
	1	2	3	4	5	
Kinerja alat cepat	-	-	1	10	9	4,4
Nyaman	-	-	3	6	11	4,4
Mudah digunakan	-	-	4	5	11	4,4
Garpu fleksibel	-	-	1	5	14	4,7
Bahan anti karat	-	-	1	8	11	4,5
Bahan kuat	-	-	2	4	14	4,6
Murah	-	-	1	10	9	4,4

Berdasarkan hasil rekapitulasi nilai importance rating (Tabel 5), yaitu kinerja alat cepat 4,4, nyaman 4,4, mudah digunakan 4,4, garpu fleksibel 4,7, bahan anti karat 4,4, bahan kuat 4,5, dan harga murah 4,6. Dapat diartikan bahwa nilai atribut tertinggi yang diinginkan pengguna dari hasil voice of customer yaitu pada atribut garpu yang fleksibel. Hal ini menjadi spesifikasi dalam desain lebih lanjut.

Technical Requirements

Berikut atribut dan technical requirements dalam penelitian ini (Tabel 6).

Tabel 6. Technical Requirements

No	Atribut	Technical Requirements
1	Kinerja alat cepat	Menggunakan mesin dengan tombol naik turun
2	Nyaman	Dimensi alat sesuai dengan tubuh pengguna
3	Mudah digunakan	Roda yang memudahkan pergerakan, alat yang portable
4	Garpu fleksibel	Garpu yang lebarnya dapat disesuaikan
5	Bahan anti karat	Tidak mudah berkarat
6	Bahan kuat	Material penyusun yang kuat, dan mampu menampung beban yang berat
7	Murah	Harga pembuatan alat yang lebih murah

3. Pengumpulan Data Anthropometri

Data anthropometri yang digunakan pada penelitian ini yaitu Panjang Pangkal Tangan (PPT), Tinggi Siku Berdiri (TSB), Rentangan Tangan (RT)

dan Jangkauan Tangan (JT). Adapun tabel hasil pengumpulan data anthropometri pada penelitian adalah sebagai berikut (Tabel 7).

Tabel 7. Data Anthropometri

No.	Usia	PPT	TSB	RT	JT
1	43	19	106	175	80
2	42	19	108	168	79
3	39	19	106	163	75
4	48	19	107	163	76
5	40	20	108	174	80
6	38	20	104	170	79
7	36	19	103	165	75
8	36	19	108	161	80
9	34	20	103	172	77
10	40	20	106	168	78
11	40	21	102	172	79
12	28	20	106	173	79
13	41	22	99	170	75
14	33	21	109	170	78
15	42	22	107	173	75
16	28	20	99	163	78
17	57	20	106	173	79
18	55	18	101	168	79
19	33	20	102	163	76
20	34	21	106	173	76
Jumlah		399	2096	3377	1553
Rata rata		19.95	104.80	168.85	77.65
Standart		1.05	3.00	4.43	1.84
Deviasi					
BKA		22.05	110.80	177.71	81.34
BKB		17.85	98.80	159.99	73.96

4. Pengolahan Data Anthropometri

Pengolahan data anthropometri 20 pekerja di PT. X adalah sebagai berikut (Tabel 8).

Tabel 8. Pengolahan Data Anthropometri

Data	Persentile			Alasan
	5	50	95	
TSB	99	106	108,5	sebagai acuan tinggi handle alat angkut
PPT	18,9	20	22	sebagai acuan antara jarak handle dengan rel alat angkut
RT	163	170	174,5	sebagai acuan panjang garpu pada alat angkut
JT	75	78	80	sebagai acuan lebar pada alat angkut

Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Tabel 9).

Tabel 9. Uji Kecukupan Data Anthropometri

No.	Data	(\bar{X})	Standart Deviasi	N	N'	Kecukupan Data
1.	TSB	104,80	3,00	20	0,31	Cukup
2.	PPT	19,95	1,05	20	4,70	Cukup
3.	RT	168,85	4,43	20	0,26	Cukup
4.	JT	77,65	1,84	20	12,10	Cukup

Berikut perhitungan untuk data anthropometri sesuai Tabel 9.

