

**PERANCANGAN ALAT ANGKUT GENTENG ERGONOMIS
MENGUNAKAN *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT* (QFD)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : GisyA Amanda Yudhistira
No. Mahasiswa : 18 522 318

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PERANCANGAN ALAT ANGKUT GENTENG ERGONOMIS
MENGUNAKAN *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT* (QFD)**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : GisyA Amanda Yudhistira

No. Mahasiswa : 18 522 318

Yogyakarta, 06 Agustus 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. Hartomo Soewardi, M.Sc., Ph.D., IPU.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PERANCANGAN ALAT ANGKUT GENTENG ERGONOMIS
MENGUNAKAN *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT* (QFD)**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : GisyA Amanda Yudhistira
No. Mahasiswa : 18 522 318

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri

Tim Penguji

Ir. Hartomo Soewardi, M.Sc., Ph.D., IPU.

Ketua

Amarria Dila Sari, S.T., M. Sc.

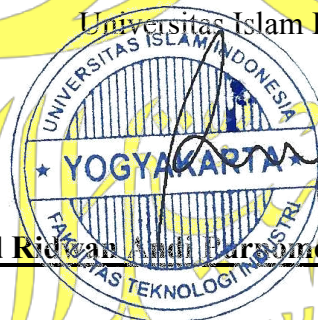
Anggota I

Dr. Qurtubi, S.T., M.T.

Anggota II

Mengetahui
Ka.Prodi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Andri Pursono, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.



SURAT KETERANGAN PENELITIAN



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Serang K-H Mar (Gresik)
Kampus Terpadu, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. 0271-850114 ext. 4110, 4111
F. 0271-855607
E. ti@uii.ac.id
W. www.uii.ac.id

Nomor : 05/Ka.Lab DSK&E/70/Lab. DSK&E/VIII/2022

Hal : Surat Keterangan Penelitian

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Kami yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Laboratorium Desain Sistem Kerja dan Ergonomi (DSK&E), Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, dengan ini ingin memberitahukan bahwa mahasiswa di bawah telah melakukan penelitian di Laboratorium DSK&E.

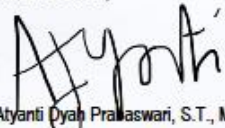
Nama Peneliti : Gisya Amanda Yudhistira
NIM : 18522318
Program Studi : Teknik Industri-FTI-UII
Tempat Penelitian : Laboratorium Desain Sistem Kerja & Ergonomi, Universitas Islam Indonesia
Waktu Penelitian : Januari – Juli 2022
Judul Penelitian : Perancangan Alat Angkut Genteng yang Ergonomis dengan Menggunakan *Quality Function Deployment* (QFD)
Dosen pembimbing : Ir. Hartomo Soewardi, M.Sc., Ph.D., IPU.

Demikian surat permohonan ini kami buat, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta 8 Agustus 2022

Ka.Lab DSK&E,


Atyanti Dyah Pralhaswari, S.T., M.Sc.

PERNYATAAN KEASLIAN

Degan ini saya bersaksi dihadapan Allah SWT,
Saya akui karya tulis saya yang berjudul “**Perancangan Alat Angkut Genteng yang Ergonomis dengan Menggunakan *Quality Function Deployment (QFD)***” ini merupakan gagasan, rumusan, serta penelitian saya sendiri. Tidak terdapat bagian didalamnya merupakan plagiat karya orang lain kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya sesuai dengan etika penulisan yang berpendidikan. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, InsyaAllah jika dikemudian hari terdapat penyimpangan dalam pernyataan ini, maka saya atas nama pribadi siap menerima sanksi sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 06 Agustus 2022



Gisya Amanda Yudhistira

18522318

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Rasa syukur dan seluruh tenaga penulis sampaikan untuk skripsi ini.

Saya persembahkan teruntuk kedua orang tua saya,

Papa Muhammad Agus Basri, S.H., M. Si.

Mama Ari Wintyokowati, S.E.

Teruntuk adik tercinta saya,

Muhammad Akbar Adhyaksa.

Teruntuk keluarga besar Sastropawiro dan Opu Rusli Mamang Baso, dan para sahabat serta pihak yang membantu baik langsung maupun tidak langsung.

Dan saya persembahkan untuk diri saya yang selalu semangat, sabar, ikhlas untuk berjuang sampai titik ini.

HALAMAN MOTTO

“Tidak ada seseorang yang memakan satu makanan pun yang lebih baik dari makanan hasil usaha tangannya (bekerja) sendiri. Dan sesungguhnya Nabi Allah Daud as. memakan makanan dari hasil usahanya sendiri”

(HR. Bukhari)

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan akan ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah: 5)

“Untuk kemenangan serupa hendaklah berusaha orang-orang yang bekerja”

(Q.S As-Saffat: 61)



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil Alamin, yang pertama segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah nikmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Perancangan Alat Angkut Genteng Ergonomis Menggunakan *Quality Function Deployment (QFD)*”**. Yang kedua, tak lupa shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi Wasallam* beserta keluarga dan sahabat beliau yang telah membawa dari zaman *jahiliyah* menuju zaman terang benderang. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak. Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc., Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Prodi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Hartomo Soewardi, M.Sc., Ph.D., IPU, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu meluangkan waktu dan tenaganya serta memberikan ilmu yang bermanfaat untuk melakukan bimbingan sehingga seluruh proses dan usaha sampai pada tahap pendadaran dapat dilalui dengan lancar.
5. Bapak Dr. Qurtubi, S.T., M.T yang memberikan arahan penulis untuk menyelesaikan studi dalam kurun waktu 4 tahun serta memberikan berbagai pembelajaran pengalaman untuk kepenulisan.
6. Bapak dan Ibu Dosen Kelompok Keahlian Ergonomi yang telah memberikan wadah untuk diri saya berkembang dan mengasah kemampuan dalam bidang akademik maupun non-akademik.
7. Keluarga tersayang, Papa Agus Basri, S.H., M.Si., Mama Ari Wintyokowati, S.E., adik Akbar Adhyaksa yang selalu memberikan doa, dukungan dan kepercayaan bahwa penulis bisa menyelesaikan dengan baik, bangga, dan memuaskan selama masa studi.
8. Dinas Koperasi dan Tenaga Kerja Kabupaten Boyolali yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan pengambilan data bahan skripsi pada industri genteng Boyolali.
9. Bapak, Ibu Dosen Teknik Industri UII yang memberikan ilmu, pengalaman serta kepercayaan diri pada penulis bahwa penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dengan sangat baik, serta Mas Faizal, Mba El dan Mas Dwi yang telah membantu dalam proses administrasi selama masa perkuliahan.
10. *Partner* penulis, Resalfa Amelza Wibowo, yang selalu memberikan dukungan dan mengajarkan untuk berjuang, bertahan dalam menyelesaikan skripsi ini dengan rasa bangga.
11. “Rumah Berkah” atau teman-teman asisten Lab. DSK&E 2018, Thania, Alma, Hersa, Rahma, Rifki, Salfa, Zaidan dan asisten 2019, 2020 yang memberikan doa, dukungan, canda, tawa untuk tetap menghibur dalam proses penyelesaian studi ini.

12. Sahabat penulis, *Optimis(t)asi Team* yang terdiri dari Mohammad Arsyad Fathurrohman, Jihan Afifah dan Suryo Wisnuhadi yang selalu menjadi tempat berkeluh kesah dan bekerja sama dalam menyelesaikan tugas baik tim maupun individu selama masa perkuliahan.
13. Sahabat penulis, 5E grup yang terdiri dari Tya, Izah, Asa dan Nafira yang selalu memberikan dukungan dan menyadarkan penulis untuk selalu berproses dalam mencapai cita-cita yang dimiliki penulis.
14. Sahabat kecil penulis, Nirvana, Maulidya, Evita, Fatya, Fahri dan Lana yang selalu berbagi cerita, pengalaman, doa dan dukungan untuk saling menguatkan dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Teman-teman Teknik Industri UII, terutama Angkatan 2018 yang memberikan doa, dukungan, semangat dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.
16. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang membantu skripsi.

Semoga kebaikan atas doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis selalu diberkahi oleh Allah SWT dan mendapatkan balasan yang berlipat ganda, *aamiin*.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 6 Agustus 2022

Gisya Amanda Yudhistira

ABSTRAK

Perkembangan UMKM di Indonesia terus berkembang dan perlu dikelola untuk menghasilkan pekerja yang kompeten dan proses kerja yang efektif, efisien guna peningkatan produktivitas. Melakukan observasi awal terdapat ketidakpuasan kerja dibuktikan dengan keluhan terbesar postur kerja sebesar 47% pada aktivitas pengangkatan genteng saat penjemuran dengan manual dan menggunakan alat angkut memiliki keluhan nyeri bagian *upper-lower extremity* dan *columna vertebrae*. Sehingga pentingnya perancangan sebuah alat untuk mengurangi keluhan *muskuloskeletal*. Tujuan penelitian untuk perancangan alat angkut yang ergonomis menggunakan metode QFD untuk menentukan desain spesifikasi dan memenuhi kebutuhan pengguna dan pengukuran antropometri dengan identifikasi postur kerja menggunakan metode REBA. Hasil penelitian untuk identifikasi postur kerja awalan dengan metode REBA dengan skor pada bagian pengangkutan manual aktivitas membawa (9), meletakkan (11) dengan alat angkut awalan membawa (7), mendorong (8) dan meletakkan (9), yang berarti kategori level risiko sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki karena alat angkut awalan tidak ergonomis dan tidak sesuai dengan operator. Kemudian, survei dengan penyebaran kuesioner untuk mendapatkan desain parameter alat angkut yang dikembangkan dengan hasil ukuran lebar 56cm, panjang 147 cm dan tinggi 120 cm, batas maksimal 30 cm dasaran alat angkut. Ukuran panjang maksimal kanan dan kiri sebesar 25 cm dan diameter 5cm dan adanya sistem penggunaan rem untuk depan dan belakang dengan cara penekanan rem pada bagian *handle*. Adanya sistem *lifting device* dengan masing-masing 3 tingkatan pada *box* setinggi 30 cm serta sekat *adjustable* dengan kemiringan 40° . Hasil pada desain valid dengan taraf signifikansi 5% sesuai dengan kebutuhan pengguna dan terdapat perbedaan untuk desain awalan dan desain usulan dilihat dari postur alat angkut usulan sebesar 4 artinya kategori level risiko rendah.

Kata Kunci: Antropometri, Alat Angkut, Perancangan, QFD, Validitas

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
SURAT KETERANGAN PENELITIAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5.1 Asumsi Penelitian	4
1.5.2 Batasan Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penelitian	5
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	7
2.1 Kajian Empiris	7
2.2 Kajian Teoritis.....	18
2.2.1 Ergonomi	18
2.2.2 Postur Kerja	20
2.2.3 <i>Musculoskeletal Disorder</i>	21
2.2.4 REBA.....	23
2.2.5 Desain Produk.....	30
2.2.6 Antropometri.....	33
2.2.7 Desain Perancangan Antropometri	34

2.2.8	Dimensi Pengukuran Antropometri	35
2.2.9	Persentil	35
2.2.10	Metode <i>Quality Function Deployment</i> (QFD).....	36
2.2.11	Tahapan Metode <i>Quality Function Deployment</i> (QFD).....	37
BAB III METODE PENELITIAN		40
3.1	Kerangka Rencana Penelitian	40
3.2	Subjek Penelitian.....	41
3.3	Objek Penelitian	42
3.4	Sampel Penelitian.....	42
3.5	Jenis Data Penelitian	43
3.5.1	Data Primer	43
3.5.2	Data Sekunder.....	44
3.6	Metode Pengumpulan Data.....	45
3.6.1	Survei	45
3.6.2	Wawancara.....	45
3.6.3	Pengukuran Dimensi Antropometri	45
3.6.4	<i>Quality Function Deployment</i> (QFD)	46
3.7	Metode Pengolahan Data	46
3.7.1	Pengolahan Postur Kerja.....	46
3.7.2	Pengolahan Antropometri	47
3.7.3	Pengolahan QFD.....	48
3.8	Metode Analisis Data.....	50
3.8.1	Uji <i>Marginal Homogeneity</i>	50
3.8.2	Uji Beda <i>Mann-Whitney</i>	51
3.9	Instrumen Penelitian.....	51
3.8	Alur Penelitian	53
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		57
4.1	Pengumpulan Data NBM	57
4.2	Identifikasi Postur Kerja	59
4.3	<i>Rapid Entire Body Assessment</i> (REBA) Postur Awal.....	60
4.3.1	Postur REBA Pengangkatan Manual	60
a.	Postur Kerja Membawa dengan Manual	61

b.	Postur Kerja Meletakkan dengan Manual	64
4.3.2	Postur REBA dengan Alat Angkut Awalan.....	68
a.	Postur Kerja Membawa Alat Angkut Awalan.....	68
b.	Postur Kerja Mendorong Alat Angkut Awalan	71
c.	Postur Kerja Meletakkan Alat Angkut Awalan	75
4.4	Perancangan Alat Angkut dengan QFD (<i>Quality Function Design</i>).....	78
4.4.1	Identifikasi Kebutuhan Pengguna	78
4.4.2	Perhitungan Hasil Nilai <i>Importance Rating</i> Konsumen	79
4.4.3	Penentuan <i>Technical Requirements</i>	83
4.4.4	Pengukuran Dimensi Antropometri	83
4.4.5	Penentuan Target Spesifikasi	93
4.4.6	<i>Benchmark</i>	94
4.5	Perhitungan <i>House of Quality</i> (HOQ).....	97
4.5.1	Hubungan Atribut Kebutuhan Konsumen dan Kebutuhan Teknis	97
4.5.2	Pembobotan Kolom	97
4.5.3	Hubungan Antar Kebutuhan Teknis	98
4.5.4	Perhitungan <i>Customer Competitive Evaluation</i> (CCE)	99
4.5.5	Perhitungan <i>Sales Point</i>	102
4.5.6	Perhitungan <i>Improvement Ratio</i>	103
4.5.7	Perhitungan <i>Row Weight</i> (Bobot Baris).....	104
4.5.8	Penentuan <i>Action</i> Produk yang Dikembangkan.....	105
4.5.9	Gambar <i>House of Quality</i> (HOQ).....	106
4.6	Desain Rancangan Alat Angkut Genteng	107
4.7	Uji Beda Desain Produk.....	113
4.7.1	Uji <i>Marginal Homogeneity</i>	113
4.7.2	Uji Beda Desain Produk	114
4.8	<i>Rapid Entire Body Assessment</i> (REBA) Postur Usulan.....	119
4.8.1	Postur Kerja Membawa Alat Angkut Usulan	119
4.8.2	Postur Kerja Mendorong Alat Angkut Usulan	122
4.8.3	Postur Kerja Meletakkan Alat Angkut Usulan	126
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		130
5.1	Analisis Postur Tubuh	130
5.2	Analisis Atribut Kebutuhan Pengguna.....	134

5.3	Analisis Desain Spesifikasi Usulan.....	136
5.4	Analisis Statistik.....	138
5.6.1	Analisis Uji <i>Marginal Homogeneity</i>	138
5.6.2	Analisis Uji Beda Desain Produk dan Postur Tubuh.....	140
a.	Analisis Uji Beda Desain Produk Awalan dan Usulan	140
b.	Analisis Beda Postur Tubuh Awalan dan Usulan.....	142
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		145
6.1	Kesimpulan	145
6.2	Saran.....	146
DAFTAR PUSTAKA		147
LAMPIRAN.....		152



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perhitungan REBA Punggung	24
Tabel 2. 2 Perhitungan REBA Leher	25
Tabel 2. 3 Perhitungan REBA Kaki.....	26
Tabel 2. 4 Perhitungan REBA Lengan Atas	26
Tabel 2. 5 Perhitungan REBA Lengan Bawah	27
Tabel 2. 6 Perhitungan REBA Pergelangan Tangan.....	28
Tabel 2. 7 Skor Berat Beban yang Diangkat.....	29
Tabel 2. 8 Tabel <i>Coupling</i>	30
Tabel 2. 9 <i>Activity Score</i>	30
Tabel 2. 10 Skor REBA	30
Tabel 2. 11 Metode Desain Produk	31
Tabel 2. 12 Perhitungan Persentil	35
Tabel 2. 13 Hubungan antar Elemen pada HOQ	39
Tabel 3. 1 Kerangka Rancangan Penelitian 5W+1H	40
Tabel 3. 2 Karakteristik Responden.....	42
Tabel 3. 3 Tingkatan Kategori Nilai Reliabilitas.....	50
Tabel 4. 1 VOC Pekerja Pengangkutan Genteng.....	79
Tabel 4. 2 Atribut Kebutuhan Pengguna	79
Tabel 4. 3 Rating Atribut Kebutuhan Pengguna.....	80
Tabel 4. 4 <i>Output</i> Uji Validitas Atribut	81
Tabel 4. 5 <i>Output</i> Uji Reliabilitas Atribut	82
Tabel 4. 6 <i>Output</i> Uji Reliabilitas Atribut 2	82
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Nilai Importance Rating	82
Tabel 4. 8 <i>Technical Requirements</i> Alat Angkut.....	83
Tabel 4. 9 Data Antropometri Laki-Laki	84
Tabel 4. 10 Data Antropometri Perempuan	85
Tabel 4. 11 Uji Normalitas Data Antropometri Laki-Laki	86
Tabel 4. 12 Uji Normalitas Data Antropometri Perempuan	87
Tabel 4. 13 Perhitungan Persentil Data Laki-Laki	89
Tabel 4. 14 Perhitungan Persentil Data Perempuan	89
Tabel 4. 15 Ketetapan <i>Allowance</i> pada Antropometri.....	91

Tabel 4. 16 Hasil Ukuran Produk Usulan dengan Antropometri.....	92
Tabel 4. 17 Target Spesifikasi Alat Angkut	93
Tabel 4. 18 Benchmark Produk Alat Angkut	95
Tabel 4. 19 Set Final Specification Alat Angkut	96
Tabel 4. 20 Penilaian Poin Atribut.....	99
Tabel 4. 21 Hasil <i>Importance Rating Flat</i> Troli	100
Tabel 4. 22 Hasil <i>Importance Rating Tools</i> Troli.....	101
Tabel 4. 23 Hasil <i>Importance Rating</i> Troli Usulan	101
Tabel 4. 24 Hasil <i>Goal</i> pada Atribut.....	102
Tabel 4. 25 Penilaian Pada <i>Sales Point</i>	103
Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan <i>Sales Point</i>	103
Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan <i>Improvement Ratio</i>	104
Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan <i>Row Weight</i>	105
Tabel 4. 29 Penilaian Kategori <i>Action</i> Produk	105
Tabel 4. 30 Hasil Penilaian <i>Action Level</i> Alat Angkut.....	105
Tabel 4. 31 Uji Homogenitas Alat Angkut Usulan.....	113
Tabel 4. 32 Output Uji <i>Mann-Whitney Descriptive Statistic Easy to Use</i>	115
Tabel 4. 33 <i>Output Ranks</i> Uji <i>Mann-Whitney Easy to Use</i>	115
Tabel 4. 34 <i>Output</i> Uji <i>Mann-Whitney Statistic Easy to Use</i>	115
Tabel 4. 35 <i>Output</i> Uji <i>Mann-Whitney Descriptive Statistic Nyaman</i>	115
Tabel 4. 36 <i>Output Ranks</i> Uji <i>Mann-Whitney Nyaman</i>	116
Tabel 4. 37 <i>Output</i> Uji <i>Mann-Whitney Statistic Nyaman</i>	116
Tabel 4. 38 <i>Output</i> Uji <i>Mann-Whitney Descriptive Statistic Ringan</i>	116
Tabel 4. 39 <i>Output Ranks</i> Uji <i>Mann-Whitney Ringan</i>	117
Tabel 4. 40 <i>Output</i> Uji <i>Mann-Whitney Statistic Ringan</i>	117
Tabel 5. 1 Perbandingan Hasil REBA Pengangkutan Sebelum dan Sesudah Simulasi	143

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sudut Postur Punggung.....	25
Gambar 2. 2 Sudut Postur Leher.....	25
Gambar 2. 3 Sudut Postur Kaki	26
Gambar 2. 4 Sudut Postur Lengan Atas.....	27
Gambar 2. 5 Sudut Postur Lengan Bawah.....	28
Gambar 2. 6 Sudut Postur Pergelangan Tangan	28
Gambar 2. 7 Langkah-langkah Perhitungan REBA.....	29
Gambar 2. 8 <i>House of Quality</i> Teori.....	38
Gambar 3. 1 Alur Penelitian 1	53
Gambar 3. 2 Alur Penelitian 2	54
Gambar 4. 1 Akumulasi NBM Kategori A	57
Gambar 4. 2 Akumulasi NBM Kategori B	58
Gambar 4. 3 Akumulasi NBM Kategori C	58
Gambar 4. 4 Akumulasi NBM Kategori D.....	59
Gambar 4. 5 Pengangkutan Manual 1.....	60
Gambar 4. 6 Pengangkutan Manual 2.....	60
Gambar 4. 7 Pengangkutan Menggunakan Alat Awalan 1.....	60
Gambar 4. 8 Pengangkutan Menggunakan Alat Awalan 2.....	60
Gambar 4. 9 Sudut REBA Membawa Manual	61
Gambar 4. 10 Perhitungan Tabel A REBA Pengangkutan Manual.....	62
Gambar 4. 11 Perhitungan Tabel B REBA Pengangkutan Manual.....	63
Gambar 4. 12 Perhitungan Tabel C REBA Pengangkutan Manual.....	64
Gambar 4. 13 Sudut REBA Meletakkan Manual	65
Gambar 4. 14 Perhitungan Tabel A REBA Pengangkutan Manual.....	66
Gambar 4. 15 Perhitungan Tabel B REBA Pengangkutan Manual.....	67
Gambar 4. 16 Perhitungan Tabel C REBA Pengangkutan Manual.....	67
Gambar 4. 17 Sudut REBA Membawa dengan Alat Angkut Awalan.....	68
Gambar 4. 18 Perhitungan Tabel A REBA Membawa dengan Alat Angkut Awalan....	69
Gambar 4. 19 Perhitungan Tabel B REBA Membawa dengan Alat Angkut Awalan	70
Gambar 4. 20 Perhitungan Tabel C REBA Membawa dengan Alat angkut Awalan	71

Gambar 4. 21 Sudut REBA Mendorong dengan Alat Angkut Awalan	72
Gambar 4. 22 Perhitungan Tabel A REBA Mendorong dengan Alat Angkut Awalan ..	73
Gambar 4. 23 Perhitungan Tabel B REBA Mendorong dengan Alat Angkut Awalan ..	74
Gambar 4. 24 Perhitungan Tabel C REBA Mendorong dengan Alat Angkut Awalan ..	74
Gambar 4. 25 Sudut REBA Meletakkan Alat Angkut Awalan	75
Gambar 4. 26 Perhitungan Tabel A Meletakkan Genteng dari Alat Angkut Awalan	76
Gambar 4. 27 Perhitungan Tabel B REBA Meletakkan Genteng dari Alat Angkut Awalan	77
Gambar 4. 28 Perhitungan Tabel C REBA Meletakkan Alat Angkut Awalan.....	78
Gambar 4. 29 Uji Keseragaman Data Antropometri LB	87
Gambar 4. 30 Uji Keseragaman Data Antropometri RT	87
Gambar 4. 31 Uji Keseragaman Data Antropometri TSB	87
Gambar 4. 32 Uji Keseragaman Data Antropometri DGmin	87
Gambar 4. 33 Uji Keseragaman Data Antropometri LB	88
Gambar 4. 34 Uji Keseragaman Data Antropometri RT	88
Gambar 4. 35 Uji Keseragaman Data Antropometri TSB	88
Gambar 4. 36 Uji Keseragaman Data Antropometri DGMin	88
Gambar 4. 37 Flat Trolley.....	95
Gambar 4. 38 Tools Trolley.....	95
Gambar 4. 39 HOQ Hubungan Atribut dengan kebutuhan Teknis.....	97
Gambar 4. 40 HOQ Pembobotan Kolom.....	98
Gambar 4. 41 Hubungan Antar Kebutuhan Teknis	99
Gambar 4. 42 HOQ Alat Angkut Genteng Usulan	106
Gambar 4. 43 <i>Isometric</i> Alat Angkut.....	107
Gambar 4. 44 Bagian Sekat Kosong.....	108
Gambar 4. 45 Bagian Sekat Terisi	108
Gambar 4. 46 Sisi Kiri Alat Angkut Genteng Usulan	108
Gambar 4. 47 Tampilan Sistem Sisi Kiri Alat Angkut Usulan.....	109
Gambar 4. 48 Bagian Tombol Alat Angkut Usulan	109
Gambar 4. 49 Desain <i>Handle</i> Alat Angkut Usulan	110
Gambar 4. 50 Desain Dasar Bawah Alat Angkut Usulan	110
Gambar 4. 51 Sistem <i>Lifting</i> Alat Angkut Usulan.....	111
Gambar 4. 52 Mekanisme Pengambilan Genteng	112

Gambar 4. 53 Mekanisme Sistem Pengisian Genteng	112
Gambar 4. 54 Tingkatan 1 Box Alat Angkut.....	113
Gambar 4. 55 Tingkatan 2 Box Alat Angkut.....	113
Gambar 4. 56 Tingkatan 3 Box Alat Angkut.....	113
Gambar 4. 57 Sudut REBA Membawa dengan Alat Angkut Usulan.....	119
Gambar 4. 58 Perhitungan Tabel A REBA Membawa dengan Alat Usulan.....	120
Gambar 4. 59 Perhitungan Tabel B REBA Meletakkan dengan Alat Usulan	121
Gambar 4. 60 Perhitungan Tabel C REBA Meletakkan dengan Alat Usulan	122
Gambar 4. 61 Sudut REBA Mendorong dengan Alat Angkut Usulan	123
Gambar 4. 62 Perhitungan Tabel A REBA Mendorong dengan Alat Usulan	124
Gambar 4. 63 Perhitungan Tabel B REBA Mendorong dengan Alat Usulan	125
Gambar 4. 64 Perhitungan Tabel C REBA Mendorong dengan Alat Usulan	125
Gambar 4. 65 Sudut REBA Meletakkan Alat Angkut Usulan	126
Gambar 4. 66 Perhitungan Tabel A REBA Meletakkan dengan Alat Usulan	127
Gambar 4. 67 Perhitungan Tabel B REBA Meletakkan dengan Alat Usulan	128
Gambar 4. 68 Perhitungan Tabel C REBA Meletakkan dengan Alat Usulan	129
Gambar 5. 1 Kumulatif Keluhan Nyeri Tubuh	131

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan UMKM di Indonesia memiliki kontribusi besar dimulai dari *output* produksi, pemberdayaan tenaga kerja hingga penghasilan pendapatan negara (Pujiono *et al.*, 2018). Hal ini menjelaskan UMKM merupakan salah satu usaha produktif untuk dikembangkan karena dapat mempengaruhi berbagai sektor (Suci *et al.*, 2017). Salah satunya pada Industri Genteng Boyolali yang terletak pada daerah Karanggeneng Kecamatan Boyolali. Memiliki kurang lebih 15 industri genteng rumahan. Melihat persaingan pada dunia industri untuk menentukan posisi pada pasaran agar dapat bersaing dan bertahan perlu memiliki strategi (Elsandra & Tuliando, 2013), sehingga harus adanya variabel pekerja kompeten dan kreativitas terhadap pengembangan usaha (Suchayowati *et al.*, 2019).

Dalam upaya pemenuhan permintaan pasar terhadap kerajinan bahan baku tanah liat pada Usaha Genteng Boyolali perlu pengoptimalan sumberdaya untuk memudahkan dalam proses produksi. Tidak hanya bahan baku melainkan sumber daya pekerja perlu ditingkatkan untuk mencapai target produksi (Suwirmayanti, 2017). Pada proses produksi dilakukan dengan proses manual contohnya dalam proses pengangkatan material. Berdasarkan studi pendahuluan diketahui terdapat keluhan rasa nyeri tubuh dalam jangka waktu ± 5 jam sehari. Keluhan sebanyak 27% dalam pengangkutan bahan baku tanah liat, aktivitas penghalusan tanah liat dengan alat pemipih dan pencetakan genteng dengan mesin *press* dengan keluhan nyeri masing-masing yaitu 13%, aktivitas pengangkatan genteng saat penjemuran hingga pembakaran memiliki keluhan nyeri bagian *upper-lower extremity*, *columna vertebrae* terbesar yaitu 47% pada bagian tubuh yaitu punggung (67%), pinggang (13%), pantat (20%), tangan kiri (33%), dan tangan kanan (20%).

Keluhan aktivitas terbesar pada penjemuran genteng terjadi pada pengangkatan manual yang dihimpit pada sela jari dengan rata-rata pengangkutan perhari yaitu 200 genteng. Hal tersebut, menyebabkan pekerja membungkuk karena terbebani pada kedua tangan dan berusaha untuk tetap mempertahankan posisi dalam pengangkatannya. Menurut penelitian Evariando (2017), apabila mengangkat atau memindahkan barang dilakukan dengan cara yang tidak benar, maka akan mengakibatkan rasa sakit, terutama pada punggung. Umumnya, jika tidak ada penilaian tentang risiko kerja akan menyebabkan pengembangan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) (Rose *et al.*, 2020). Berdasarkan pada penelitian Firdarum *et al* (2019), faktanya jika menuntut tubuh manusia membungkuk kurang dari 80° akan menyebabkan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) pada bagian *Low Back Pain* (LBP).

Melalui pengamatan secara langsung pada industri lain dalam pengangkatan material menggunakan gerobak, pekerja mengalami kesulitan dalam melakukan pengangkutan secara ringkas dari stasiun kerja pencetakan genteng hingga penjemuran serta alat angkut tersebut memiliki kekurangan yaitu bentuk yang tidak sesuai (120 cm x 65 cm x 30 cm) serta kesulitan dalam mengoperasikan saat menarik pada bagian *handle* gerobak yang terlalu panjang. Selain itu, ketika pengangkutan pekerja harus tetap mempertahankan kualitas dan kuantitas cetakan genteng agar tetap memiliki bentuk sisi yang sesuai. Untuk mengatasi hal tersebut terdapat beberapa penelitian perancangan alat bantu kerja yang dapat mengurangi dari keluhan *muskuloskeletal* dalam bentuk alat angkut (troli) yang hanya disesuaikan dengan objek permasalahan masing-masing (Nugroho & Setiawan S. T, 2007; Sokhibi & Alifiana, 2019; Talapatra *et al.*, 2019; Raraswati *et al.*, 2020).

Hal ini menjadikan sebuah inisiasi untuk mengatasi permasalahan yang berdampak pada keluhan *muskuloskeletal* pada posisi pengangkatan saat penjemuran genteng, sehingga memerlukan perancangan alat angkut baru untuk memudahkan dalam pemindahan genteng antar stasiun pada Industri Genteng Rumahan Boyolali yang diidentifikasi dengan menggunakan analisis risiko postur tubuh REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) dan metode perancangan alat angkut dengan QFD (*Quality Function Deployment*). Karena metode QFD memiliki dampak kepada kreativitas dan produktivitas untuk penyelesaian suatu permasalahan yang ada pada suatu usaha (Politis, 2005).

Sehingga, agar lebih disesuaikan dengan kebutuhan dan keinginan pekerja untuk lebih membantu dan menjadikan aman dan nyaman ketika bekerja.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari permasalahan yang ada pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian, sebagai berikut:

1. Seberapa besar risiko postur kerja pada pengangkutan genteng menggunakan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) ?
2. Atribut apa saja yang dibutuhkan pengguna dalam perancangan alat angkut genteng usulan dengan metode QFD (*Quality Function Deployment*)?
3. Bagaimana desain spesifikasi untuk rancangan alat angkut genteng usulan?
4. Seberapa besar tingkat validitas untuk perbedaan signifikansi antara desain alat angkut awal dan usulan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat diketahui untuk tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengevaluasi postur kerja pada kegiatan pengangkutan genteng menggunakan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*).
2. Mengidentifikasi atribut kebutuhan pengguna desain inovasi produk alat angkut genteng dengan metode QFD.
3. Menentukan desain spesifikasi pada alat angkut genteng yang ergonomis.
4. Melakukan uji validitas desain rancangan alat angkut berdasarkan kebutuhan pengguna dan uji validitas perbedaan signifikansi antara desain alat angkut awal dan usulan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu menghasilkan sebuah inovasi alat pengangkutan dan penjemuran genteng yang dapat mengurangi resiko dari *musculoskeletal* sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan efektivitas kerja.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1.5.1 Asumsi Penelitian

Asumsi penelitian ini untuk memberikan sebuah anggapan dasar yang berada pada ruang lingkup penelitian. Berikut merupakan asumsi dari penelitian:

1. Lingkungan kerja fisik yang ada dapat diterima oleh operator saat melakukan aktivitas kerja.
2. Operator dalam keadaan sehat saat melakukan aktivitas kerja.
3. Operator memiliki pengalaman yang cukup dalam melakukan aktivitas pengangkutan genteng dengan alat angkut.

1.5.2 Batasan Penelitian

Batasan masalah yang ada digunakan untuk membatasi penelitian agar lebih terarah dan fokus pada hal yang akan diteliti. Berikut merupakan batasan dari penelitian:

1. Objek yang diteliti yaitu alat angkut dalam pengangkutan genteng pada Industri Genteng Boyolali dengan mengambil pada tempat terbesar yang berada di Boyolali.
2. Penelitian dilakukan difokuskan pada perancangan alat angkut genteng dan proses membawa dari stasiun kerja pencetakan genteng hingga penjemuran genteng.
3. Responden yang diambil dengan *job* deskripsi pengangkutan dan penjemuran genteng dengan durasi waktu lama bekerja yang ditentukan.
4. Penelitian berupa desain rancangan inovasi alat pengangkutan dan penjemuran genteng berupa visual 3D.

1.6 Sistematika Penelitian

Adapun sistematika penulisan tugas akhir disusun dalam enam bab dengan rincian setiap bab adalah sebagai berikut:

- BAB I** **PENDAHULUAN**
Bab ini berisikan pemaparan permasalahan yang peneliti temukan pada Industri Genteng Rumahan Boyolali. Pada bab ini juga terdapat perumusan masalah yang didapatkan dari pemaparan latar belakang penelitian serta tujuan penelitian. Selain itu, terdapat pula manfaat penelitian untuk berbagai pihak, batasan masalah, serta sistematika penelitian secara singkat.
- BAB II** **KAJIAN LITERATUR**
Bab ini berisikan kajian literatur mengenai teori maupun konsep dasar postur kerja, sistematika perancangan desain produk, metode QFD yang menjadi dasar dan mendukung penelitian yang sedang dilakukan. Teori maupun konsep dasar ini diperoleh dari buku, jurnal, *website*, maupun pendapat pakar atau sumber yang valid. Selain itu pada bab ini juga memuat uraian terkait hasil penelitian sebelumnya terkait perkembangan perancangan desain produk untuk alat angkut barang, sehingga dapat memberikan rancangan untuk perbaikan serta inovasi desain alat yang akan dikembangkan pada industri genteng.
- BAB III** **METODE PENELITIAN**
Bab ini berisikan penjelasan terkait kerangka pemecahan masalah dan penjelasan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dengan identifikasi masalah menggunakan metode postur kerja REBA serta perancangan inovasi alat dengan *Quality Function Deployment* (QFD). Pada bab ini juga terdapat penjelasan terkait subjek dan objek penelitian, desain eksperimen, sumber data penelitian, alat dan bahan penelitian, teknik pengambilan data, teknik pengolahan data, teknik analisis data, serta bagan alir penelitian.
- BAB IV** **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**
Bab ini berisikan penjelasan proses pengumpulan data identifikasi permasalahan awal, kebutuhan pengguna alat dan tahap perancangan inovasi produk dan pengolahan

data yang didapatkan pada saat penelitian. Pengumpulan dan pengolahan data tersebut dilakukan sesuai dengan metode yang telah dipilih dan dijelaskan pada bab sebelumnya. Selanjutnya, hasil dari pengolahan data tersebut akan disajikan dalam bentuk gambar, grafik, maupun tabel yang akan digunakan sebagai pedoman penyusunan pembahasan hasil yang akan diuraikan pada bab selanjutnya.

BAB V

PEMBAHASAN

Bab ini berisikan mengenai pembahasan secara detail terkait hasil dari pengolahan data pada bab sebelumnya serta penjabaran terkait hasil desain produk yang dirancang berdasarkan dari kebutuhan pengguna. Pembahasan yang dilakukan disesuaikan dengan rumusan permasalahan dan tujuan penelitian untuk mendapatkan kesimpulan dan rekomendasi yang dapat diberikan sebagai penyelesaian permasalahan.

BAB VI

KESIMPULAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan analisis dan pembahasan. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Selain itu pada bab ini mencakup saran yang diberikan berdasarkan pengalaman untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi seluruh sumber data yang digunakan dalam penelitian.

LAMPIRAN

الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Empiris

Perancangan usulan troli barang menggunakan pendekatan antropometri dan ergonomi partisipatori oleh Iskandar, M *et al* (2021) mengenai suatu perancangan alat bantu pada sebuah industri manufaktur. Banyak operator yang mengalami keluhan seperti punggung sakit karena menaikkan dan menurunkan box berisi produk secara manual, kesulitan ketika melewati turunan dan tanjakan karena tidak adanya rem, troli sulit dibelokkan, hingga troli terlalu berat. Melakukan perancangan dengan metode ergonomi partisipatori dengan FGD untuk melihat cakupan dari spesifikasi desain yang diinginkan. Melakukan pengukuran antropometri agar disesuaikan dengan dimensi troli, antara lain lebar alas troli adalah 53 cm, panjang alas troli adalah 90, lebar wadah troli adalah 57 cm, panjang wadah troli adalah 80 cm, panjang terusan wadah troli adalah 30 cm, tinggi troli adalah 84,5 cm, lebar pegangan troli adalah 48 cm, tinggi pegangan troli adalah 84,5 cm, tinggi pengatur tekanan hidrolik adalah 60 cm. Kelebihan dari produk ini yaitu sebuah mekanisme troli yang *adjustable* dan disesuaikan dengan aspek ergonomis, namun memiliki keterbatasan dalam penelitian yaitu pada perancangan dengan kekurangan metode yang tidak disesuaikan kebutuhan pengguna hanya sebatas untuk FGD. Sehingga lebih mencakup kebutuhan konsumen untuk perancangan produk secara umum dengan menggunakan metode KANO, QFD dan metode lainnya. Sehingga dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya terkait simulasi dan implementasi produk komersial dengan menggunakan metode yang disarankan.

Penelitian pada perancangan ulang *manual material handling* troli kursi ergonomis untuk mengurangi tingkat keluhan rasa sakit dan meningkatkan produktivitas kerja karyawan hotel oleh Anwardi & Mulyadi (2020). Melakukan penelitian awal dengan penelitian langsung didapatkan bahwa terjadinya pergerakan yang tidak efektif dalam pengangkutan dimana menyebabkan keluhan rasa sakit hingga *musculoskeletal disorders*. Mengambil 6 responden pekerja didapatkan pekerja *banquet* mengalami keluhan rasa

sakit pada bagian bahu, lengan, pergelangan tangan. Aktivitas yang diidentifikasi pada bagian pengangkatan, pemindahan, membawa dan mendorong suatu objek. Memberikan sebuah usulan terhadap perancangan ulang alat angkut benda (troli) dengan ukuran antropometri tubuh manusia untuk dimensi tinggi troli ketika diberdirikan sebesar 126 cm, tinggi troli ketika digunakan saat didorong sebesar 95 cm, lebar pegangan 39 cm, panjang pegangan 21 cm, diameter pegangan 28 cm. Melalui hasil perancangan produk kemudian melakukan validasi dengan kuesioner *nordic body map* mengalami penurunan, yang awal menggunakan troli lama sebesar 69,04% menurun menjadi 8,33% ketika menggunakan troli kursi ergonomi sehingga produktivitas kerja karyawan meningkat sebesar 20,88% dimana dalam 1 hari kerja karyawan rata-rata hotel dapat membawa 164 tumpukan kursi per hari dengan troli kursi ergonomi yang sebelum hanya dapat membawa rata-rata 136 tumpukan kursi per hari. Keterbaruan dari inovasi perancangan troli yaitu pada handel yang memiliki ukuran antropometri dengan ukuran troli yang dapat memiringkan objek sehingga menjadikan objek yang dibawa tidak terlalu tinggi dan menutupi pandangan pekerja ketika sedang menggunakan troli tersebut. Namun, terdapat kekurangan dari produk ini yaitu produk troli hanya difokuskan kepada pengangkutan objek kursi. Sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan perancangan produk troli dengan memiliki desain yang serbaguna serta perancangan yang disesuaikan dengan pengguna atau kebutuhan *customer*.