1. Tinggi Siku Berdiri (TSB)

$$N' = \left[\frac{K/S\sqrt{N\Sigma x^2 - (\Sigma X)x^2}}{\Sigma x} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{2/0,1\sqrt{20 \times 219832 - 4393216}}{2096} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{1170,2991}{2096} \right]^2$$

$$N' = 0,31$$

2. Panjang Pangkal Tangan (PPT)

$$N' = \left[\frac{K/S\sqrt{N\Sigma x^2 - (\Sigma X)x^2}}{\Sigma x} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{2/0,1\sqrt{20 \times 8055 - 159201}}{399} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{871,55034}{399} \right]^2$$

$$N' = 4,70$$

3. Rentangan Tangan (RT)

$$N' = \left[\frac{K/S\sqrt{N\Sigma x^2 - (\Sigma X)x^2}}{\Sigma x} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{2/0,1\sqrt{20 \times 570579 - 11404129}}{3377} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{1726,3835}{3377} \right]^2$$

$$N' = 0,26$$

4. Jangkauan Tangan (JT)

$$N' = \left[\frac{K/S\sqrt{N\Sigma x^2 - (\Sigma X)x^2}}{\Sigma x} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{2/0,1\sqrt{20 \times 124240 - 2411809}}{1553} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{5403,3693}{1553} \right]^2$$

$$N' = 12,10$$

Uji Keseragaman Data

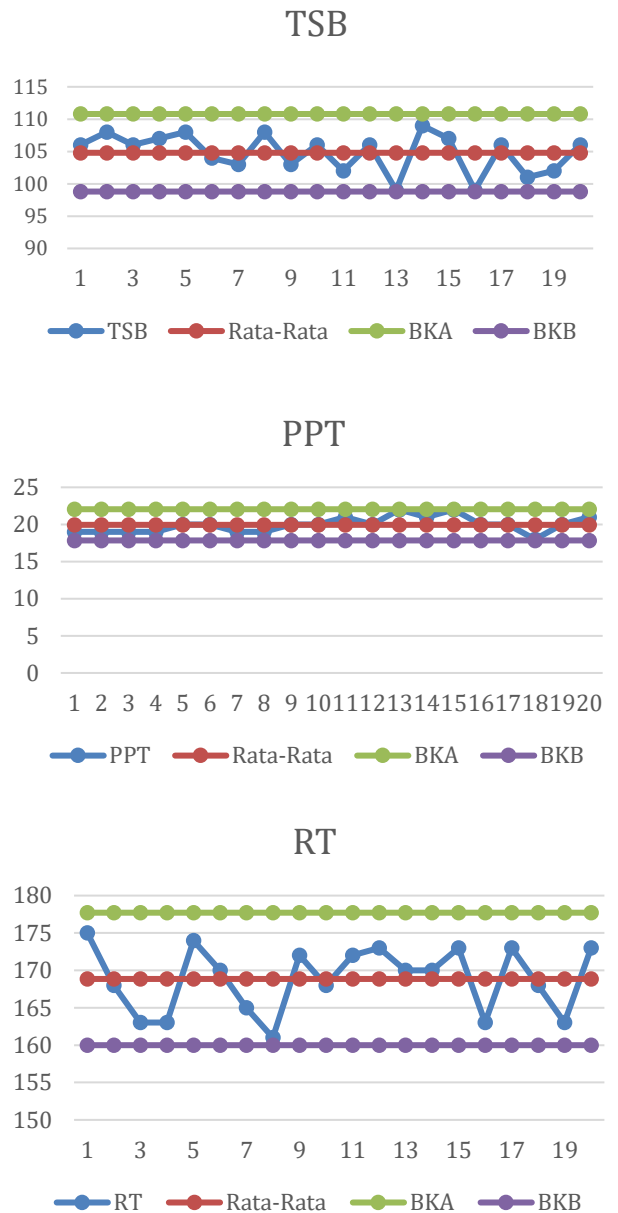
Adapun uji keseragaman data anthropometri menggunakan persentil 5, 50 dan 95 pada penelitian ini adalah sebagai berikut (Tabel 10).

Tabel 10. Uji Keseragaman Data

Data	BKA	BKB	Rata-Rata	P5	P50	P95
TSB	110,80	98,80	104,80	99	106	108,05
PPT	22,05	17,85	19,95	18,95	20	22
RT	177,71	159,99	168,85	163	170	174,05
JT	81,34	73,96	77,65	75	78	80

Peta Kontrol

Adapun peta control untuk TSB, PPT, dan RT berdasarkan data anthropometri 20 pekerja di PT. X adalah sebagai berikut (Gambar 4).



Gambar 4. Peta Kontrol TSB, PPT dan RT

Penentuan Target Spesifikasi

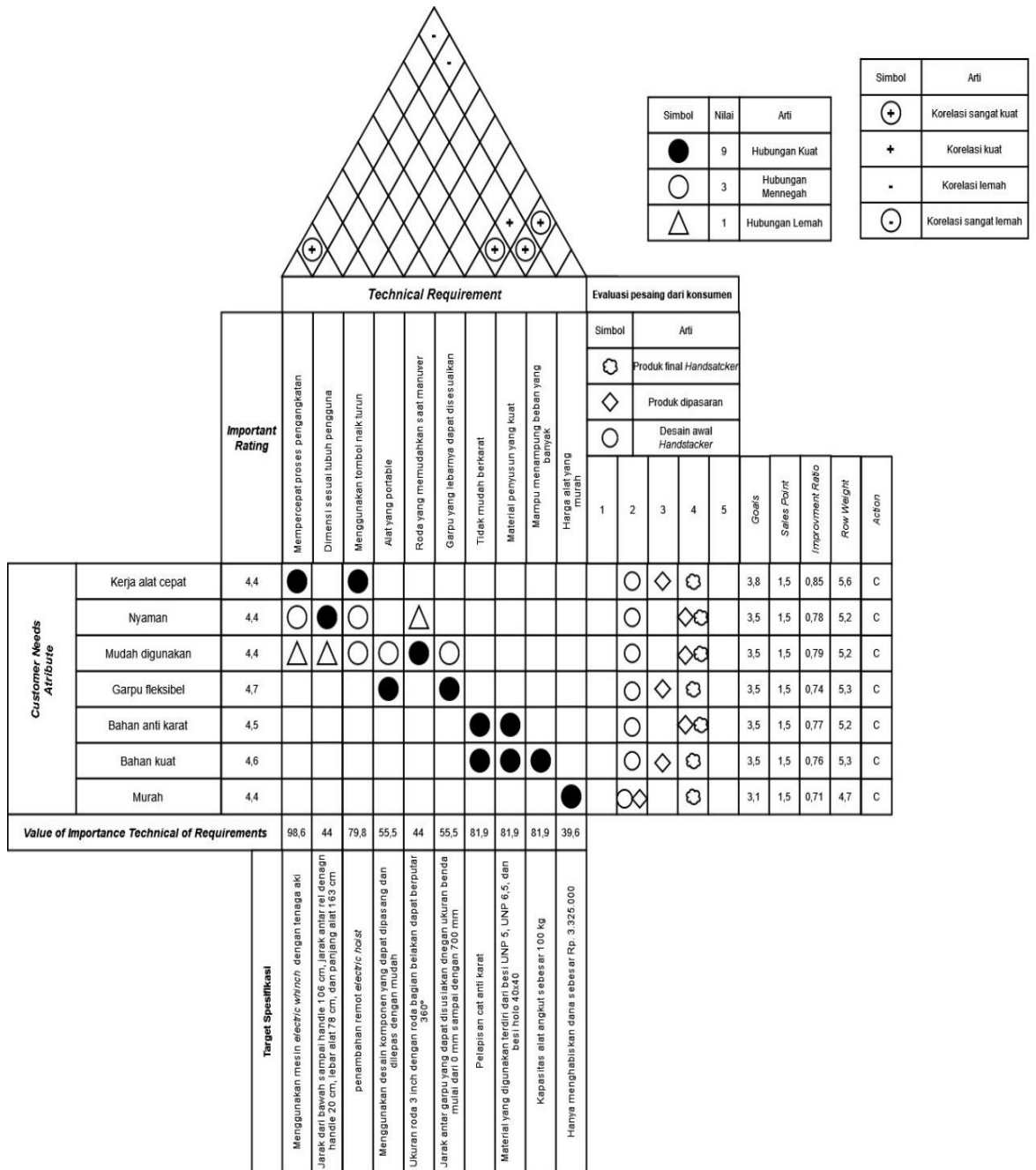
Tahap berikutnya yaitu melakukan penentuan persyaratan teknis dengan cara menentukan target spesifikasi dari perbaikan alat *hand stacker*. Berikut merupakan tabel dari target spesifikasi untuk setiap persyaratan teknis (Tabel 11).