Penelitian oleh Esteban *et al* (2020) berkaitan dengan *An Ergonomic Design of Six-Wheeled Trolley for Transportation of a 100-kg Weight Load*. melihat dari perkembangan desain produk dengan berbagai aspek ergonomi. Salah satu pada penelitian ini diangkat karena Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa intervensi ergonomis yang efektif dapat mengurangi tuntutan fisik tugas penanganan material manual sehingga menurunkan terjadinya dan tingkat keparahan MSD dan cedera kerja. Untuk mengontrol sifat dan tingkat keparahan cedera tersebut dalam tugas MMH, makalah ini bertujuan untuk merancang troli yang ergonomis untuk membantu tugas pekerja. Perancangan troli yang digunakan untuk pengangkatan barang seberat 100 kg yang disimulasikan pada desain 3D dan adanya pendekatan perhitungan antropometri. Didapatkan untuk ukuran yang diusulkan pada tinggi troli 112,8 cm, lebar troli 48 cm dan diameter genggam tangan 3,8. Setelah disimulasikan menggunakan aplikasi *Autodesk Fusion 360* simulasi dilakukan untuk menunjukkan bahwa troli secara teoritis dapat membawa beban 250

kilogram karena desain awal dapat menahan beban tersebut. Kemudian, menganalisis dan menghitung kekuatan yang sebenarnya yang harus diterapkan membandingkannya dengan beban yang dapat diangkut dengan troli roda enam. Hasil studi telah menunjukkan bahwa desain ergonomis troli yang diusulkan telah secara signifikan meningkatkan kinerja pekerja pengangkutan material manual dengan beban minimal 100 kg. Selanjutnya penelitian ini dapat diberikan untuk menjadikan contoh validasi desain pada simulasi kekuatan dan ketahanan suatu alat pengangkutan.

Selanjutnya, penelitian oleh Radin Umar *et al* (2019) berkaitan dengan *Design and Development of an Ergonomic Trolley-Lifter for Sheet Metal Handling Task: A Preliminary Study*. Penelitian pada industri pembuat logam lembaran, dalam hal ini terjadi proses produksi yang tidak diinginkan yaitu penanganan manual barang barang besar yaitu logam lembaran. Melakukan identifikasi dengan observasi, wawancara dan melakukan kegiatan simulasi dari permasalahan terkait. Melihat pengangkatan dari suatu titik ke titik lain mengalami kesulitan transfer dikarenakan objek yang besar dan alat angkut yang kurang optimal. Kemudian memberikan solusi suatu perancangan produk alat angkut seperti troli dengan solusi alternatif otomatisasi dan alat bantu mekanis perangkat dengan menyediakan mekanisme sederhana untuk membantu penanganan lembaran logam secara efektif dan aman. Dalam hal ini perancangan untuk inovasi troli dengan hanya diperuntukan untuk gerakan dinamis saja. Perancangan troli dengan adanya pengunci pada bagian roda (*swivel caster wheel*) dan bentuk yang *adjustable* untuk dimiringkan. Prototipe troli terdiri dari penyangga persegi panjang rangka 74 cm hingga 100 cm, alas beroda bingkai dengan sisi segitiga. Rangka alas dengan sisi segitiga dengan ukuran lebar 90 cm, panjang 40 cm, tinggi 100 cm. Dua pegangan terpasang di bagian belakang rangka dasar beroda untuk memberikan dukungan pegangan untuk aktivitas mendorong atau menarik. Rangka penopang persegi panjang duduk pada kemiringan 70 derajat untuk menahan lembaran logam dari jatuh selama transfer. Selain itu, beberapa bola rol dipasang pada rangka penyangga untuk mengurangi gaya gesekan saat menarik dan menggeser lembaran logam dari rak penyimpanan. Semua bingkai terbuat dari tabung logam berongga persegi. Namun, memiliki kelemahan pada produk yaitu hanya dapat digunakan pada aspek industri logam, produk belum memiliki spesifikasi pokok yang diminta oleh pengguna dan untuk roda penggerak tidak memiliki pengunci dan dikhawatirkan dapat untuk menjatuhkan barang logam yang diangkut. Dalam hal ini

perancangan alat hanya didasarkan oleh peneliti saja. Untuk selanjutnya penelitian perancangan alat dapat diberikan dan disesuaikan dengan pertimbangan pengguna serta spesifikasi yang ada untuk lebih membuat aman dan nyaman pengguna.

Penelitian berkaitan dengan *Ergonomic Design for Musculoskeletal Disorder Prevention in the Chemical Processing Industry: Case Study on Weighing Stations and Transfer of Liquid Catalysts* oleh Yadi & Kurniawidjaja (2019). Penelitian pada sebuah industri kimia pada produk cairan katalis. Dalam hal ini melakukan identifikasi awal dengan peninjauan secara langsung dan didapatkan kondisi kerja sering kali dingin dan licin, tetapi peralatan yang terbatas untuk memindahkan dan menimbang bahan baku katalis cair ke dalam wadah dan dapat membahayakan pekerja. Proses kerja yang sering dapat merugikan pekerja dapat diperbaiki untuk menjaga keamanan dan kesehatan pekerja. Peneliti ini melihat pada desain stasiun kerja pada pengangkatan katalis atau transfer produk katalis. Dalam hal ini seluruh komponen lingkungan kerja belum menerapkan ergonomi. Desain postur kerja yang lebih optimal disimulasikan dengan menggunakan *software* CATIA dengan tujuan untuk mengurangi skor RULA. Hasil dari penelitian ini adalah merancang penanganan material secara manual alat di stasiun transfer penyimpanan dan menimbang bahan baku kimia cair, seperti konveyor yang dapat disesuaikan, troli, dan alat pembobot semi-mekanik. Sedangkan hasil pengukuran postur kerja dengan metode RULA diperoleh pengurangan skor sebanyak tiga level. Penelitian ini menyimpulkan bahwa simulasi aktivitas kerja dengan *software* CATIA dengan alat penanganan material manual tambahan, seperti *conveyor* dan troli yang dapat disesuaikan, serta modifikasi dari perangkat penimbangan semi-mekanik, dapat mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal dan bahaya tumpahan cairan kimia. *Work tool design* terintegrasi saat transfer stasiun, serta dan penimbangan mentah katalis cair material berupa penambahan alat bantu kerja: (a) *conveyor*, (b) modifikasi troli, dan (c) mekanisme penimbangan semi otomatis. Hal ini menjadikan kelebihan produk dengan adanya modifikasi troli dan adanya *adjustable* troli. Namun dalam hal ini belum mengembangkan desain produk dengan pemilihan dasar pengukuran ergonomi. Selanjutnya penelitian yang dapat dilakukan yaitu perancangan dengan melihat pada aspek ergonomi.

Penelitian oleh Djamal et al (2019) mengenai perancangan alat bantu pengambilan *part* pada *warehouse* dilihat dari aspek ergonomi. Mengambil sebuah perusahaan garmen manufaktur dengan melakukan identifikasi awal menggunakan kuesioner NBM (*Nordic Body Map*). Rekapitulasi banyaknya 98 keluhan dengan kuesioner NBM memiliki kategori sangat tinggi pada bagian tubuh atas pekerja dan memiliki kategori diperlukan tindakan perubahan dengan segera. Membuat suatu perancangan alat bantu yaitu sebuah alat angkut yang memiliki setiap tujuan spesifikasi yaitu mengurangi biaya tanpa merubah fungsi dengan mengubah material plat besi dengan triplek, merubah dimensi untuk mengurangi biaya dengan mengganti roda troli dengan ukuran 4 inci. Kemudian membuat produk lebih ergonomis dan murah dengan mengubah pegangan meja dengan ukuran 1 inci serta adanya perubahan ukuran pada dimensi antropometri yang disesuaikan dengan tubuh manusia. Simulasi untuk mengetahui turunan dari keluhan sebesar 66 keluhan dengan kategori sedang dan tindakan mungkin diperlukan. Penelitian ini memiliki kelebihan pada produk dengan ukuran yang lebih ergonomis dapat menurunkan biaya serta keluhan postur kerja yang ada. Namun, untuk kekurangan penelitian ini perancangan hanya dibatasi dengan *brainstorming* antara pekerja dan salah satu pekerja tanpa mempertimbangkan pengguna yang lain. Sehingga untuk kedepannya perlu adanya perancangan yang lebih disesuaikan dengan keinginan dan kenyamanan seluruh pengguna perancangan produk yang akan dibuat.

Selanjutnya, penelitian oleh Rizal *et al* (2019) membahas terkait perancangan ulang alat angkut barang melalui tangga pada bangunan bertingkat berdasarkan aspek ergonomi dengan tujuan memberikan sebuah rekomendasi sebuah alat bantu *trolley* dalam pengangkutan barang-barang pada gedung bertingkat. Dalam hal ini mengambil objek tiga asrama mahasiswa yang berada di Bandung. Penelitian awal dilakukan karena banyaknya keluhan mahasiswa dalam melakukan pengangkatan barang ke tempat tujuan. Seperti halnya pengangkatan galon untuk dibawa kepada masing-masing kamar. Kemudian pada asrama tersebut belum memiliki alat pengangkut yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna sehingga menjadikan adanya pengangkutan barang yang dilakukan mahasiswa melebihi batas dan mengalami cedera pada bagian tubuh mereka. Perancangan desain alat angkut yang direkomendasikan memiliki beberapa poin yaitu alat angkut dapat diaplikasikan pada jalan yang miring, *handle* dibuat ergonomis untuk menyesuaikan dengan ukuran tangan manusia agar menghindari cedera saat

menggunakan alat tersebut. Alat angkut yang kokoh, mudah dioperasikan mandiri, dapat dilipat dan tidak menggunakan mesin karena menghindari terjadinya resiko kerusakan mesin. Kelebihan dari produk yaitu mampu menanggung beban seberat 30 kg dan memiliki kapasitas yang besar. Namun penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu aspek ergonomi yang dilihat tidak dijelaskan secara spesifik serta ukuran berat produk yang tidak ringan dan akan menyulitkan pengguna jika tidak sesuai dengan target dalam pengaplikasian alat tersebut. Kemudian ukuran ergonomis dalam hal ini tidak pula ditampilkan hanya sebatas untuk rekomendasi dengan basis ergonomi. Maka dari itu penelitian selanjutnya melakukan pengkajian ulang bobot alat agar menjadi ringan dan *friendly* serta menjawab permasalahan pemindahan barang pada jalan bertingkat.

Penelitian berkaitan *Application of Anthropometry to Overcome Musculoskeletal Problems* oleh Andriani *et al* (2018) menjelaskan mengenai perancangan troli serbaguna pada industri makanan. Identifikasi masalah awal ditemukan bahwa operator membawa adonan kerupuk sangat banyak dengan berat ± 20 kg dan jarak antara kerupuk dengan tempat penjemuran di luar pabrik ± 10 meter, tindakannya berulang. Postur kerja operator saat bekerja tampak membungkuk dan kesulitan membawa adonan. Penghapusan manual oleh operator berulang dapat menyebabkan gangguan muskuloskeletal. Hasil wawancara, operator merasa lelah dan sakit pada anggota badan, hal ini diidentifikasi sebagai ketidaknyamanan pada aktivitas pekerjaan. Dalam hal ini, peneliti melakukan perancangan alat bantu untuk pengangkutan barang dengan bentuk box dan terdapat tutup buka seperti pintu pada troli yang digunakan sebagai pengunci. Perancangan troli bentuk box dengan perhitungan antropometri. Dimensi yang digunakan adalah panjang siku berdiri untuk lebar troli, tinggi siku berdiri untuk tinggi troli pegangan, tinggi lutut adalah singkatan dari tinggi troli dan panjang lengan bawah untuk tinggi pegangan troli ke ketinggian troli dengan penggunaan persentil 5 (P5) bernilai 75,53 cm, tinggi siku berdiri menggunakan persentil 95 (P95) senilai 109,02 cm, tinggi lutut saat berdiri menggunakan persentil 95 (P95) bernilai 48,88 cm dan panjang lengan bawah menggunakan persentil 50 (P50) bernilai 27,38 cm. Sehingga dalam hal ini, troli memiliki keunggulan serta inovasi produk pada fungsi troli yang dapat menampung muatan kapasitas lebih besar daripada sebelumnya dan memiliki aspek ergonomis yang disesuaikan ukuran tubuh manusia. Namun, memiliki kelemahan produk pada hanya sebatas untuk pengukuran antropometri tanpa melihat dari kebutuhan pengguna untuk menyelesaikan desain produk

hasil identifikasi masalah tersebut. Penelitian selanjutnya dapat menyesuaikan dari *customer requirement* untuk sebuah perancangan suatu alat serta adanya uji validitas antara desain yang dibuat.

Penelitian terkait perancangan pegangan gerobak menggunakan ergonomi partisipatif bagi petani kelapa sawit yang dilakukan oleh Surya *et al* (2018). Memiliki permasalahan awal yaitu keluhan rasa sakit pada tubuh bagian atas (*upper extremity*). Penelitian ini memiliki tujuan yaitu merancang alat angkut atau sering disebut gerobak yang gerobak pada bagian tangan alat. Mengambil 10 responden dengan rata-rata usia 24 hingga 31 tahun yang bekerja sebagai petani sawit dengan durasi kerja kurang lebih 3 hingga 4 tahun. Dilakukan perancang gerobak ergonomis dengan ukuran antropometri yang digunakan yaitu Melakukan *interview* pada petani dan mendapatkan hasil kebutuhan petani pada produk yaitu tinggi badan tegak (tbt) untuk panjang pegangan, tinggi bahu berdiri (tbb), lebar telapak tangan (ltt) untuk lebar pegangan, panjang tangan (pt), panjang telapak tangan (ptt) untuk dimensi pegangan, jangkauan tangan kedepan (jtd). Pegangan yang dapat dipanjangkan dan dikembalikan ke bentuk asli fabrikasi sesuai medan yang ditempuh. Didapatkan hasil bahwa ukuran perpanjangan dari tangan gerobak yaitu 30 cm. Penelitian ini berhasil menurunkan keluhan muskuloskeletal dalam penggunaan gerobak antara desain pegangan gerobak fabrikasi dengan desain pegangan gerobak dengan intervensi ergonomi sebesar 31,79%. Memiliki kelebihan dari produk yaitu adanya perancangan alat bantu dengan tambahan pengukuran antropometri serta inovasi pada bagian panjang tangan gerobak yang *adjustable*. Namun tidak terlepas dari kekurangan produk yaitu tidak ada ukuran berat atau beban yang dijadikan jangkauan dalam mengangkat gerobak dan dalam mengangkat masih diperlukan energi mengangkat dan mendorong gerobak karena gerobak hanya memiliki 3 roda dan membutuhkan keseimbangan lebih ketika menggunakannya.

Penelitian yang dilakukan oleh Sokhibi *et al* (2018) membahas perancangan troli ergonomi pada aktivitas pengangkutan beras di penggilingan padi. Identifikasi awal penemuan masalah pada posisi postur kerja ketika melakukan proses kerja dari mesin penggilingan pada menuju timbangan karena tidak mempertimbangan aspek ergonomi dengan membawa beras secara manual yang dipanggul. Jika dilakukan secara terus menerus akan menyebabkan ketidaknyamanan dan keamanan kerja. Maka dari itu, tujuan

penelitian memberikan solusi untuk pengangkatan padi dengan menggunakan alat pengangkut seperti troli dengan memperhatikan aspek pengukuran antropometri agar disesuaikan dengan tubuh manusia. Data antropometri yang digunakan adalah Tinggi Siku Berdiri (TSB) pekerja dan Diameter Genggam Tangan (DGT) pekerja. Ukuran tinggi troli 100, 81 cm; diameter genggam tangan troli 4,77 cm; panjang troli 71 cm; dan lebar troli 52 cm. Dari hasil kuesioner keluhan posisi kerja pekerja, diperoleh penurunan keluhan pada leher sebesar 11%, pada lengan tangan sebesar 90%, pada punggung sebesar 4%, pada pinggang sebesar 8%, pada paha sebesar 47%, pada lutut sebesar 25%, pada betis sebesar 17%. Namun dalam hal ini terdapat kekurangan dari alat yang dirancang yaitu hanya dapat digunakan pada industri penggilingan padi, hanya mampu menurunkan keluhan pada lengan tangan. Penelitian selanjutnya dapat melakukan perancangan alat yang disesuaikan dengan permasalahan untuk mengetahui terdapat penurunan keluhan rasa sakit pada tubuh bagian selain pada bagian tubuh atas (*upper extremity*).

Penelitian oleh Caesaron *et al* (2017) memberikan suatu usulan perancangan alat bantu untuk mengurangi resiko cedera kerja pada buruh angkut berdasarkan penilaian REBA dengan menggunakan QFD. melakukan penelitian awal dengan identifikasi risiko postur kerja melalui metode REBA. tujuan dari penelitian ini yaitu memberikan suatu usulan perancangan desain alat pengangkutan oleh operator penanganan bahan secara manual. melakukan identifikasi awal REBA mendapatkan nilai 7 yang berarti aktivitas beresiko dan segera adanya perbaikan. Dengan demikian, diketahui bahwa aktivitas penanganan bahan secara manual perlu mengalami perbaikan agar dapat mengurangi resiko cedera dan sakit yang selama ini dirasakan oleh operator yang bekerja. Menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) untuk mengetahui kebutuhan teknis pengguna alat. Melalui 18 responden untuk menentukan spesifikasi produk. Didapatkan hasil sebuah alat pengangkutan atau *adjustable* troli dengan spesifikasi mudah dijangkau, ukuran yang sesuai, mudah dilepas pasang, menampung jumlah box yang banyak, dan rak yang kuat. Dimana troli dapat dinaik-turunkan kemudian terdapat lemari box yang digunakan sebagai alat penyimpanan barang yang ada pada troli setelah melakukan pengangkutan. Hasil dari produk tersebut diestimasi dapat mengurangi risiko postur kerja dengan skor REBA 4. Dalam hal ini menjadikan kekurangan dari penelitian karena tidak menjelaskan estimasi secara gambaran atau disimulasikan. Selanjutnya penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan untuk melakukan simulasi dan evaluasi apabila terdapat

suatu masalah dan memberikan rekomendasi sebuah *adjustable* troli pada bagian bawah papan tempat pengangkutan.

Penelitian oleh Jet Li et al (2017) mengenai perancangan alat angkut *welding picture* dengan menggunakan metode REBA dan QFD. Aktivitas pengangkutan mesin yang manual dengan dua orang pekerja memiliki dampak kecelakaan kerja dan keluhan postur kerja. Hal ini disebabkan *fixture* cukup berat, yaitu sekitar 52 Kg, dengan diameter 40 inchi, dan tebal 2.5 inchi, sedangkan jarak dari meja *assembly* ke mesin sekitar 300 cm. kemudian identifikasi metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) didapatkan nilai skor akhir 9 dan digolongkan level resiko tinggi. Kemudian berdasarkan penilaian pada kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) menunjukkan potensi timbulnya rasa sakit pada bagian atas dan tubuh pekerja. Memberikan rekomendasi sebuah alat angkut yang disesuaikan dengan objek permasalahan. Perancangan yang disesuaikan dengan spesifikasi kebutuhan pekerja yaitu dapat mengangkat beban *fixture*, tidak membutuhkan tenaga yang besar, dapat disesuaikan dengan ketinggian mesin, memakai roda pada bagian bawah, memiliki roda yang dapat diputar, handle atau pegangan yang nyaman, adanya sistem pengunci alat, desain yang simpel dan dapat digunakan sebagai meja *assembly*. Dalam hal ini produk memiliki kelebihan yaitu desain *portable* dengan roda yang bisa berputar serta memakai lock serta *adjustable*, sehingga *safety* pada saat beban di atas alat bantu angkat. Memiliki kelemahan pada produk yaitu berat pada troli yang hanya disesuaikan dengan pengangkutan oleh kedua pekerja sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan sebuah evaluasi hasil dari perancangan produk.

Penelitian oleh Caesaron et al (2017) berkaitan dengan *A Tunnel Dryer for Clay Roof Tile; Preliminary Evaluation of Pilot Unit*. bertujuan untuk melakukan evaluasi awal dalam pengeringan tanah liat. Penelitian diambil dengan wawancara dan penelitian langsung terhadap identifikasi permasalahan yang ada. Didapatkan permasalahan pada penjemuran dan pembakaran genteng yang memakan waktu cukup lama sehingga menyebabkan banyaknya keterlambatan dari pesanan genteng. Kemudian penelitian memberikan suatu inovasi terkait perancangan sebuah alat untuk pengeringan tanah liat dengan memiliki sehat bertingkat yang digunakan pada oven atau tungku besar pengeringan tanah liat. Dalam hal ini percobaan pengeringan awal ini adalah dilakukan pada nilai RH rata-rata 76,8% - 83,1%. Di bawah ini kondisi lingkungan umumnya dalam

pengeringan alami konvensional, dibutuhkan sekitar 14 hari untuk menyelesaikan pengeringan tanah liat. Memiliki kelebihan penelitian yang diberikan yaitu pemilihan konsep produk dengan membandingkan konsep yang akan dirancang. Namun untuk keterbatasan penelitian yaitu ukuran yang sangat besar produk penjemuran pada rumah oven menyebabkan kesulitan pekerja dalam mengoperasikannya. Sehingga lanjutan perbaikan mekanisme pemuatan, membongkar dan memindahkan tanah liat dengan perancangan alat bantu angkut diperlukan untuk membuatnya lebih banyak mudah digunakan.

Penelitian yang dilakukan oleh Dian Putra *et al* (2016) dengan melakukan perancangan alat bantu *material handling* produksi genteng menggunakan metode *Axiomatic House Of Quality* (AHOQ) membahas terkait permasalahan yang berada pada industri genteng. Berawal dari permasalahan keterbatasan tempat untuk melakukan aliran proses penjemuran dikarenakan cuaca yang kurang mendukung dan pekerja melakukan pengangkutan genteng dari stasiun kerja satu ke lainnya menggunakan pengangkutan manual. Sehingga dalam hal ini terjadi penumpukan genteng yang seharusnya mendapatkan hasil produksi rata-rata 300 hingga 350 per hari pun menjadi turun. Kemudian penelitian ini melakukan identifikasi serta evaluasi untuk mengukur suatu proses kinerja pada penjemuran genteng dengan mengembangkan inovasi desain produk sebuah alat untuk menjemur genteng pada industri tersebut. Melalui metode yang digunakan yaitu model *Axiomatic House of Quality* (AHOQ) dimulai dari pengumpulan data historis, identifikasi kebutuhan pengguna, menetapkan sebuah spesifikasi teknis produk berdasarkan *customer requirement*, menyusun model integrasi antara *house of quality* dan *axiomatic design*, pengembangan konsep, pemilihan konsep, pengujian konsep dan menentukan desain spesifikasi akhir. Memiliki kriteria alat bantu meringankan pekerjaan, alat bantu dapat meningkatkan kapasitas tempat penjemuran, alat bantu dilengkapi roda, alat bantu dapat mempercepat kegiatan pemindahan genteng, alat bantu mudah untuk dioperasikan dan alat bantu dapat menjaga kualitas genteng. Didapatkan tiga alternatif konsep dan yang terpilih yaitu konsep tiga dengan spesifikasi alat berbentuk rak dengan material kayu ulin, bagian roda menggunakan roda jenis *TPE Castor Wheel*, dan terakhir bagian pengatur kemiringan untuk masing-masing tingkat rak menggunakan tuas *handle*. Ukuran dari rancangan alat yaitu total tinggi rak adalah 177 cm dengan tinggi roda 7 cm dan jarak antar tingkat rak 30 cm. Lebar rak 30 cm dan panjang rak 160 cm. Namun penelitian ini

memiliki keterbatasan yaitu bentuk yang terlalu tinggi dan besar serta tidak disesuaikan dengan tempat dan lokasi pada berbagai IKM untuk ukuran karena memiliki perbedaan ukuran ruangan pada setiap IKM. sehingga penelitian selanjutnya melakukan redesain dengan ketentuan ukuran produk dengan *general*.

Penelitian oleh Sharma *et al* (2016) berkaitan dengan *Design of Multilevel Height Adjusting Industrial Trolley: Using Ergonomic Approach*. Mengambil sebuah permasalahan pada industri pemasok komponen logam dan non logam. Melakukan identifikasi awal dengan menggunakan postur kerja yaitu REBA dalam melakukan pengangkatan, dimana diantaranya menilai postur dan sudut antara tungkai dan sendi lainnya. Skor penilaian ergonomis untuk leher dan bagian badan atas yaitu sebesar 8. Skor tersebut merupakan indikator terhadap risiko tinggi *Work-Related Musculoskeletal Disorders* (WMSDs) pada operator. Operator terikat untuk menggunakan postur seperti itu karena penggunaan troli standar untuk semua stasiun kerja. Stasiun kerja yang diamati berada pada platform dengan ketinggian yang berbeda tergantung pada mesin yang digunakan untuk operasi masing-masing. penciptaan alat bantu troli dapat menurunkan skor REBA. Desain troli baru yang mampu melakukan penyetelan kasar dan halus mampu menunjukkan perbaikan postur tubuh yang signifikan. Juga fitur desain baru akan membantu menjaga kualitas produk jadi saat diproduksi. Kelebihan dari pengembangan produk troli ini berbentuk *adjustable* dalam bentuk box troli dapat naik dan turun pada dasaran troli dengan menggunakan sebuah tombol. Untuk berat minimum dari troli yaitu 2,5 N dan maksimum berat yaitu 600 N. Namun produk ini memiliki kelemahan yaitu troli tidak dapat dioperasikan dengan satu pekerja apabila menggunakan berat maksimum dari produk, kemudian perancangan troli hanya dapat menurunkan keluhan pada bagian leher dan kepala namun tidak bagian badan. Sehingga penelitian selanjutnya perlu adanya pengembangan troli yang disesuaikan berat dan kebutuhan serta memberikan inisiasi untuk keluhan pada bagian anggota tubuh selain badan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dibahas, dapat diketahui bahwa penelitian yang dilakukan untuk perancangan alat bantu pengangkutan atau sering disebut dengan troli. Dimulai berkembang modifikasi troli general hingga ditambahkan dengan pengukuran antropometri guna menjadikan produk lebih nyaman ketika digunakan. Penelitian terdahulu hanya berfokus pada penyelesaian masalah bagian tubuh atas (*upper*

extremity), tubuh bagian bawah (*lower extremity*). Namun, tidak banyak penelitian yang membahas terkait penyelesaian untuk keseluruhan keluhan dari bagian atas tubuh, bawah tubuh, atau bagian badan. Kekurangan terbanyak penelitian yang hanya difokuskan pada perancangan alat untuk objek penelitian masing-masing dan hanya mempertimbangkan untuk aspek efektivitas dalam mengangkut barang dengan kapasitas yang besar. Kemudian, metode yang digunakan yang hanya menjadi pertimbangan desain hanya dari sisi peneliti atas permasalahan yang diselesaikan, tidak banyak penelitian dengan metode perancangan produk yang disesuaikan dengan keluhan dari pengguna atas permasalahan yang dirasakan salah satunya dapat menggunakan metode QFD.

Sedangkan fokus penelitian ini adalah melakukan perancangan alat angkut genteng yang inovatif dan ergonomis untuk memudahkan dalam aktivitas pengangkutan dengan kapasitas yang besar serta menyelesaikan permasalahan keluhan rasa sakit pada keluhan muskuloskeletal khususnya tubuh bagian *upper-lower extremity* dan *columna vertebral* dengan metode *Quality Function Deployment* (QFD) untuk mengetahui desain yang disesuaikan dengan pengguna agar pengguna memiliki tingkat kepuasan terhadap pengembangan desain produk yang dirancang. Karena metode QFD memiliki kelebihan dalam pengembangan desain spesifikasi berdasarkan suara dan kebutuhan pelanggan, sehingga akan lebih cepat dan tepat untuk menerjemahkan segala keluhan kepada bahasa teknis untuk mendapatkan dari spesifikasi dari kebutuhan pengguna pada perancangan produk. Serta melakukan simulasi desain 3D dan uji beda sebelum dan sesudah desain yang telah dibuat pada sebuah Industri Genteng Rumahan Boyolali.

2.2 Kajian Teoritis

2.2.1 Ergonomi

Diperlukan serangkaian pekerjaan untuk mencapai desain terbaik, seperti perencanaan dan pengembangan desain, mulai dari penemuan ide, analisis dan dilanjutkan dengan serangkaian tahapan seperti pengembangan, desain konsep, sistem dan detail, pembuatan prototipe, proses produksi, evaluasi atau pengujian produk, dan diselesaikan pada tahap

distribusi. Pemecahan masalah untuk desain yang baik harus mengenali manusia dan aktivitasnya, seperti ukuran, postur, posisi dalam aktivitas, perilaku dan cara aktivitas manusia. Menilai hal ini, perlu pertimbangan ergonomis. Ergonomis adalah salah satu kualifikasi untuk mencapai desain dan kebutuhan pelanggan yang berkualitas dan bersertifikat (Wardani, 2003). Ilmu ergonomi yang diterapkan pada suatu lingkungan kerja dapat efektif bilamana memiliki ketentuan untuk lingkungan, kondisi serta situasi yang diterima oleh pemakai yang aman, nyaman, mudah untuk digunakan. Dimana rekayasa faktor-faktor manusia ini disebut juga dengan ilmu ergonomi, karena seluruh aktivitas kerja mencocokkan pada kebutuhan dan kenyamanan pekerja (Pujadi, 2008).

Menurut seorang ilmuwan bernama DR. Roger W. Pease Jr. (Sander, et al, 1987) merekomendasikan definisi dari ergonomi adalah suatu aplikasi ilmu pengetahuan yang memperhatikan karakteristik manusia yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan dan penataan sesuatu yang digunakan sehingga antara manusia dengan benda yang digunakan tersebut terjadi interaksi yang lebih nyaman dan efektif .

Kegunaan dari penerapan ergonomi menurut Husein *et al* (2009) adalah untuk:

- a. Memperbaiki performansi kerja (menambah kecepatan kerja, keakuratan, keselamatan kerja dan mengurangi energi kerja yang berlebihan serta mengurangi kelelahan).
- b. Mengurangi waktu yang terbuang sia-sia dan meminimalkan kerusakan peralatan yang disebabkan "*human error*".
- c. Memperbaiki kenyamanan manusia dalam kerja.

Maka dari hal tersebut ketika melakukan sebuah aktivitas kerja penting erat kaitannya dengan dasar ilmu ergonomi yang menjadikan suatu identifikasi masalah, analisis dan rekomendasi pada desain stasiun kerja yang digunakan saat melakukan aktivitas kerja. Untuk mencapai tingkat implementasi ergonomi yang efektif memiliki beberapa poin penting, antara lain (Ray & Teizer, 2012):

- a. Komitmen waktu, tenaga kerja dan sumber daya pemberi kerja.
- b. Manajer program yang berwenang untuk membuat keputusan dan pemasukan perubahan.
- c. Keterlibatan seluruh stakeholder dan mengidentifikasi masalah serta mencari solusi.

- d. Mengidentifikasi tugas administratif yang terdefinisi dengan baik.
- e. Sistem untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor risiko.
- f. Sistem untuk meneliti, memperoleh dan mengimplementasikan solusi, seperti : peralatan baru.
- g. Pelatihan kerja dan manajemen.
- h. Keamanan dan kesehatan kerja yang dibutuhkan untuk pekerja agar tetap membantu untuk tetap produktif.
- i. Memelihara catatan cedera.
- j. Evaluasi berkala terhadap proses efektivitas ergonomi yang telah dilakukan.

Sehingga perlu adanya karakteristik ilmu ergonomi dalam aktivitas kerja. Sehingga mengurangi gangguan kesehatan yang diakibatkan dari gerakan yang tidak diinginkan hingga adanya cedera pada tubuh. Cara kerja pekerja sangat berpengaruh pada kesehatan dan keselamatan pada seluruh aktivitas kerja untuk tetap mempertahankan dan meningkatkan produktivitas kerja (Setiawan, 2017).

2.2.2 Postur Kerja

Istilah "postur" berarti posisi tubuh di ruangan itu berada. Ini menunjukkan posisi tubuh dan memiliki tujuan untuk menjaga keseimbangan tubuh, selama gerakan dinamis dan statis (Carini *et al.*, 2017). Pertimbangan ergonomis yang berkaitan dengan postur kerja dapat membantu mendapatkan pekerjaan yang nyaman postur kerja bagi pekerja, baik itu postur kerja berdiri, duduk, angkat dan angkut. Beberapa jenis pekerjaan akan membutuhkan postur kerja tertentu yang terkadang tidak menyenangkan. Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja untuk selalu berada dalam postur kerja yang tidak wajar dan terus menerus selama jangka waktu yang lama. Hal ini, akan menyebabkan pekerja cepat lelah, keluhan nyeri di tubuh, hingga kecacatan tubuh (Mufti *et al.*, 2013). Konsep kunci dari postur menurut Carini *et al* (2017) sebagai berikut:

- a. Konsep spasial: posisi diasumsikan oleh tubuh di tiga arah ruang dan ruang hubungan antara berbagai segmen kerangka
- b. Konsep anti-gravitasi: gravitasi adalah kekuatan eksternal fundamental mental untuk penyesuaian postur, dan keseimbangan postural adalah respons terhadap gravitasi

- c. Konsep keseimbangan: hubungan antara subjek dan lingkungan.

2.2.3 *Musculoskeletal Disorder*

Musculoskeletal disorders (MSDs) adalah jenis masalah kesehatan yang paling umum di industri terutama skala kecil-menengah. Pada industri kecil-menengah masih sangat mengandalkan tenaga manusia untuk menjalankan sebagian besar kegiatan produksi. Sebagian besar pekerjaan dilakukan secara manual. Gangguan muskuloskeletal sering terjadi karena bekerja pada posisi tertentu, dalam waktu yang lama dan postur kerja yang salah (Rizky *et al.*, 2018). Pengertian *Musculoskeletal disorders* (MSDs) menurut (Tarwaka, 2013) kelainan yang disebabkan penumpukan cedera atau kerusakan-kerusakan kecil pada sistem muskuloskeletal akibat trauma berulang yang setiap kalinya tidak bisa sembuh secara sempurna, sehingga membentuk kerusakan cukup besar untuk menimbulkan rasa sakit. Selain itu, Ashary Aznam *et al* (2017) mendefinisikan *Musculoskeletal disorders* (MSDs) adalah keluhan sakit, nyeri, pegal-pegal dan lainnya pada sistem otot (*muskuloskeletal*) seperti tendon, pembuluh darah, sendi, tulang, saraf dan lainnya yang disebabkan oleh aktivitas kerja. Dalam hal ini dapat diketahui bahwa MSDs merupakan gangguan rasa sakit atau nyeri pada bagian tubuh tertentu yang dirasakan oleh seseorang yang diakibatkan ketika melakukan aktivitas pekerjaan dengan tidak benar dan cukup lama, diawali dengan nyeri sakit hingga dapat berakibat fatal yaitu cedera pada bagian tertentu. Selanjutnya, MSDs perlu untuk diperbaiki agar tetap meningkatkan suatu produktivitas kerja.

Gangguan muskuloskeletal datang dalam berbagai bentuk. Dalam hal ini menurut Gupta *et al* (2014) menjelaskan untuk tipe-tipe dari MSDs, sebagai berikut:

- a. *Back Problems* (Permasalahan Bagian Punggung)

Pada bagian punggung terdapat pada nyeri bagian punggung bawah dan atas. Nyeri bagian punggung bawah memiliki kesulitan dalam penyembuhan dikarenakan proses faktor untuk penambahan usia dan gerakan fleksi lumbal dengan rotasi meningkatkan risiko sakit pinggang. Hal ini semakin diperburuk oleh ketidakfleksibelan di sekitar pinggul dan panggul serta kelemahan relatif dari stabilisator tulang belakang lumbar, termasuk perut dan otot gluteal. Selanjutnya, sakit punggung bisa ada karena postur abnormal, kelemahan relatif dan penurunan daya tahan, dan

kemudian diperburuk oleh cedera 'spesifik'. Sedangkan untuk nyeri punggung atas Hanya jarang mengalami gejala degenerasi karena ada sedikit gerakan dan stabilitas yang besar. Mungkin, penyebab nyeri punggung tengah yang lebih sering adalah nyeri otot dari otot postural dan otot scapula. Kontribusi postur abnormal, postur statis, buruk kekuatan dan daya tahan, dan pengkondisian individu secara keseluruhan perlu diperhitungkan.

b. *Hand and Wrist Problems* (Permasalahan Bagian Tangan dan Pergelangan)

Penyebab utama gangguan gerakan tangan berulang adalah gerakan fleksi dan ekstensi pergelangan tangan yang konstan dan jari. Gerakan tangan yang kronis dan berulang-ulang dan pergelangan tangan, tampaknya menjadi yang paling merugikan. Faktor umum lainnya yang berkontribusi terhadap cedera tangan dan pergelangan tangan termasuk gerakan di mana pergelangan tangan menyimpang dari postur netral menjadi abnormal atau posisi yang tidak diinginkan, bekerja terlalu lama tanpa memungkinkan istirahat atau pergantian otot tangan dan lengan bawah tekanan mekanis ke saraf digital dari genggamannya yang berkelanjutan ke tepi tajam pada pegangan instrumen, kerja keras dan penggunaan instrumen getaran yang diperpanjang.

c. *Awkward Postures* (Posisi yang Tidak Diinginkan)

Lebih banyak tekanan ditempatkan pada cakram tulang belakang saat mengangkat, menurunkan, atau menangani benda dengan punggung ditekuk atau dipelintir dibandingkan dengan saat punggung lurus. Manipulatif atau tugas lain yang membutuhkan pembengkokan atau puntiran berulang atau berkelanjutan pergelangan tangan, lutut, pinggul, atau bahu juga menambah tekanan pada sendi ini. Kegiatan yang membutuhkan pekerjaan yang sering atau berkepanjangan di atas ketinggian bahu bisa sangat membuat stres.

d. *Forceful Exertions* (Pengerahan Tenaga)

Tugas yang membutuhkan pengerahan tenaga yang kuat (seperti pencabutan gigi) menempatkan beban yang lebih tinggi pada otot, tendon, ligamen dan sendi. Pengalaman berkepanjangan jenis ini dapat menimbulkan tidak hanya perasaan lelah tetapi juga dapat menyebabkan muskuloskeletal masalah ketika tidak ada waktu yang cukup untuk istirahat atau pemulihan.

e. *Repetitive Motions* (Perulangan Gerakan)

Jika gerakan sering diulang dan untuk waktu yang lama, kelelahan dan ketegangan otot-tendon dapat menumpuk. Efek gerakan berulang dari melakukan aktivitas kerja yang sama meningkat ketika postur canggung dan pengerahan tenaga yang kuat terlibat. Sehingga mengakibatkan timbulnya nyeri otot dan berpengaruh pada produktifitas kerja.

f. *Duration* (Durasi)

tugas-tugas yang membutuhkan penggunaan otot atau gerakan yang sama untuk jangka waktu yang lama meningkatkan kemungkinan lokal dan kelelahan umum. Secara umum, semakin lama periode kontinu bekerja semakin lama pemulihan atau waktu istirahat yang dibutuhkan.

g. *Contact Stresses* (Kontak Stres)

Kontak berulang atau terus menerus dengan benda keras atau tajam, seperti tepi meja yang tidak bundar atau tidak empuk, alat sempit pegangan dapat menciptakan tekanan pada satu area tubuh (contoh: lengan bawah atau sisi jari) yang dapat menghambat saraf fungsi dan aliran darah.

h. *Vibration* (Getaran)

Paparan getaran lokal terjadi ketika bagian tertentu dari tubuh bersentuhan dengan objek yang bergetar sehingga dapat mempengaruhi dari gerakan ketika menggunakan alat tersebut dan mendapatkan tekanan pada getaran alat yang ada akan mempengaruhi otot tubuh yang terkena sehingga jika dilakukan tidak dengan batasan waktu akan mengalami nyeri pada bagian tubuh tersebut.

i. *Psychosocial Factors* (Faktor Psikis)

Stressor yang teridentifikasi meliputi tuntutan psikologis untuk melakukan operasi yang cermat dengan sedikit atau tanpa istirahat atau pengalihan dan tekanan waktu. MSD terkait pekerjaan menunjukkan kecenderungan yang signifikan untuk lebih tidak puas di tempat kerja dan lebih dibebani oleh kecemasan, mengalami kesehatan psikosomatik yang lebih buruk dan merasa kurang percaya diri.

2.2.4 REBA

Dari sudut pandang ergonomis, penanganan manual adalah aktivitas berisiko tinggi yang dapat menyebabkan sakit punggung. Secara fisiologis, penanganan material secara

manual membutuhkan energi dan kekuatan otot yang tinggi. Umumnya, penanganan material secara manual dilakukan secara tidak tepat dan dapat menyebabkan peradangan pada saraf dan otot. Sumber utama masalah ini adalah beban statis yang dibawa, frekuensi, dan durasi yang lama, menyebabkan ketegangan atau gangguan pada sendi dan ligamen (Rizkya *et al.*, 2018).

Penilaian *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) pertama kali diperkenalkan oleh Lynn Mc Atamney dan Sue Hignett (1993), cara yang relatif sederhana untuk menilai risiko kelainan seluruh tubuh akibat pekerjaan (Ansari *et al.*, 2014). Metode REBA ini digunakan sebagai alat untuk mengukur kelelahan yang terjadi akibat bekerja. Banyak penelitian telah menerapkan metode REBA untuk menilai dan menganalisis postur. REBA dapat mengurangi 85% risiko pekerjaan menjadi risiko rendah kelainan muskuloskeletal dan dapat diabaikan (McAtamney dan Nigel Corlett, 1993).