Desain HOQ

Adapun desain HOQ sebagai berikut (Gambar 7).

Tabel 11. Target Spesifikasi

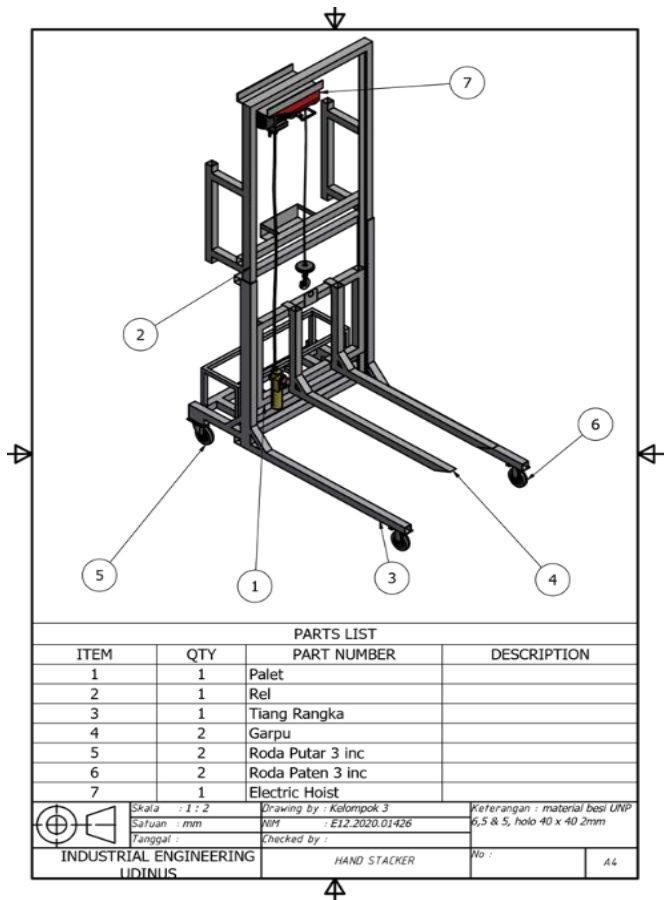
Atribut	Technical Requirements	Target Spesifikasi
Kinerja alat cepat Nyaman	Proses angkut cepat Dimensi alat angkat sesuai dengan pengguna	Menggunakan mesin <i>electric winch</i> dengan tenaga aki Jarak dari bawah sampai <i>handle</i> 106 cm, jarak antar rel dengan <i>handle</i> 20 cm, lebar alat 78 cm, dan panjang alat 163 cm
Mudah digunakan	Menggunakan tombol Penggunaan roda	Penggunaan tombol <i>electric hoist</i> Ukuran roda 3 inch serta pada bagian roda dibuat dapat berputar 360°
Garpu yang fleksibel	Alat portable Lebar garpu yang fleksibel	Desain komponen yang dapat dipasang dan dilepas Jarak antar garpu yang dapat disesuaikan dnegan ukuran benda mulai dari 0 mm sampai dengan 700 mm
Bahan anti karat	Penggunaan bahan yang tidak mudah berkarat	Pelapisan cat anti karat pada setiap bagian alat <i>hand stacker</i>
Bahan kuat	Penggunaan bahan yang tidak mudah rusak Mampu menampung beban yang banyak	Penggunaan material besi UNP 5, UNP 6,5, dan besi holo 40x40 Kapasitas alat angkut 100 kg
Murah	Biaya pembuatan yang murah	Total biaya yang dikeluarkan dalam pembuatan alat <i>Hand Stacker</i> yaitu sebanyak Rp 3.325.000



Gambar 7. House of Quality

Hasil Produk

Desain produk final alat bantu hand stacker menggunakan sistem penggerak electric winch di PT. X adalah sebagai berikut (Gambar 8).