Tujuan dari metode REBA antara lain yaitu melakukan pengembangan analisis postur yang sensitif terhadap risiko *muskuloskeletal* dalam berbagai tugas, melakukan penilaian aktivitas otot yang disebabkan akibat pergerakan individual, menentukan coupling dalam penanganan beban pada suatu pengangkatan melalui tangan dan memberikan indikasi urgensi postur kerja. Serta penilaian REBA dilakukan pada bagian, berikut (McAtamney & Hignett, 2004):

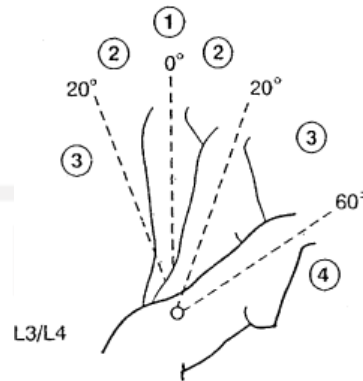
a. *Wrist/Punggung*

Berikut merupakan Gambar 2.1 untuk perhitungan penentuan skor REBA bagian punggung:

Tabel 2. 1 Perhitungan REBA Punggung

Pergerakan	Skor	Penambahan Skor
Tegak/alamiah	1	
$0^0 - 20^0$ flexion	2	
$0^0 - 20^0$ extension	2	+1 jika memutar atau miring ke samping
$20^0 - 60^0$ flexion	3	
$> 20^0$ extension	3	

Pergerakan	Skor	Penambahan Skor
$> 60^{\circ}$ flexion	4	



Gambar 2. 1 Sudut Postur Punggung

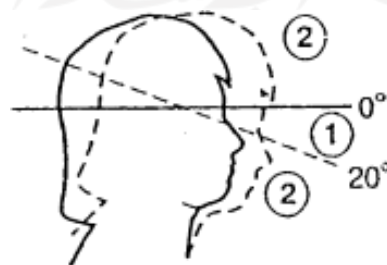
Keterangan pada gambar untuk nilai postur kerja (a) postur alamiah,(b) postur $0-20^{\circ}$ flexion, (c) postur $20-60^{\circ}$ flexion, (d) postur 60° flexion atau lebih.

b. Neck/Leher

Berikut merupakan Tabel 2.2 untuk perhitungan penentuan skor REBA bagian leher:

Tabel 2. 2 Perhitungan REBA Leher

Pergerakan	Skor	Penambahan Skor
$0^{\circ} - 20^{\circ}$ flexion	1	+1 jika memutar atau miring ke samping
$>20^{\circ}$ flexion atau extension	2	



Gambar 2. 2 Sudut Postur Leher

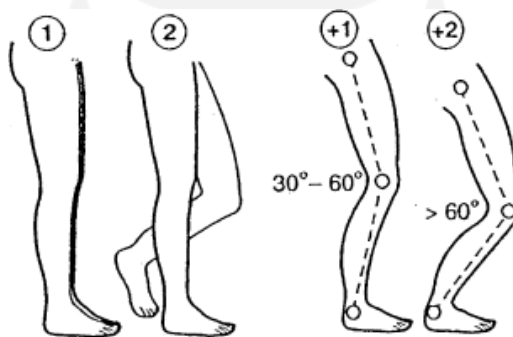
Dengan keterangan untuk gambar yaitu *Range* pergerakan leher (a) postur 20° atau lebih *flexion*, (b) postur *extension*

c. Kaki

Berikut merupakan Tabel 2.3 untuk perhitungan penentuan skor REBA bagian kaki:

Tabel 2. 3 Perhitungan REBA Kaki

Pergerakan			Skor	Penambahan Skor
Kaki tertopang, bobot tersebar merata, jalan atau duduk			1	+1 jika lutut antara 30° dan 60° <i>flexion</i>
Kaki bobot	tidak tertopang, tidak tersebar	tertopang, tersebar	2	+2 jika lutut $> 60^{\circ}$ <i>flexion</i> (tidak ketika



Gambar 2. 3 Sudut Postur Kaki

Keterangan dari gambar diatas adalah (a) kaki tertopang, bobot tersebar merata, (b) kaki tidak tertopang, bobot tidak tersebar merata, (c) lutut menekuk antara 30° – 60° *flexion*, dan (d) lutut menekuk $>60^{\circ}$ *flexion* (tidak ketika duduk)

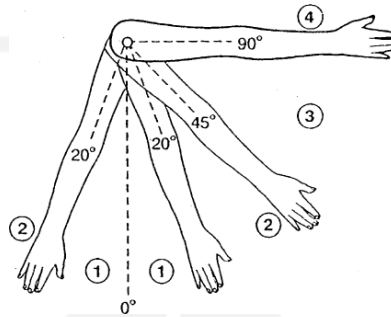
d. Lengan Atas

Berikut merupakan Tabel 2.4 untuk perhitungan penentuan skor REBA bagian lengan atas:

Tabel 2. 4 Perhitungan REBA Lengan Atas

Pergerakan	Skor	Penambahan Skor
20° <i>extension</i> sampai 20° <i>flexion</i>	1	+1 jika posisi lengan

$>20^0$ extension	2	<i>abducted</i> atau <i>rotated</i>
$20^0 - 45^0$ flexion		+1 jika bahu ditinggikan
$>45^0 - 90^0$ flexion	3	-1 jika bersandar, bobot lengan ditopang atau sesuai gravitasi
$>90^0$ flexion	4	



Gambar 2. 4 Sudut Postur Lengan Atas

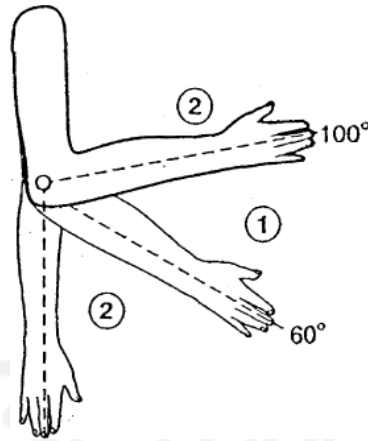
Keterangan dari gambar di atas adalah (a) postur 20^0 flexion dan extension, (b) postur $>20^0$ extension atau postur $20 - 45^0$ flexion, (c) postur $45 - 90^0$ flexion, (d) postur $>90^0$ flexion

e. Lengan bawah

Berikut merupakan Tabel 2.5 untuk perhitungan penentuan skor REBA bagian lengan bawah:

Tabel 2. 5 Perhitungan REBA Lengan Bawah

Pergerakan	Skor
$60^0 - 100^0$ flexion	1
$<60^0$ flexion atau $>100^0$ flexion	2



Gambar 2. 5 Sudut Postur Lengan Bawah

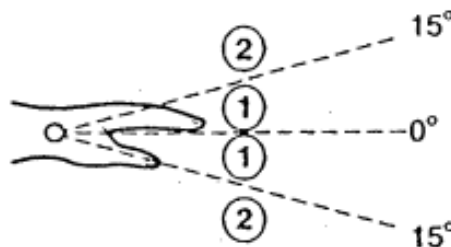
Keterangan dari gambar di atas adalah (a) postur $60 - 100^{\circ}$ flexion, (b) postur $<60^{\circ}$ flexion dan $<100^{\circ}$ flexion.

f. Pergelangan Tangan

Berikut merupakan Tabel 2.6 untuk perhitungan penentuan skor REBA bagian lengan pergelangan tangan:

Tabel 2. 6 Perhitungan REBA Pergelangan Tangan

Pergerakan	Skor	Penambahan Skor
$0^{\circ} - 15^{\circ}$ flexion / extension	1	+1 jika pergelangan tangan menyimpang atau berputar
$>15^{\circ}$ flexion / extension	2	

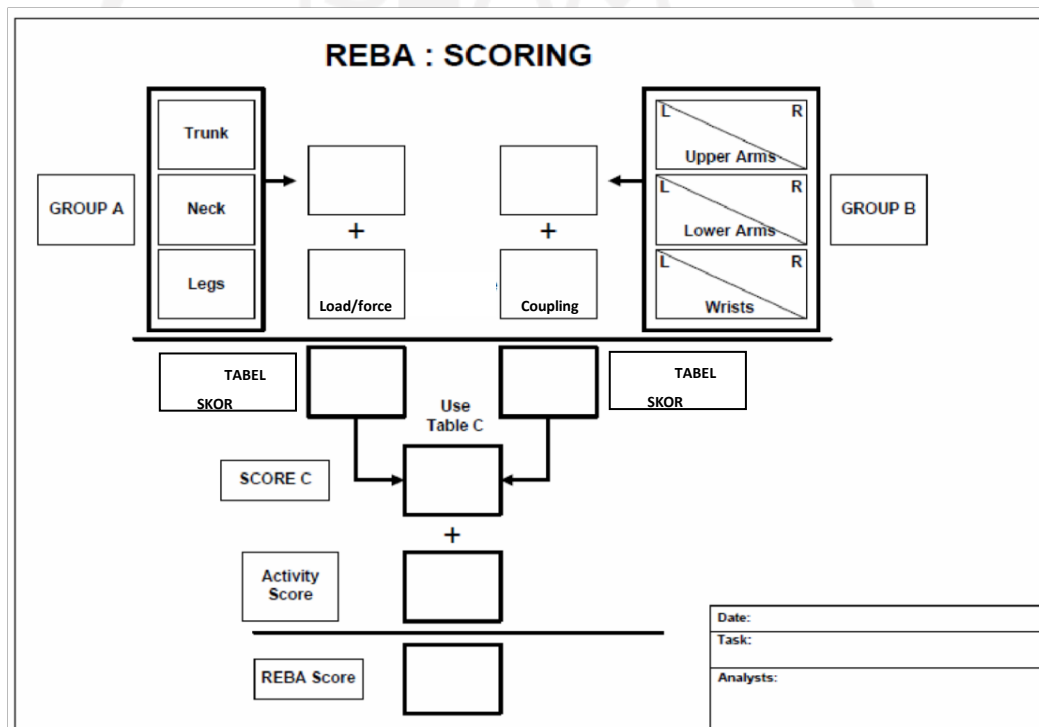


Gambar 2. 6 Sudut Postur Pergelangan Tangan

Keterangan dari gambar di atas adalah (a) postur alamiah, (b) postur $0 - 15^{\circ}$ flexion dan extension, (c) postur $>15^{\circ}$ flexion, (d) postur $>15^{\circ}$ extension.

g. Perhitungan REBA

Dalam hal ini untuk perhitungan dari REBA dimulai untuk perhitungan tabel A (bagian perhitungan *trunk*, *neck* dan *legs*) kemudian ditambahkan dengan kategori beban yang diangkat oleh operator. Untuk perhitungan tabel B (bagian perhitungan *upper arms*, *lower arm* dan *wrist*) kemudian ditambahkan dengan kategori coupling yang dipegang oleh operator. Hasil dari kedua nilai pada tabel A dan Tabel B akan digerakkan pada tabel C yang mana skor akhir REBA yaitu tabel C ditambahkan dengan *activity score* yang ada. Berikut gambar 2.7 merupakan penjelasan dari tahapan *scoring* REBA dan kategori untuk penambahan pada tabel A, B dan C:



Gambar 2. 7 Langkah-langkah Perhitungan REBA

Sumber : Hignett & McAtamney (2000)

Kemudian, berikut Tabel 2.7 , Tabel 2.8 dan Tabel 2.9 merupakan penentuan berat benda yang diangkat, *coupling* dan *activity score*:

Tabel 2. 7 Skor Berat Beban yang Diangkat.

Berat Beban	Skor	Penambahan Skor
< 5 Kg	0	+1, jika terjadi
5 – 10 Kg	1	penambahan berat beban secara tiba
> 10 Kg	2	– tiba.

Tabel 2. 8 Tabel Coupling

Skor	Kategori	Keterangan
0	<i>Good</i>	Jenis pegangan kuat dan tepat berada di tengah bagian sisi beban.
1	<i>Fair</i>	Pegangan tangan bisa diterima tapi belum ideal atau coupling lebih sesuai digunakan oleh bagian lain
2	<i>Poor</i>	Pegangan tangan tidak bisa diterima walaupun memungkinkan.
3	<i>Unacceptable</i>	Pegangan tangan tidak ideal karena dipaksakan dan tidak aman. Tidak sesuai jika digunakan oleh bagian tubuh yang lain (tanpa <i>coupling</i>).

Tabel 2. 9 Activity Score

Skor	Keterangan
+1	Satu atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari satu menit
+1	Pengulangan gerakan dalam rentang waktu singkat, diulang lebih dari empat kali per menit (tidak termasuk berjalan)
+1	Gerakan menyebabkan perubahan atau pergeseran postur yang cepat dari postur awal

Berikut Tabel 2.10 merupakan hasil dari kategori untuk klasifikasi pada metode REBA (Hignett & McAtamney, 2000):

Tabel 2. 10 Skor REBA

Skor	Tingkatan Risiko dan Tindakan
1-2	Risiko diabaikan, tidak perlu penanganan
3-4	Risiko rendah, penanganan jika dibutuhkan
5-6	Risiko sedang, penanganan lebih lanjut, butuh perubahan segera
6+	Sangat berisiko, lakukan perubahan sekarang

2.2.5 Desain Produk

Desain adalah langkah pertama dalam manufaktur, dan dari hal tersebut sebagian besar keputusan penting dibuat yang mempengaruhi biaya akhir dari suatu produk. Ketersediaan teknik ini telah menciptakan revolusi dalam industri manufaktur yang mengarah pada penurunan biaya produk, kualitas yang lebih baik, waktu pemasaran yang lebih singkat, inventaris yang lebih rendah, sedikit pemasok, dan banyak perbaikan lainnya (Boothroyd, 1994). Semakin banyak produk menjadi kunci daya saing dalam manufaktur industri. Merancang dan mengembangkan produk adalah proses kompleks yang membutuhkan pendekatan sistematis (Roozenburg, 1995).

Bagaimana elemen desain yang berbeda dapat digunakan secara strategis untuk menciptakan dua rantai hasil yang sangat berbeda dari perspektif konsumen. Desain Produk menunjukkan bahwa elemen desain tertentu lebih cenderung menciptakan diferensiasi produk fungsional dan hasil konsumen transaksional, sementara strategi desain lain memanfaatkan bentuk penciptaan nilai yang lebih emosional agar dapat memikat dan kesesuaian fungsi dengan konsumen (Noble et al, 2008).

Desain produk memiliki tiga dimensi berbeda yaitu fungsi, bentuk, dan ergonomi. Semuanya memiliki keterkaitan untuk saling mengevaluasi. Dalam hal ini menunjukkan bahwa bentuk, fungsi, dan ergonomi digunakan oleh konsumen sebagai isyarat untuk mengevaluasi produk, bentuk preferensi mereka, dan kemudian membuat pilihan sesuai dengan preferensi tersebut yang pada akhirnya mendorong pangsa pasar (Jindal *et al*, 2016).

Beberapa metode desain produk yang dikembangkan memiliki berbagai tujuan yang disesuaikan dengan penyelesaian permasalahan dan batasan masalah yang diambil dalam hal pengembangan dan inovasi produk, berikut Tabel 2.11 merupakan deskripsi dari masing-masing metode desain produk:

Tabel 2. 11 Metode Desain Produk

Desain Produk	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan
QFD (<i>Quality Function Deployment</i>)	Metode perancangan yang digunakan untuk	Metode QFD yang memiliki penerjemahan kebutuhan	Dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk proses pengembangan

Desain Produk	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan
	mengidentifikasi kebutuhan pengguna, mengevaluasi dan memperbaiki proses produksi dengan berdasarkan dari kebutuhan dan keinginan agar desain produk sesuai dengan pengguna (Prasetyo, 2018).	menjadi spesifikasi lebih detail dimulai dari spesifikasi sistem, spesifikasi subsistem, spesifikasi komponen dengan tingkat kepentingan yang dihitung dan dibandingkan dengan kebutuhan teknis yang ada (Prasetyo, 2018)	produk sehingga memungkinkan kehilangan suara pengguna dengan hasil akhir yang membandingkan pada spesifikasi produk (Manchulenko, 2011)
KANO	Suatu metode yang digunakan untuk menganalisis dan memahami dari faktor yang menentukan kepuasan dari pengguna dalam perancangan sebuah produk.	Memiliki fungsi dalam penggolongan kebutuhan pengguna dengan kategori primer (<i>attractive, must be, one dimensional</i>) dan kategori sekunder (<i>indifferent, reverse</i>). Adanya kategori atribut yang dijadikan untuk pemenuhan kebutuhan (Manyu et al, 2019)	Metode ini hanya dapat diukur dengan pengelompokan kategori kebutuhan tanpa melihat nilai kuantitas dari seberapa besar nilai performansi atribut kategori yang dibutuhkan pengguna (Dwirini et al, 2015)
<i>Kansei Engineering</i>	Sebuah teknologi yang digunakan untuk merekayasa dalam perwujudan produk yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna (Wicaksono et al, 2016)	Penentuan dari desain produk yang melibatkan dari faktor psikologis dan emosional (Wicaksono et al, 2016)	Penentuan dari kebutuhan dan keinginan hanya sebatas dalam kata kansei oleh pengguna

Desain Produk	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan
TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch)	Suatu pendekatan perancangan produk secara sistematis dengan memecahkan permasalahan secara kreatif (Banda et al, 2021)	Dapat mengevaluasi dan membandingkan perancangan ulang dari produk sebelumnya (Banda et al, 2021)	Penentuan nilai kuantitas dari kebutuhan konsumen dalam hal seleksi pengembangan desain produk.
Ergonomi Partisipatori	Suatu pendekatan yang melibatkan seluruh tim dalam suatu perancangan baik produk atau jasa (Susihono, 2017)	Suatu cara yang digunakan dalam peningkatan performansi suatu produk atau jasa yang digunakan untuk meningkatkan hasil kepuasan yang ada (Susihono, 2017)	Harus melibatkan banyak partisipan untuk turut andil dalam perancangan produk (Susihono, 2017)
Axiomatic Design	Suatu metode desain produk yang dikembangkan dengan menggunakan logika desain yang dirancang (Suh, 2007)	Penentuan dari kebutuhan atribut pengguna diterjemahkan dalam bahasa fungsi (bahasa desain) dan adanya proses variabel yang digunakan untuk spesifikasi desain parameter hingga produk jadi (Achmadi et al, 2016)	Adanya kesulitan pada tahap penerjemahan keinginan pengguna pada produk menjadi kebutuhan dari produk (Adriani et al, 2018).

2.2.6 Antropometri

Pengertian antropometri menurut Nurmiyanto (2008) yaitu suatu kumpulan data berbentuk numerik yang menjelaskan terkait ukuran fisik dan karakteristik dari manusia, bentuk dan kekuatan. Kemudian, data numerik tersebut akan dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan dari permasalahan pemrosesan desain yang ada. Sedangkan menurut

Wignjosoebroto (1995), antropometri berasal dari bahasa Yunani yaitu *anthro* dan *menteri* yang berarti manusia dan ukuran, yang dinyatakan sebagai suatu ilmu yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh yang dimiliki manusia.

Memiliki hubungan antara karakteristik manusia dengan faktor spasial yaitu lingkungan fisik. Banyak faktor dalam perhitungan ergonomi dan antropometri yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan tinggi, lebar dan panjang dari suatu objek. Hal ini digunakan untuk menjaga hal-hal praktis dan produktivitas objek yang dirancang. Khususnya elemen visual, cara sebuah peralatan ergonomi yang memiliki otoritas kepada kepuasan pengguna objek (Darmawan, 2014).

2.2.7 Desain Perancangan Antropometri

Terdapat tiga filosofi pengukuran antropometri menurut Niebel and Freivalds (2002) untuk mendesain suatu alat bantu, yaitu:

- a. *Design for extreme*, yang berarti bahwa untuk desain tempat atau lingkungan kerja tertentu seharusnya menggunakan data antropometri individu ekstrim. Perancangan produk dibuat agar memenuhi dua sasaran produk, yaitu sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau kecil bila dibandingkan rata-ratanya dan dapat digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).
- b. *Design for range*, rancangan bisa di ubah-ubah ukurannya sehingga cukup fleksibel dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh. Dalam kaitannya untuk mendapatkan rancangan yang fleksibel semacam ini, maka data antropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai persentil 5th-95th.
- c. *Design for average*, desainer dapat menggunakan nilai antropometri rata-rata dalam mendesain dimensi fasilitas tertentu, seperti fasilitas umum karena menggunakan populasi yang sangat besar. Secara ergonomi memang tidak nyaman, tetapi karena digunakan oleh masyarakat umum dengan dimensi yang beragam digunakanlah rata-rata.

2.2.8 Dimensi Pengukuran Antropometri

Terdapat 2 dimensi yang digunakan sebagai batasan dalam antropometri (Pheasant, 1988), yaitu:

1. Dimensi Jangkauan, digunakan untuk menentukan dimensi maksimum yang diterima pada suatu objek. Dimensi yang digunakan diambil dari populasi dengan ukuran kecil seperti persentil 5th. Contoh penggunaan dimensi jangkauan adalah pada kemampuan menggenggam atau menjangkau, atau bisa tinggi alas kursi sehingga orang yang pendek kakinya tidak menggantung.
2. Dimensi Ruang, dalam mendesain workstation, lingkungan harus menyediakan ruang akses dan sirkulasi yang memadai, digunakan untuk menentukan dimensi minimum yang dapat diterima. Dimensi yang digunakan diambil dari populasi dengan ukuran besar seperti persentil 95th, sehingga populasi dengan ukuran lebih kecil dapat mengakomodasi. Contoh penggunaan dimensi ruang yaitu membuat pintu.

2.2.9 Persentil

Persentil merupakan besaran nilai yang digunakan untuk menunjukkan ukuran tertentu oleh sekumpulan orang pada atau dibawah nilai tersebut. Terdapat persentil ke-95 yang diartikan populasi yang diambil berada pada atau di bawah 95%. Untuk persentil ke-5 diartikan populasi yang diambil berada pada atau dibawah 5%. Khusus pada perhitungan antropometri bahwa nilai persentil ke-95 menunjukkan ukuran manusia “terbesar” dan ke-5 menunjukkan ukuran manusia “terkecil”(Santoso *et al.*, 2014). Berikut Tabel 2.12 merupakan rincian perhitungan dari masing-masing persentil yang digunakan dalam perhitungan pendekatan antropometri:

Tabel 2. 12 Perhitungan Persentil

Persentil	Perhitungan
1 st	$\bar{x} - 2.325 \sigma$
2.5 th	$\bar{x} - 1.960 \sigma$
5 th	$\bar{x} - 1.645 \sigma$
10 th	$\bar{x} - 1.280 \sigma$
50 th	\bar{x}

Persentil	Perhitungan
90 th	$\bar{x} + 1.280 \sigma$
95 th	$\bar{x} + 1.645 \sigma$
97.5 th	$\bar{x} + 1.960 \sigma$
99 th	$\bar{x} + 2.325 \sigma$

2.2.10 Metode *Quality Function Deployment* (QFD)

Pengertian *Quality Function Deployment* (QFD) yaitu suatu proses untuk membantu organisasi dalam membuat suatu perancangan alat pendukung secara efektif dan lengkap berdasarkan dari identifikasi permasalahan yang ada. Tujuan dari metode ini yaitu untuk meningkatkan kualitas barang atau jasa berdasarkan dari prioritas dan keinginan pengguna atau pelanggan dengan cara melakukan identifikasi hubungan suatu karakteristik teknis dengan kebutuhan yang diinginkan pada proses perancangan yang nantinya akan dihasilkan (Theodossy Tigang Huvat, 2019). Suatu perancangan produk perlu adanya aspek metode teknis yang digunakan karena bertujuan untuk membuat produk tersebut aman, nyaman, memiliki keindahan dan akan menghasilkan produk dengan nilai lebih.

Kegunaan metode QFD tidak hanya dalam pengembangan suatu produk melainkan meluas pada berbagai sektor, antara lain (Chan & Wu, 2002):

1. Pengembangan Produk

Melakukan suatu pengembangan produk dari konsep yang sudah ada ataupun belum ada sesuai permasalahan yang ada, termasuk pengembangan jasa pula.

2. Manajemen Kualitas

Pengendalian suatu kualitas didasarkan pada penerapan QFD untuk perancangan perbaikan kualitas yang diinginkan dari masalah yang ada.

3. Analisis Kebutuhan Konsumen

Dalam hal ini mencakup pada pengumpulan kebutuhan konsumen, identifikasi arti dari kebutuhan konsumen dan pemenuhan kebutuhan konsumen.

4. Desain Produk

QFD dapat dipandang sebagai *outlined in quality*. Pandangan ini menekankan bahwa kualitas sudah direncanakan di dalam rancangan produk. Berdasarkan pandangan desain produk salah satu region fungsional QFD.

5. Perencanaan

Pendekatan QFD adalah proses perencanaan dengan konsep memperhatikan dan mengkomunikasikan kebutuhan dari pelanggan. Dalam hal ini metode QFD dapat ditetapkan untuk seluruh perencanaan secara *general*, baik dalam perencanaan produk fisik, jasa, pengendalian kualitas ataupun lain hal.

6. Engineering

7. Pengambilan Keputusan

8. Manajemen

9. Teamwork, Timing, Dan Costing

2.2.11 Tahapan Metode *Quality Function Deployment* (QFD)

Langkah-langkah pengolahan data yang dibutuhkan dengan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) adalah sebagai berikut (Devani & Kartikasari, 2012):

1. Menentukan *Voice of Customer* (VOC).

Atribut yang berperan sebagai VoC adalah atribut keinginan dari customer. Dalam hal ini melakukan suatu identifikasi kebutuhan dapat menggunakan perancangan kuesioner baik terbuka maupun tertutup. Kuesioner yang baik juga merupakan kuesioner yang berisi pertanyaan-pertanyaan yang baik, dalam arti tidak memiliki arti lain bagi yang diwawancarai. Pertanyaan-pertanyaan dalam kuesioner memiliki poin jelas dan mudah dipahami untuk mengurangi kesalahan interpretasi ketika orang yang diwawancarai mengisi kuesioner. Kemudian melakukan pengolahan data kuesioner dengan uji validitas, uji reliabilitas dan uji nilai alpha cronbach. Untuk mengetahui tingkat kevalidan dan reliabilitas pengujian pertanyaan kepada responden untuk menjawabnya (Theodossy & Tigang Huvat, 2019).

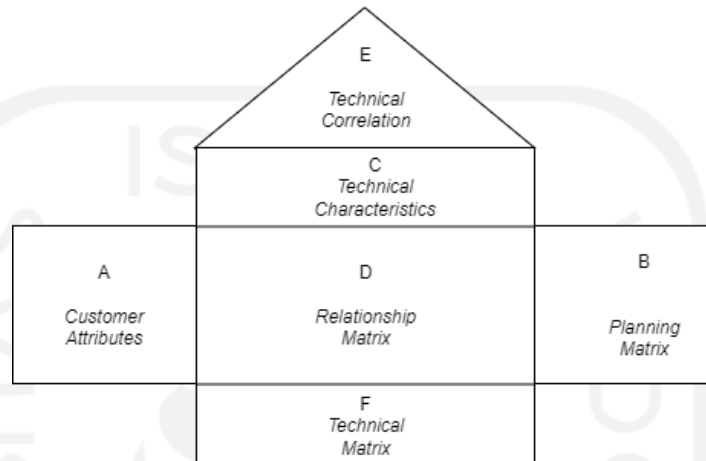
2. Identifikasi respon teknis sebagai tanggapan dari customer.

Melakukan penerjemahan dari kriteria yang diinginkan pelanggan kepada bahasa teknis untuk perancangan produk dengan menggunakan metode QFD.

3. Menentukan nilai target, tingkat kepentingan, rasio perbaikan, bobot dan normalisasi bobot.

4. Menggambarkan *House of Quality* (HOQ).

House of Quality (HOQ) adalah bagan gaya matriks yang menghubungkan atribut pelanggan yang diidentifikasi yang disebut "apa" dengan karakteristik teknis yang disebut "Bagaimana". HOQ adalah semacam peta konseptual yang menyediakan sarana untuk perencanaan dan komunikasi interfunksional (Hauser and Clausing, 1988).



Gambar 2. 8 *House of Quality* Teori

Isi dari *House of Quality* (HOQ) yaitu dibagi menjadi beberapa (Cohen, 1995):

a. *Customer Need and benefit*

Dalam hal ini berisikan dari penerjemahan bahasa teknis dari kuesioner yang dibagikan kepada konsumen.

b. *Planning Matrix*

Pada bagian ini mempunyai tujuan menyusun dan mengembangkan beberapa pilihan strategis dalam mencapai nilai-nilai kepuasan konsumen yang tertinggi.


c. *Technical Characteristics*

Kolom ini berisi tentang bagaimana organisasi mendeskripsikan perencanaan produk untuk dikembangkan, deskripsi ini didapatkan dari keinginan dan kebutuhan pengguna.

d. *Relation Matrix*

Pada kolom ini dijelaskan bagaimana hubungan antara setiap elemen dari *technical response* dengan keinginan dan kebutuhan konsumen. Berikut Tabel. 2.13 merupakan beberapa simbol berikut untuk mengartikan suatu hubungan antar elemen:

Tabel 2. 13 Hubungan antar Elemen pada HOQ

Simbol	Arti	Nilai
	Berhubungan Lemah	1
	Berhubungan Sedang	3
	Berhubungan Kuat	9

e. *Technical Correlation*

Pada bagian ini berisikan tentang bagaimana tim pengembangan menetapkan implementasi hubungan antara elemen-elemen dari technical response, assessment dan targets. Dari analisis *Quality Function Deployment* tahap awal tersebut maka dapat diketahui

f. *Technical Matrix*

Pada tahap technical matrix, terdapat tiga informasi, yaitu urutan peringkat dari technical response, informasi perbandingan dengan kerja teknis pesaing, dan target kinerja teknis.

g. *Desain dan Perancangan*

Melakukan suatu perencanaan didasarkan dari aspek kriteria, faktor-faktor dan perhitungan yang telah dilakukan.

5. Menentukan hubungan yang terjadi diantara respon teknis.

6. Menentukan hubungan yang terjadi antara respon teknis dengan atribut keinginan pelanggan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Rencana Penelitian

Dalam poin ini akan menjelaskan kerangka dari rancangan penelitian yang akan dilakukan dengan menggunakan 5W+1H yaitu *what* (apa), *who* (siapa), *where* (dimana), *when* (kapan), *why* (mengapa), dan *how* (bagaimana). Pemilihan identifikasi menggunakan 5W+1H agar alasan dalam penelitian untuk menentukan objek, subjek, metode, tempat dan elemen dalam alat pengumpulan data lebih terarah. Berikut merupakan Tabel 3.1 Kerangka Rancangan Penelitian.

Tabel 3. 1 Kerangka Rancangan Penelitian 5W+1H

Pertanyaan	Deskripsi
<i>What</i> (apa)	Penelitian yang dilakukan yaitu perancangan desain alat bantu pengangkutan dan penjemuran yang inovatif serta ergonomis pada sebuah industri genteng Boyolali.
<i>Who</i> (siapa)	Responden dalam penelitian ini yaitu pekerja pada sebuah industri genteng Boyolali tempat penelitian dilakukan.
<i>Where</i> (dimana)	Penelitian dilakukan pada seluruh industri genteng Boyolali dengan melakukan penyebaran kuesioner.
<i>When</i> (kapan)	Penelitian dilakukan dalam kurun waktu 6 bulan (Januari – Agustus)
<i>Why</i> (mengapa)	Penelitian secara langsung melihat akan pekerjaan pengangkutan material menggunakan proses manual dan terlihat permasalahan pada pengangkutan genteng dan penjemuran genteng. Serta keluhan postur kerja pada pekerja yang menyebabkan rasa sakit pada bagian titik tubuh khususnya rasa sangat menyakitkan pada bagian <i>upper extremity</i> dan <i>columna vertebrae</i> , punggung sebesar 67%, pergelangan tangan kanan 47% dan pergelangan tangan kiri 40%. Keluhan tersebut berlangsung menyakitkan \pm 5 jam dalam sehari. Terdapat alat angkut gerobak yang belum optimal dari segi bentuk fisik, desain dan kemudahan dalam mengoperasikan.
<i>How</i> (Bagaimana)	1. Melakukan identifikasi awal terkait permasalahan yang ada pada industri genteng perumahan Boyolali.

Pertanyaan	Deskripsi
2.	Melakukan <i>preliminary research</i> untuk mendukung penelitian diadakan dan melihat tujuan penelitian diadakan.
3.	Menentukan responden yang akan diambil yang akan digunakan untuk pengambilan data primer postur kerja, antropometri dan QFD.
4.	Melakukan pengambilan data postur kerja dan antropometri baik primer (responden industri genteng Boyolali) dan sekunder (Bank data Lab DSKE UII).
5.	Melakukan pengujian data antropometri dari pengujian normalitas, keseragaman data yang akan digunakan sebagai ukuran desain produk dengan tujuan produk yang sesuai ukuran tubuh pengguna dan ergonomis.
6.	Melakukan pengambilan data penerapan metode QFD dengan pembagian kuesioner pertama untuk <i>voice of customer</i> (VOC) terkait keluhan dan keinginan dari desain produk yang diinginkan oleh pengguna nantinya.
7.	Melakukan pengambilan data kuesioner QFD kedua untuk menentukan bobot penilaian dan tingkat kepentingan (<i>importance rating</i>) dari <i>customer</i> .
8.	Melakukan penilaian pada house of quality (HOQ) untuk pembobotan antar atribut dan kebutuhan teknis
9.	Melakukan pengambilan data kuesioner ketiga QFD pada CCE (<i>Customer Competitive Evaluation</i>) untuk membandingkan desain produk yang dikembangkan dan produk pesaing dari hasil evaluasi tingkat kepentingan yang didapatkan.
10.	Melakukan perbandingan desain usulan yang diberikan terhadap aktivitas dengan produk dan sebelum dengan produk yang dirancang dengan pengujian statistik. Bertujuan untuk mengetahui keunggulan dan kekurangan dari desain yang dikembangkan.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini yaitu pekerja pada industri rumahan genteng Boyolali. Khususnya pada tempat penelitian yang diambil dengan jumlah responden sebanyak 15 orang. Kemudian, salah satu responden tersebut yang akan digunakan dalam pengambilan data untuk identifikasi postur kerja menggunakan metode REBA sedangkan untuk responden lainnya akan digunakan untuk responden dalam pengisian kuesioner untuk kebutuhan desain yang disesuaikan dengan kebutuhan dan keinginan pengguna.

Menetapkan spesifikasi untuk karakter responden dengan batasan usia, lama bekerja. Pekerja yang diambil dengan deskripsi pekerjaan dengan melakukan kegiatan mengangkat dan menurunkan genteng dari stasiun kerja pencetakan genteng hingga penjemuran genteng. Berikut Tabel 3.2 yang digunakan untuk mengetahui karakteristik yang diambil dalam penelitian ini.

Tabel 3. 2 Karakteristik Responden

No	Karakteristik	Deskripsi	Jumlah
1.	Jenis Kelamin	Laki-laki	11
		Perempuan	4
2.	Usia	40-50 tahun	8
		51-61 tahun	3
		62-72 tahun	4
3.	Aktivitas Kerja	Melakukan pengakutan genteng dengan manual menggunakan kedua tangan ke bagian penjemuran genteng	15
4.	Durasi Kerja	Minimal 10 tahun	
5.	Kebutuhan Fisik	Tidak memiliki kecacatan fisik	

3.3 Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah perancangan desain alat angkut dan penjemuran genteng yang inovatif dan ergonomis yang dapat mengurangi risiko *musculoskeletal* dan meningkatkan efektivitas kerja.

3.4 Sampel Penelitian

Pengambilan sampel pada proses penelitian merujuk pada beberapa objek atau populasi yang ada. Dalam hal ini, sampel yang diambil harus representatif yang berarti memiliki sifat-sifat yang mencerminkan dari populasi yang akan diambil (Atmosukarto, 1994). penentuan dari ukuran sampel haruslah memiliki pertimbangan. Hal ini semakin banyak data yang diambil dapat dinyatakan semakin besar pula harapan yang akan memberikan hasil yang baik. Jumlah sampel yang besar, *mean* dan standar deviasi memiliki

probabilitas yang tinggi pada sebuah populasi yang akan diambil. Hal ini berpengaruh pada hasil pengujian hipotesis statistika. Dalam Teori *Bailey* menyebutkan bahwa penelitian dengan jumlah sampel minimum 30 data digunakan untuk melakukan analisis data (Hasan, 2002). Penelitian eksperimen dan komparatif diperlukan sampel sebanyak 30 responden untuk setiap kelompok yang akan dilakukan pengujian (Gay, Mills., 2009).

Penelitian ini menggunakan responden dengan ukuran sampel sebesar 30 responden pada perhitungan antropometri, dimana mengambil data pengukuran secara langsung pada industri rumahan genteng Boyolali tempat penelitian dilaksanakan. Sedangkan 10 data antropometri sampel responden laki-laki dan perempuan dari industri genteng Boyolali yang memiliki rincian pekerjaan pada pengangkutan genteng untuk penjemuran. akan digunakan pula untuk melakukan responden pada perancangan produk menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) karena dikhususkan kepada pekerja dengan *job* deskripsi untuk pengangkutan dan penjemuran genteng sesuai dengan aktivitas yang akan diteliti.

3.5 Jenis Data Penelitian

Adapun data yang digunakan dalam hal ini yaitu data primer dan data sekunder. Berikut merupakan penjelasan dari data yang digunakan dalam penelitian ini.

3.5.1 Data Primer

Menurut Saidani *et al* (2019), data primer merupakan sumber data yang memberikan informasi secara langsung dari narasumber atau responden yang dapat dilakukan melalui berbagai cara, seperti observasi, pengamatan, wawancara, kuesioner, dan lain sebagainya. Data primer dari penugasan ini diperoleh melalui kuesioner yang dibagikan kepada operator secara langsung. Dalam hal ini melakukan wawancara terkait kebutuhan dan keinginan pengguna terhadap produk alat angkut yang akan dirancang dengan menggunakan penyebaran kuesioner secara langsung. Kemudian, mendapatkan pengukuran dimensi tubuh responden yang akan digunakan dalam perhitungan antropometri desain alat angkut tersebut. Berikut merupakan dimensi tubuh antropometri yang digunakan dalam perancangan produk alat angkut (Andriani *et al.*, 2018):

1. Lebar Bahu

Lebar Bahu digunakan untuk ukuran pada lebar alat angkut. Hal ini, dijadikan acuan agar penyesuaian pekerja nantinya ketika memegang alat angkut ketika melakukan pendorongan alat angkut ke depan dan lebih mudah dan nyaman ketika melakukan pengangkatan.

2. Rentangan Tangan

Rentangan Tangan digunakan untuk panjang alat angkut yang disesuaikan dengan panjang ketika tangan operator mengangkat bagian sisi maksimal kanan dan kiri pada pengangkatan satu tingkatan genteng pada alat angkut.

3. Tinggi Siku Berdiri

Tinggi Siku Berdiri digunakan untuk ukuran pada tinggi maksimum alat angkut. Hal ini, dijadikan acuan agar pekerja menggunakan alat angkut dengan mudah dan tidak terhalang pada saat mendorong alat angkut karena disesuaikan dengan ukuran tinggi alat angkut.

4. Panjang Lengan Bawah

Panjang Lengan Bawah untuk ukuran batas panjang pegangan alat angkut dengan ketinggian alat angkut. Hal ini, ditujukan untuk kenyamanan ketika mendorong alat angkut oleh pekerja, agar tidak memiliki ukuran *handle* yang pendek dan menyulitkan pekerja dalam melakukan pendorongan alat angkut.

5. Diameter Genggaman Minimum

Diameter Genggaman Minimum untuk ukuran diameter pegangan alat angkut. Hal ini, ditujukan agar pekerja saat melakukan genggaman dengan *handle* alat angkut memiliki keamanan dan kenyamanan.

3.5.2 Data Sekunder

Data Sekunder merupakan data yang didapat dan dikumpulkan dari orang yang telah melakukan penelitian dari sumber-sumber yang ada (Hantu Gulung, 2019). Dalam hal ini, mengambil pada kajian *literature review paper* penelitian untuk mendapatkan referensi dari perkembangan perancangan alat angkut (alat angkut) dengan segala kelebihan dan kekurangannya, yang nantinya akan dijadikan bahan referensi dan pertimbangan untuk penelitian kedepannya yang akan dilakukan. Selain itu, data sekunder juga diperoleh secara tidak langsung dari buku, jurnal dan materi-materi yang

berkaitan dengan perancangan produk yang ergonomis dengan pengukuran data dimensi-dimensi antropometri dan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD).

3.6 Metode Pengumpulan Data

3.6.1 Survei

Melakukan sebuah survei secara langsung pada industri rumahan genteng Boyolali. Pengamatan dilakukan pada keseluruhan aktivitas yang dilakukan oleh pekerja pada salah satu industri rumahan genteng Boyolali. Mengambil hasil pengamatan yang dilakukan pekerja pada aktivitas pekerjaan yang memiliki risiko tinggi dalam ketidak efektifan dalam bekerja. Dalam hal ini, didapatkan pada pengangkutan material genteng saat akan dilakukan pengangkatan dari stasiun pencetakan untuk dilakukan penjemuran pada stasiun kerja selanjutnya. Melakukan survei dengan mengambil gambar dan video pada aktivitas pengangkatan dan penjemuran genteng yang nantinya digunakan sebagai data untuk analisis postur kerja menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA).

3.6.2 Wawancara

Wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data apabila ingin melakukan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti, dan juga apabila peneliti ingin mengetahui hal-hal dari responden yang lebih mendalam dan jumlah respondennya kecil (Sugiyono, 2019). Wawancara dilakukan dengan cara bertanya langsung kepada pekerja mengenai keluhan ketidaknyaman dalam kerja serta dampak yang dirasakan pada tubuh pekerja. Dalam hal ini, melakukan wawancara dengan menggunakan kuesioner NBM (*Nordic Body Map*) untuk mengidentifikasi awal keluhan titik tubuh yang dirasakan pekerja serta melakukan wawancara terkait keinginan pekerja pada perancangan desain produk alat pengangkutan yang akan direkomendasikan menggunakan metode QFD pada aktivitas pengangkatan atau permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini.

3.6.3 Pengukuran Dimensi Antropometri

Pengukuran dimensi antropometri didapatkan data secara langsung kepada pekerja, dengan mengambil sebanyak 10 data primer serta 20 responden lainnya berasal dari data sekunder yaitu data antropometri Laboratorium Desain Sistem Kerja dan Ergonomi (Lab DSKE).

3.6.4 *Quality Function Deployment (QFD)*

Pengumpulan data menggunakan metode QFD dilakukan dengan melakukan wawancara dan pengisian kuesioner terkait keinginan dari pekerja khususnya pada industri rumahan genteng Boyolali. Peneliti akan menjelaskan tujuan dan alur pengisian kuesioner sehingga responden dapat membaca dengan teliti, rinci dan memahami setiap maksud dari pertanyaan formulir yang dibagikan. Dari data keinginan pelanggan akan dijadikan sebagai acuan untuk menerjemahkan kepada bahasa teknis kategori apa saja yang akan diambil untuk perancangan produk alat pengangkutan dan penjemuran genteng.

3.7 Metode Pengolahan Data

3.7.1 Pengolahan Postur Kerja

A. *Nordic Body Map (NBM)*

Melakukan sebuah analisis identifikasi hasil postur kerja melalui kuesioner *Nordic Body Map (NBM)*. Dalam hal ini, identifikasi dilakukan pada seluruh titik tubuh pekerja. Menyebutkan tingkat keluhan rasa sakit dengan kategori tingkat keluhan rasa sakit yang diberikan. Kategori A berarti tidak menyakitkan, B berarti menyakitkan, C berarti cukup menyakitkan dan D berarti sangat menyakitkan. Setelah mengetahui dari kategori setiap titik tubuh responden kemudian melakukan perhitungan secara kumulatif untuk keseluruhan data yang diambil dan dipotong. Dalam hal ini melihat pada keluhan rasa sakit pekerja untuk kategori D yaitu sangat menyakitkan untuk dilakukan identifikasi lebih lanjut.

B. *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*

Melakukan pengolahan dan analisis data postur kerja dengan menggunakan metode REBA. Dalam hal ini hasil dari aktivitas video pekerja yang mengalami risiko kerja yang berbahaya. Melakukan identifikasi dengan memberikan sudut pada bagian titik tubuh akan diidentifikasi menggunakan metode REBA. Hasil dari pemberian sudut akan digunakan dalam pengolahan data. Untuk perhitungan dalam perhitungan dengan metode REBA sebagai berikut (Restuputri, 2017):

1. Menghitung nilai pada tabel A, dimana terdiri dari nilai untuk leher (*neck*), batang tubuh (*trunk*), dan kaki (*legs*).
2. Menghitung pada tabel B, dimana terdiri dari nilai untuk lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), dan pergelangan tangan (*wrist*).
3. Kemudian, menghitung nilai pada tabel C dengan hasil kategori nilai perhitungan dari tabel A dan tabel B.
4. Kemudian, mendapat nilai untuk tabel C yang kemudian akan dimasukkan untuk menentukan kategori tindakan postur kerja akibat aktivitas yang dilakukan.
5. Penentuan nilai dari setiap tabel disesuaikan dengan sudut yang dibentuk pekerja, benda yang diangkat, *coupling* dan aktivitas pekerja.

3.7.2 Pengolahan Antropometri

A. Uji Normalitas Data

Pengujian normalitas digunakan dalam perhitungan untuk data antropometri pada setiap dimensi yang diukur. Tujuan dari pengujian ini untuk melihat apakah data yang diambil yang berasal dari populasi tersebut telah berdistribusi normal, dimana data memusat pada rata-rata data. Sehingga apabila data telah berdistribusi normal dapat dilakukan untuk perhitungan selanjutnya (Haniah, 2013).

Penelitian ini melakukan pengujian normalisasi dengan menggunakan bantuan software IBM SPSS *Statistic* 24. Pembuatan hipotesis untuk uji normalitas sebagai berikut:

- a. H_0 = Populasi berdistribusi normal
- b. H_1 = Populasi tidak berdistribusi normal

Setelah membuat untuk hipotesis, untuk pengambilan keputusan berdasarkan dari nilai dari signifikansi yang ada pada hasil pengujian data. Keputusan untuk parameter pengujian hipotesis uji normalitas sebagai berikut:

- a. Jika nilai probabilitas (α) $\geq 0,05$, maka H_0 diterima
- b. Jika nilai probabilitas (α) $< 0,05$, maka H_0 ditolak

B. Uji Keceragaman Data

Pengujian pada keseragaman data menilai *range* pada suatu data untuk mengetahui jumlah data yang berada pada batasan yang ditentukan. Data harus berada pada batas atas dan batas bawah dari ketetapan data yang akan dihitung (Basuki, 2015). Pada penelitian ini, keseragaman data digunakan untuk melihat apakah data yang diambil pada dimensi antropometri yang akan digunakan dalam hal perhitungan antropometri sudah berada pada batas yang ditentukan. Data tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil serta memiliki data dimensi pada distribusi yang sama.

C. Perhitungan Persentil

Perhitungan persentil didasarkan pada masing-masing dimensi ukuran yang akan digunakan. Apabila data telah dinyatakan berdistribusi normal kemudian menghitung nilai persentil. Nilai 95% populasi berada dengan atau lebih rendah dari pada persentil-95. Begitu Pula dengan nilai dari 5% populasi dapat diartikan sama dengan atau lebih dari persentil-5. Dalam hal ini penggunaan persentil-95 digunakan untuk populasi terbesar dan persentil-5 digunakan untuk populasi terkecil yang disesuaikan dengan masing-masing dimensi pengukuran antropometri (Kristanto & Manopo, 2010).

3.7.3 Pengolahan QFD

A. *Quality Function Deployment* (QFD)

Pengolahan dan analisis data QFD didapatkan dari hasil wawancara dan pengisian kuesioner oleh pekerja. Berikut merupakan langkah-langkah dari metode QFD (Bayu, 2014):

1. Mengetahui Aspek Teknis

Mengetahui keinginan dari pekerja untuk analisis butir instrumen dari spesifikasi perancangan produk yang diinginkan. Analisis ini terdiri dari pengujian validitas dan reliabilitas dari kuesioner yang dibagikan.

2. *Quality Function Deployment*

Dalam hal ini menerjemahkan keinginan pekerja dengan cara:

- a. Fase Pertama, menghitung jumlah butir kuesioner dengan *software IBM SPSS 24* dan menentukan derajat kepentingan masing-masing keinginan pekerja dengan perhitungan rerata.
- b. Fase Kedua, mengetahui atribut keinginan pekerja dalam aspek perancangan produk dan menentukan bobot untuk setiap atribut. Dalam hal ini menunjukkan aspek atribut juga didasarkan pada kompetitor yang ada. Tahapan selanjutnya, mengidentifikasi parameter teknik sebagai terjemah dari atribut produk kedalam tindakan teknis operasional serta menentukan hubungan yang terjadi antara kedua hal tersebut (atribut produk dan parameter teknik). Kemudian, menggambarkan setiap parameter pada *house of quality*.
- c. Fase Ketiga, analisis fase kedua dan ketiga.

B. Uji Validitas

Menurut Ghozali (2018) uji validitas adalah uji yang digunakan untuk mengukur sah atau valid tidaknya suatu kuesioner. Suatu kuesioner dinyatakan valid jika pertanyaan pada kuesioner mampu untuk mengungkapkan sesuatu yang diukur oleh kuesioner tersebut. Uji validitas dilakukan dengan membandingkan nilai r hitung dengan r tabel untuk *degree of freedom* (df) = $n-2$, dalam hal ini adalah jumlah sampel dengan α 0,05. Jika r hitung lebih besar dari r tabel dan nilai r positif, maka butir atau pertanyaan atau indikator tersebut dinyatakan valid dan sebaliknya. Untuk hasil analisis dapat dilihat pada output uji validitas pada bagian *corrected item total correlation*. Pengambilan keputusan untuk menguji validitas indikator adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai r hitung positif serta r hitung $\geq r$ tabel maka butir atau pertanyaan atau indikator tersebut dinyatakan valid.
2. Jika nilai r hitung *negative* serta r hitung $< r$ tabel maka butir atau pertanyaan atau indikator tersebut dinyatakan tidak valid.

C. Uji Reliabilitas

Menurut Ghozali (2018) mendefinisikan reliabilitas adalah alat untuk mengukur suatu kuesioner yang merupakan indikator dari variabel atau konstruk. Suatu kuesioner dinyatakan reliabel atau handal jika jawaban seseorang terhadap pernyataan adalah konsisten atau stabil dari waktu ke waktu.

Uji reliabilitas ini dapat digunakan melalui *software* SPSS, yang akan memberikan fasilitas untuk mengukur nilai reliabilitas dengan menggunakan uji *statistic Cronbach Alpha*. Suatu konstruk atau variabel dikatakan reliabel jika memberikan nilai *Cronbach Alpha* $> 0,07$ (Ghozali 2018). Berikut Tabel 3.3 merupakan hasil dari kategori tingkatan nilai reliabilitas (Sugiyono, 2015):

Tabel 3. 3 Tingkatan Kategori Nilai Reliabilitas

Nilai	Arti
0,00 – 0,20	Kurang reliabel
0,201 – 0,40	Agak reliabel
0,401 – 0,60	Cukup reliabel
0,601 – 0,80	Reliabel
0,801 – 1,00	Sangat reliabel

3.8 Metode Analisis Data

3.8.1 Uji *Marginal Homogeneity*

Uji homogenitas memiliki fungsi untuk mengetahui apakah terdapat persamaan atau perbedaan dari beberapa varian populasi. Uji kesamaan dua varians ini membandingkan apakah sebaran dari data yang diambil homogen atau tidak dengan membandingkan dari

kedua variansnya. Uji homogenitas tidak perlu dilakukan jika data telah dianggap homogen, dalam hal ini jika dua kelompok data atau lebih memiliki variansi dengan nilai besar (Usmadi, 2020). Penelitian ini melakukan uji homogenitas dengan menggunakan IBM SPSS Statistic 24. Penjelasan hipotesis pengujian homogenitas yaitu:

- a. H_0 = Tidak ada perbedaan yang signifikan antara kriteria konsumen dengan desain alat angkut yang dirancang
- b. H_1 = Terdapat perbedaan yang signifikan antara kriteria konsumen dengan desain alat angkut yang dirancang.

Keputusan untuk parameter pengujian hipotesis uji homogenitas sebagai berikut:

- a. Jika nilai probabilitas (p) $\geq 0,05$, maka H_0 diterima, data dinyatakan homogen.
- b. Jika nilai probabilitas (p) $< 0,05$, maka H_0 ditolak, data dinyatakan tidak homogen.

3.8.2 Uji Beda *Mann-Whitney*

Uji beda *Mann-Whitney* membandingkan dari nilai tengah satu variabel dari dua data sampel berpasangan. Uji beda *Mann-Whitney* merupakan uji non parametrik dimana pengujian digunakan untuk menguji kesamaan distribusi dua populasi yang saling bebas dengan asumsi distribusi dari kedua populasi adalah kontinu (Yanti *et al*, 2007).

Penjelasan hipotesis dari pengujian beda *Mann-Whitney* yaitu:

- a. H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara produk awalan dan usulan.
- b. H_1 : Terdapat perbedaan yang signifikan antara produk awalan dan usulan.

Keputusan untuk parameter pengujian hipotesis uji beda *Mann-Whitney* sebagai berikut:

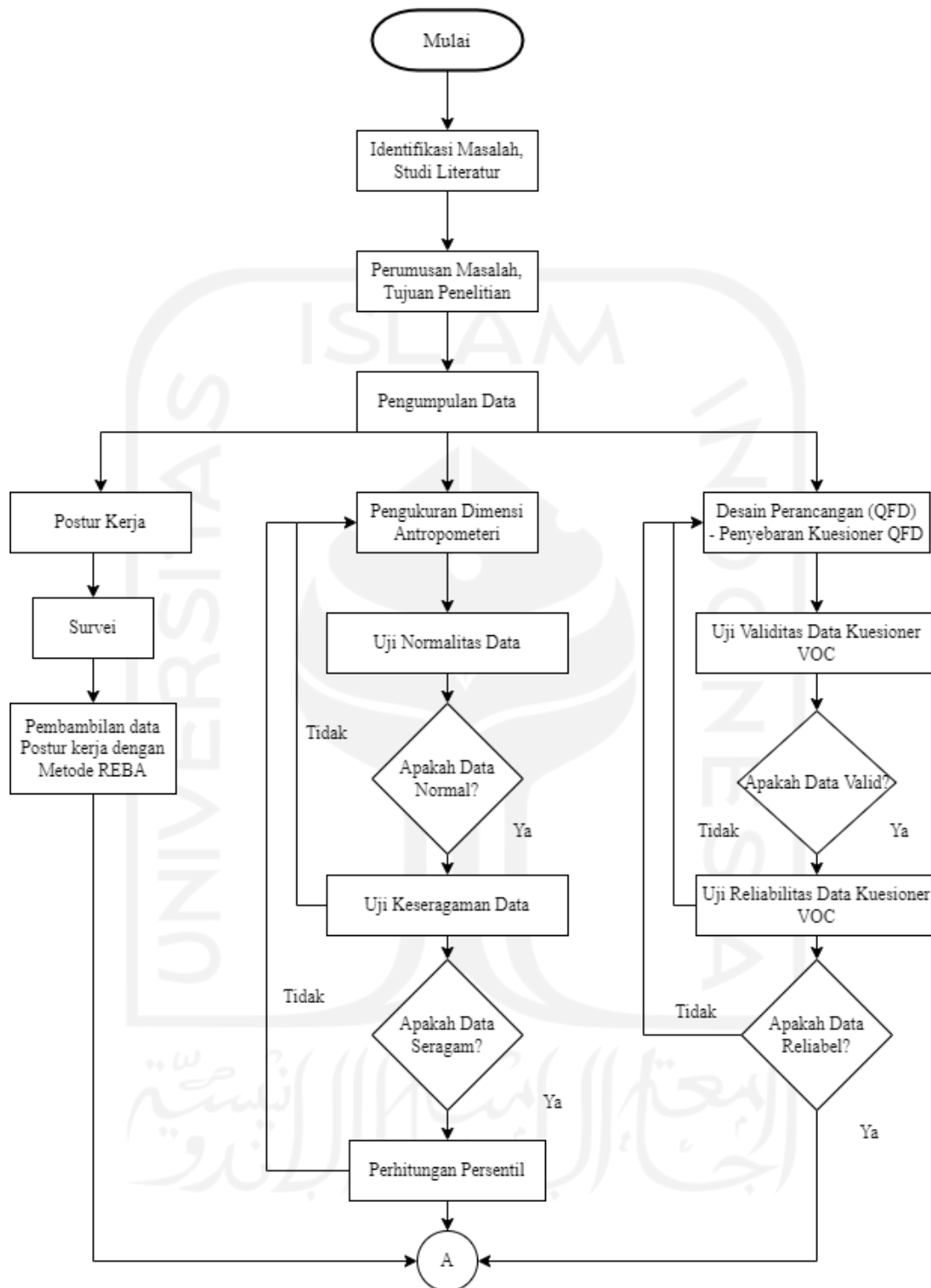
- a. Jika nilai probabilitas (p) $\geq 0,05$, maka H_0 diterima, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara produk yang ada dan produk yang diusulkan.
- b. Jika nilai probabilitas (p) $< 0,05$, maka H_0 ditolak, terdapat perbedaan yang signifikan antara produk yang ada dan produk yang diusulkan..

3.9 Instrumen Penelitian

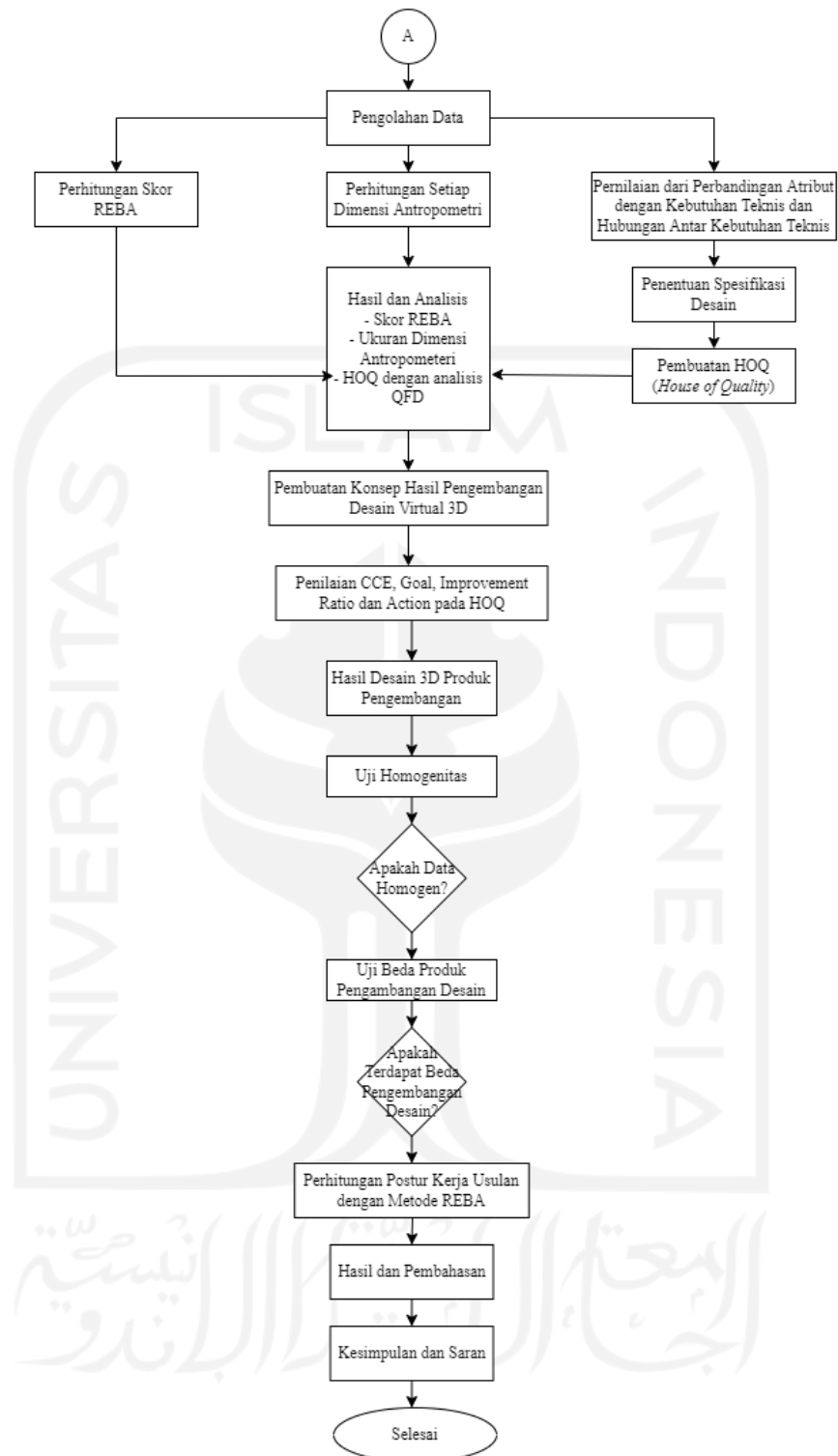
Instrumen penelitian disesuaikan dengan topik dan tujuan penelitian yang akan dilakukan. pada penelitian ini, instrumen yang digunakan yaitu:

1. Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) untuk mengidentifikasi risiko *musculoskeletal disorders* dari keluhan rasa sakit pada bagian titik tubuh pekerja.
2. *Handphone* sebagai alat yang digunakan dalam pengambilan video postur kerja yang nantinya akan diidentifikasi menggunakan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) untuk mengetahui risiko postur kerja pada aktivitas pengangkutan material genteng.
3. Aplikasi *Corel Draw* sebagai alat untuk membuat sudut dalam penentuan nilai sudut yang dibentuk pekerja akibat aktivitas yang dilakukan serta mengidentifikasi menggunakan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*).
4. Lembar perhitungan REBA sebagai alat untuk melakukan penilaian langsung menggunakan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*).
5. *Software IBM SPSS 24 (Statistical Package for the Social Science)* sebagai alat perhitungan statistika.
6. Lembar Pengamatan Antropometri sebagai alat untuk menginput data ukuran dimensi antropometri yang dibutuhkan dalam perhitungan ukuran perancangan alat yang diusulkan.
7. *Software Solidworks* sebagai alat yang digunakan untuk membuat desain virtual 3D perancangan alat yang akan diusulkan.
8. Laptop sebagai alat untuk memasukkan data, perhitungan dan pengolahan data serta membantu dalam pembuatan laporan penelitian yang dilakukan.

3.8 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian 1



Gambar 3. 2 Alur Penelitian 2

Alur penelitian seperti yang ada pada Gambar 3.1 dan 3.2 menjelaskan terkait detail mulai hingga selesainya penelitian. Pada tahap awal penelitian yang dilakukan yaitu identifikasi masalah pada topik yang akan diambil. Melakukan identifikasi masalah

dengan menentukan masalah serta batasan yang akan dirancang pada penelitian ini. identifikasi masalah dilakukan dengan survei dan observasi secara langsung kepada pekerja Genteng Rumahan Boyolali. Hal ini menentukan segala aktivitas yang memiliki risiko kerja yang berbahaya dan keluhan yang dirasakan oleh pekerja dengan identifikasi menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM). Pada penelitian ini difokuskan kepada keluhan rasa sakit bagian tubuh dan identifikasi postur kerja serta kebutuhan spesifik rancangan mengenai perancangan produk guna memudahkan dalam melakukan aktivitas kerja dalam pengangkutan material. Serta melakukan studi pada buku dan jurnal guna membuat konsep dalam perancangan dan menentukan metode yang digunakan. Konsep yang digunakan yaitu identifikasi postur kerja, perhitungan antropometri dan *Quality Function Deployment* (QFD).

Tahapan berikutnya yaitu perumusan masalah dan tujuan dari penelitian. Hal ini didasarkan pada hasil masalah yang ditemukan dan memberikan suatu tujuan dalam penelitian. Penentuan ini didasarkan pada bagaimana memberikan suatu solusi perancangan produk alat pengangkutan yang inovatif dan ergonomis berdasarkan spesifikasi yang diinginkan pekerja dan permasalahan yang ada. Kemudian pada tahapan pengumpulan data dibagi menjadi pengumpulan data untuk postur kerja, pengukuran antropometri dan desain perancangan menggunakan QFD.

Pengumpulan data menggunakan postur kerja didapatkan dengan melakukan survei dan observasi secara langsung. Melakukan dokumentasi berupa video pada aktivitas pengangkutan genteng dari stasiun pencetakan genteng hingga penjemuran genteng. Kemudian melakukan perhitungan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dengan mengidentifikasi sudut yang dibentuk oleh tubuh pekerja. Kemudian, pengumpulan data pengukuran antropometri didapatkan dari pengukuran langsung pada dimensi yang telah ditentukan dalam perancangan produk penelitian ini. data yang diambil didasarkan pada data primer dan data sekunder. Selanjutnya, melakukan uji normalitas dan keseragaman data pada masing-masing dimensi sebelum dilakukan perhitungan antropometri. Apabila data telah normal dan seragam selanjutnya data dapat dilanjutkan pada tahap penentuan dengan persentil. Jika data tidak normal akan dilakukan pengambilan data ulang dan melakukan pengujian normalitas dan keseragaman data kembali. Melakukan pengujian ini dengan *software* IBM SPSS 24.

Tahapan pengumpulan data pada desain perancangan menggunakan QFD, dalam hal ini melakukan penyebaran kuesioner untuk menentukan spesifikasi yang diinginkan oleh pengguna perancangan alat bantu pengangkutan ini. kuesioner yang dibagikan pada tahap pertama yaitu identifikasi terkait spesifikasi atau atribut-atribut yang diinginkan oleh pengguna. Kuesioner tahap kedua yaitu pengukuran tingkat kepentingan pada atribut yang telah dipilih dan diterjemahkan ke dalam bahasa teknis, dimana terdapat tingkat kepentingan rancangan produk. Pengujian kuesioner ini dilakukan untuk pengujian validitas dan reliabilitas untuk mengetahui kevalidan pada kuesioner yang telah dibagikan kepada pekerja dan telah sesuai dengan apa yang diinginkan pekerja. Jika data telah valid dan reliabel akan dilakukan pengolahan data selanjutnya. Jika tidak valid dan reliabel akan dilakukan kembali pengulangan pengumpulan data. Kuesioner tahap ketiga yaitu mengetahui perbandingan antara desain perancangan produk dengan desain yang sudah ada pada saat ini. Kemudian untuk kuesioner keempat yaitu perbandingan evaluasi desain produk pengembangan dengan produk yang ada pada pesaing untuk mengetahui posisi dalam pengembangan produk yang didesain.

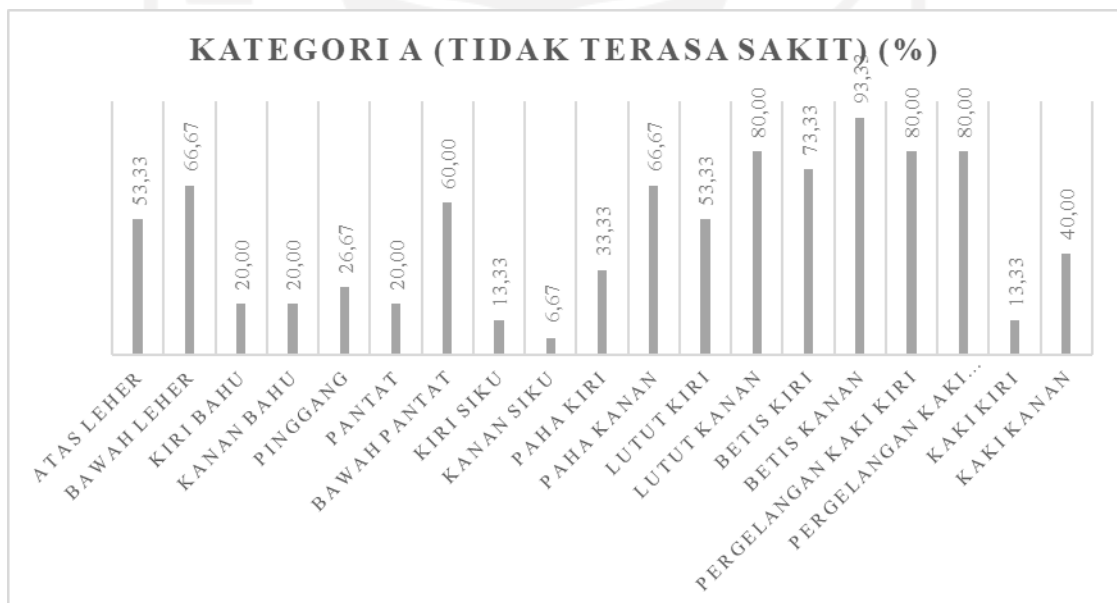
Tahapan pengolahan data untuk postur kerja menggunakan metode REBA untuk mengetahui pengangkatan yang dilakukan oleh pekerja. Pengolahan data antropometri dengan menghitung dimensi dari ukuran yang ada dan ditambahkan dengan perhitungan persentil serta dan penambahan *allowance* jika diperlukan. Serta hasil dari kuesioner untuk QFD akan diteruskan untuk pembuatan *House Of Quality* (HOQ). Hasil dan analisis berupa skor REBA, ukuran setiap dimensi antropometri pada produk dan HOQ dengan analisis QFD. Selanjutnya, membuat desain virtual 3D dari spesifikasi dan ukuran yang telah diperhitungkan. Tahapan akhir yaitu melakukan perbandingan postur kerja sebelum dan sesudah desain perancangan produk serta adanya pengujian beda dengan uji statistik untuk membandingkan apakah terdapat perbedaan konsep desain produk sebelum dan sesudah dari rancangan desain yang dibuat. Kemudian melakukan penulisan hasil dan pembahasan serta kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB IV

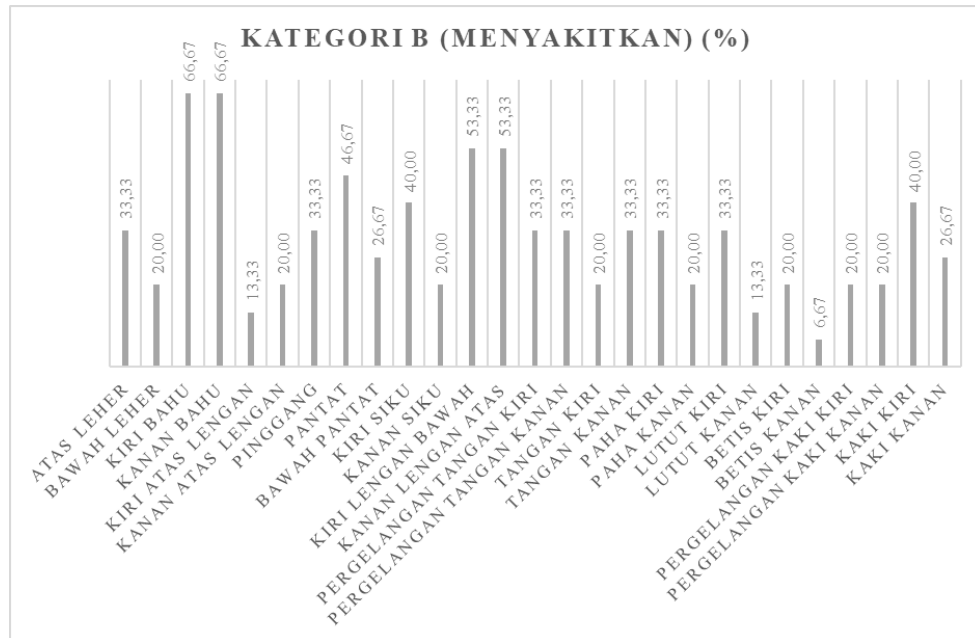
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data NBM

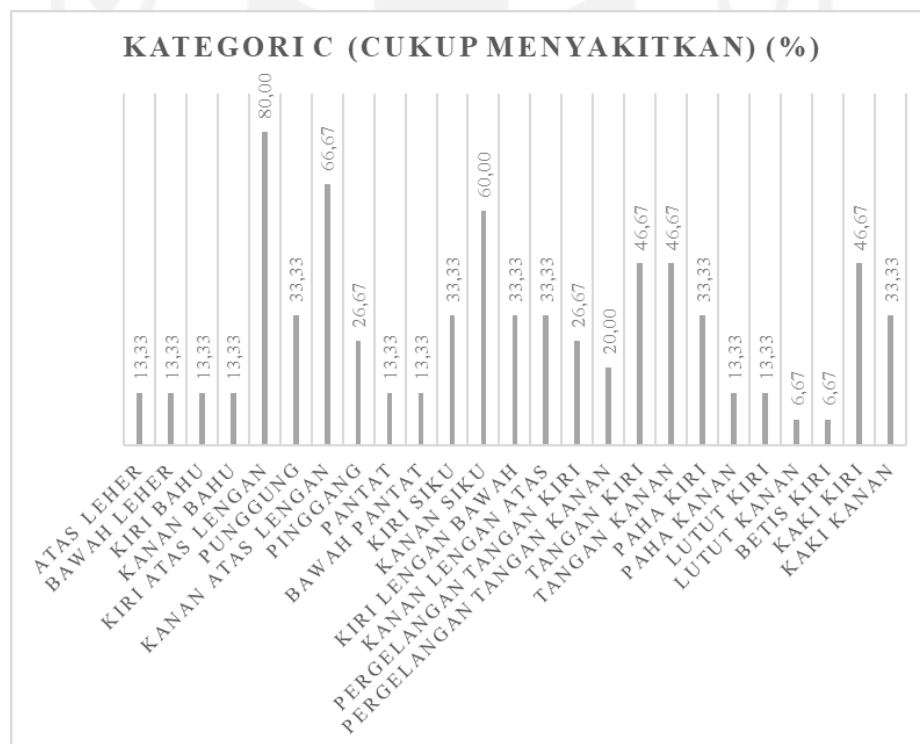
Pengumpulan data NBM merupakan data akumulasi dari *nordic body map questionnaire* kepada 15 pekerja Industri Genteng Boyolali. Hal ini untuk mengetahui tingkat titik tubuh bagian mana yang dirasa sakit atau nyeri oleh pekerja selama melakukan aktivitas kerja dengan durasi kerja dalam seharinya untuk melakukan pengangkatan genteng saat penjemuran yaitu kurang lebih 2 jam. Berikut Gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4 yang merupakan grafik yang menjelaskan terkait akumulasi NBM dengan kategori untuk tingkat kesakitan:



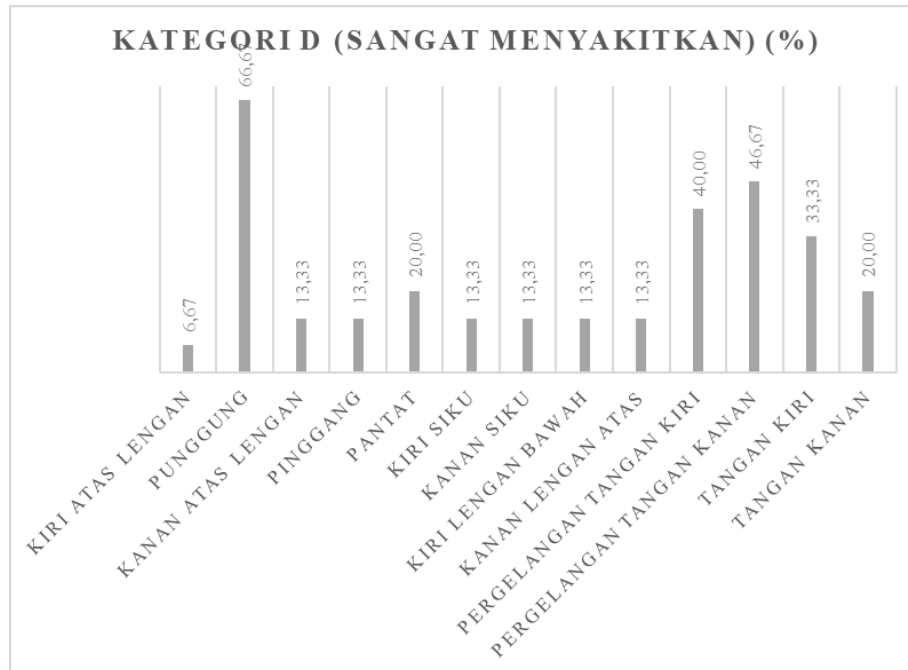
Gambar 4. 1 Akumulasi NBM Kategori A



Gambar 4. 2 Akumulasi NBM Kategori B



Gambar 4. 3 Akumulasi NBM Kategori C



Gambar 4. 4 Akumulasi NBM Kategori D

4.2 Identifikasi Postur Kerja

Dalam aktivitas pekerjaan pengangkatan genteng dari stasiun kerja pencetakan ke penjemuran. Dalam hal ini pekerja melakukan pengangkatan genteng dengan mengapit pada sela-sela jari untuk setiap tangannya rata-rata membawa 4 hingga 5 genteng. Kemudian, setiap produksi sebanyak 200 genteng dalam seharinya dan penjemuran genteng ini dilakukan dua kali, dalam kondisi genteng setengah kering dan pengeringan terakhir sebelum dilakukan pembakaran. Dokumentasi pengangkatan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 5 Pengangkutan Manual 1



Gambar 4. 6 Pengangkutan Manual 2



Gambar 4. 7 Pengangkutan Menggunakan Alat Awalan 1



Gambar 4. 8 Pengangkutan Menggunakan Alat Awalan 2

4.3 Rapid Entire Body Assessment (REBA) Postur Awal

4.3.1 Postur REBA Pengangkutan Manual

Pada pengangkutan genteng manual dengan kedua tangan terdapat untuk aktivitas membawa dan meletakkan. Berikut merupakan perhitungan untuk aktivitas dengan manual:

a. Postur Kerja Membawa dengan Manual

Berikut Gambar 4.9 merupakan gambar postur kerja awal dengan menggunakan metode REBA untuk mengetahui kategori bahaya dari suatu postur kerja saat melakukan membawa genteng:



Gambar 4. 9 Sudut REBA Membawa Manual

Penjelasan dari gambar postur kerja dengan garis merah merupakan garis yang dibentuk oleh tubuh pekerja dan garis hijau merupakan garis normal atau garis yang seharusnya dibentuk oleh pekerja. Pada metode REBA segmen– segmen tubuh tersebut dibagi menjadi dua kelompok, yaitu grup A dan B. Grup A meliputi punggung, leher, dan kaki. Sementara grup B meliputi lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Dari data, sudut segmen tubuh pada masing – masing grup dapat diketahui skornya. Dalam hal ini berikut merupakan penjelasan dari penilaian sudut postur kerja yang dibentuk:

Grup A:

a. Punggung

Hasil dari sudut pekerja ketika melakukan pengangkatan genteng untuk aktivitas

membawa yaitu sebesar $40,38^0$ flexion. Dari skor pergerakan punggung didapatkan skor yaitu 4.

b. Leher

Perhitungan dari skor pergerakan leher dilihat dari sudut yang dibentuk pekerja yaitu sebesar $22,32^0$. Hal ini skor dari leher yaitu 2 karena masuk pada kategori $>20^0$ flexion atau extension.

c. Kaki

Posisi dari kaki yang tertopang dan memiliki bobot yang merata ketika melakukan pengangkatan genteng sehingga mendapatkan skor 1.

d. Berat Beban

Berat beban genteng yang diangkat pekerja dengan kedua tangan sebesar 10 kg hal ini masuk pada kategori >10 kg dengan skor 2. Skor pada kategori ini akan dimasukkan sebagai penjumlahan total perhitungan pada tabel A.

Tabel A		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

Gambar 4. 10 Perhitungan Tabel A REBA Pengangkatan Manual

Berdasarkan dari Tabel di atas, penilaian Tabel A skor REBA mendapatkan nilai 6. Selanjutnya, penilaian postur kerja tabel A akan dijumlahkan dengan berat yang diangkat oleh pekerja. Perhitungan dari total skor tabel A sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor A} &= \text{Nilai Tabel A} + \text{Skor Berat Beban A} \\
 &= 4 + 2 \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

Grup B:

a. Lengan Atas

Posisi lengan atas ketika melakukan pengangkatan genteng membentuk sudut sebesar $36,01^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori dengan skor 2.

b. Lengan Bawah

Posisi lengan bawah membentuk sudut sebesar $39,39^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan dengan sudut $<60^{\circ} flexion$ atau $>100^{\circ} flexion$. Total nilai untuk skor bagian lengan bawah sebesar 2.

c. Pergelangan Tangan

Posisi pergelangan tangan membentuk sudut sebesar $16,34^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergelangan pergelangan tangan $>15^{\circ} flexion/extension$. Kemudian, terdapat penambahan skor karena posisi pergelangan tangan yang menyimpang dengan skor +1. Total nilai untuk skor bagian pergelangan tangan sebesar 3.

d. *Coupling*

Posisi tangan ketika membawa genteng termasuk pada kategori *unacceptable* dengan skor 3. Diartikan pegangan tangan tidak ideal karena dipaksakan dan tidak aman.