Gambar 8. Produk Desain Final

Desain Produk Hand Stacker

Desain alat *hand stacker* memiliki dimensi sesuai data antropometri yang diambil dari ukuran 20 tubuh pekerja PT. X yaitu tinggi siku berdiri sebagai acuan tinggi *handle* pada alat dengan ukuran 1.006 mm, Panjang pangkal tangan sebagai acuan antara jarak *handle* dengan rel dengan ukuran 200 mm, rentangan tangan sebagai acuan. Panjang garpu pada alat dengan ukuran 1.630 mm dan jangkauan tangan sebagai acuan lebar pada alat yaitu 780 mm.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan analisis, rancang bangun alat *hand stacker* dengan sistem penggerak electric winch, hasil penelitian menunjukkan bahwa alat menggunakan electric winch 650 watt dengan kapasitas beban tunggal 150 kg dan ganda 300 kg, serta tali kawat berdiameter 3 mm dapat mengangkat beban dengan kecepatan 12 m/menit untuk beban 150 kg dan 6 m/menit untuk beban 300 kg. Sistem ini dilengkapi inverter 1.500 watt dan aki 120 volt.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hand stacker yang dirancang bangun ini memiliki dimensi sesuai ukuran tubuh pekerja yaitu dengan dimensi rangka 2.000 mm x 780 mm x 1.590 mm. Alat ini dilengkapi tombol naik turun, garpu fleksibel, bahan anti karat serta kuat dengan sistem penggerak electric winch.

Pengujian awal dengan daya 42 volt, alat hanya dapat mengangkat maksimal 80 kg dengan ketinggian maksimal 100 cm. Setelah dievaluasi dan diperbaiki dengan daya 120 volt, maka alat dapat mengangkat beban maksimal 100 kg dan ketinggian maksimal 150 cm sesuai spesifikasi yang dibutuhkan. Hal ini menunjukkan bahwa alat ini telah terbukti memenuhi spesifikasi dan lolos pada tahap pengujian.

REFRERENSI

[1] Z. Zhu, A. Dutta, and F. Dai, “Exoskeletons for manual material handling – A review and implication for construction applications,” *Autom. Constr.*, vol. 122, no. 7, pp. 1–11, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103493.

[2] R. Rahmawati, R. S. Idsan, and I. Purnamawati, “Strategi Pengembangan Usaha Budidaya Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) di Kabupaten Langkat, Sumatera Utara (Studi Kasus: UMKM Rumah Jamur),” *Waluyo Jatmiko Proceeding*, vol. 15, no. 1, pp. 95–102, 2022, doi: 10.33005/waluyojatmiko.v15i1.23.

[3] R. Yusianto, Marimin, Suprihatin, and H. Hardjomidjojo, “Green Logistics Approach in Bioethanol Conversion from Potato Starch in Central Java,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 598, no. 1, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/598/1/012100.

[4] N. Margaretha, “Analisis Kegiatan Manual Material Handling Terhadap Gejala Musculoskeletal Disorder pada Operator Gudang,” *J. Indones. Sos. Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 167–190, 2022, doi: 10.36418/jiss.v3i2.539.

[5] B. M. Deros, D. D. I. Daruis, and I. M. Basir, “A Study on Ergonomic Awareness among Workers Performing Manual Material Handling Activities,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 195, no. 1, pp. 1666–1673, 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.06.238.

[6] K. T. Julia, N. P. G. K. Sarawati, N. W. Tianing, and M. H. S. Nugraha, “Postur Kerja Dengan Kejadian Musculoskeletal Disorders Pada Perajin Tanah Liat,” *Maj. Ilm. Fisioter. Indones.*, vol. 10, no. 2, pp. 95–101, 2022.