Tabel B		Lengan Atas					
		1	2	3	4	5	6
Lengan Bawah = 1	Pergelangan						
	1	1	2	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	3	3	5	5	8	8
Lengan Bawah = 2	Pergelangan						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9

Gambar 4. 11 Perhitungan Tabel B REBA Pengangkutan Manual

Penentuan dari total skor grup B yaitu jumlah pada tabel skor B ditambahkan dengan nilai coupling. Perhitungan dari total skor tabel B sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor B} &= \text{Nilai Tabel B} + \text{Skor Coupling} \\
 &= 3 + 3 \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan total skor A yaitu 8 dan total skor B yaitu 6. Hal ini digunakan untuk perhitungan nilai pada tabel C sebelum digunakan perhitungan nilai akhir. Berikut merupakan perhitungan data untuk tabel C:

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

Gambar 4. 12 Perhitungan Tabel C REBA Pengangkatan Manual

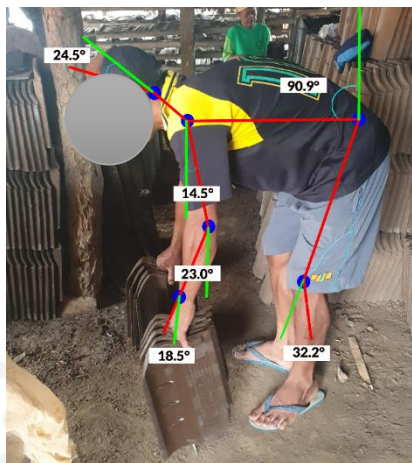
Perhitungan nilai untuk skor REBA dihitung dari nilai skor C ditambahkan dengan nilai aktivitas yang dilakukan oleh pekerja saat pengangkatan. Hal ini, masuk kepada satu atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari satu menit dengan penambahan skor yaitu +1. Perhitungan nilai skor akhir REBA sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor REBA} &= \text{Nilai Skor C} + \text{Skor Aktivitas} \\
 &= 8 + 1 \\
 &= 9
 \end{aligned}$$

Nilai skor postur tubuh pekerja pengangkatan genteng dengan metode REBA mendapatkan nilai sebesar 9 yang artinya memiliki *action level* 4 dengan level risiko sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki dengan segera.

b. Postur Kerja Meletakkan dengan Manual

Berikut merupakan gambar postur kerja awal dengan menggunakan metode REBA untuk mengetahui kategori bahaya dari suatu postur kerja saat melakukan pengangkatan genteng:



Gambar 4. 13 Sudut REBA Meletakkan Manual

Dalam hal ini berikut merupakan penjelasan dari penilaian sudut postur kerja yang dibentuk:

Grup A:

a. Punggung

Hasil dari sudut pekerja ketika melakukan pengangkatan genteng untuk aktivitas meletakkan yaitu sebesar $90,09^0$ *flexion*. Dari skor pergerakan punggung didapatkan skor yaitu 4.

b. Leher

Perhitungan dari skor pergerakan leher dilihat dari sudut yang dibentuk pekerja yaitu sebesar $24,5^0$. Hal ini skor dari leher yaitu 2 karena masuk pada kategori $>20^0$ *flexion* atau *extension*.

c. Kaki

Posisi dari kaki yang tertopang dan memiliki bobot yang merata ketika melakukan pengangkatan genteng sehingga mendapatkan skor 1. Kemudian, terdapat penambahan skor dikarenakan posisi jika lutut antara 30^0 dan 60^0 *flexion*, sehingga adanya penambahan skor +1. Total untuk perhitungan skor posisi kaki yaitu sebesar 2.

d. Berat Beban

Berat beban genteng yang diangkat pekerja dengan kedua tangan sebesar 10 kg hal ini masuk pada kategori >10 kg dengan skor 2. Skor pada kategori ini akan

dimasukkan sebagai penjumlahan total perhitungan pada tabel A.

Tabel A		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

Gambar 4. 14 Perhitungan Tabel A REBA Pengangkatan Manual

Berdasarkan dari Tabel di atas, penilaian Tabel A skor REBA mendapatkan nilai 6. Selanjutnya, penilaian postur kerja tabel A akan dijumlahkan dengan berat yang diangkat oleh pekerja. Perhitungan dari total skor tabel A sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor A} &= \text{Nilai Tabel A} + \text{Skor Berat Beban A} \\
 &= 6 + 2 \\
 &= 8
 \end{aligned}$$

Grup B:

a. Lengan Atas

Posisi lengan atas ketika melakukan pengangkatan genteng membentuk sudut sebesar $14,5^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan 20° extension sampai 20° flexion, sehingga mendapatkan skor 1. Terdapat penambahan skor sebesar +1 jika posisi lengan yang *abducted*, jadi total untuk skor pergerakan lengan atas yaitu 2.

b. Lengan Bawah

Posisi lengan bawah membentuk sudut sebesar $23,0^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan dengan sudut $<60^{\circ}$ flexion atau $>100^{\circ}$ flexion. Total nilai untuk skor bagian lengan bawah sebesar 2.

c. Pergelangan Tangan

Posisi pergelangan tangan membentuk sudut sebesar $18,5$. Hal ini masuk pada kategori pergelangan pergelangan tangan $>15^{\circ}$ flexion/extension. Kemudian, terdapat penambahan skor karena posisi pergelangan tangan yang menyimpang dengan skor +1. Total nilai untuk skor bagian pergelangan tangan sebesar 3.

d. *Coupling*

Posisi tangan ketika membawa genteng termasuk pada kategori *unacceptable* dengan skor 3. Diartikan pegangan tangan tidak ideal karena dipaksakan dan tidak aman.

Tabel B		Lengan Atas					
		1	2	3	4	5	6
Lengan Bawah = 1	Pergelangan						
	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	3	3	5	5	8	8
Lengan Bawah = 2	Pergelangan						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9

Gambar 4. 15 Perhitungan Tabel B REBA Pengangkutan Manual

Penentuan dari total skor grup B yaitu jumlah pada tabel skor B ditambahkan dengan nilai coupling. Perhitungan dari total skor tabel B sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor B} &= \text{Nilai Tabel B} + \text{Skor Coupling} \\
 &= 4 + 3 \\
 &= 7
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan total skor A yaitu 8 dan total skor B yaitu 7. Hal ini digunakan untuk perhitungan nilai pada tabel C sebelum digunakan perhitungan nilai akhir. Berikut merupakan perhitungan data untuk tabel C:

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

Gambar 4. 16 Perhitungan Tabel C REBA Pengangkutan Manual

Perhitungan nilai untuk skor REBA dihitung dari nilai skor C ditambahkan dengan nilai aktivitas yang dilakukan oleh pekerja saat pengangkutan. Hal ini, masuk kepada Satu

atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari satu menit dengan penambahan skor yaitu +1. Perhitungan nilai skor akhir REBA sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total Skor REBA} &= \text{Nilai Skor C} + \text{Skor Aktivitas} \\ &= 10 + 1 \\ &= 11 \end{aligned}$$

Nilai skor postur tubuh pekerja pengangkatan genteng dengan metode REBA mendapatkan nilai sebesar 11 yang artinya memiliki *action level* 4 dengan level risiko sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki dengan segera.

4.3.2 Postur REBA dengan Alat Angkut Awalan

Gambaran dari postur kerja menggunakan alat angkut yang berada pada Industri Genteng Boyolali, dalam hal ini alat angkut ini sangat jarang digunakan karena dari operator menyatakan kurang puas (93%).

a. Postur Kerja Membawa Alat Angkut Awalan

Berikut Gambar 4.17 merupakan gambaran postur kerja REBA operator dalam membawa alat angkut genteng awalan yang ada:



Gambar 4. 17 Sudut REBA Membawa dengan Alat Angkut Awalan

Dalam hal ini berikut merupakan penjelasan dari penilaian sudut postur kerja yang dibentuk:

Grup A:

a. Punggung

Hasil dari sudut pekerja ketika melakukan pengangkatan genteng dengan membawa alat angkut yaitu sebesar $20,04^{\circ}$. Dari skor pergerakan punggung didapatkan skor yaitu 2.

b. Leher

Perhitungan dari skor pergerakan leher dilihat dari sudut yang dibentuk pekerja yaitu sebesar $23,44^{\circ}$. Hal ini skor dari leher yaitu 2 karena masuk pada kategori $>20^{\circ}$ flexion atau extension.

c. Kaki

Posisi dari kaki yang tertopang dan memiliki bobot yang merata ketika melakukan pengangkatan genteng sehingga mendapatkan skor 1.

d. Berat Beban

Berat beban genteng yang diangkat pekerja dengan kedua tangan sebesar >10 kg dengan skor 2. Skor pada kategori ini akan dimasukkan sebagai penjumlahan total perhitungan pada tabel A.

Tabel A		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

Gambar 4. 18 Perhitungan Tabel A REBA Membawa dengan Alat Angkut Awalan

Berdasarkan dari Tabel di atas, penilaian Tabel A skor REBA mendapatkan nilai 3. Selanjutnya, penilaian postur kerja tabel A akan dijumlahkan dengan berat yang diangkat oleh pekerja. Perhitungan dari total skor tabel A sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor A} &= \text{Nilai Tabel A} + \text{Skor Berat Beban A} \\
 &= 3 + 2 \\
 &= 5
 \end{aligned}$$

Grup B:

a. Lengan Atas

Posisi lengan atas ketika melakukan pengangkatan genteng membentuk sudut sebesar $21,7^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan $20^{\circ} - 45^{\circ} flexion$, sehingga mendapatkan skor 2.

b. Lengan Bawah

Posisi lengan bawah membentuk sudut sebesar $46,95^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan dengan sudut $<60^{\circ} flexion$ atau $>100^{\circ} flexion$. Total nilai untuk skor bagian lengan bawah sebesar 2.

c. Pergelangan Tangan

Posisi pergelangan tangan membentuk sudut sebesar $25,47^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergelangan pergelangan tangan $> 15^{\circ} flexion$ atau $extension$. Kemudian, terdapat penambahan skor karena posisi pergelangan tangan yang menyimpang dengan skor +1. Total nilai untuk skor bagian pergelangan tangan sebesar 3.

d. *Coupling*

Posisi tangan ketika membawa genteng termasuk pada kategori *fair* dengan skor 1. Diartikan Pegangan tangan bisa diterima tapi belum ideal atau *coupling* lebih sesuai digunakan oleh bagian lain.

Tabel B		Lengan Atas					
		1	2	3	4	5	6
Lengan Bawah = 1	Pergelangan						
	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	3	3	5	5	8	8
Lengan Bawah = 2	Pergelangan						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	2	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9

Gambar 4. 19 Perhitungan Tabel B REBA Membawa dengan Alat Angkut Awalan

Penentuan dari total skor grup B yaitu jumlah pada tabel skor B ditambahkan dengan nilai *coupling*. Perhitungan dari total skor tabel B sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor B} &= \text{Nilai Tabel B} + \text{Skor Coupling} \\
 &= 4 + 1
 \end{aligned}$$

$$= 5$$

Selanjutnya, perhitungan total skor A yaitu 5 dan total skor B yaitu 5. Hal ini digunakan untuk perhitungan nilai pada tabel C sebelum digunakan perhitungan nilai akhir. Berikut merupakan perhitungan data untuk tabel C:

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

Gambar 4. 20 Perhitungan Tabel C REBA Membawa dengan Alat angkut Awalan

Perhitungan nilai untuk skor REBA dihitung dari nilai skor C ditambahkan dengan nilai aktivitas yang dilakukan oleh pekerja saat pengangkatan. Hal ini, masuk kepada Satu atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari satu menit dengan penambahan skor yaitu +1. Perhitungan nilai skor akhir REBA sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor REBA} &= \text{Nilai Skor C} + \text{Skor Aktivitas} \\
 &= 6 + 1 \\
 &= 7
 \end{aligned}$$

Nilai skor postur tubuh pekerja melakukan pengangkatan genteng dengan alat dengan metode REBA mendapatkan nilai sebesar 7 yang artinya memiliki *action level* 3 dengan level risiko sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki.

b. Postur Kerja Mendorong Alat Angkut Awalan

Berikut Gambar 4.21 merupakan gambaran postur kerja REBA operator dalam mendorong alat angkut genteng yang ada:



Gambar 4. 21 Sudut REBA Mendorong dengan Alat Angkut Awalan

Dalam hal ini berikut merupakan penjelasan dari penilaian sudut postur kerja yang dibentuk:

Grup A:

a. Punggung

Hasil dari sudut pekerja ketika melakukan pengangkatan genteng dengan alat angkut yaitu sebesar $55,3^{\circ}$ *flexion*. Dari skor pergerakan punggung didapatkan skor yaitu 3.

b. Leher

Perhitungan dari skor pergerakan leher dilihat dari sudut yang dibentuk pekerja yaitu sebesar $20,7^{\circ}$. Hal ini skor dari leher yaitu 2 karena masuk pada kategori $>20^{\circ}$ *flexion* atau *extension*.

c. Kaki

Posisi dari kaki yang tertopang dan memiliki bobot yang merata ketika melakukan pengangkatan genteng sehingga mendapatkan skor 1. Karena kaki ketika berjalan mendapatkan bobot beban yang tersebar merata baik kaki kanan dan kaki kiri.

d. Berat Beban

Berat beban genteng yang diangkut pekerja dengan kedua tangan $>10\text{kg}$ dengan skor 2. Skor pada kategori ini akan dimasukkan sebagai penjumlahan total perhitungan pada tabel A.

Tabel A		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

Gambar 4. 22 Perhitungan Tabel A REBA Mendorong dengan Alat Angkut Awalan

Berdasarkan dari Tabel di atas, penilaian Tabel A skor REBA mendapatkan nilai 5. Selanjutnya, penilaian postur kerja tabel A akan dijumlahkan dengan berat yang diangkat oleh pekerja. Perhitungan dari total skor tabel A sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor A} &= \text{Nilai Tabel A} + \text{Skor Berat Beban A} \\
 &= 4 + 2 \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

Grup B:

a. Lengan Atas

Posisi lengan atas ketika melakukan pengangkatan genteng membentuk sudut sebesar $31,9^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan $20^{\circ} - 45^{\circ} \text{ flexion}$, sehingga mendapatkan skor 2.

b. Lengan Bawah

Posisi lengan bawah membentuk sudut sebesar $20,6^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan dengan sudut $<60^{\circ} \text{ flexion}$ atau $>100^{\circ} \text{ flexion}$. Total nilai untuk skor bagian lengan bawah sebesar 2.

c. Pergelangan Tangan

Posisi pergelangan tangan membentuk sudut sebesar $10,7^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergelangan pergelangan tangan $0^{\circ} - 15^{\circ} \text{ flexion atau extension}$. Kemudian, terdapat penambahan skor karena posisi pergelangan tangan yang menyimpang dengan skor +1. Total nilai untuk skor bagian pergelangan tangan sebesar 2.

d. Coupling

Posisi tangan ketika membawa genteng termasuk pada kategori *fair* dengan skor 1.

Diartikan Pegangan tangan bisa diterima tapi belum ideal atau *coupling* lebih sesuai digunakan oleh bagian lain.

Tabel B		Lengan Atas					
		1	2	3	4	5	6
Lengan Bawah = 1	Pergelangan						
	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	3	3	5	5	8	8
Lengan Bawah = 2	Pergelangan						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9

Gambar 4. 23 Perhitungan Tabel B REBA Mendorong dengan Alat Angkut Awalan

Penentuan dari total skor grup B yaitu jumlah pada tabel skor B ditambahkan dengan nilai *coupling*. Perhitungan dari total skor tabel B sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor B} &= \text{Nilai Tabel B} + \text{Skor Coupling} \\
 &= 3 + 1 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan total skor A yaitu 7 dan total skor B yaitu 4. Hal ini digunakan untuk perhitungan nilai pada tabel C sebelum digunakan perhitungan nilai akhir. Berikut merupakan perhitungan data untuk tabel C:

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

Gambar 4. 24 Perhitungan Tabel C REBA Mendorong dengan Alat Angkut Awalan

Perhitungan nilai untuk skor REBA dihitung dari nilai skor C ditambahkan dengan nilai aktivitas yang dilakukan oleh pekerja saat pengangkatan. Hal ini, masuk kepada Satu atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari satu menit dengan penambahan skor yaitu +1. Perhitungan nilai skor akhir REBA sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor REBA} &= \text{Nilai Skor C} + \text{Skor Aktivitas} \\
 &= 7 + 1
 \end{aligned}$$

= 8

Nilai skor postur tubuh pekerja melakukan aktivitas mendorong dengan alat angkut genteng awalan dengan metode REBA mendapatkan nilai sebesar 8 yang artinya memiliki *action level* 3 dengan level risiko sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki.

c. Postur Kerja Meletakkan Alat Angkut Awalan

Berikut Gambar 4.25 merupakan gambaran postur kerja REBA operator dalam meletakkan genteng dari alat angkut genteng yang ada:



Gambar 4. 25 Sudut REBA Meletakkan Alat Angkut Awalan

Dalam hal ini berikut merupakan penjelasan dari penilaian sudut postur kerja yang dibentuk:

Grup A:

a. Punggung

Hasil dari sudut pekerja ketika melakukan pengangkatan genteng dengan alat angkut yaitu sebesar $83,73^{\circ}$ *flexion*. Dari skor pergerakan punggung didapatkan skor yaitu 4.

b. Leher

Perhitungan dari skor pergerakan leher dilihat dari sudut yang dibentuk pekerja yaitu sebesar $20,32^{\circ}$. Hal ini skor dari leher yaitu 2 karena masuk pada kategori $>20^{\circ}$ *flexion*.

c. Kaki

Posisi dari kaki yang tertopang dan memiliki bobot yang merata ketika melakukan pengangkatan genteng sehingga mendapatkan skor 1.

d. Berat Beban

Berat beban genteng yang diangkat pekerja dengan kedua tangan sebesar >10 kg dengan skor 2. Skor pada kategori ini akan dimasukkan sebagai penjumlahan total perhitungan pada tabel A.

Tabel A		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

Gambar 4. 26 Perhitungan Tabel A Meletakkan Genteng dari Alat Angkut Awalan

Berdasarkan dari Tabel di atas, penilaian Tabel A skor REBA mendapatkan nilai 5. Selanjutnya, penilaian postur kerja tabel A akan dijumlahkan dengan berat yang diangkat oleh pekerja. Perhitungan dari total skor tabel A sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor A} &= \text{Nilai Tabel A} + \text{Skor Berat Beban A} \\
 &= 5 + 2 \\
 &= 7
 \end{aligned}$$

Grup B:

a. Lengan Atas

Posisi lengan atas ketika melakukan pengangkatan genteng membentuk sudut sebesar $23,56^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan $20^{\circ} - 45^{\circ} \text{ flexion}$, sehingga mendapatkan skor 2.

b. Lengan Bawah

Posisi lengan bawah membentuk sudut sebesar $15,98^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan dengan sudut $<60^{\circ} \text{ flexion}$ atau $>100^{\circ} \text{ flexion}$. Total nilai untuk skor

bagian lengan bawah sebesar 2.

c. Pergelangan Tangan

Posisi pergelangan tangan membentuk sudut sebesar $13,43^0$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan pergelangan tangan $0-15^0$ *flexion atau extension*. Total nilai untuk skor bagian pergelangan tangan sebesar 1 dengan adanya tambahan nilai +1 dikarenakan adanya penyimpangan atau perputaran pergelangan tangan sehingga total skor pergelangan tangan menjadi 2.

d. *Coupling*

Posisi tangan ketika membawa genteng termasuk pada kategori *fair* dengan skor 1. Diartikan Pegangan tangan bisa diterima tapi belum ideal atau *coupling* lebih sesuai digunakan oleh bagian lain.

Tabel B		Lengan Atas					
		1	2	3	4	5	6
Lengan Bawah = 1	Pergelangan						
	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	3	3	5	5	8	8
Lengan Bawah = 2	Pergelangan						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9

Gambar 4. 27 Perhitungan Tabel B REBA Meletakkan Genteng dari Alat Angkut Awalan

Penentuan dari total skor grup B yaitu jumlah pada tabel skor B ditambahkan dengan nilai *coupling*. Perhitungan dari total skor tabel B sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor B} &= \text{Nilai Tabel B} + \text{Skor } \textit{Coupling} \\
 &= 3 + 1 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan total skor A yaitu 7 dan total skor B yaitu 4. Hal ini digunakan untuk perhitungan nilai pada tabel C sebelum digunakan perhitungan nilai akhir. Berikut merupakan perhitungan data untuk tabel C:

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

Gambar 4. 28 Perhitungan Tabel C REBA Meletakkan Alat Angkut Awalan

Perhitungan nilai untuk skor REBA dihitung dari nilai skor C ditambahkan dengan nilai aktivitas yang dilakukan oleh pekerja saat pengangkatan. Hal ini, masuk kepada Satu atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari satu menit dengan penambahan skor yaitu +1. Perhitungan nilai skor akhir REBA sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor REBA} &= \text{Nilai Skor C} + \text{Skor Aktivitas} \\
 &= 8 + 1 \\
 &= 9
 \end{aligned}$$

Nilai skor postur tubuh pekerja melakukan pengangkatan genteng dengan alat dengan metode REBA mendapatkan nilai sebesar 9 yang artinya memiliki *action level* 3 dengan level risiko sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki.

4.4 Perancangan Alat Angkut dengan QFD (*Quality Function Design*)

4.4.1 Identifikasi Kebutuhan Pengguna

Pada tahapan identifikasi kebutuhan pengguna dengan melakukan survei mengenai keinginan pengguna terhadap produk alat bantu atau gerobak. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keinginan yang akan dikelompokkan menjadi atribut apa saja yang menjadi parameter pada perumusan spesifikasi desain alat angkut atau gerobak dalam kasus pengangkutan genteng. Berikut tabel 4.1 merupakan tabel terkait rekapitulasi identifikasi kebutuhan pengguna:

Tabel 4. 1 VOC Pekerja Pengangkutan Genteng

No	VOC	Customer Needs	Atribut
1	Pengangkatan gerobak yang terlalu berat dan harus dioperasikan 2 orang	Ketahanan alat bantu gerobak yang ringan	Ringan
2	Menimbulkan rasa sakit pada sela jari tangan saat pengangkatan genteng dengan <i>manual</i>	Adanya alat bantu angkut atau gerobak yang mudah dioperasikan	<i>Easy to Use</i>
3	Sulit mengoperasikan gerobak dengan beban genteng yang berat	Adanya alat bantu angkut atau gerobak yang mudah dioperasikan dan ringan	<i>Easy to Use</i> , ringan
4	Banyaknya genteng yang patah dan rusak saat diangkut menggunakan gerobak	Kerangka alat angkut yang tidak merusak cetakan	<i>Easy to Use</i>
5	Sakit pada punggung ketika melakukan pengangkatan dan peletakan pada saat penjemuran genteng	Ukuran alat bantu penjemuran genteng yang disesuaikan dengan tubuh operator	<i>Easy to Use</i> , Nyaman
6	Sulit untuk mendorong gerobak pada <i>handle</i> yang terlalu panjang dan berat	<i>Handle</i> yang tidak terlalu panjang dan menimbulkan nyeri pada bagian tubuh tertentu	Ringan, Nyaman

Hasil dari rekapitulasi tabel keinginan pengguna didapatkan untuk atribut yang akan digunakan sebagai spesifikasi untuk penentuan kebutuhan pengguna perancangan alat angkut pada industri genteng ini. Berikut Tabel 4.2 merupakan atribut kebutuhan pengguna yang didapatkan dari seluruh kategori keluhan pengguna:

Tabel 4. 2 Atribut Kebutuhan Pengguna

No	Atribut Kebutuhan Pengguna
1	<i>Easy to Use</i>
2	Nyaman
3	Ringan

4.4.2 Perhitungan Hasil Nilai *Importance Rating* Konsumen

Tahapan setelah menentukan atribut yang ada dan terpilih yaitu *easy to use*, nyaman dan ringan. Kemudian, menentukan tingkat kepentingan dari masing-masing atribut yang diambil. Penilaian atribut dengan menggunakan skala *likert* dengan penjelasan nilai, sebagai berikut:

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

Berikut Tabel 4.3 merupakan hasil dari penilaian atribut berdasarkan pada skala *likert* yang ada:

Tabel 4. 3 Rating Atribut Kebutuhan Pengguna

Nama	Skala <i>Easy to Use</i>	Skala Nyaman	Skala Ringan
Responden 1	4	5	4
Responden 2	5	4	5
Responden 3	5	5	5
Responden 4	4	4	4
Responden 5	3	4	3
Responden 6	5	5	5
Responden 7	3	5	4
Responden 8	5	5	5
Responden 9	5	4	4
Responden 10	5	5	4
Responden 11	3	4	5
Responden 12	5	5	5
Responden 13	5	4	4
Responden 14	5	5	4
Responden 15	4	5	4

Kemudian, melakukan rekapitulasi data dengan melakukan penjumlahan dari masing-masing jumlah nilai skala *likert*. Tahapan setelah itu melakukan uji validitas dan reliabilitas untuk menentukan dari atribut kuesioner dapat dikatakan baik dan berkualitas.

a. Uji Validitas

Uji validitas digunakan sebagai alat ukur sejauh mana data yang digunakan dapat mengukur dari kevalidan suatu kuesioner. Berikut Tabel 4.4 merupakan tabel hasil

output pengujian validitas menggunakan SPSS yang dilihat dari nilai untuk *pearson correlation*:

Tabel 4. 4 Output Uji Validitas Atribut

<i>Correlations</i>		<i>Easy to Use</i>	<i>Nyaman</i>	<i>Ringan</i>	<i>Skor Total</i>
<i>Easy to Use</i>	<i>Pearson Correlation</i>	1	,238	,419	,834**
	<i>Sig. (2-tailed)</i>		,393	,120	,000
	<i>N</i>	15	15	15	15
<i>Nyaman</i>	<i>Pearson Correlation</i>	,238	1	,228	,584*
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	,393		,413	,022
	<i>N</i>	15	15	15	15
<i>Ringan</i>	<i>Pearson Correlation</i>	,419	,228	1	,746**
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	,120	,413		,001
	<i>N</i>	15	15	15	15
<i>Skor Total</i>	<i>Pearson Correlation</i>	,834**	,584*	,746**	1
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	,000	,022	,001	
	<i>N</i>	15	15	15	15

Hasil pengujian validitas dilihat dari penilaian hasil Rhitung dengan Rtabel. Pada perhitungan kuesioner ini, nilai Rhitung untuk setiap atribut yaitu *easy to use* sebesar 0,834, *nyaman* sebesar 0,584 dan *ringan* sebesar 0,746. Perhitungan untuk nilai Rtabel sebesar 0,513877. Dalam hal ini, nilai Rhitung > Rtabel dan dapat diartikan bahwa pengujian validitas pada setiap butir pertanyaan kuesioner dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

b. Uji Reliabilitas

Pengujian reliabilitas digunakan dalam menentukan konsistensi dari butir pertanyaan pada kuesioner telah konsisten dan dapat diandalkan dalam suatu perhitungan (Sukadji, 2000). Berikut Tabel 4.5 dan 4.6 merupakan hasil dari perhitungan uji reliabilitas menggunakan SPSS dilihat dari nilai *Cronbach's Alpha*:

Tabel 4. 5 *Output Uji Reliabilitas Atribut*

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	<i>Valid</i>	15	100,0
	<i>Excluded</i>	0	,0
	<i>Total</i>	15	100,0

Tabel 4. 6 *Output Uji Reliabilitas Atribut 2*

Reliability Statistics	
<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
0,552	3

Hasil dari perhitungan tabel di atas pada *cases valid* yaitu 100% dengan jumlah responden sebanyak 15 orang. Hal ini diartikan untuk hasil butir pertanyaan tersebut valid, kemudian untuk nilai dari *Cronbach's Alpha* sebesar 0,552 yang dikategorikan masuk pada tingkat keandalan cukup andal. Hasil jika data telah diuji validitas dan reliabilitas akan digunakan untuk mendapatkan nilai rata-rata untuk hasil *importance rating*. Berikut Tabel 4.7 merupakan rekapitulasi nilai akhir *importance rating*:

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Nilai *Importance Rating*

Atribut	Jumlah Nilai					<i>Importance Rating</i>
	1	2	3	4	5	
<i>Easy to Use</i>			3	3	8	4,4
Nyaman				6	9	4,6
Ringan			1	8	6	4,3

Hasil rekapitulasi nilai *importance rating* yaitu *easy to use* sebesar 4,4, nyaman sebesar 4,6 dan ringan sebesar 4,3. Dalam hal ini dapat dilihat nilai tertinggi atribut konsumen yang diinginkan dari hasil VOC yaitu pada atribut nyaman. Hal ini menjadi aspek penting untuk penentuan spesifikasi desain lebih lanjut.

4.4.3 Penentuan Technical Requirements

Penentuan dari *technical requirement* akan digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan dari pengguna ke dalam bahasa teknis. Berikut Tabel 4.8 merupakan tabel dari *technical requirements*:

Tabel 4. 8 *Technical Requirements* Alat Angkut

No	Atribut Keinginan Pengguna	<i>Technical Requirements</i>
1	Nyaman	Dimensi desain alat angkut sesuai dengan pengguna Dimensi desain dasaran alat angkut sesuai dengan pengguna Dimensi desain <i>handle</i> sesuai dengan pengguna
2	<i>Easy to Use</i>	Menggunakan sistem pengereman Rancangan roda sesuai dengan pengguna Desain <i>handle</i> sesuai dengan pengguna Desain rangka yang sederhana Fitur penggerak box alat angkut
3	Ringan	Material penyusun yang ringan Kapasitas pengangkutan genteng pada alat angkut

4.4.4 Pengukuran Dimensi Antropometri

Perhitungan pengukuran dimensi produk yang akan didesain menggunakan pengukuran antropometri. Dimensi pengukuran yang digunakan yaitu Lebar Bahu (LB) untuk lebar alat angkut, Rentangan Tangan (RT) untuk panjang alat angkut, Tinggi Siku Berdiri (TSB) untuk tinggi maksimal alat angkut, Panjang Lengan (PL) digunakan untuk panjang *handle* alat angkut dan DGM_{in} untuk diameter dari *handle* alat angkut. Berikut merupakan langkah-langkah dalam perhitungan dimensi pengukuran antropometri:

a. Data Antropometri

1. Laki-Laki

Berikut Tabel 4.9 merupakan data untuk dimensi tubuh laki-laki. Untuk perhitungan 30 data pada masing-masing dimensi:

Tabel 4. 9 Data Antropometri Laki-Laki

No	Nama	Usia	Jenis Kelamin	LB (cm)	RT (cm)	TSB (cm)	PL (cm)	DGMi n (cm)
1	Responden 1	42	Laki-Laki	58,4	158	106	28	6
2	Responden 2	53	Laki-Laki	56,7	140	105	27	6
3	Responden 3	52	Laki-Laki	50,2	178	96,5	30	5,3
4	Responden 4	59	Laki-Laki	56,4	174	106	26	6
5	Responden 5	58	Laki-Laki	57,9	160	100	27	6
6	Responden 6	60	Laki-Laki	55,4	175	99	29	6,4
7	Responden 7	52	Laki-Laki	56,4	165	107,3	27	5
8	Responden 8	52	Laki-Laki	57	166	110	28	5,50
9	Responden 9	51	Laki-Laki	58	170	106	29,5	5
10	Responden 10	50	Laki-Laki	58	166	112	25	4
11	Responden 11	49	Laki-Laki	56,4	166	101	27,5	4
12	Responden 12	40	Laki-Laki	57,3	166	110	29	4,5
13	Responden 13	47	Laki-Laki	55,5	160	107	28	5,2
14	Responden 14	56	Laki-Laki	58	168	98	30	6
15	Responden 15	59	Laki-Laki	55	187	98	26	4
16	Responden 16	43	Laki-Laki	55,5	171	98	28	4
17	Responden 17	40	Laki-Laki	57	175	114	29,8	5,5
18	Responden 18	55	Laki-Laki	56	150	102	27	5
19	Responden 19	40	Laki-Laki	55,8	155	104	29	5,8
20	Responden 20	62	Laki-Laki	58	175	115	28	5
21	Responden 21	45	Laki-Laki	58	155	98	28,5	3,5
22	Responden 22	70	Laki-Laki	56	165	115	26	4,7
23	Responden 23	49	Laki-Laki	56	155	120	28,5	4,4
24	Responden 24	47	Laki-Laki	56	174	110	28,5	5
25	Responden 25	51	Laki-Laki	57	160	106,5	28,5	5,3
26	Responden 26	35	Laki-Laki	55	175	112,5	28,5	5,1
27	Responden 27	55	Laki-Laki	54	166	106	27,8	4
28	Responden 28	40	Laki-Laki	57	166	110	27	4,5
29	Responden 29	45	Laki-Laki	56	166	105	30	4,5
30	Responden 30	50	Laki-Laki	56	160	108	29	4,5
	Rata-Rata			56,33	165,5	106,1	4,99	
	Standar Deviasi			1,59	9,43	6,01	0,77	

2. Perempuan

Berikut Tabel 4.10 merupakan data untuk dimensi tubuh perempuan. Untuk perhitungan 30 data pada masing-masing dimensi:

Tabel 4. 10 Data Antropometri Perempuan

No	Nama	Usia	Jenis Kelamin	LB (cm)	RT (cm)	TSB (cm)	PLB (cm)	DGMin (cm)
1	Responden 1	46	Perempuan	56,3	160	94	26,5	5,2
2	Responden 2	50	Perempuan	54,5	168	90	24,5	4,8
3	Responden 3	49	Perempuan	56	160	95	28	4
4	Responden 4	50	Perempuan	54	171	97	27	4,5
5	Responden 5	49	Perempuan	53	175	95	26,8	4,5
6	Responden 6	58	Perempuan	56,4	150	104	27	5
7	Responden 7	48	Perempuan	56	155	100	26	4,5
8	Responden 8	48	Perempuan	55,4	175	100	26	5
9	Responden 9	40	Perempuan	54	155	100	26	4,7
10	Responden 10	45	Perempuan	56	152	94	27	4
11	Responden 11	44	perempuan	55,6	150	105	27	4,3
12	Responden 12	58	Perempuan	54	160	95	23,5	5,2
13	Responden 13	50	Perempuan	55,6	174	96	25	4,8
14	Responden 14	59	Perempuan	54	160	91	26	4
15	Responden 15	51	Perempuan	56,4	180	95	25	4,5
16	Responden 16	53	Perempuan	55,3	165	99	27	4,5
17	Responden 17	52	Perempuan	54,8	166	96	27,5	5
18	Responden 18	44	Perempuan	54	160	98	26	4,5
19	Responden 19	42	Perempuan	55,8	155	98	28	5,2
20	Responden 20	42	Perempuan	55	166	101	25	4
21	Responden 21	56	Perempuan	54	166	90	26	4
22	Responden 22	51	Perempuan	54,2	144	92	29	4,5
23	Responden 23	46	Perempuan	55,7	154	91	26	5
24	Responden 24	40	Perempuan	56	150,5	110	28	4,7
25	Responden 25	40	Perempuan	56,3	164	103	26,7	4
26	Responden 26	55	Perempuan	55,5	170	99	25,5	4,3
27	Responden 27	40	Perempuan	56	157	95,5	24	5,2
28	Responden 28	50	Perempuan	54,6	164	95	25	4,8
29	Responden 29	46	Perempuan	56,5	152	105	25,5	4,5
30	Responden 30	62	Perempuan	55	158	103,5	24,7	5
				55,2				
				0	161,22	97,57	26,17	4,61
				0,96	8,81	4,93	1,28	0,41

b. Pengujian Normalitas dan Keseragaman Data

Pengujian normalisasi digunakan untuk mengetahui data normal pada setiap dimensi. Dengan menggunakan SPSS untuk menghitung data dan didapatkan untuk hipotesis pada uji normalitas sebagai berikut:

H_0 = data berdistribusi normal

H_1 = data tidak berdistribusi normal

Dapat diketahui jika H_0 diterima jika memiliki nilai signifikansi (sig) > 0.05 dan menolak H_1 . Data yang sudah berdistribusi normal dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya karena sata yang diambil sebagai sampel dapat mewakili dari populasi yang ada. Sehingga, Melihat pembacaan nilai signifikansi dari kolom *kolmogorov-smirnov* karena data ≥ 30 .

1. Laki-Laki

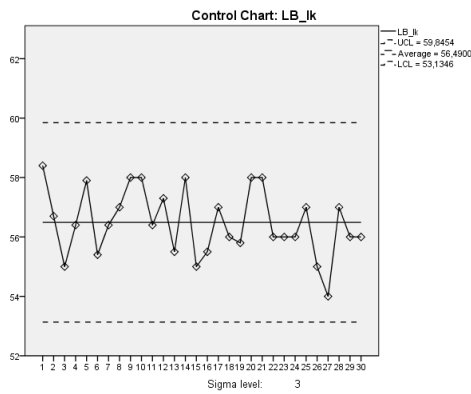
Berikut Tabel 4.11 merupakan data hasil pengujian normalitas pada dimensi laki-laki:

Tabel 4. 11 Uji Normalitas Data Antropometri Laki-Laki

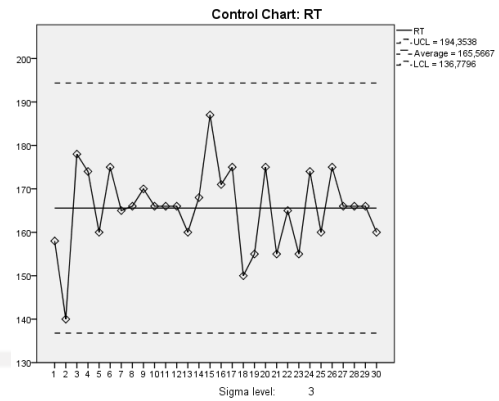
	<i>Tests of Normality</i>					
	<i>Kolmogorov-Smirnov</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
LB	,151	30	,078	,830	30	,000
RT	,143	30	,122	,965	30	,409
TSB	,088	30	,200*	,963	30	,366
PL	,131	30	,200	,963	30	,378
DGMin	,135	30	,200	,956	30	,238

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

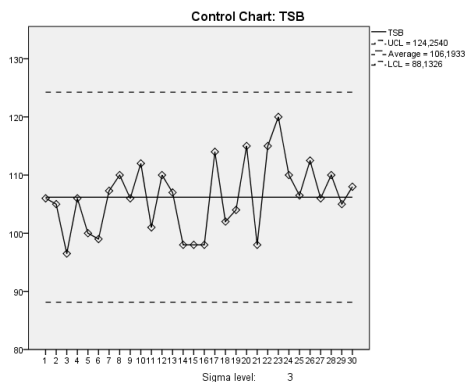
Pengolahan data dari uji normalitas dilihat dari masing-masing dimensi, untuk dimensi yang digunakan. Pada dimensi Lebar Bahu (LB) dengan nilai signifikansi 0,078 yang artinya $sig. > 0,05$ yaitu H_0 diterima atau data berdistribusi normal. Rentangan Tangan (RT) dengan nilai signifikansi 0,122 yang artinya $sig. > 0,05$ yaitu H_0 diterima atau data berdistribusi normal. Tinggi Siku Berdiri (TSB), Tinggi Lutut (TL), Panjang Lengan (PL) dan DGMin nilai signifikansi sebesar 0,200 yang artinya $sig. > 0,05$ yaitu H_0 diterima atau data berdistribusi normal. Setelah itu, melakukan pengujian pada keseragaman data. Berikut Gambar 4.29, 4.30, 4.31 dan 4.32 merupakan hasil dari *control chart* untuk keseragaman data pada setiap dimensi:



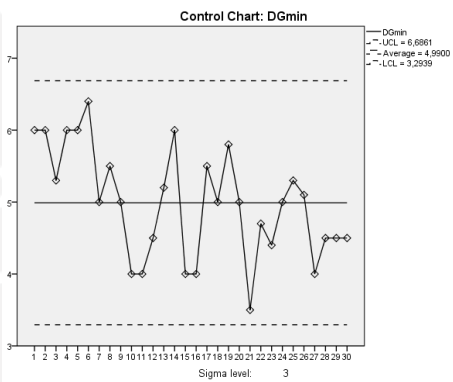
Gambar 4. 29 Uji Keseragaman Data Antropometri LB



Gambar 4. 30 Uji Keseragaman Data Antropometri RT



Gambar 4. 31 Uji Keseragaman Data Antropometri TSB



Gambar 4. 32 Uji Keseragaman Data Antropometri DGmin

2. Perempuan

Berikut Tabel 4.12 merupakan data hasil pengujian normalitas pada dimensi perempuan:

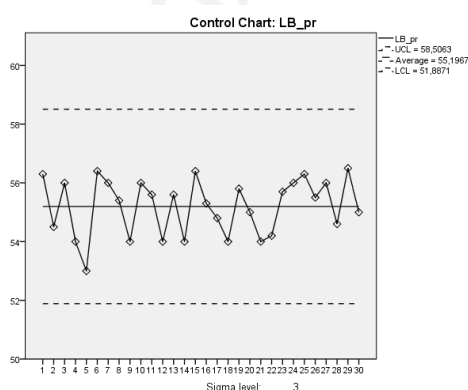
Tabel 4. 12 Uji Normalitas Data Antropometri Perempuan

	<i>Tests of Normality</i>					
	<i>Kolmogorov-Smirnov</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
LB	,132	30	,196	,919	30	,025
RT	,122	30	,200*	,978	30	,764
TSB	,125	30	,200*	,961	30	,331
PLB	,121	30	,200*	,980	30	,825
DGMin	,151	30	,159	,962	30	,354

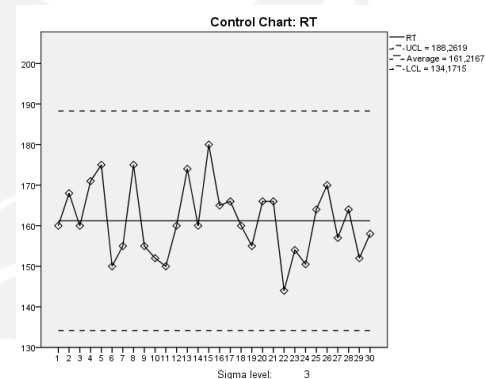
*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

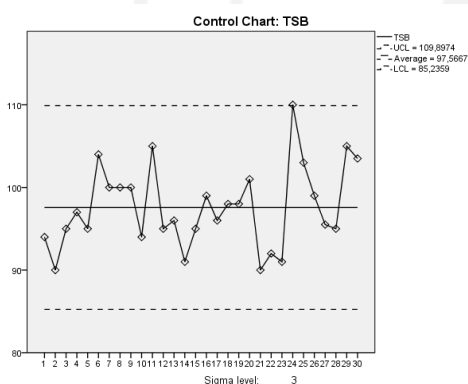
Pengolahan data dari uji normalitas dilihat dari masing-masing dimensi, untuk dimensi yang digunakan. Pada dimensi Lebar Bahu (LB) nilai signifikansi sebesar 0,196 yang artinya $\text{sig.} > 0,05$ yaitu H_0 diterima atau data berdistribusi normal. Dimensi Rentangan Tangan (RT), Tinggi Siku Berdiri (TSB), Tinggi Lutut (TL), dan Panjang Lengan (PL) nilai signifikansi sebesar 0,200 yang artinya $\text{sig.} > 0,05$ yaitu H_0 diterima atau data berdistribusi normal. Dimensi DGMin dengan nilai signifikansi 0,159 yang artinya $\text{sig.} > 0,05$ yaitu H_0 diterima atau data berdistribusi normal. Setelah itu, melakukan pengujian pada keseragaman data. Berikut Gambar 4.33, 4.34, 4.35, dan 4.36 merupakan hasil dari *control chart* untuk keseragaman data pada setiap dimensi:



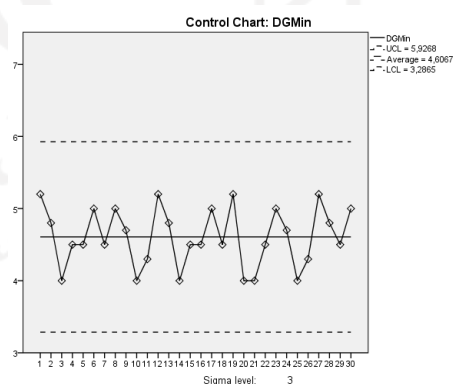
Gambar 4. 33 Uji Keseragaman Data Antropometri LB



Gambar 4. 34 Uji Keseragaman Data Antropometri RT



Gambar 4. 35 Uji Keseragaman Data Antropometri TSB



Gambar 4. 36 Uji Keseragaman Data Antropometri DGMin

c. Perhitungan Persentil

Pada kasus ini perhitungan menggunakan persentil 95 atau 5 dengan formula hitung sebagai berikut:

$$P_x = X \pm P \sigma$$

Dengan penjelasan,

X = Rata-rata

P = Nilai persentil yang digunakan

σ = Standar deviasi

Penjelasan perhitungan nilai + jika memakai persentil 95 dan nilai – jika memakai persentil 5. Penyesuaian persentil pada P_{95} untuk populasi terkecil, P_{50} populasi rata-rata dan P_{95} untuk populasi terbesar. Berikut Tabel 4.13 merupakan perhitungan pada persentil yang digunakan pada dimensi yang diukur pada pengukuran dengan jenis kelamin laki-laki:

Tabel 4. 13 Perhitungan Persentil Data Laki-Laki

Dimensi	P ₅	P ₅₀	P ₉₅
LB	53,71	56,33	58,95
RT	150,05	165,57	181,09
TSB	96,30	106,19	116,08
PLB	25,9	28,04	30,17
DGMin	3,73	4,99	6,25

Berikut Tabel 4.14 merupakan perhitungan pada dimensi yang diukur pada pengukuran dengan jenis perempuan:

Tabel 4. 14 Perhitungan Persentil Data Perempuan

Dimensi	P ₅	P ₅₀	P ₉₅
LB	53,61	55,20	56,78
RT	146,73	161,22	175,71
TSB	89,46	97,57	105,68
PLB	24,07	26,17	28,28
DGMin	3,94	4,61	5,28

Penentuan dari nilai pengukuran antropometri didasarkan pada persentil yang digunakan pada setiap dimensi. Berikut merupakan penjelasan terkait pada dimensi yang digunakan dalam perancangan alat bantu:

1. Dimensi Lebar Bahu

Pengukuran menggunakan dimensi lebar bahu digunakan untuk mendapatkan ukuran lebar alat angkut yang akan didesain. Menggunakan P_{50} dikarenakan sebagai persentil rata-rata hal ini akan mengakibatkan kepada ukuran lebar yang disesuaikan dengan rata-rata tubuh manusia ketika digunakan. Sehingga ukuran yang didapat yaitu rata-rata dari ukuran lebar bahu laki-laki dan perempuan sebesar 55,77 cm.

2. Dimensi Rentangan Tangan

Pengukuran menggunakan dimensi rentangan tangan digunakan untuk ukuran dari panjang alat angkut yang akan didesain. Menggunakan P_5 dikarenakan sebagai acuan pada populasi terkecil, agar ketika menjangkau genteng pada alat angkut dapat lebih mudah dan dapat lebih nyaman ketika mendorong alat tersebut. Perhitungan dimensi ini didapatkan dari nilai terkecil, sehingga didapatkan pada data antropometri perempuan yaitu sebesar 146,73 cm.

3. Dimensi Tinggi Siku Berdiri

Pengukuran menggunakan dimensi tinggi siku berdiri digunakan dalam perancangan tinggi maksimum alat angkut. Hal ini didasarkan agar ketika operator menggunakan alat bantu tersebut tidak merasa terlalu rendah atau terlalu tinggi dari alat angkut, serta lebih mudah dan tidak terhalang saat mendorong alat angkut. Perhitungan dimensi ini didapat dari nilai persentil yang digunakan yaitu P_{95} sehingga didapatkan pada data antropometri laki-laki sebesar 116,08 cm.

4. Dimensi Panjang Lengan Bawah

Pengukuran menggunakan dimensi panjang lengan bawah untuk ukuran batas panjang pegangan alat angkut dengan ketinggian alat angkut. Agar memberikan kenyamanan dan kemudahan pada ukuran *handle* ketika mendorong alat angkut. Perhitungan dimensi ini didapat dari nilai persentil yang digunakan yaitu P_{50} atau persentil rata-rata sehingga didapatkan pada data antropometri sebesar 27,11 cm.

5. Dimensi DGMin

Pengukuran menggunakan dimensi DGMin untuk diameter genggam *handle*, hal ini harus didasarkan pada ukuran tangan operator karena ketika melakukan operasional aktivitas pengangkatan genteng secara langsung ketika mendorong bersentuhan dengan *handle*, maka dari ini untuk keamanan dan kenyamanan ketika mendorong alat bantu. Perhitungan dimensi ini didapat dari nilai persentil yang

digunakan yaitu P₅₀ atau persentil rata-rata sehingga didapatkan pada data antropometri sebesar 4,8 cm.

d. Penentuan *Allowance*

Penentuan dari ukuran yang akan digunakan dalam perancangan sebuah desain memiliki suatu toleransi atau kelonggaran yang dipertimbangkan pada setiap dimensi. Berikut Tabel 4.15 merupakan pembagian kelonggaran dalam perancangan desain produk (Panero & Zelnik, 1979):

Tabel 4. 15 Ketetapan *Allowance* pada Antropometri

Jenis Pakaian dan Sepatu	Kelonggaran	Ukuran tubuh yang dipengaruhi
Pakaian Pria	1.3 cm	Lebar badan
	1.9 - 2.5 cm	Rentang badan
Pakaian Wanita	0.6 – 1.3 cm	Lebar badan
	1.3 – 1.9 cm	Rentang badan
Mantel luar musim dingin	5.1 cm	Lebar badan
	7.6 – 10.2 cm	Rentang badan
Sepatu bertumit pria	2.5 – 3.8 cm	Tinggi badan
Sepatu bertumit wanita	2.5 – 7.6 cm	Tinggi badan
Sepatu pria	3.2 – 3.8 cm	Panjang kaki
Sepatu wanita	1.3 – 1.9 cm	Panjang kaki
Sarung tangan	0.6 – 1.3 cm	Panjang tangan

Ketentuan perancangan pada desain alat angkut ini memiliki kelonggaran yang akan ditetapkan pada perhitungan. Berikut merupakan penjelasan dari setiap dimensi pada perancangan alat angkut:

1. Dimensi Lebar Bahu

Perhitungan dimensi lebar bahu yaitu sebesar 55,77 cm hal ini tidak memiliki pengaruh pada ketetapan *allowance*, sehingga nilai untuk dimensi tersebut dibulatkan menjadi 56 cm.

2. Dimensi Rentangan Tangan

Perhitungan dimensi ini didapatkan dari persentil terkecil, yaitu sebesar 146,73 cm. ukuran ini tidak memiliki pengaruh pada ketetapan allowance, sehingga nilai untuk dimensi tersebut dibulatkan menjadi 147 cm.

3. Dimensi Tinggi Siku Berdiri

Perhitungan dimensi ini didapat dari nilai persentil yang digunakan yaitu P₉₅ sehingga didapatkan pada data antropometri laki-laki sebesar 116,08 cm. Sehingga memiliki pengaruh terhadap kelonggaran yang ditetapkan pada tinggi badan (pria) sebesar 3,8 cm. Sehingga untuk pengukuran dimensi ini sebesar 116,08 cm + 3,8 cm = 119,88 cm dan dibulatkan menjadi 120 cm.

4. Dimensi Panjang Lengan Bawah

Perhitungan dimensi ini didapat dari nilai persentil rata-rata sehingga didapatkan pada data antropometri sebesar 27,11 cm. serta tidak memiliki pengaruh pada ketetapan kelonggaran. Hal ini untuk ukuran pada panjang *handle* diberikan pertimbangan menjadi 28 cm.

5. Dimensi DGMin

Perhitungan dimensi ini didapat dari nilai persentil rata-rata sehingga didapatkan pada data antropometri sebesar 4,8 cm. serta tidak memiliki pengaruh pada ketetapan kelonggaran. Hal ini untuk ukuran pada panjang *handle* diberikan pertimbangan menjadi 5 cm.

e. Perhitungan Akhir Pengukuran Antropometri

Berikut Tabel 4.16 merupakan hasil dari perhitungan akhir dengan perhitungan antropometri untuk setiap dimensi dengan kegunaan pada dimensi produk usulan:

Tabel 4. 16 Hasil Ukuran Produk Usulan dengan Antropometri

No	Dimensi Antropometri	Dimensi Produk	Perhitungan Ukuran			Hasil Perhitungan (cm)
			Persentil	Nilai Persentil (cm)	Allowance	
1.	Lebar Bahu (LB)	Lebar alat angkut	P ₅₀	55,77	0	55,77 = 56
2.	Rentangan Tangan (RT)	Panjang alat angkut	P ₅	146,73	0	146,73 = 147

No	Dimensi Antropometri	Dimensi Produk	Perhitungan Ukuran			Hasil Perhitungan (cm)
			Persentil	Nilai Persentil (cm)	Allowance	
3.	Tinggi Siku Berdiri (TSB)	Tinggi alat angkut	P ₉₅	116,08	3,8	= 119,88 = 120
4.	Panjang Lengan Bawah (PLB)	Panjang maksimal masing-masing <i>handle</i>	P ₅₀	27,11	0	27,11 = 28
5.	Diameter Genggaman Minimum (DGMin)	Diameter <i>handle</i>	P ₅₀	4,8	0	4,8 = 5

4.4.5 Penentuan Target Spesifikasi

Berikut Tabel 4.17 merupakan terkait target spesifikasi dengan tujuan untuk memenuhi setiap persyaratan teknis pada masing-masing atribut yang telah didapat sebelumnya:

Tabel 4. 17 Target Spesifikasi Alat Angkut

No	Atribut	Technical Requirements	Target Spesifikasi
1	Nyaman	Dimensi desain alat angkut sesuai dengan pengguna Dimensi desain dasaran alat angkut sesuai dengan pengguna Dimensi desain <i>handle</i> sesuai dengan pengguna Menggunakan sistem pengereman	Lebar alat angkut = 56 cm Panjang alat angkut = 147 cm Tinggi alat angkut = 120 cm Batas maksimal dasaran alat angkut = 30 cm Panjang maksimal masing-masing <i>handle</i> = 28 cm Diameter <i>handle</i> = 5 cm <i>Handle</i> dengan menggunakan penekanan rem depan-belakang.
2	Easy to Use	Rancangan roda yang sesuai penggunaan	Roda dengan putaran 360° Bahan karet dan resin elastomer serta penyangga iron

No	Atribut	Technical Requirements	Target Spesifikasi
3	Ringan		<p><i>Wheelbarrow</i> dengan diameter ukuran 5 inchi</p> <p>Berjumlah 4 buah (ujung alat angkut)</p> <p>Suspensi getaran untuk setiap roda</p>
		Desain <i>handle</i> sesuai penggunaan	<p>Pelapis <i>handle</i> berbahan <i>grip rubber</i></p> <p>Ukuran ruas antar <i>handle grip</i> sebesar 4 cm</p>
		Desain rangka yang sederhana	<p>Tombol pengoperasian box rangka</p> <p>Bahan rangka <i>aluminium profile</i></p> <p>Terdapat tiga tingkatan box dengan ukuran 30 cm</p> <p>Sekat rangka <i>adjustable</i> dengan kemiringan maksimal 40⁰</p>
		Fitur penggerak box alat angkut	<p>Menggunakan sistem <i>lifting device</i> (dongkrak elektrik) dengan tombol naik turun</p>
		Material penyusun yang ringan	<p>Kerangka badan alat angkut = <i>iron stainless steel</i></p> <p>Material penyekat = <i>iron stainless steel</i> dengan <i>polyfoam</i></p> <p>Material <i>handle</i> = <i>iron stainless steel</i> dengan dibalut <i>rubber</i></p>
		Kapasitas genteng pengangkutan	<p>Terdapat pengunci untuk <i>box</i> alat angkut dapat dilepas pasang</p>

4.4.6 Benchmark

Berikut Gambar 4.37 dan 4.38 merupakan gambaran produk yang digunakan untuk *benchmark*:



Gambar 4. 37 Flat Trolley

Sumber : Google (CRC Group, 2021)



Gambar 4. 38 Tools Trolley

Sumber : Google (Grainger , 2020)

Melakukan *benchmark* dengan produk yang sudah ada pada pasaran. Hal ini, melakukan perbandingan dengan dua produk alat angkut yang ada pasaran, untuk pemilihan dari dari produk pembanding didasarkan pada produk yang dapat digunakan dalam pengangkutan dari sebuah genteng, sesuai dengan tujuan dari perancangan produk ini yang digunakan pada industri genteng. Untuk itu, dari dua produk pasaran yang nantinya dapat dijadikan sebagai pembanding desain alat angkut dengan spesifikasi yang lebih baik untuk kedepannya. Melakukan sebuah *benchmark* pada produk alat angkut atau *trolley* yang telah ada pada pasaran. Mengambil dua troli yang memiliki keunggulan yaitu *flat* troli dan *tools* troli. Untuk *flat* troli dengan bentuk troli yang ada pada pasaran yang memiliki dataran yang luas sehingga kapasitas yang dimiliki cukup besar dan memiliki kerangka yang kuat dan cukup ringan. Sedangkan untuk *tools* troli memiliki sekat tingkat untuk meletakkan item barang sehingga memiliki kapasitas yang cukup dan memiliki pengunci pada bagian roda untuk mengoperasikan dengan mudah, selain itu terdapat *handle* tangan yang menyesuaikan dengan kemiringan tangan ketika mendorong. Berikut tabel 4.18 merupakan hasil dari *benchmarking* pada *metric* yang ada:

Tabel 4. 18 *Benchmark* Produk Alat Angkut

No	Metric	Unit	Flat Troli	Tools Troli
1	Putaran roda troli	Derajat	-	360
2	Bahan roda	Tipe	Nylon	Nylon
3	Diameter roda	Inchi	3	5
4	Jumlah roda	Buah	4	4
5	Jenis <i>handle</i>	Tipe	<i>Hand trolley</i>	<i>Hand trolley</i>
6	Bahan <i>handle</i>	Tipe	<i>Aluminium Steel</i>	<i>Besi finishing cat</i>

No	Metric	Unit	Flat Troli	Tools Troli
7	Ukuran ruas <i>handle</i>	Cm	-	-
8	Bahan rangka	Tipe	Besi	Besi
9	Penggerak box	Tipe	-	Sistem tetap
10	Tingkatan box	Buah	-	3
11	Lebar alat angkut	Cm	47	52
12	Tinggi alat angkut	Cm	73	97
13	Batas maksimal dasaran alat angkut	Cm	15	20
14	Panjang <i>handle</i>	Cm	40	45
15	Diameter <i>handle</i>	Cm	8	-
16	Bahan kerangka	Tipe	<i>Aluminium Steel</i>	<i>Besi finishing cat</i>
17	Jenis pengunci roda	Tipe	-	Klik roda

Sehingga setelah melakukan proses *benchmark* pada 2 produk pasaran, hal ini menjadikan bahan untuk pengembangan produk yang akan dibuat. Berikut Tabel 4.19 merupakan tabel untuk *set final specification*:

Tabel 4. 19 *Set Final Specification* Alat Angkut

No	Metric	Unit	Redesign Troli
1	Putaran roda troli	Derajat	360
2	Bahan roda	Tipe	Karet dan resin elastomer serta penyangga <i>iron</i>
3	Diameter roda	Inchi	5
4	Jumlah roda	Buah	4
5	Jenis <i>handle</i>	Tipe	<i>Hand</i> troli dengan Rem tangan
6	Bahan <i>handle</i>	Tipe	<i>Grip rubber</i>
7	Ukuran ruas <i>handle</i>	Cm	4
8	Bahan rangka	Tipe	<i>Aluminium profile</i>
9	Penggerak box	Tipe	<i>lifting device</i> (dongkrak elektrik)
10	Tingkatan box	Buah	3
11	Lebar alat angkut	Cm	56
12	Tinggi alat angkut	Cm	120
13	Batas maksimal dasaran alat angkut	Cm	30
14	Panjang <i>handle</i>	Cm	28

No	Metric	Unit	Redesign Troli
15	Diameter <i>handle</i>	Cm	5
16	Bahan kerangka	Tipe	<i>iron stainless steel</i>
17	Jenis pengunci roda	Tipe	Klik roda

4.5 Perhitungan *House of Quality* (HOQ)

Melakukan perhitungan pada masing-masing atribut yang disesuaikan dengan keinginan operator yang kemudian diidentifikasi dan dihitung menggunakan *House of Quality* (HOQ). Dimulai dari hubungan atribut dengan kebutuhan teknis, pembobotan matriks, hubungan antar matriks beserta *benchmark* pada evaluasi desain produk dengan produk yang sudah ada pada pasaran.

4.5.1 Hubungan Atribut Kebutuhan Konsumen dan Kebutuhan Teknis

Pada pembuatan hubungan antara persyaratan teknis produk yang diibandingkan berdasarkan dari hasil keinginan pengguna dengan mencantumkan pada bagian hubungan antara *customer needs attribute* dengan *technical requirement*. Berikut Gambar 4.39 merupakan gambar dari hubungan atribut kebutuhan dan kebutuhan teknis:

Customer Needs Attribute	Important Rating	Rancangan Roda yang Sesuai Pengguna	Desain Handle yang Sesuai Pengguna	Desain Rangka yang Sederhana	Fitur Penggerak Box Alat Angkut	Dimensi Alat Angkut yang Sesuai Pengguna	Dimensi Dasar Alat Angkut yang Sesuai Pengguna	Dimensi Handle yang Sesuai Pengguna	Menggunakan Sistem Penggerakan	Material Penyusun yang Ringan	Kapasitas Pengangkutan Gerteng
Easy to Use	4,4	●	●	●	●	●		●	●	○	○
Ringan	4,3		○	●						●	●

Gambar 4. 39 HOQ Hubungan Atribut dengan kebutuhan Teknis

4.5.2 Pembobotan Kolom

Penilaian dari pembobotan kolom didasarkan pada pengisian hubungan antar perbandingan atribut dengan *technical requirement*. Hal ini untuk menghitung dari bobot kolo dengan rumusan (Cohen, 1995):

Bobot kolom = Σ (Nilai importance rating atribut x nilai korelasi persyaratan teknis)

Berikut Gambar 4.40 merupakan hasil perhitungan dari pembobotan kolom dari perhitungan yang telah dilakukan:

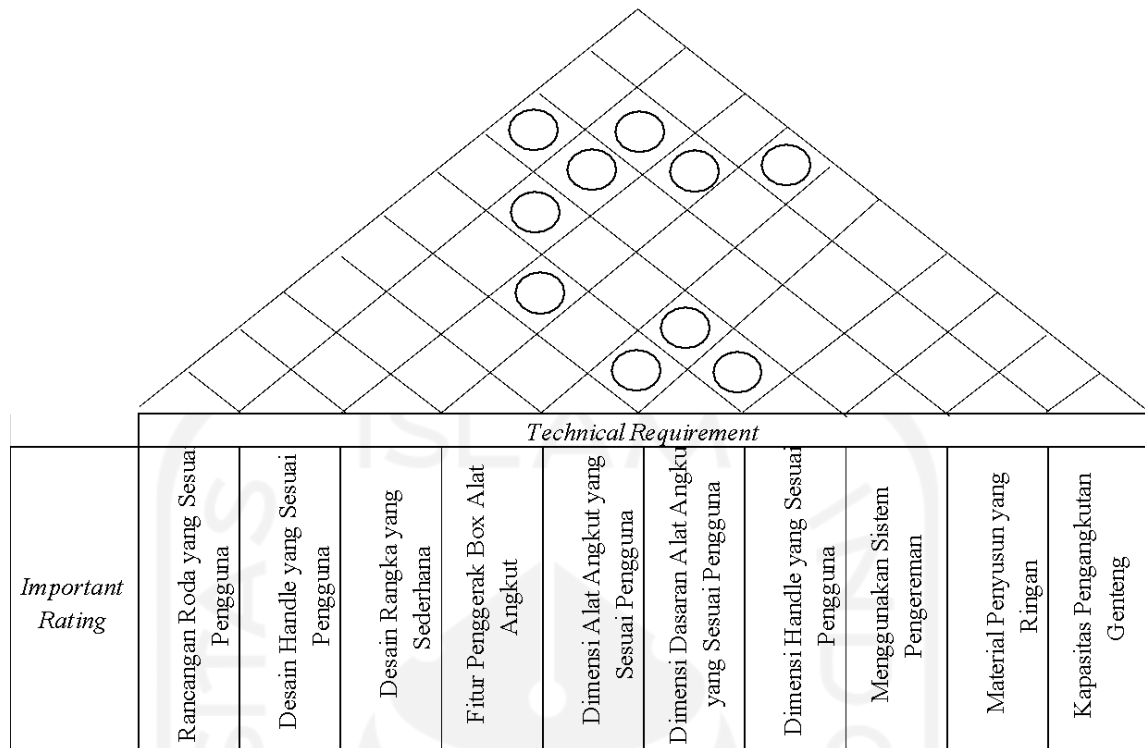
			Technical Requirement									
Important Rating			Rancangan Roda yang Sesuai Pengguna	Desain Handle yang Sesuai Pengguna	Desain Rangka yang Sederhana	Fitur Penggerak Box Alat Angkut	Dimensi Alat Angkut yang Sesuai Pengguna	Dimensi Dasar Alat Angkut yang Sesuai Pengguna	Dimensi Handle yang Sesuai Pengguna	Menggunakan Sistem Pengereman	Material Penyusun yang Ringan	Kapasitas Pengangkutan Genteng
Customer Needs Attribute	Nyaman	4,6				●	●	●	●	●	○	○
	Easy to Use	4,4	●	●	●	●	●		●	●	○	○
	Ringan	4,3		○	●						●	●
Value of Importance Technical Requirements			39,6	52,5	78,3	81	81	41,4	81	81	65,7	65,7

Gambar 4. 40 HOQ Pembobotan Kolom

Hal ini pada hasil pembobotan kolom dapat diketahui untuk nilai dari *technical requirement* yang paling penting untuk diimplementasikan guna pengembangan produk pada skor tertinggi sebesar 81 yaitu pada fitur penggerak box alat angkut, dimensi alat angkut yang sesuai dengan pengguna, desain *handle* yang sesuai dengan pengguna dan menggunakan sistem pengereman.

4.5.3 Hubungan Antar Kebutuhan Teknis

Melakukan identifikasi hubungan antar kebutuhan teknis satu sama lain. Terdapat dua simbol yang digunakan untuk mengetahui hubungan antar kebutuhan teknis. Jika antar kebutuhan teknik hubungan positif dengan simbol ○ dan berhubungan negatif dengan simbol x. Berikut merupakan Gambar 4.41 untuk hubungan antar kebutuhan teknis:



Gambar 4. 41 Hubungan Antar Kebutuhan Teknis

4.5.4 Perhitungan *Customer Competitive Evaluation (CCE)*

Berikut merupakan ketentuan *benchmark* dengan melakukan evaluasi kuesioner yang dibagikan untuk membandingkan kedua produk dengan atribut yang telah ada dengan redesain troli yang dirancang. Berikut Tabel 4.20 merupakan penjelasan dari nilai perbandingan untuk setiap skala pada masing-masing atribut:

Tabel 4. 20 Penilaian Poin Atribut

No	Atribut	Penjelasan
1	Nyaman	1 = Sangat Tidak Baik
		2 = Tidak Baik
		3 = Cukup Baik
		4 = Baik
		5 = Sangat Baik
2	<i>Easy to Use</i>	1 = Sangat Tidak Baik
		2 = Tidak Baik
		3 = Cukup Baik
		4 = Baik
		5 = Sangat Baik

No	Atribut	Penjelasan
3	Ringan	1 = Sangat Tidak Baik 2 = Tidak Baik 3 = Cukup Baik 4 = Baik 5 = Sangat Baik

Hasil dari kuesioner yang dibagikan untuk proses *benchmark* setiap atribut sebagai berikut:

a. Produk *Flat* Troli

Hasil dari penentuan *importance rating* untuk setiap desain produk yang dilakukan *benchmark*. Berikut Tabel 4.21 merupakan hasil *importance rating* untuk *flat* troli:

Tabel 4. 21 Hasil *Importance Rating Flat* Troli

Nama	Skala <i>Easy to Use</i>	Skala Nyaman	Skala Ringan
Responden 1	3	2	2
Responden 2	3	3	3
Responden 3	4	2	2
Responden 4	4	4	4
Responden 5	3	2	3
Responden 6	4	4	4
Responden 7	3	3	3
Responden 8	2	3	2
Responden 9	4	4	3
Responden 10	3	2	2
Responden 11	3	3	3
Responden 12	4	2	2
Responden 13	2	3	2
Responden 14	3	3	3
Responden 15	4	2	2
Nilai <i>Importance Rating</i>	3,27	2,80	2,67

b. Produk *Tools* Troli

Hasil dari penentuan *importance rating* untuk setiap desain produk yang dilakukan *benchmark*. Berikut Tabel 4.22 merupakan hasil *importance rating* untuk *Tools* Troli:

Tabel 4. 22 Hasil *Importance Rating Tools* Troli

Nama	Skala <i>Easy to Use</i>	Skala Nyaman	Skala Ringan
Responden 1	1	2	2
Responden 2	4	3	3
Responden 3	2	3	3
Responden 4	5	5	5
Responden 5	4	4	2
Responden 6	3	4	4
Responden 7	3	3	3
Responden 8	2	3	2
Responden 9	4	4	3
Responden 10	1	2	2
Responden 11	4	3	2
Responden 12	2	3	2
Responden 13	2	4	4
Responden 14	3	3	3
Responden 15	4	2	2
Nilai <i>Importance Rating</i>	2,93	3,20	2,80

c. Produk *Redesign* Troli

Hasil dari penentuan *importance rating* untuk setiap desain produk yang dilakukan *benchmark*. Berikut Tabel 4.23 merupakan hasil *importance rating* untuk *Redesign* Troli:

Tabel 4. 23 Hasil *Importance Rating* Troli Usulan

Nama	Skala Nyaman	Skala <i>Easy to Use</i>	Skala Ringan
Responden 1	4	5	5
Responden 2	4	3	4
Responden 3	4	4	4
Responden 4	5	5	5
Responden 5	4	4	2
Responden 6	5	5	5
Responden 7	4	3	4
Responden 8	4	5	4
Responden 9	5	5	4
Responden 10	5	4	4
Responden 11	4	4	5

Nama	Skala Nyaman	Skala <i>Easy to Use</i>	Skala Ringan
Responden 12	5	4	4
Responden 13	5	3	5
Responden 14	4	4	4
Responden 15	5	5	5
Nilai <i>Importance Rating</i>	4,47	4,20	4,27

Dari hasil untuk perbandingan nilai rating dari hasil *benchmark* untuk 2 produk pasaran (*flat* troli dan *tools* troli) dan dengan redesain produk yang akan dibuat. Hal ini ditujukan untuk mengetahui posisi produk yang akan diredesain dengan pengembangan yang akan dilakukan. Berikut Tabel 4.24 merupakan hasil dari perbandingan CCE produk pesaing dan produk yang diredesain:

Tabel 4. 24 Hasil *Goal* pada Atribut

No	<i>Customer Needs</i> Atribut	IR <i>Flat Troli</i>	IR <i>Tools Troli</i>	IR Redesain produk	IR <i>Customer Need</i>	<i>Goal</i> (Rerata)
1	Nyaman	2,8	3,2	4,47	4,6	3,77
2	<i>Easy to Use</i>	3,27	2,93	4,2	4,4	3,70
3	Ringan	2,67	2,8	4,27	4,3	3,51

Hasil dari nilai rerata atau *goal* untuk masing-masing atribut akan menjadi target tingkat kepuasan dalam pengembangan produk alat angkut khusus pada industri genteng. Dalam hal ini untuk menjadikan perbandingan dari nilai IR untuk pengembangan produk yang didesain dengan rerata dari hasil *importance rating* yang telah dihitung dan untuk hasil tersebut sudah memenuhi target yang telah didapatkan.

4.5.5 Perhitungan *Sales Point*

Perhitungan *sales point* ini berpengaruh pada tingkat kepentingan dari produk yang digunakan dalam kompetitif pengembangan produk. Penilaian pada *sales point* ini memiliki kategori sebagai berikut (Cohen, 1995):

Tabel 4. 25 Penilaian Pada Sales Point

No	Kategori Sales Point	Arti
1	1	Daya jual rendah
2	1,2	Daya jual menengah
3	1,5	Daya jual tinggi

Untuk penjabaran dari penentuan kategori *sales point* dilihat dari nilai *importance rating* yang ada. Penjelasan untuk penentuan kategori sales point sebagai berikut:

1. Nilai *sales point* 1 berarti untuk atribut *customer needs* dengan *Importance Rating* (IR) ≤ 2 dan dapat diartikan daya jual rendah.
2. Nilai *sales point* 1,2 berarti untuk atribut *customer needs* dengan *Importance Rating* (IR) $2 < IR \leq 3$ dan dapat diartikan daya jual menengah.
3. Nilai *sales point* 1,5 berarti untuk atribut *customer needs* dengan *Importance Rating* (IR) > 3 dan dapat diartikan daya jual tinggi.

Sehingga, untuk penilaian dari *sales point* produk alat angkut yang didesain untuk dikembangkan sebagai berikut pada tabel 4.26:

Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan Sales Point

No	Atribut	Nilai Importance Rating (IR)	Nilai Sales Point
1.	Nyaman	4,6	1,5
2.	<i>Easy to Use</i>	4,4	1,5
3	Ringan	4,3	1,5

Hasil dari perhitungan untuk sales poin dalam ketiga atribut yaitu atribut nyaman, *easy to use*, dan ringan memiliki nilai *sales point* sebesar 1,5. Hal ini, dikarenakan untuk nilai IR > 3 sehingga dapat dikategorikan pada kategori atribut *customer need* terpenuhi maka akan terjadi peningkatan dalam penjualan akibat dari pengembangan produk yang dilakukan.

4.5.6 Perhitungan *Improvement Ratio*

Dalam perhitungan *improvement ratio* atau rasio perbaikan digunakan untuk mengukur dari kinerja yang dilakukan dalam pengembangan kualitas produk. Perhitungan dari *improvement ratio* didapatkan dari formula (Cohen, 1995):

$$\text{Improvement ratio} = \frac{\text{Goal (rerata)}}{\text{Importance Rating pengembangan produk}}$$

Berikut Tabel 4.27 merupakan perhitungan *improvement ratio* yang telah dihitung:

Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan Improvement Ratio

No	Atribut	Improvement Ratio	Kategori
1	Nyaman	0,84	Tidak ada perubahan
2	Easy to Use	0,88	Tidak ada perubahan
3	Ringan	0,82	Tidak ada perubahan

Hasil didapatkan didapatkan dari perhitungan untuk perbandingan dari *goal* atau rerata dengan *improvement ratio* pengembangan produk. *Improvement ratio* pada atribut nyaman sebesar 0,48 dengan kategori tidak ada perubahan, atribut *easy to use* sebesar 0,88 dengan kategori tidak ada perubahan dan untuk atribut ringan sebesar 0,82 dengan kategori tidak ada perubahan. Sehingga untuk ketiga atribut tersebut dengan tingkat performansi yang ada sudah tidak ada perubahan.

4.5.7 Perhitungan Row Weight (Bobot Baris)

Perhitungan dari *row height* digunakan untuk menentukan atribut pengembangan produk yang harus ada karena komponen atau part yang ada didalamnya cukup menyeluruh. Hal ini diartikan bahwa semakin tinggi nilai atribut maka semakin menjadi prioritas tertinggi. Berikut merupakan hasil dari perhitungan row height dengan rumusan, sebagai berikut (Cohen, 1995):

$$\text{Row Weight} = \text{Importance Rating Needs} \times \text{Importance Ratio} \times \text{Sales Point}$$

Berikut Tabel 4.28 merupakan perhitungan *improvement ratio* yang telah dihitung:

Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan *Row Weight*

No	Atribut	Row Weight
1	Nyaman	5,82
2	<i>Easy to Use</i>	5,81
3	Ringan	5,30

4.5.8 Penentuan *Action* Produk yang Dikembangkan

Adanya analisis yang digunakan dalam menentukan aksi pada produk yang dikembangkan melalui strategi dari hasil analisis *House of Quality* (HOQ). Pada Tabel 4.29 merupakan tabel pengembangan untuk *action* produk yang akan dikembangkan terdapat tindakan-tindakan spesifik yaitu (Cohen, 1995):

Tabel 4. 29 Penilaian Kategori *Action* Produk

Kategori	Arti
A	Produk yang dikembangkan tertinggal jauh dari pesaing, sehingga pengembangan produk dapat mencontoh dari kinerja pesaing dan menerapkan pada produk yang dikembangkan.
B	Perlu adanya evaluasi dan pengembangan konsep karena dari mata pengguna kinerja produk pesaing lebih baik.
C	Mempertahankan kualitas produk dengan pengembangan produk.

Dari hasil perhitungan untuk setiap atribut dengan masing-masing pengembangan produk atau dengan produk pesaing mendapatkan beberapa indikator yang akan digunakan untuk penentuan *action* atau tindakan pengembangn produk selanjutnya yang dilihat dari informasi bagaimana pesaing ada pada saat ini. Dalam hal ini untuk tindakan terhadap atribut sebagai berikut yang tertera pada Tabel 4.30:

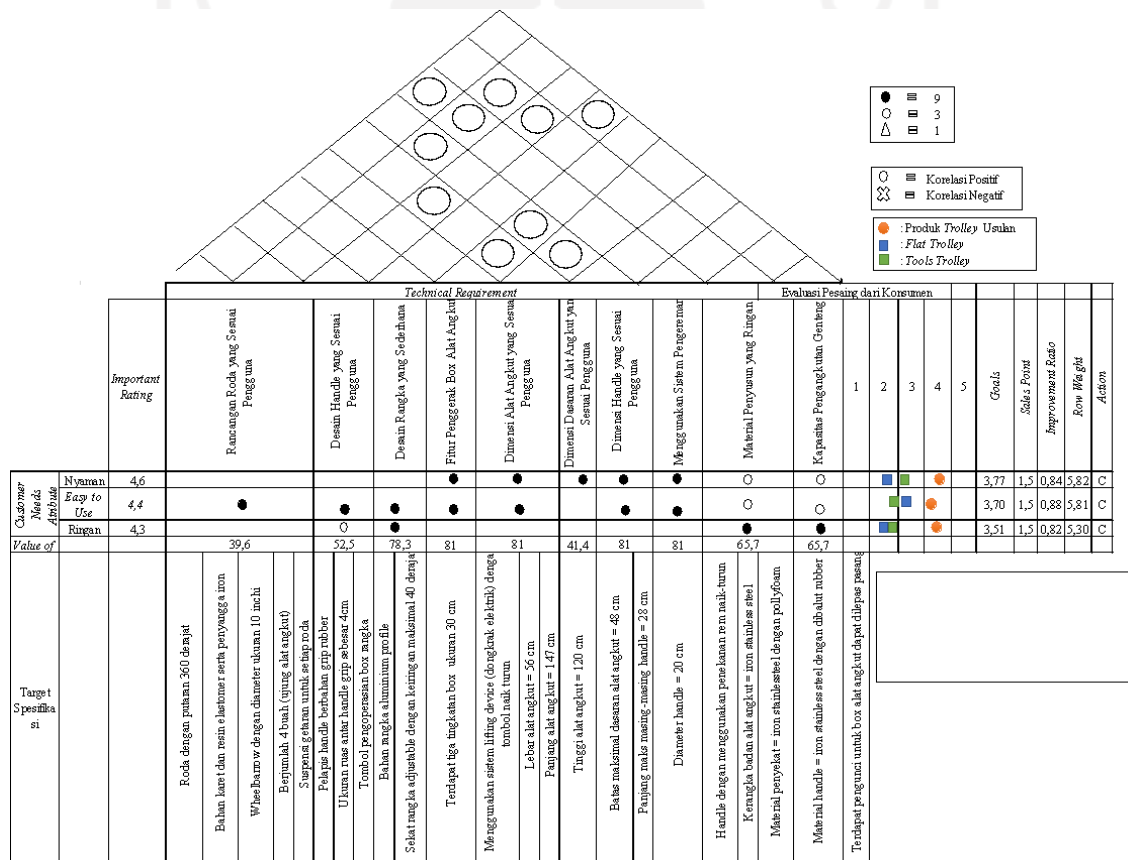
Tabel 4. 30 Hasil Penilaian *Action Level* Alat Angkut

Atribut	IR Flat Troli	IR Tools Troli	IR Customer Need	Action	Arti
Nyaman	2,8	3,2	4,6	C	Mempertahankan kualitas produk pengembangan
<i>Easy to Use</i>	3,27	2,93	4,4	C	Mempertahankan kualitas produk pengembangan

Atribut	IR Flat Trolly	IR Tools Trolly	IR Customer Need	Action	Arti
Ringan	2,67	2,8	4,3	C	Mempertahankan kualitas produk pengembangan

4.5.9 Gambar House of Quality (HOQ)

Hasil akhir diagram *house of quality* memiliki empat bagian utama yaitu analisis kebutuhan pengguna, analisis pesaing, analisis terkait persyaratan teknis dan pemetaan relasi antara kebutuhan pengguna dan persyaratan teknis serta penetapan target desain. Berikut merupakan diagram *House Of Quality* (HOQ) pada produk alat angkut genteng:



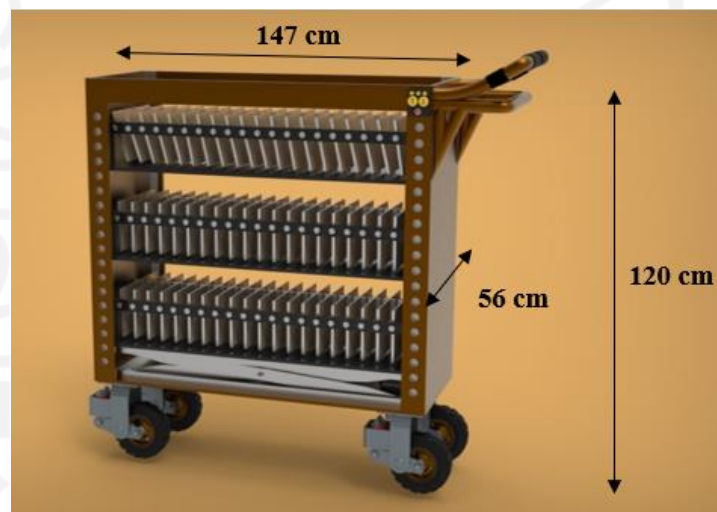
Gambar 4. 42 HOQ Alat Angkut Genteng Usulan

4.6 Desain Rancangan Alat Angkut Genteng

Berikut merupakan hasil dari rancangan untuk setiap desain yang ada:

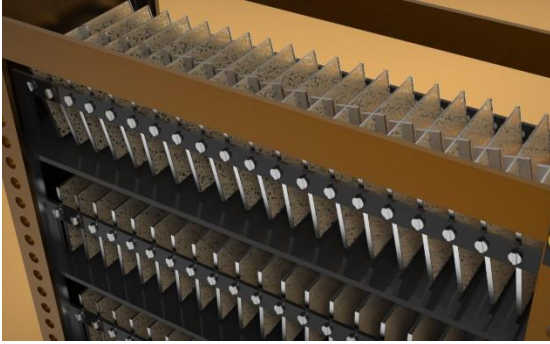
a. Desain Alat Angkut Genteng

Berikut merupakan hasil gambaran beserta dengan penjelasan ukuran untuk desain alat angkut genteng:



Gambar 4. 43 *Isometric* Alat Angkut

Ukuran dari alat angkut genteng disesuaikan dengan perhitungan antropometri. Panjang alat angkut dengan panjang 147 cm, lebar alat angkut dengan lebar 56 cm dan tinggi alat angkut dengan tinggi 120 cm. Hal ini didasarkan untuk kemudahan dalam pengangkutan troli. Kemudian dalam desain alat angkut pada bagian box alat angkut terdiri dari 3 tingkatan untuk masing-masing pengangkutan genteng. Pada bagian setiap tingkatan akan ada masing-masing tingkatan dengan sistem sekat untuk satu tingkatan terdapat dua sekat, dengan satu deret sekat dapat menampung 20 buah genteng, dengan total untuk satu tingkatan terdapat dua deret sekat yaitu $20\text{buah} + 20\text{buah} = 40\text{buah}$. Berikut merupakan hasil gambaran beserta dengan fitur untuk desain alat angkut genteng:

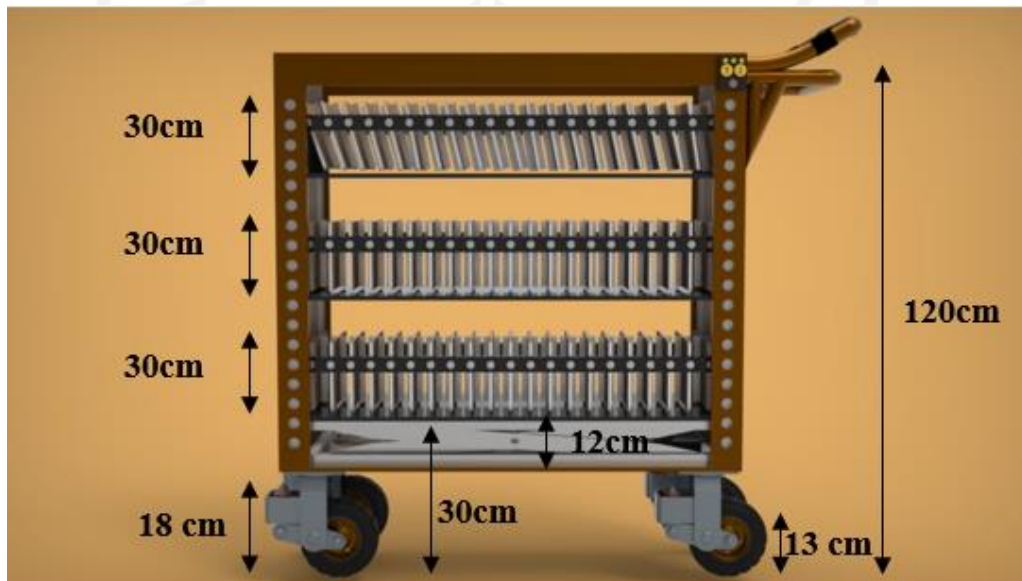


Gambar 4. 44 Bagian Sekat Kosong



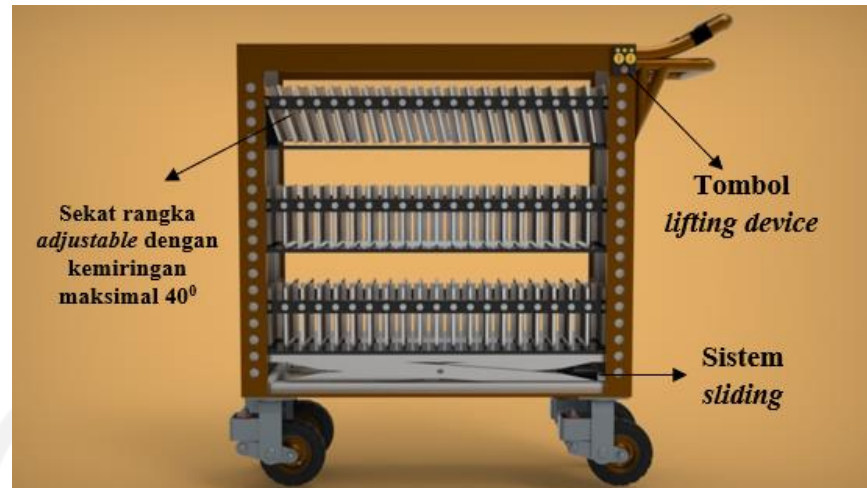
Gambar 4. 45 Bagian Sekat Terisi

Berikut merupakan hasil gambaran beserta dengan penjelasan ukuran untuk desain alat angkut genteng:



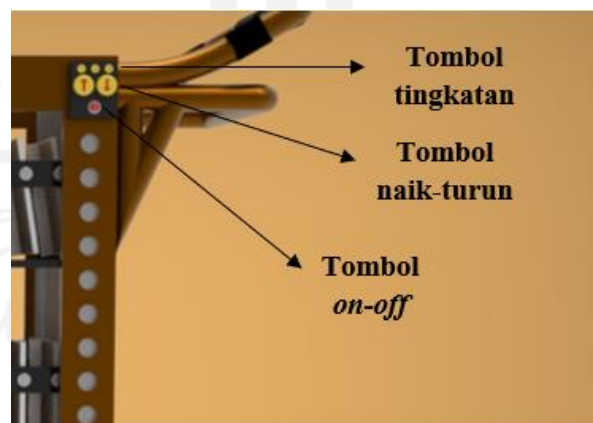
Gambar 4. 46 Sisi Kiri Alat Angkut Genteng Usulan

Masing-masing pada ukuran tingkatan box sebesar 30 cm dikarenakan menyesuaikan dengan tinggi genteng serta kelonggaran ukuran untuk batasan antar tingkatan. Dimana untuk batas ukuran bagian bawah dasaran tingkatan ke roda dihitung dari banyaknya tingkatan ($30\text{cm} + 30\text{cm} + 30\text{cm} = 90\text{cm}$). Sehingga untuk bagian dasar yaitu $120\text{cm} - 90\text{cm} = 30\text{cm}$. Berikut merupakan hasil gambaran beserta dengan penjelasan ukuran untuk desain alat angkut genteng:



Gambar 4. 47 Tampilan Sistem Sisi Kiri Alat Angkut Usulan

Penjelasan dari sistem untuk setiap tingkatan terdapat untuk sekat rangka dengan pengunci untuk *adjustable* dengan kemiringan 40° pada setiap tingkatan. Kemudian untuk mempermudah dari sistem naik-turun *lifting device* menggunakan tombol yang berada pada samping kiri, hal ini digunakan untuk mempermudah dari pengoperasian dari setiap tingkatan, agar tingkatan 3 dapat untuk naik dan tidak membuat operator bungkuk sehingga mengakibatkan nyeri pada bagian punggung. Berikut merupakan hasil gambaran beserta dengan penjelasan fitur untuk desain alat angkut genteng:



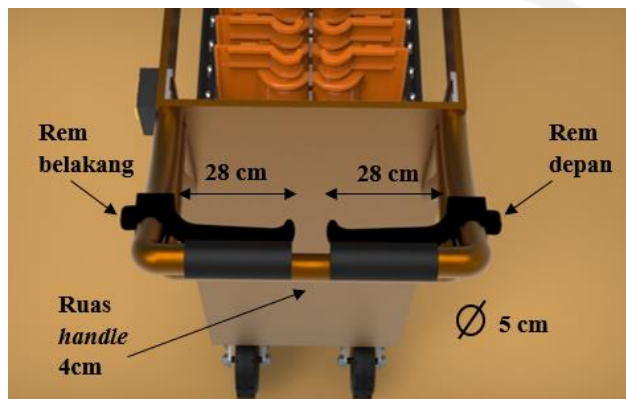
Gambar 4. 48 Bagian Tombol Alat Angkut Usulan

Pada bagian tombol terdapat untuk tombol tingkatan 1,2 dan 3. Kemudian terdapat tombol naik-turun serta adanya tombol *on-off* untuk menghidupkan dan mematikan sistem lifting. Untuk sistem dari lifting dimulai dari menghidupkan *on-off*, selanjutnya

menekan pada tingkatan mana yang akan digunakan untuk menaikkan posisi genteng hingga atas pada tingkatan 1.

b. Desain *Handle* Alat Angkut

Berikut merupakan hasil gambaran beserta dengan penjelasan ukuran untuk desain alat angkut genteng:

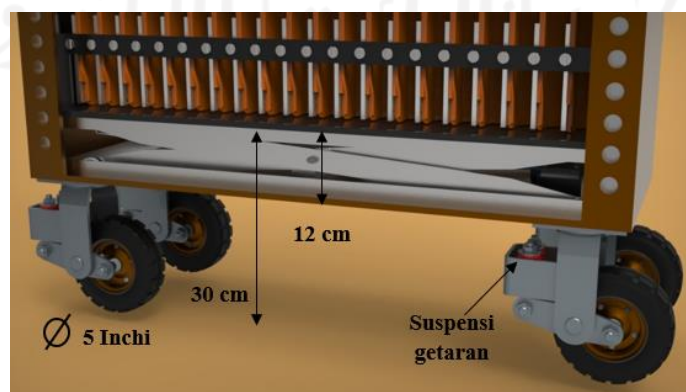


Gambar 4. 49 Desain Handle Alat Angkut Usulan

Desain *handle* dirancang dengan ukuran 56 cm, dengan adanya pengamanan untuk rem depan dan rem belakang. Kemudian terdapat ukuran antar ruang *handle* untuk *handle* kanan dan kiri sebesar 4 cm dengan diameter *handle* 5 cm.

c. Desain Roda Alat Angkut

Berikut merupakan hasil gambaran beserta dengan penjelasan ukuran untuk desain alat angkut genteng:

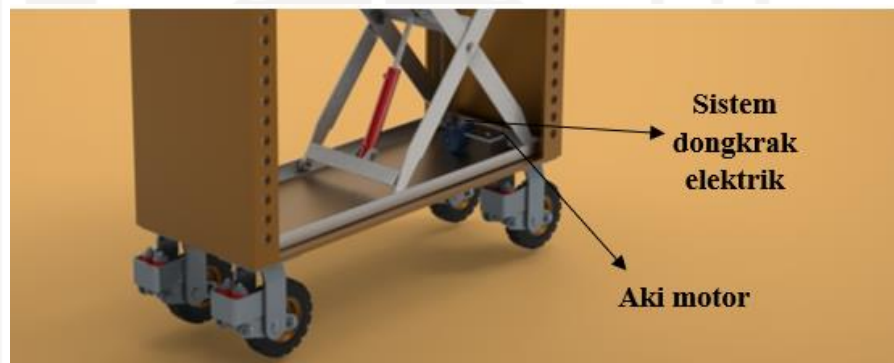


Gambar 4. 50 Desain Dasar Bawah Alat Angkut Usulan

Pada bagian roda didesain dengan adanya suspensi getaran untuk mengurangi dari getaran yang ada, walaupun terdapat getaran akan lebih meminimalisir dari getaran ketika genteng dibawa dari stasiun kerja pencetakan hingga penjemuran. Kemudian, untuk bagian sisi kerangka box dengan bagian roda sebesar 30 cm. Untuk ukuran maksimal dari sistem *sliding* didapatkan dari ukuran roda dan kerangka penyangga roda ($13 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = 18 \text{ cm}$), sehingga untuk ukuran dari sistem sliding yaitu 12 cm ($30 \text{ cm} - 18 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$).

d. Desain untuk Perancangan Sistem *Lifting*

Berikut merupakan hasil gambaran beserta dengan penjelasan fitur untuk desain alat angkut genteng:



Gambar 4. 51 Sistem *Lifting* Alat Angkut Usulan

Sistem yang digunakan yaitu dongkrak elektrik dengan penjelasan sistem menggunakan aki motor. Hal ini digunakan untuk menyimpan energi dengan adanya hal ini untuk mempermudah dari operasional sistem *lifting* pada alat angkut genteng untuk meningkatkan dari setiap tingkatan.

e. Sistem Pengisian dan Pengambilan Genteng

Berikut merupakan hasil gambaran beserta dengan penjelasan fitur untuk desain alat angkut genteng:



Gambar 4. 52 Mekanisme Pengambilan Genteng



Gambar 4. 53 Mekanisme Sistem Pengisian Genteng

Sistem pengambilan dimana untuk masing-masing tingkatan dinaikkan pada batas untuk tingkatan 1 hingga keseluruhan tingkat yang akan diambil keluar pada bagian troli, hal ini untuk mempermudah dalam pengambilan atau pengisian genteng. Dimana untuk pengambilan dimulai dari tingkatan 1, kemudian sekat tingkat satu akan dilepas untuk bagian dasaran tingkat satu sehingga untuk tingkatan 2 dapat naik untuk pengambilan genteng. Begitu untuk sistem pengisian dimulai dari tingkatan 3, kemudian mengisi genteng dan diturunkan hingga pada tingkatan 2. Berikut merupakan hasil gambaran beserta dengan penjelasan fitur untuk desain alat angkut genteng:



Gambar 4. 54 Tingkatan 1
Box Alat Angkut



Gambar 4. 55 Tingkatan
2 Box Alat Angkut



Gambar 4. 56 Tingkatan
3 Box Alat Angkut

4.7 Uji Beda Desain Produk

Pengujian beda desain produk dimulai dari pengujian homogenitas dari atribut sebelum dan sesudah desain produk yang dikembangkan. Kemudian melakukan uji beda untuk menentukan tingkat kepuasan dalam perancangan alat angkut genteng pada industri genteng Boyolali ini. Berikut merupakan hasil pengujian yang ada:

4.7.1 Uji *Marginal Homogeneity*

Pengujian *marginal homogeneity* untuk melihat apakah terdapat perbedaan atau tidak antara atribut yang digunakan dalam rancangan awal atau pada *Voice Of Customer* (VOC) dan sesudah adanya desain. Hal ini dilihat dari uji marginal sebelum dan sesudah. Dan didapatkan untuk hasil pengujian menggunakan SPSS pada tabel 4.31 sebagai berikut:

Tabel 4. 31 Uji Homogenitas Alat Angkut Usulan

	<i>Marginal Homogeneity Test</i>		
	Easytouse_Sebelum & Easytouse_Sesudah	Nyaman_Sebelum & Nyaman_Sesudah	Ringan_Sebelum & Ringan_Sesudah
<i>Distinct Values</i>	3	3	3
<i>Off-Diagonal Cases</i>	8	9	9

<i>Observed MH Statistic</i>	32,000	39,000	37,000
<i>Mean MH Statistic</i>	34,000	39,500	40,000
<i>Std. Deviation of MH Statistic</i>	1,871	1,936	1,732
<i>Std. MH Statistic</i>	-1,069	-,258	-1,732
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>	,285	,796	,083

Untuk hipotesis pada pengujian ini sebagai berikut:

- a. H_0 = Tidak ada perbedaan yang signifikan antara kriteria konsumen dengan desain alat angkut yang dirancang
- b. H_1 = Terdapat perbedaan yang signifikan antara kriteria konsumen dengan desain alat angkut yang dirancang.

Pengambilan keputusan dari hasil hipotesis jika nilai sig. < 0,05 maka H_0 ditolak dan menerima H_1 yang artinya terdapat perbedaan antara tingkat kepentingan atribut yang diinginkan oleh konsumen dengan tingkat kepuasan konsumen terhadap atribut desain yang dikembangkan. Sehingga untuk hasil pengujian ini, nilai signifikansi pada atribut *Easy to Use* sebesar 0,285, atribut nyaman sebesar 0,796 dan atribut ringan sebesar 0,083. Dimana nilai signifikansi > 0,05 atau H_0 diterima yang artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara kriteria konsumen dengan desain alat angkut yang dirancang Sehingga tidak terdapat perbedaan untuk hasil penilaian atribut atau tingkat kepentingan dari desain dengan atribut tingkat kepuasan pada desain alat angkut genteng ini dengan penilaian atribut sebelum dan usulan dari rancangan desain yang dikembangkan. Dapat dikatakan bahwa untuk rancangan dengan ketiga atribut ini sudah sesuai dengan suara pengguna.

4.7.2 Uji Beda Desain Produk

Pengujian *Mann-Whitney* ini menguji data pada *nonparametric* test digunakan untuk mengetahui media dua kelompok bebas yang tidak berdistribusi normal. Salam hal ini dari desain untuk atribut yang diuji untuk perbandingan atribut desain yang sebelum (sudah ada dipasaran) dan atribut usulan desain yang dikembangkan. Berikut merupakan hasil dari pengujian beda *Mann-Whitney* untuk setiap atribut pada masing-masing desain sebelum dan usulan:

A. Atribut *Easy to Use*

Berikut merupakan hasil dari *output* untuk perhitungan SPSS pada *Uji Mann-Whitney* pada atribut *Easy to Use*:

Tabel 4. 32 *Output Uji Mann-Whitney Descriptive Statistic Easy to Use*

	Descriptive Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Hasil_EasytoUse	30	3,3000	1,60065	1,00	5,00
Kategori_EasytoUse	30	1,5000	,50855	1,00	2,00

Tabel 4. 33 *Output Ranks Uji Mann-Whitney Easy to Use*

	Ranks			
	Kategori_EasytoUse	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Hasil_EasytoUse	Awalan	15	8,10	121,50
	Usulan	15	22,90	343,50
	Total	30		

Tabel 4. 34 *Output Uji Mann-Whitney Statistic Easy to Use*

Test Statistics ^a		Hasil_EasytoUse
Mann-Whitney U		1,500
Wilcoxon W		121,500
Z		-4,808
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]		,000 ^b

a. Grouping Variable: Kategori_EasytoUse
b. Not corrected for ties.

B. Atribut Nyaman

Berikut merupakan hasil dari *output* untuk perhitungan SPSS pada *Uji Mann-Whitney* pada atribut Nyaman:

Tabel 4. 35 *Output Uji Mann-Whitney Descriptive Statistic Nyaman*

	Descriptive Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Hasil_Nyaman	30	3,0667	1,65952	1,00	5,00

Kategori_Nyama n	30	1,5000	,50855	1,00	2,00
---------------------	----	--------	--------	------	------

Tabel 4. 36 *Output Ranks Uji Mann-Whitney Nyaman*

Ranks				
	Kategori_Nyaman	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Hasil_Nyaman	Awalan	15	8,00	120,00
	Usulan	15	23,00	345,00
	Total	30		

Tabel 4. 37 *Output Uji Mann-Whitney Statistic Nyaman*

Test Statistics^a	
	Hasil_Nyaman
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	120,000
Z	-4,815
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b

a. Grouping Variable: Kategori_Nyaman
b. Not corrected for ties.

C. Atribut Ringan

Berikut merupakan hasil dari *output* untuk perhitungan SPSS pada *Uji Mann-Whitney* pada atribut Ringan:

Tabel 4. 38 *Output Uji Mann-Whitney Descriptive Statistic Ringan*

Descriptive Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Minimu m	Maximu m
Hasil_Ringan	30	2,9667	1,67091	1,00	5,00
Kategori_Ringa n	30	1,5000	,50855	1,00	2,00

Tabel 4. 39 *Output Ranks Uji Mann-Whitney Ringan*

Ranks				
	Kategori_Ringan	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Hasil_Ringan	Awalan	15	8,00	120,00
	Usulan	15	23,00	345,00
	Total	30		

Tabel 4. 40 *Output Uji Mann-Whitney Statistic Ringan*

Test Statistics^a	
	Hasil_Ringan
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	120,000
Z	-4,827
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b

a. Grouping Variable: Kategori_Ringan

b. Not corrected for ties.

Hasil pengujian dari diatas menunjukkan hasil pengujian beda yang dilakukan, dilihat dari pengujian nilai deskriptif statistik uji *Mann-Whitney*, dapat mengintrepetasikan hasil untuk setiap mean atau rata-rata kepuasan pengguna produk alat angkut yang sudah ada dan alat angkut yang didesain. Kemudian tabel *output* uji beda *Mann-Whitney* yaitu nilai rank uji *Mann-Whitney* dimana melihat pada nilai *mean ranks* yang digunakan untuk mengetahui nilai produk mana yang lebih unggul dengan produk yang didesain. *Output* terakhir berkaitan dengan pengujian hipotesis untuk masing-masing nilai uji beda antara atribut pada masing-masing produk yang sudah ada dan produk susulan (produk yang dikembangkan). Hipotesis pada pengujian beda *Mann-Whitney*, sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara produk awalan dan usulan.

H_1 : Terdapat perbedaan yang signifikan antara produk awalan dan usulan

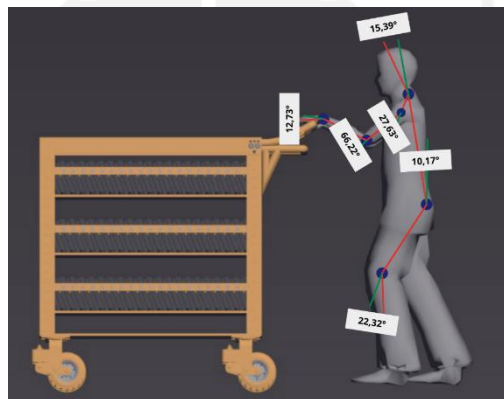
Hasil nilai signifikansi akan menentukan dari pengujian hipotesis. Apabila nilai *sig.* $< 0,05$ maka H_0 ditolak yang artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara produk awalan dan usulan, sedangkan jika nilai *sig.* $> 0,05$ yang artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara produk awalan dan usulan. Untuk hasil pengujian ini nilai *sig.* $< 0,05$ sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara produk awalan dan usulan



4.8 Rapid Entire Body Assessment (REBA) Postur Usulan

4.8.1 Postur Kerja Membawa Alat Angkut Usulan

Postur usulan didapatkan dari posisi tubuh pekerja pada saat pengangkutan dengan pengambangan alat yang diusulkan. Pengambilan postur tubuh didasarkan pada video simulasi dimana mempertimbangkan dari posisi tubuh ketika melakukan pengangkutan genteng yang mana memiliki resiko paling besar. Perhitungan REBA ini dihitung pada aktivitas untuk membawa alat angkut genteng, mendorong alat angkut genteng dan meletakkan genteng. Berikut merupakan gambaran simulasi aktivitas pekerja membawa alat angkut yang didesain:



Gambar 4. 57 Sudut REBA Membawa dengan Alat Angkut Usulan

Dari data, sudut segmen tubuh pada masing – masing grup dapat diketahui skornya. Dalam hal ini berikut merupakan penjelasan dari penilaian sudut postur kerja yang dibentuk:

Grup A:

a. Punggung

Hasil dari sudut pekerja ketika melakukan aktivitas membawa alat angkut genteng dengan alat yaitu sebesar $10,17^{\circ}$ flexion. Dari skor pergerakan punggung didapatkan skor yaitu 2.

b. Leher

Perhitungan dari skor pergerakan leher dilihat dari sudut yang dibentuk pekerja

yaitu sebesar $15,39^0$. Hal ini skor dari leher yaitu 1.

c. Kaki

Posisi dari kaki yang tertopang dan memiliki bobot yang merata ketika melakukan aktivitas membawa alat angkut genteng dengan berat kaki yang merata atau berjalan sehingga mendapatkan skor 1.

d. Berat Beban

Berat beban genteng yang diangkat pekerja dengan kedua tangan sebesar >10 kg dengan skor 2. Skor pada kategori ini akan dimasukkan sebagai penjumlahan total perhitungan pada tabel A.

Tabel A		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

Gambar 4. 58 Perhitungan Tabel A REBA Membawa dengan Alat Usulan

Berdasarkan dari Tabel di atas, penilaian Tabel A skor REBA mendapatkan nilai 2. Selanjutnya, penilaian postur kerja tabel A akan dijumlahkan dengan berat yang diangkat oleh pekerja. Perhitungan dari total skor tabel A sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor A} &= \text{Nilai Tabel A} + \text{Skor Berat Beban A} \\
 &= 2 + 2 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

Grup B:

a. Lengan Atas

Posisi lengan atas ketika melakukan melakukan membawa genteng dengan alat membentuk sudut sebesar $27,63^0$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan $20^0 - 45^0$ flexion, sehingga mendapatkan skor 2.

b. Lengan Bawah

Posisi lengan bawah membentuk sudut sebesar $66,22^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan dengan sudut $60^{\circ} - 100^{\circ}$ flexion. Total nilai untuk skor bagian lengan bawah sebesar 1.

c. Pergelangan Tangan

Posisi pergelangan tangan membentuk sudut sebesar $12,73^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan pergelangan tangan $0^{\circ}-15^{\circ}$ flexion atau extension. Sehingga skor bagian pergelangan tangan sebesar 1.

d. Coupling

Posisi tangan ketika membawa alat angkut genteng termasuk pada kategori *good* dengan skor 0. Diartikan Pegangan tangan bisa diterima dan lebih sesuai digunakan oleh bagian lain.

Tabel B		Lengan Atas					
		1	2	3	4	5	6
Lengan Bawah = 1	Pergelangan						
	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	3	3	5	5	8	8
Lengan Bawah = 2	Pergelangan						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9

Gambar 4. 59 Perhitungan Tabel B REBA Meletakkan dengan Alat Usulan

Penentuan dari total skor grup B yaitu jumlah pada tabel skor B ditambahkan dengan nilai coupling. Perhitungan dari total skor tabel B sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor B} &= \text{Nilai Tabel B} + \text{Skor Coupling} \\
 &= 1 + 0 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan total skor A yaitu 4 dan total skor B yaitu 1. Hal ini digunakan untuk perhitungan nilai pada tabel C sebelum digunakan perhitungan nilai akhir. Berikut merupakan perhitungan data untuk tabel C:

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

Gambar 4. 60 Perhitungan Tabel C REBA Meletakkan dengan Alat Usulan

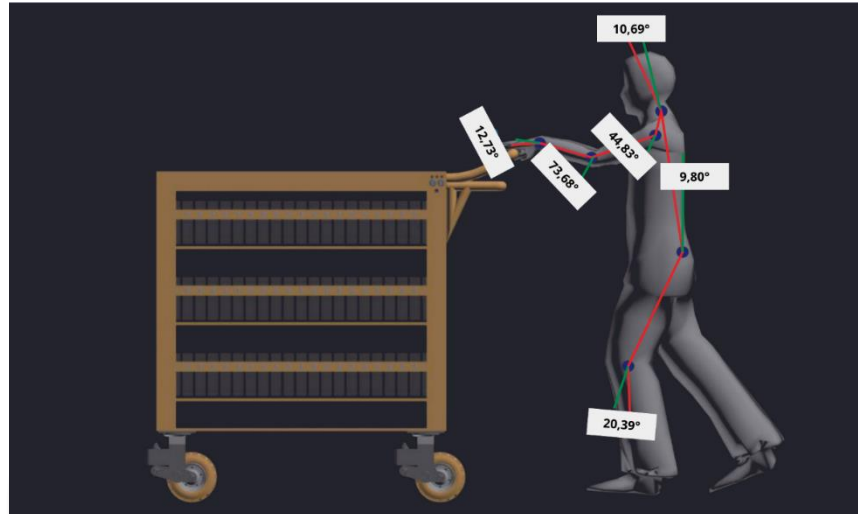
Perhitungan nilai untuk skor REBA dihitung dari nilai skor C ditambahkan dengan nilai aktivitas yang dilakukan oleh pekerja saat pengangkatan. Hal ini, masuk kepada Satu atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari satu menit dengan penambahan skor yaitu +1. Perhitungan nilai skor akhir REBA sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor REBA} &= \text{Nilai Skor C} + \text{Skor Aktivitas} \\
 &= 3 + 1 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

Nilai skor postur tubuh pekerja dalam aktivitas membawa alat angkut genteng dengan metode REBA mendapatkan nilai sebesar 4 yang artinya level risiko rendah, hal ini dikarenakan setiap aktivitas kerja memungkinkan adanya risiko namun tidak berbahaya dan menyebabkan keluhan nyeri yang berkelanjutan hingga penurunan produktivitas kerja.

4.8.2 Postur Kerja Mendorong Alat Angkut Usulan

Melakukan perhitungan REBA dengan alat usulan pada aktivitas untuk mendorong alat angkut genteng hasil redesain yang dilakukan. Berikut merupakan gambaran simulasi pekerja menggunakan alat angkut yang didesain:



Gambar 4. 61 Sudut REBA Mendorong dengan Alat Angkut Usulan

Dari data, sudut segmen tubuh pada masing – masing grup dapat diketahui skornya Dalam hal ini berikut merupakan penjelasan dari penilaian sudut postur kerja yang dibentuk:

Grup A:

a. Punggung

Hasil dari sudut pekerja ketika melakukan melakukan aktivitas mendorong alat angkut genteng yaitu sebesar $10,69^0$ *flexion*. Dari skor pergerakan punggung didapatkan skor yaitu 2.

b. Leher

Perhitungan dari skor pergerakan leher dilihat dari sudut yang dibentuk pekerja yaitu sebesar $10,69^0$. Hal ini skor dari leher yaitu 1.

c. Kaki

Posisi dari kaki yang tertopang dan memiliki bobot yang merata ketika melakukan aktivitas mendorong alat angkut genteng dengan berat kaki merata atau berjalan yang sehingga mendapatkan skor 1.

d. Berat Beban

Berat beban genteng yang diangkat pekerja dengan kedua tangan sebesar >10 kg dengan skor 2. Skor pada kategori ini akan dimasukkan sebagai penjumlahan total perhitungan pada tabel A.

Tabel A		Punggung				
		1	2	3	4	5
Lehel = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

Gambar 4. 62 Perhitungan Tabel A REBA Mendorong dengan Alat Usulan

Berdasarkan dari Tabel di atas, penilaian Tabel A skor REBA mendapatkan nilai 2. Selanjutnya, penilaian postur kerja tabel A akan dijumlahkan dengan berat yang diangkat oleh pekerja. Perhitungan dari total skor tabel A sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor A} &= \text{Nilai Tabel A} + \text{Skor Berat Beban A} \\
 &= 2 + 2 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

Grup B:

a. Lengan Atas

Posisi lengan atas ketika melakukan pengangkatan genteng dengan alat membentuk sudut sebesar $44,83^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan $20^{\circ} - 45^{\circ}$ flexion, sehingga mendapatkan skor 2.

b. Lengan Bawah

Posisi lengan bawah membentuk sudut sebesar $73-68^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan dengan sudut $60^{\circ} - 100^{\circ}$. Total nilai untuk skor bagian lengan bawah sebesar 1.

c. Pergelangan Tangan

Posisi pergelangan tangan membentuk sudut sebesar $12,73^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergelangan pergelangan tangan $0^{\circ}-15^{\circ}$ flexion atau extension. Sehingga skor bagian pergelangan tangan sebesar 1.

d. Coupling

Posisi tangan ketika membawa genteng termasuk pada kategori good dengan skor

0. Diartikan Pegangan tangan bisa diterima dan sesuai digunakan oleh bagian lain.

Tabel B		Lengan Atas					
		1	2	3	4	5	6
Lengan Bawah = 1	Pergelangan						
	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	3	3	5	5	8	8
Lengan Bawah = 2	Pergelangan						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9

Gambar 4. 63 Perhitungan Tabel B REBA Mendorong dengan Alat Usulan

Penentuan dari total skor grup B yaitu jumlah pada tabel skor B ditambahkan dengan nilai coupling. Perhitungan dari total skor tabel B sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor B} &= \text{Nilai Tabel B} + \text{Skor Coupling} \\
 &= 1 + 0 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan total skor A yaitu 4 dan total skor B yaitu 1. Hal ini digunakan untuk perhitungan nilai pada tabel C sebelum digunakan perhitungan nilai akhir. Berikut merupakan perhitungan data untuk tabel C:

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

Gambar 4. 64 Perhitungan Tabel C REBA Mendorong dengan Alat Usulan

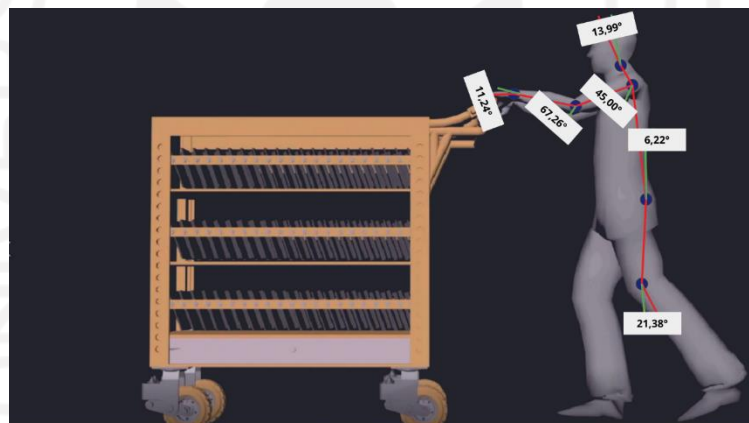
Perhitungan nilai untuk skor REBA dihitung dari nilai skor C ditambahkan dengan nilai aktivitas yang dilakukan oleh pekerja saat mendorong alat angkut. Hal ini, masuk kepada Satu atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari satu menit dengan penambahan skor yaitu +1. Perhitungan nilai skor akhir REBA sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor REBA} &= \text{Nilai Skor C} + \text{Skor Aktivitas} \\
 &= 3 + 1 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

Nilai skor postur tubuh pekerja dalam aktivitas mendorong alat angkut genteng dengan metode REBA mendapatkan nilai sebesar 4 yang artinya level risiko rendah, hal ini dikarenakan setiap aktivitas kerja memungkinkan adanya risiko namun tidak berbahaya dan menyebabkan keluhan nyeri yang berkelanjutan hingga penurunan produktivitas kerja.

4.8.3 Postur Kerja Meletakkan Alat Angkut Usulan

Melakukan perhitungan REBA dengan alat usulan pada aktivitas untuk meletakkan genteng dari angkut genteng hasil redesain yang dilakukan. Berikut merupakan gambaran simulasi pekerja menggunakan alat angkut yang didesain:



Gambar 4. 65 Sudut REBA Meletakkan Alat Angkut Usulan

Dalam hal ini berikut merupakan penjelasan dari penilaian sudut postur kerja yang dibentuk:

Grup A:

a. Punggung

Hasil dari sudut pekerja ketika melakukan aktivitas meletakkan genteng yaitu sebesar $6,22^{\circ}$ flexion. Dari skor pergerakan punggung didapatkan skor yaitu 2.

b. Leher

Perhitungan dari skor pergerakan leher dilihat dari sudut yang dibentuk pekerja yaitu sebesar 13,99. Hal ini skor dari leher yaitu 1.

c. Kaki

Posisi dari kaki yang tertopang dan memiliki bobot yang merata ketika melakukan pengangkatan genteng sehingga mendapatkan skor 1.

d. Berat Beban

Berat beban genteng yang diangkut pekerja dengan kedua tangan sebesar 10 kg hal ini masuk pada kategori >10kg dengan skor 2. Skor pada kategori ini akan dimasukkan sebagai penjumlahan total perhitungan pada tabel A.

Tabel A		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

Gambar 4. 66 Perhitungan Tabel A REBA Meletakkan dengan Alat Usulan

Berdasarkan dari Tabel di atas, penilaian Tabel A skor REBA mendapatkan nilai 2. Selanjutnya, penilaian postur kerja tabel A akan dijumlahkan dengan berat yang diangkat oleh pekerja. Perhitungan dari total skor tabel A sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor A} &= \text{Nilai Tabel A} + \text{Skor Berat Beban A} \\
 &= 2 + 2 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

Grup B:

a. Lengan Atas

Posisi lengan atas ketika melakukan melakukan pengangkatan genteng dengan alat membentuk sudut sebesar $45,00^{\circ}$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan $20^{\circ} - 45^{\circ}$ flexion, sehingga mendapatkan skor 2.

b. Lengan Bawah

Posisi lengan bawah membentuk sudut sebesar $67,29^0$. Hal ini masuk pada kategori pergerakan dengan sudut $60^0 - 100^0$. Total nilai untuk skor bagian lengan bawah sebesar 1.

c. Pergelangan Tangan

Posisi pergelangan tangan membentuk sudut sebesar $11,24^0$. Hal ini masuk pada kategori pergelangan pergelangan tangan 0^0-15^0 *flexion atau extension*. Sehingga skor bagian pergelangan tangan sebesar 1.

d. *Coupling*

Posisi tangan ketika membawa genteng termasuk pada kategori *good* dengan skor 0. Diartikan Pegangan tangan bisa diterima tapi belum ideal atau *coupling* lebih sesuai digunakan oleh bagian lain.

Tabel B		Lengan Atas					
		1	2	3	4	5	6
Lengan Bawah = 1	Pergelangan						
	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	3	3	5	5	8	8
Lengan Bawah = 2	Pergelangan						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9

Gambar 4. 67 Perhitungan Tabel B REBA Meletakkan dengan Alat Usulan

Penentuan dari total skor grup B yaitu jumlah pada tabel skor B ditambahkan dengan nilai *coupling*. Perhitungan dari total skor tabel B sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor B} &= \text{Nilai Tabel B} + \text{Skor } \textit{Coupling} \\
 &= 1 + 0 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan total skor A yaitu 4 dan total skor B yaitu 1. Hal ini digunakan untuk perhitungan nilai pada tabel C sebelum digunakan perhitungan nilai akhir. Berikut merupakan perhitungan data untuk tabel C:

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

Gambar 4. 68 Perhitungan Tabel C REBA Meletakkan dengan Alat Usulan

Perhitungan nilai untuk skor REBA dihitung dari nilai skor C ditambahkan dengan nilai aktivitas yang dilakukan oleh pekerja saat pengangkatan. Hal ini, masuk kepada Satu atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari satu menit dengan penambahan skor yaitu +1. Perhitungan nilai skor akhir REBA sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Skor REBA} &= \text{Nilai Skor C} + \text{Skor Aktivitas} \\
 &= 3 + 1 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

Nilai skor postur tubuh pekerja dalam aktivitas meletakkan genteng dengan metode REBA mendapatkan nilai sebesar 4 yang artinya level risiko rendah, hal ini dikarenakan setiap aktivitas kerja memungkinkan adanya risiko namun tidak berbahaya dan menyebabkan keluhan nyeri yang berkelanjutan hingga penurunan produktivitas kerja.

BAB V

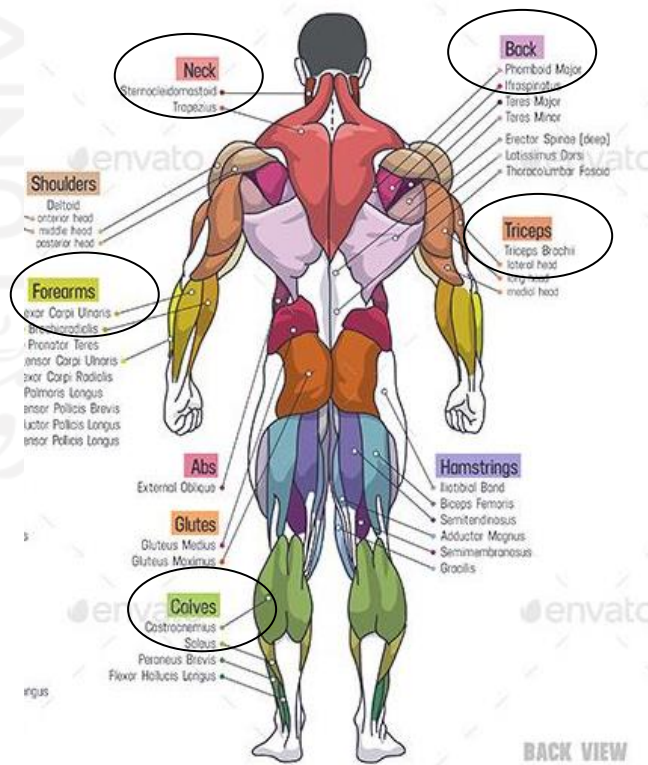
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Postur Tubuh

Mengambil pada subjek pada aktivitas pengangkutan dan penjemuran genteng yang berada pada *range* usia 40-72 tahun, dimana usia tersebut masih dalam kategori produktif. Hasil dari keluhan nyeri tubuh pekerja dalam seharinya yaitu kurang lebih 2 jam. Menjadikan keluhan nyeri ini jika dirasakan dalam kurun waktu yang lama akan mengganggu kesehatan pekerja. Pekerja memilih aktivitas pengangkutan dengan manual dengan mengangkut genteng pada sela-sela jari dengan sekali mengangkut 4-5 buah genteng pada satu tangan, terkadang pekerja menggunakan alat angkut, namun lebih banyak keluhan jika menggunakan alat angkut yang masih memiliki spesifikasi yang berat dan menyulitkan pekerja ketika menggunakan. Hal ini, menjadikan pekerja merasa berat jika melakukan pengangkatan manual dengan 4-5 buah genteng berarti berat dari satu genteng yaitu 1,6 kg dan pekerja membawa beban 12,8 kg-16 kg. Sedangkan jika menggunakan alat angkut yang ada pada industri genteng Boyolali dengan berat alat angkut 45 kg ditambah dengan beban yang diangkut sebesar kurang lebih 144 kg untuk kapasitas dengan 90 buah genteng. Mengambil dari 4 sampel industri genteng Boyolali ini melakukan identifikasi awalan keluhan rasa nyeri tubuh menggunakan *Nordic body map questionnaire* (NBM).

Grafik untuk akumulasi NBM kategori A (Gambar 4.1) untuk bagian tubuh yang tidak terasa sakit. Untuk itu penilaian paling tinggi yaitu pada betis kanan (93%), Lutut kanan, pergelangan kaki kanan, betis kanan (80%). Kemudian untuk akumulasi NBM kategori B (Gambar 4.2) untuk bagian tubuh nyakitin dengan kumulatif nilai tertinggi pada bagian kiri bahu dan kanan bahu sebesar 66,7% dan kiri lengan bawah serta kanan lengan atas sebesar 53,33%. Hal ini menunjukkan pada bagian atas atau *upper body* khususnya pada bagian tangan yang digunakan sebagai untuk organ fungsi tubuh yang utama dalam pengangkutan genteng untuk aktivitas keseharian pekerja.