- [7] G. Li, Y. Li, and B. Crag, *A systematic review of musculoskeletal disorders (MSDs) among port workers*, vol. 792. Springer International Publishing, 2019. doi: 10.1007/978-3-319-94000-7_21.
- [8] D. I. P. Tenau, “Media Kesehatan Masyarakat Keluhan Musculoskeletal Disorders dan Kelelahan Media Kesehatan Masyarakat,” vol. 3, no. 3, pp. 312–321, 2021.
- [9] A. Kalluri, M. P. Puranik, and U. Sr, “Musculoskeletal disorders in dental workplace: A comprehensive review,” *Int. J. Appl. Dent. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 140–145, 2018, [Online]. Available: www.oraljournal.com
- [10] M. Al Bashar, D. Ashrafi, and A. Taher, “Enhancing Efficiency of Material Handling Equipment in Industrial Engineering Sectors,” *Iconic Res. Eng. Journals*, vol. 7, no. 11, pp. 595–604, 2024.
- [11] R. Akkerman, P. Farahani, and M. Grunow, *Quality, safety and sustainability in food distribution: A review of quantitative operations management approaches and challenges*, vol. 32, no. 4. 2010. doi: 10.1007/s00291-010-0223-2.
- [12] E. Nurhayati, “Pendekatan Quality Function Deployment (QFD) dalam proses pengembangan desain produk Whiteboard Eraser V2,” *Prod. J. Desain Prod. (Pengetahuan dan Peranc. Produk)*, vol. 5, no. 2, pp. 75–82, 2022, doi: 10.24821/productum.v5i2.7118.
- [13] F. N. Rachmawan, I. Sujana, and Y. E. Prawatya, “Perancangan Automatic Trolley Berbasis Controller Brushless DC menggunakan Metode Model Kano dan Quality Function Deployment (QFD) di PT. Dayak Lestari Ekaniaga,” *Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 10–18, 2023.
- [14] S. Khodijah and R. Fitriani, “Pengembangan Produk Dan Analisis Kelayakan Usaha Meja Belajar Kayu Dengan Menggunakan QFD,” *J. Optimasi Tek. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 14–20, 2023, doi: 10.30998/joti.v5i1.13969.
- [15] D. Rukmayadi, Marimin, U. Haris, and M. Yani, “Rubber agro-industry green logistic conceptual model,” *Int. J. Supply Chain Manag.*, vol. 5, no. 3, pp. 192–204, 2016.
- [16] R. Santoso, Jazuli, and R. Yusianto, “Perancangan Alat Hybrid Penggiling Daging, Pengaduk Adonan Dan Pencetak Bakso Menggunakan Metode Kansei Engineering Dan Quality Function Deployment (QFD),” *Dian*, vol. 1, no. 3, pp. 1–8, 2019.
- [17] G. D. Rembulan, T. Wijaya, A. Ruslie, and R. A. Saputra, “Mereduksi Voice of Customer pada Pengembangan Produk Alat Pembuka Tutup Galon Menggunakan Analisis Faktor Reducing Voice of Customer in Product Development for Gallon Cap Opener Using Factor Analysis,” 2020, doi: 10.30813/jiems.v13i2.2281.
- [18] N. Hairiyah, M. Kiptiah, and B. K. Fituwana, “Penerapan Quality Function Deployment (QFD) Untuk Peningkatan Kinerja Industri Amplang Berdasarkan Kepuasan Pelanggan,” *Agrointek J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 15, no. 4, pp. 1099–1113, 2021, doi: 10.21107/agrointek.v15i4.10744.
- [19] F. Ardani, R. Ginting, and A. Ishak, “Perancangan Desain Produk Spring Bed Dengan Menggunakan,” *e-Jurnal Tek. Ind. FT USU*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [20] A. A. Robbika and T. Baroto, “Perencanaan Strategi Pemasaran dengan Metode Multidimensional Scalling dan Quality Function Deployment,” vol. 17, no. 1, pp. 12–21, 2016.