Grafik untuk akumulasi NBM kategori C (Gambar 4.3) untuk bagian tubuh dengan tingkat nyeri cukup menyakitkan. Untuk kategori ini paling besar pekerja merasakan sakit pada bagian kiri atas lengan sebesar 80%, kanan siku sebesar 60%, dan kaki kiri sebesar 46,67%. Sedangkan untuk akumulasi NBM kategori D (Gambar 4.4) untuk bagian tubuh dengan tingkat nyeri sangat menyakitkan pada bagian punggung sebesar 66,67%, pergelangan tangan kiri 40% dan pergelangan tangan kanan 46,67%. Dari hasil perhitungan untuk penilaian nyeri tubuh yang dirasakan pekerja bagian pengangkatan genteng harian ini dihitung dengan kumulatif terbesar yaitu pada bagian *lower body*, *upper body* dan keseluruhan badan. Dalam hal ini menjadikan sebuah masalah, karena dalam kesehariannya untuk produksi dalam pengangkatan bisa memproduksi sebanyak rata-rata 200 genteng perhari. Jika nyeri ini tidak ditangani untuk kedepannya akan menyebabkan gangguan kesehatan lainnya. Sehingga dalam aktivitas pekerja dinilai kurang produktif karena ada banyaknya keluhan rasa sakit yang diterima. Pengaruh dari aktivitas yang dilakukan dalam pengangkutan genteng dengan manual atau menggunakan alat angkut menimbulkan beberapa keluhan nyeri pada bagian tubuh. Berikut merupakan gambar untuk bagian nyeri yang dialami oleh pekerja secara kumulatif:



Gambar 5. 1 Kumulatif Keluhan Nyeri Tubuh

Sumber : Google (Graph Diagram, 2020)

Proses dari pengangkutan genteng ini memiliki berbagai keluhan dikarenakan posisi badan yang bertumpu pada kedua tangan ketika mengangkat genteng dengan manual hingga mengakibatkan posisi pekerja yang membungkuk, berat dari beban yang menjadikan pekerja bungkuk saat menopang badan, posisi lengan tangan atas, siku tangan dan kaki yang sedikit ditebuk karena harus mempertahankan posisi untuk tetap berjalan membawa berat beban. Hal ini dapat dikatakan pekerja memiliki postur kerja yang memiliki resiko cedera. Adanya keluhan pada tubuh bagian atas (*upper extremity*), tubuh bagian bawah (*lower extremity*) hingga keseluruhan tubuh.

Bagian postur tubuh pada leher memiliki kategori untuk tingkat kesakitan. Berdasarkan dari *Global Burden of Disease* pada penelitian (Hoy et al., 2010) adanya kategori nyeri leher kronis selama tiga bulan atau lebih. Hal ini, dapat menjalar pada salah satu bagian lain yaitu pada bagian *upper extremity* seperti lengan atas. Akibat dari nyeri ini pada aktivitas kesulitan memutar kepala, pengangkatan dan penurunan barang hingga kelelahan kerja. Penyimpangan sudut untuk bagian leher pada aktivitas membawa genteng manual sebesar $22,32^{\circ}$, meletakkan genteng manual sebesar $24,5^{\circ}$ dengan posisi yang membungkuk ke bawah. Sedangkan untuk penyimpangan sudut leher pekerja saat mengangkat menggunakan alat angkut awalan dengan aktivitas membawa alat angkut sebesar $23,44^{\circ}$, mendorong alat angkut sebesar $20,7^{\circ}$ dan meletakkan alat angkut sebesar $20,32^{\circ}$ hal ini menjadikan posisi kepala yang tertarik ke bawah dan meminimalkan adanya pergerakan dari peregangan otot leher. Sedangkan penyimpangan sudut untuk bagian leher pada aktivitas dengan menggunakan alat angkut usulan dengan aktivitas membawa alat angkut sebesar $15,39^{\circ}$, mendorong alat angkut sebesar $10,69^{\circ}$ dan meletakkan alat angkut sebesar $13,99^{\circ}$. Dalam hal ini untuk posisi kepala pada alat angkut usulan tidak ada selalu melihat kepada atau adanya pergerakan dengan putaran sudut yang *over*. Salah satu penelitian oleh McAviney (2005) menyatakan bahwa batas bawah dalam rentan normal mencapai 23° dimana hal ini dapat mengurangi posisi kepala yang lebih maju dan menyebabkan nyeri pada leher.

Selanjutnya, keluhan rasa sakit pada punggung atau dikenal dengan *low back pain* ini memiliki karakteristik nyeri punggung bagian bawah. Awalnya memiliki tingkat

kesakitan yang rendah, namun dampak atau efek dari itu dikombinasikan dengan aktivitas pengulangan dapat berakibatkan pada keluhan dan penurunan pada kepuasan kerja, potensi kinerja dari pekerja sendiri. Penyimpangan sudut punggung pada aktivitas membawa genteng manual sebesar $40,38^{\circ}$, meletakkan genteng manual sebesar $90,9^{\circ}$ dengan posisi yang membungkuk ke bawah. Sedangkan untuk penyimpangan sudut punggung pekerja saat mengangkut menggunakan alat angkut awalan dengan aktivitas membawa alat angkut sebesar $20,94^{\circ}$, mendorong alat angkut sebesar $20,6^{\circ}$ dan meletakkan alat angkut sebesar $83,73^{\circ}$ hal ini menjadikan posisi terlalu bungkuk dan menahan beban dengan tangan kanan dan kiri untuk masing-masing beban genteng yang dibawa, sehingga pekerja harus memastikan dan selalu menyeimbangkan agar tidak jatuh dan dapat terus beraktivitas. Sedangkan penyimpangan sudut untuk bagian punggung pada aktivitas dengan menggunakan alat angkut usulan dengan aktivitas membawa alat angkut sebesar $15,39^{\circ}$, mendorong alat angkut sebesar $9,80^{\circ}$ dan meletakkan alat angkut sebesar $6,22^{\circ}$. Pengangkatan dengan mempertahankan posisi sudut ketika melakukan aktivitas dalam pengambilan dan membawa dengan pengangkatan manual, hal ini akan menyebabkan gejala untuk nyeri pada bagian punggung. Adanya faktor terkait gejala *low back pain* yaitu nyeri kronis yang mengakibatkan kelumpuhan pada 3-6 bulan, intensitas sakit punggung kronis pada 3-6 bulan, nyeri yang menjalar hingga kaki mengakibatkan kelumpuhan pada 3-6 bulan (Hartvigsen et al., 2018). Pada pengangkatan material yang disimulasikan pada dunia nyata dimana memiliki momen pada lumbar dengan batasan 30Nm dapat untuk mengurangi keluhan sakit punggung (Zelik, et al., 2022). Karena adanya gerakan untuk pengangkutan yang semi manual ini dengan jangka waktu yang lama maka akan memunculkan posisi membungkuk yang sering dan akan menghasilkan rasa sakit pada bagian punggung yang dapat menjalar pada bagian bawah bokong hingga kaki pekerja.

Pengangkutan dengan menggunakan kedua tangan akan berpengaruh pada posisi pengangkatan dengan menggunakan bagian lengan tangan atas, lengan tangan bawah dan pergelangan tangan. Dengan sudut yang terbentuk pada pengangkatan manual pada aktivitas membawa sudut lengan atas sebesar $36,01^{\circ}$, lengan bawah sebesar $39,39^{\circ}$, pergelangan tangan sebesar $16,34^{\circ}$ untuk aktivitas meletakkan sudut lengan atas sebesar $14,5^{\circ}$, lengan bawah sebesar $23,00^{\circ}$, pergelangan tangan sebesar $18,5^{\circ}$. Kemudian pada aktivitas pengangkutan dengan alat angkut awalan untuk aktivitas membawa dengan

sudut lengan atas sebesar $21,70^{\circ}$, lengan bawah sebesar $46,95^{\circ}$, pergelangan tangan sebesar $25,47^{\circ}$, aktivitas mendorong dengan sudut lengan atas sebesar $31,9^{\circ}$, lengan bawah sebesar $55,3^{\circ}$, pergelangan tangan sebesar $10,7^{\circ}$, aktivitas meletakkan dengan sudut lengan atas sebesar $23,56^{\circ}$, lengan bawah sebesar $15,98^{\circ}$, pergelangan tangan sebesar $13,43^{\circ}$. Kemudian pada aktivitas pengangkutan dengan alat angkut usulan untuk aktivitas membawa dengan sudut lengan atas sebesar $27,63^{\circ}$, lengan bawah sebesar $66,22^{\circ}$, pergelangan tangan sebesar $12,73^{\circ}$, aktivitas mendorong dengan sudut lengan atas sebesar $44,83^{\circ}$, lengan bawah sebesar $73,83^{\circ}$, pergelangan tangan sebesar $12,73^{\circ}$, aktivitas meletakkan dengan sudut lengan atas sebesar $45,00^{\circ}$, lengan bawah sebesar $67,26^{\circ}$, pergelangan tangan sebesar $11,24^{\circ}$. Penyimpangan sudut dengan risiko postur tubuh pada kategori risiko sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki jika dibiarkan dalam jangka waktu yang lama akan mengakibatkan nyeri yang berkelanjutan. Risiko yang terjadi pada keluhan rasa nyeri bagian pergelangan tangan yaitu *Carpal Tunnel Syndrome* pada *violinist Chamber String Orchestra* dimana disebabkan oleh beban yang ditopang saat membawa dengan kedua tangan sehingga akan mengakibatkan rasa kesemutan, nyeri berkelanjutan hingga penurunan kemampuan yang setia lengan saat melakukan aktivitas kerja (Farahdhiya et al., 2020).

5.2 Analisis Atribut Kebutuhan Pengguna

Melakukan pembuatan desain dari alat angkut berdasarkan dari atribut kebutuhan pengguna, terdiri dari 3 atribut yaitu nyaman, *easy to use*, dan ringan. Ketiga atribut tersebut harus ada dalam perancangan desain. Hal ini dipilih untuk digunakan dalam menciptakan sebuah spesifikasi dari produk yang akan dirancang. Adanya kebutuhan ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan yang diambil, dimulai dari kemudahan dalam menggunakan alat angkut untuk mengangkut genteng dari stasiun kerja pencetakan hingga stasiun kerja pengeringan. Dalam hal ini, pekerja melakukan pengangkutan genteng selama dua kali, dimulai dari bahan genteng setengah jadi hasil cetak dan untuk pengeringan kedua untuk final sebelum dilakukan pembakaran pada tungku manual yang telah disediakan. Sehingga adanya analisis dari kebutuhan pengguna untuk menciptakan produk yang tepat sasaran dari permasalahan, produk memiliki ciri khas tersendiri sehingga akan lebih baik dengan pesaing lainnya dan membantu dalam evaluasi kinerja industri genteng ini dalam kasus pengangkutan genteng.

Atribut nyaman, untuk produk yang memiliki tingkat kenyamanan yang dilihat dari sisi aman produk dan aman ketika dioperasikan oleh pengguna. Penelitian oleh Purnomo, R. N et al (2017) pada sebuah aktivitas kerja harus berusaha meningkatkan kenyamanan pekerja, dari kondisi pekerja yang tidak efektif akan mengakibatkan kelelahan kerja, sehingga aspek untuk kenyamanan diperlukan guna memperbaiki kinerja pekerja, seperti pada aktivitas pengangkatan secara manual. Untuk itu memiliki beberapa aspek teknis dalam hal ini pada ukuran alat angkut yang disesuaikan dengan pengukuran antropometri atau ukuran tubuh manusia. Aspek teknis yang disesuaikan pada dimensi desain alat angkut untuk panjang, lebar, tinggi. Kemudian dimensi untuk ukuran setiap *part* dari ukuran box, jumlah 3 tingkatan box dan ukuran *handle* yang disesuaikan. Untuk ukuran ini disesuaikan karena hal ini agar *fit* pada pengguna saat menggunakan alat angkut. Kemudian, adanya sistem pengereman alat angkut yang ditujukan untuk menjaga alat angkut stabil dalam pengoperasian sehingga dapat berpengaruh pada kenyamanan pekerja, karena dalam hal ini medan jalan yang ditempuh antar stasiun memiliki jalan yang tidak rata. Sehingga atribut dari nyaman ini agar ukuran yang ergonomis alat angkut dapat menyesuaikan dengan tubuh pekerja dalam pengangkatan genteng.

Atribut *easy to use*, untuk produk yang mudah dioperasikan ketika menggunakan alat angkut yang didesain. Keseluruhan dari *part* dari rancangan roda yang sesuai, desain *handle* yang sesuai, desain rangka yang sederhana, fitur penggerak *lifting box* memiliki masing-masing kriteria untuk memenuhi dari aspek kemudahan pengoperasian alat angkut. Setiap desain *part* yang memiliki pertimbangan untuk mudah digunakan, selain itu memiliki *box* penggerak tempat genteng dengan sistem *lifting box* untuk memudahkan dalam pengambilan genteng untuk genteng yang berada pada baris ketiga atau dasaran *box* alat angkut. Hal ini cukup dengan menekan pada tombol naik-turun bagian yang didesain pada *handle* alat angkut. Sehingga pekerja tidak menyebabkan gangguan atau kebingungan operasi dan lebih memudahkan dalam melakukan pengangkatan genteng.

Atribut ringan, pada bagian untuk material yang digunakan dalam penyusunan produk alat angkut dan adanya kapasitas pengangkutan genteng. Dalam hal ini aspek dari ringan diperuntukan pada sebuah jenis material yang digunakan, penelitian oleh Miftahul (2020) bahwa perancangan produk dengan penentuan kriteria penggunaan material berpengaruh

pada ketahanan sebuah produk untuk ukuran berat-ringan suatu produk. Material yang digunakan dapat berpengaruh pada berat suatu alat angkut yang didesain, hal ini berpengaruh pada kekuatan untuk pekerja menggunakan karena ditambah dengan berat beban dari isi box untuk genteng yang dibawa. Untuk itu material yang digunakan dengan pemilihan produk yang disesuaikan untuk meminimalkan berat sehingga ketika diangkat tidak menyebabkan pekerja keberatan dan mengajukan penambahan keluhan rasa nyeri tubuh.

5.3 Analisis Desain Spesifikasi Usulan

Pemenuhan target spesifik ini digunakan untuk memenuhi dari persyaratan teknis untuk masing-masing atribut. Untuk atribut *easy to use* menggunakan rancangan spesifikasi masing-masing *part* untuk desain alat angkut. Pada bagian roda yang sesuai dengan pengguna. Mendesain roda dengan jumlah 4 dan berdiameter 5 inci serta berbahan karet dan resin elastomer untuk kemudahan dalam menjalankan alat angkut. Karena dalam hal ini alur jalan antar stasiun kerja berada pada jalan dengan tanah gembur dan tidak rata, sehingga perlu untuk roda yang bergerigi untuk kemudahan dalam pengoperasian. Serta bahan ini merupakan bahan yang tahan korosi dan dapat digunakan dalam luar ruangan dan biasanya digunakan dalam material roda dengan adanya pengait dan alur roda (Pardiyono et al, 2020). Kemudian pemenuhan dari spesifikasi untuk desain *handle* dengan berbahan *grip* lapis *rubber* untuk masing-masing *handle* kanan dan kiri. Bahan dari pelapis alat angkut ini didesain dengan material *rubber* karena memiliki keunggulan pada karakteristik material yang ulet dan elastis sehingga dapat menjadi penguatan produk ketika digunakan (Sujana, 2013). Pembuatan *handle* pisah antara kanan dan kiri dimaksudkan agar pekerja lebih mudah dalam mengoperasikan rem dikarena untuk rem dirancang dengan pengoperasian naik-turun serta untuk memperkuat pekerja saat mengoperasikan alat angkut. Ukuran antar ruas *handle* 4cm dengan adanya tombol *on-off* untuk menghidupkan dan mematikan dari sistem *lifting box* dan tombol anak panah naik turun untuk pengoperasian box antar tingkatan dengan sistem *lifting device* seperti dongkrak elektrik bergerak naik dan turun sesuai dengan penekanan tombol oleh pekerja. Adanya ilustrasi ikon pada tombol untuk mempermudah dan tidak membuat kebingungan dari sisi pekerja. Analisis yang digunakan berdasarkan pada analisis ergonomi yang dibagi menjadi kelompok untuk pertimbangan dalam hal ilustrasi atau tampilan dari

bentuk, gambar, tanda atau lambang pada sebuah *interface* sangat berpengaruh untuk menyediakan informasi dan mengkomunikasikan kepada pekerja (Luthfianto, S, 2008)

Banyaknya tingkatan yang ada pada box yaitu 3 tingkat dengan masing-masing ukuran maksimal 30 cm serta bahan *aluminium profile*. Hal ini, bertujuan untuk memudahkan dalam pengangkutan dengan jumlah yang cukup banyak sehingga tidak ada pekerja membawa manual dengan kedua tangan. Sistem dari adanya tingkatan dengan masing-masing ukuran 30cm yang mana memiliki 2 bagian (*slot*) kanan dan kiri dengan adanya pelapis adanya *polyfoam* untuk meminimalkan getaran yang ada ketika genteng diangkut. Kemudian, pada masing-masing tingkatan terdapat sekat yang digunakan untuk menyimpan genteng, dimana memposisikan maksimal untuk kemiringan sekat sebesar 40° . Hal ini mempertimbangkan untuk kemiringan yang disesuaikan dengan standar kemiringan genteng untuk atap rumah dan ini meminimalkan juga genteng yang rusak akibat dari bagian bawah genteng menjadi tumpuan pada kemiringan. Masing-masing slot setiap tingkatan mampu menampung 20 genteng, yang mana untuk satu tingkat mampu menampung 40 buah genteng. Sehingga untuk satu box alat angkut mampu menampung 120 buah genteng. Pertimbangan untuk adanya sekat untuk mempermudah dalam pengelompokan dan perhitungan kuantitas dari sebuah alat angkut sehingga sistem sekat dapat lebih digunakan untuk efisien kegiatan pengangkutan kapasitas alat angkut (Mappasaile et al, 2020).

Atribut untuk pemenuhan dari sisi nyaman dari spesifikasi untuk ukuran yang disesuaikan dengan tubuh manusia agar pekerja nyaman ketika menggunakan. Desain pada alat angkut dengan ukuran lebar 56cm, panjang 64 cm, tinggi 120 cm. hal ini, ditunjukkan agar ketika pekerja menggunakan alat angkut sesuai dengan ukurannya dan tidak dapat menimbulkan rasa nyeri pada bagian tubuh atas, bawah hingga keseluruhan tubuh. Untuk batasan dari maksimal tinggi dasaran angkut hingga batasan roda sebesar 30 cm. Kemudian, desain ukuran *handle* untuk *handle* kanan dan *handle* kiri maksimal sebesar 28 cm dengan diameter 5cm. Ukuran *handle* yang disesuaikan untuk membuat dari kenyamanan tangan pekerja tidak terasa nyeri dengan jangka waktu yang lama pada bagian tangan, karena untuk melakukan pengangkatan genteng. Adanya sistem pengereman dengan penekanan naik-turun ditujukan untuk pemberhentian dari alat angkut, untuk itu adanya pengereman naik turun ini dimaksudkan agar lebih aman dari

sisi alat angkut sehingga dapat menimbulkan kenyamanan untuk pekerja, untuk itu agar mempermudah dan tidak menjadikan posisi yang *awkward* karena harus melakukan pengereman dengan cara menjakau rem dengan berbagai pola gerakan yang mempertahankan pada pegangan *handle*. Pekerja akan memegang pada bagian *handle* atas, dikarenakan menyesuaikan dari postur tubuh ketika menjangkau untuk posisi tangan yang lurus ke depan, sehingga tidak menyulitkan pekerja dan memberikan kekuatan genggamannya ketika menggenggam yang disesuaikan dengan ukuran diameter *handle*. Atribut untuk pemenuhan dari sisi ringan dari spesifikasi untuk material yang digunakan pada rangka badan alat angkut, penyekat dan *handle* yaitu *iron stainless*. Serta pada *handle* memiliki pelapis yaitu *rubber* agar memudahkan dan *fit* atau tidak mudah lepas ketika digunakan dan adanya pengunci untuk box alat angkut untuk menjadi pertimbangan dari kapasitas pengangkutan untuk berat dan ringannya dari suatu pengangkutan genteng.

Pemenuhan dari spesifikasi desain usulan untuk setiap atribut yang ada. Hal ini dipertimbangkan dengan analisis untuk peningkatan produktivitas yang dilihat dari efektif dan efisien dari aktivitas kerja pengangkutan genteng. Awalnya dalam sekali pengangkutan manual dapat membawa maksimal 10 genteng yang diangkat pada sela-sela jari dan dengan alat angkut awalan dapat membawa maksimal 90 genteng. Namun ketika dengan adanya pemenuhan spesifikasi desain yang dibuat pada sistem sekat pada masing-masing tingkatan dengan ukuran yang telah ditentukan dapat membawa maksimum 120 genteng. Hal ini menjadikan peningkatan untuk kapasitas dalam hal pengangkutan dan dapat membuktikan lebih efektif. Selain itu pada pengangkutan manual pekerja harus bolak-balik dalam melakukan pengangkutan dengan 200 genteng hariannya, namun dengan menggunakan alat angkut usulan dalam melakukan pengangkutan dapat hanya dengan dua kali saja. Hal ini membuktikan untuk peningkatan terkait pengangkutan yang lebih efisien.

5.4 Analisis Statistik

5.6.1 Analisis Uji *Marginal Homogeneity*

Pengujian marginal homogenitas digunakan untuk menentukan validasi pengujian dari atribut sebelum dan sesudah adanya produk yang dibandingkan berdasarkan dari rancangan awal pada suara keinginan pengguna. Pengujian dengan hipotesis jika nilai sig. $> 0,05$ maka H_0 diterima yang artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara kriteria konsumen dengan desain alat angkut yang dirancang. Untuk nilai signifikansi dari masing-masing atribut sebelum dan sesudah dari desain yang dikembangkan, untuk atribut *easy to use* sebesar 0,285, atribut nyaman sebesar 0,796 dan atribut ringan sebesar 0,083. Dimana untuk nilai signifikansi $> 0,05$ artinya untuk atribut yang digunakan dalam desain pengembangan sudah sesuai dengan suara pengguna alat angkut nantinya.

Pada konsep desain dengan atribut nyaman difokuskan untuk menjawab keluhan dari pekerja akibat rasa sakit pada bagian tubuh atas dan badan seperti nyeri pada punggung dan lengan atas. Hal ini menjadikan atribut ini ada untuk menentukan ukuran dimensi desain alat angkut usulan. Menggunakan perhitungan antropometri yang disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia. Sehingga ketika mendorong alat angkut dengan desain yang diusulkan dapat dengan nyaman dan tidak menimbulkan rasa sakit. Dimensi yang digunakan untuk lebar, panjang dan tinggi alat angkut. Serta ukuran pada dimensi yang digunakan pada *handle* untuk panjang dan diameter *handle*. Hal ini dipertimbangkan untuk *part* atau bagian yang bersentuhan dan memiliki pengaruh langsung pada saat pengoperasian alat angkut. Sehingga jika disesuaikan dengan pengguna akan lebih *fit* ketika digunakan dan tidak menimbulkan keluhan yang besar untuk rasa nyeri tubuh yang berkelanjutan.

Atribut *easy to use* dimana melihat pada tingkat kemudahan pengoperasian dari alat angkut genteng ini. Melihat akan sebelum dan sesudah desain pada setiap *part* yang digunakan akan diredesain untuk dikembangkan menyesuaikan dari keinginan pengguna. Pada alat angkut sebelumnya belum memiliki mekanisme untuk pengangkatan alat angkut dengan mendorong saja, sehingga tenaga yang dikeluarkan pekerja lebih banyak untuk pengangkatan alat angkut, mempertahankan alat angkut dan mendorong alat angkut. Hal ini yang menjadikan dari keluhan rasa berat dari sisi pekerja. Sehingga dengan adanya pengembangan desain ini rancangan roda didesain untuk kemudahan pergerakan alat angkut dengan memiliki jumlah roda sebanyak 4 buah dengan adanya suspensi getaran pada setiap roda. Hal ini digunakan untuk energi yang dikeluarkan dalam mendorong alat

angkut saja dan mempertahankan dari posisi pekerja serta genteng yang diangkut. kemudian, adanya desain *handle* yang disesuaikan dengan penggunaan karena adanya kemudahan tombol untuk pengoperasian box rangka dalam operasi pengisian dan pengeluaran genteng dalam alat angkut. Kemudian adanya desain rangka yang sederhana dengan adanya tiga tingkatan untuk menjawab keluhan pekerja dalam pengangkutan yang lebih efektif daripada menggunakan pengangkutan manual sehingga tidak membuat rasa nyeri atau sakit pada sela sela jari pekerja. Dalam hal ini pengoperasian dengan mudah menggunakan sistem *lifting device* untuk proses naik-turun pada *box* penggerak alat angkut.

Atribut ringan untuk melihat dari keluhan akibat bahan alat angkut awalan yang sangat berat sehingga ketika mendorong alat angkut semakin berat. Adanya pergantian material alat angkut dengan desain yang dikembangkan dengan memperhatikan untuk bahan yang ringan dan berkualitas dan terpilihnya untuk bahan *iron stainless steel*, kemudian terdapat kapasitas untuk pengangkutan genteng dengan adanya *box* untuk kemudahgunaan lepas pasang pada bagian rangka *box*, hal ini yang digunakan untuk menentukan banyaknya kapasitas dalam pengangkutan. Semakin banyak kapasitas akan berpengaruh dengan beban berat yang didorong oleh pekerja, dalam hal ini mempertimbangkan untuk seefektif mungkin dalam pengangkutan.

5.6.2 Analisis Uji Beda Desain Produk dan Postur Tubuh

a. Analisis Uji Beda Desain Produk Awalan dan Usulan

Pengujian beda produk menggunakan pengujian Uji *Mann-Whitney* dimana menguji perbedaan dari dua grup, untuk grup produk awalan dan produk usulan. Pengujian berdasarkan dari masing-masing untuk atribut. Pengujian untuk uji beda atribut *easy to use* dengan hasil *output* pada Tabel 4.33 *descriptive statics* diperoleh untuk nilai rata-rata skor *easy to use* untuk desain awalan dan akhir yaitu sebesar 3,3. Kemudian Tabel 4.34 untuk hasil dari *output mean rank*. Hal ini untuk *mean rank* digunakan untuk mengetahui rata-rata pada peringkat tiap kelompok untuk desain awalan dan usulan yang akan diujikan, pada kategori desain awalan yaitu 8,10 dan desain usulan yaitu 22,90. Tabel 4.35 terkait *output* pengujian statistik uji beda antara produk sebelum dan sesudah desain

yang dikembangkan. Dengan pengujian hipotesis untuk pengujian ini dari nilai signifikansi yang didapat pada masing-masing atribut untuk atribut *easy to use* dengan produk sebelum dan konsep produk yang dikembangkan sebesar 0,000 yang artinya terdapat perbedaan atribut desain sebelum dan sesudah dalam pengembangan produk yang diusulkan.

Pengujian untuk uji beda atribut nyaman dengan hasil *output* pada Tabel 4.36 *descriptive statics* diperoleh untuk nilai rata-rata skor *easy to use* untuk desain awalan dan akhir yaitu sebesar 3,0667. Kemudian Tabel 4.37 untuk hasil dari *output mean rank*. Hal ini untuk *mean rank* digunakan untuk mengetahui rata-rata pada peringkat tiap kelompok untuk desain awalan dan usulan yang akan diujikan, pada kategori desain awalan yaitu 8,00 dan desain usulan yaitu 23,00. Tabel 4.38 terkait *output* pengujian statistik uji beda antara produk sebelum dan sesudah desain yang dikembangkan. Dengan pengujian hipotesis untuk pengujian ini dari nilai signifikansi yang didapat pada masing-masing atribut untuk atribut nyaman dengan produk sebelum dan konsep produk yang dikembangkan sebesar 0,000 yang artinya terdapat perbedaan atribut desain sebelum dan sesudah dalam pengembangan produk yang diusulkan.

Pengujian untuk uji beda atribut ringan dengan hasil *output* pada Tabel 4.39 *descriptive statics* diperoleh untuk nilai rata-rata skor ringan untuk desain awalan dan akhir yaitu sebesar 2,9667. Kemudian Tabel 4.40 untuk hasil dari *output mean rank*. Hal ini untuk *mean rank* digunakan untuk mengetahui rata-rata pada peringkat tiap kelompok untuk desain awalan dan usulan yang akan diujikan, pada kategori desain awalan yaitu 8,00 dan desain usulan yaitu 23,00. Tabel 4.41 terkait *output* pengujian statistik uji beda antara produk sebelum dan sesudah desain yang dikembangkan. Dengan pengujian hipotesis untuk pengujian ini dari nilai signifikansi yang didapat pada masing-masing atribut untuk atribut ringan dengan produk sebelum dan konsep produk yang dikembangkan sebesar 0,000 yang artinya terdapat perbedaan atribut desain sebelum dan sesudah dalam pengembangan produk yang diusulkan.

Dari ketiga pengujian untuk masing-masing atribut jika dibandingkan dari analisis deskriptif didapatkan untuk nilai tertinggi atribut yaitu atribut *easy to use*, nyaman dan ringan. Maka dari itu, perlu untuk pemenuhan atribut yang disesuaikan dengan

mengutamakan dari atribut dengan nilai tertinggi. Kemudian untuk keseluruhan hipotesis dengan nilai sig yaitu 0,000 untuk keseluruhan atribut diartikan bahwa menolak H_0 dan menerima H_1 yang artinya terdapat perbedaan yang bermakna dari desain iklan produk alat angkut dan desain usulan produk alat angkut. Dalam hal ini desain yang diusulkan sudah lebih baik dari sebelumnya. Konsep yang ada pada produk usulan mempertimbangan seluruh keinginan pekerja dan memiliki perbedaan pada desain awalan, hal ini digunakan untuk memperbaiki dan memecahkan masalah yang ada atau yang dirasakan pekerja seperti pada permasalahan untuk keluhan rasa sakit pada bagian tubuh, produk yang sangat berat dan pengangkutan yang lebih banyak dengan pengangkutan manual atau dihipit pada sela jari pekerja.

Pengembangan konsep yang didesain untuk penentuan spesifikasi produk ini dirancang sebagaimana rupanya untuk perbaikan pada pengembangan desain alat angkut. Perbedaan mendasar pada bagian posisi *box* alat angkut yang mana awalnya hanya terdapat satu tingkatan namun pada produk pengembangan sudah memiliki tiga tingkat untuk mempermudah dan memberikan efektifitas dalam pengangkutan dengan jumlah yang banyak. Kemudian bahan alat angkut yang berbeda yang mana produk awalan menggunakan besi baja yang cukup berat namun untuk desain yang dikembangkan menggunakan *stainless steel* untuk memenuhi kebutuhan pada atribut ringan. Kemudian ukuran masing-masing *part* seperti pada *handle* yang aman untuk alat awalan memiliki *handle* yang cukup panjang sehingga pekerja ketika menekuk sulit untuk mempertahankan dorongan pada *handle* dan menjadikan kesulitan pada pengoperasian sehingga desain-session inilah yang disesuaikan dengan pengukuran dimensi antropometri, begitu juga pada bagian dimensi untuk ukuran panjang, tinggi dan lebar alat angkut dengan konsep yang dikembangkan. Perbedaan inilah yang dinilai oleh pekerja untuk menentukan tingkat kepuasan pekerja apakah terdapat perbedaan untuk pengujian atribut pada masing-masing konsep alat angkut genteng awalan dan alat angkut genteng usulan. Sehingga adanya tingkat kepuasan desain yang diusulkan dengan desain alat angkut awalan dibuktikan dengan perbedaan taraf signifikansi pengujian sebesar 5%.

b. Analisis Beda Postur Tubuh Awalan dan Usulan

Perhitungan REBA didasarkan pada postur kerja dibagi menjadi dua, dimana untuk postur kerja sebelum yaitu saat bekerja menggunakan alat angkut yang dimiliki oleh industri genteng Boyolali ini dan dalam posisi ketika melakukan pengangkatan manual. Kemudian, untuk postur kerja sesudah yaitu saat pekerja menggunakan alat angkut hasil redesain dengan simulasi pada desain 3D.

Tabel 5. 1 Perbandingan Hasil REBA Pengangkutan Sebelum dan Sesudah Simulasi

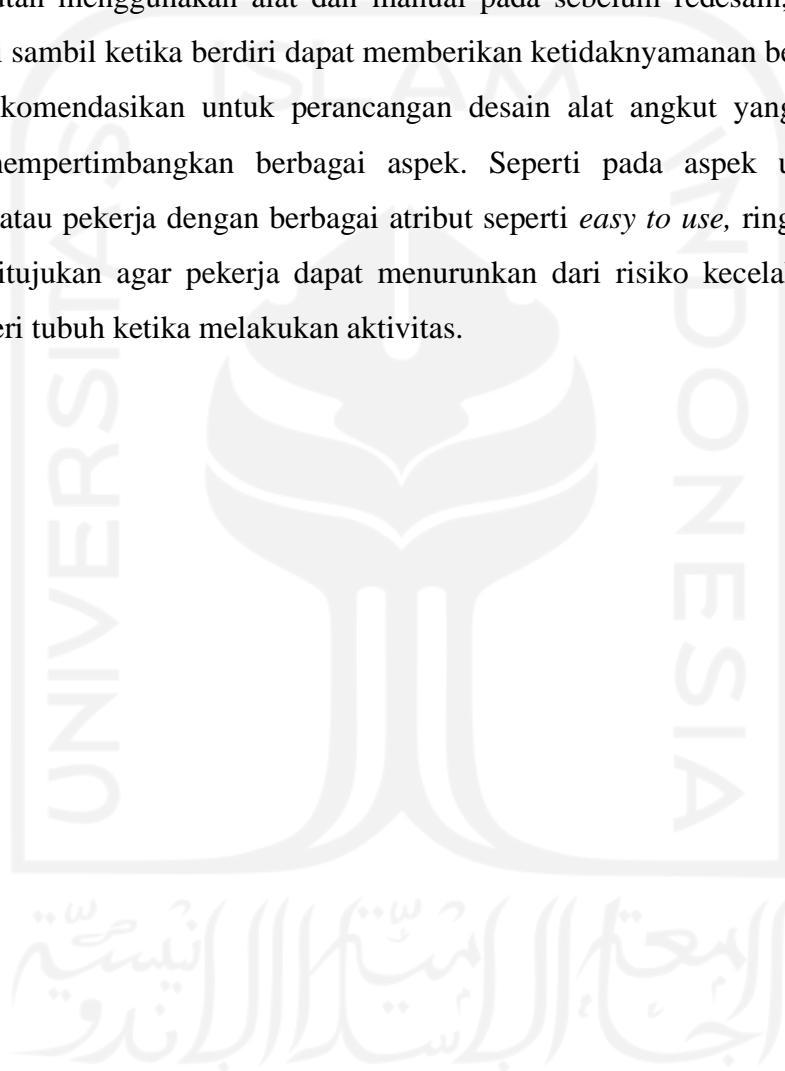
Hasil Skor REBA	Pengangkutan Manual (Awalan)	Pengangkutan dengan Alat (Awalan)	Pengangkutan dengan alat (Redesain)
Membawa	9	7	4
Mendorong		8	4
Meletakkan	11	9	4
Level Risiko Skor	Sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki.	Sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki.	Rendah

Nilai dari perbandingan antara sebelum dan sesudah redesain berdasarkan perhitungan menggunakan metode REBA memiliki penurunan skor. Dalam hal ini adanya penurunan kategori dari level risiko postur kerja. Dimana untuk pengangkutan manual terdapat aktivitas untuk membawa dan meletakkan genteng. Hal ini untuk perhitungan REBA dengan skor membawa sebesar 9 dan skor meletakkan sebesar 11 yang artinya berada dalam kategori sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki. Kemudian pengangkutan genteng dengan alat awalan terdapat aktivitas untuk membawa, mendorong alat angkut dan meletakkan genteng. Hal ini untuk perhitungan REBA dengan skor membawa sebesar 7, mendorong sebesar 8 dan meletakkan sebesar 9 yang artinya berada dalam kategori sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki.

Kemudian dengan adanya desain alat angkut yang dikembangkan dan simulasi yang ada terdapat aktivitas untuk membawa, mendorong alat angkut dan meletakkan genteng. Hal ini untuk perhitungan REBA dengan skor membawa mendorong dan meletakkan sebesar 4 yang artinya berada dalam kategori resiko rendah. Hal ini dimaksudkan risiko ini sangat tidak berpengaruh kepada postur kerja yang ada dan ketika melakukan aktivitas dalam jangka panjang sangat meminimalkan risiko seperti keluhan postur kerja yang sangat minim. Dari hasil skor REBA untuk membandingkan dari alat awalan dan usulan

memiliki perbedaan secara kuantitatif yang cukup banyak, karena dalam hal ini perancangan alat sudah disesuaikan dengan atribut pengguna, sehingga dapat meminimalkan segala risiko kerja dalam aktivitas pengangkutan genteng.

Frekuensi kerja dan tingkat ketidaknyamanan pekerja dapat menimbulkan risiko kelelahan dan nyeri pada beberapa bagian tubuh. Adanya kerja dinamis dalam pengangkutan menggunakan alat dan manual pada sebelum redesain, memvariasikan posisi kaki sambil ketika berdiri dapat memberikan ketidaknyamanan bekerja. Untuk itu dapat direkomendasikan untuk perancangan desain alat angkut yang telah didesain dengan mempertimbangkan berbagai aspek. Seperti pada aspek untuk keinginan pengguna atau pekerja dengan berbagai atribut seperti *easy to use*, ringan dan nyaman. Hal ini, ditujukan agar pekerja dapat menurunkan dari risiko kecelakaan kerja pada bagian nyeri tubuh ketika melakukan aktivitas.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan, sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi postur kerja dengan skor REBA dalam pengangkutan manual membawa (9) dan meletakkan (11). Sedangkan untuk pengangkutan dengan alat angkut awalan dengan skor REBA membawa (7), mendorong (8) dan meletakkan (9), hal ini masuk pada kategori level risiko sangat tinggi dan tindakan perlu diperbaiki. Hal ini disebabkan desain yang kurang ergonomis dan tidak sesuai kepada operator.
2. Atribut yang dibutuhkan oleh pekerja industri genteng bagian penjemuran genteng terdiri dari atribut *easy to use*, nyaman, dan ringan.
3. Desain parameter yang dikembangkan adalah untuk dimensi alat angkut dengan lebar 56cm, panjang 147 cm dan tinggi 120 cm. Ukuran panjang maksimal kanan dan kiri sebesar 25 cm dan diameter 5cm dan adanya sistem penggunaan rem untuk depan dan belakang. Terdapat roda dengan putaran 360⁰ berbahan karet elastomer dan penyangga iron serta bentuk *wheelbarrow* berjumlah 4 buah dengan tambahan adanya suspensi getaran. Serta adanya desain *handle* berbahan *grip rubber* serta adanya tombol untuk pengoperasian *box* rangka. Penggerakan untuk memudahkan dengan sistem *lifting device* dengan masing-masing tingkatan pada *box* setinggi 30 cm serta sekat *adjustable* dengan kemiringan 40⁰. Bahan alat angkut *iron stainless steel* serta adanya penyekat genteng pada *box* dengan *polyfoam* untuk mengurangi dari getaran saat melakukan pengangkutan genteng.
4. Desain yang dikembangkan valid sesuai dengan kebutuhan pengguna dan sesuai tingkat signifikansi 5% serta lebih baik dari desain awalan. Dibuktikan dengan penurunan skor postur kerja dengan REBA sebesar 4 yang artinya risiko aktivitas rendah.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya yaitu:

1. Pengembangan rancangan konsep desain alat angkut genteng yang dilihat dari berbagai aspek seperti aspek ekonomi, aspek material, aspek *production planning* dan lain sebagainya.
2. Melakukan pembuatan *prototype* hasil dari perancangan konsep lanjutan dengan melakukan evaluasi terkait *usability* produk.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, O., & Purnomo, H. (2016). Konsep Rancangan Alat Penanam Benih Jagung Dengan Pendekatan Axiomatic Design. In *Makalah disajikan pada Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gajah Mada*.
- Andriani, D. P., Choiri, M., & Desrianto, F. B. (2018). Redesain produk berfokus pada customer requirements dengan integrasi axiomatic design dan house of quality. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 17(1), 71-82.
- Andriani, M., Hasan, M. T., Nazaruddin, N., & Ninafahriana, N. (2018). Application of Anthropometry to Overcome Musculoskeletal Problems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1114(1).
- Ansari, N. A., & Sheikh, D. M. J. (2014). Evaluation of work Posture by RULA and REBA: A Case Study. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 11(4), 18–23.
- Anwardi, A., & Mulyadi, C. (2020). Merancang Ulang Manual Material Handling Troli Kursi Ergonomis Untuk Mengurangi Tingkat Keluhan Rasa Sakit dan Meningkatkan Produktivitas Kerja Karyawan Banquet (Studi Kasus : Hotel Aryaduta Pekanbaru). *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 5(1), 11.
- Ashary Aznam, S., Mardi Safitri, D., & Dwi Angraini, R. (2017). Ergonomi Partisipatif Untuk Mengurangi Potensi Terjadinya Work-Related Musculoskeletal Disorders. *Jurnal Teknik Industri*, 7(2), 94–104.
- Atmosukarto, K. (1994). Cara Pengambilan dan Penentuan Besar Sampel Untuk Penelitian Sosial. *Kesehatan, Puslit Ekologi*, IV(01).
- Banda, Y. P. A., Mulyono, J., & Santosa, H. (2021). Coconut Peeling and Splitting Machine Design Using the TRIZ Method Perancangan Mesin Pengupas dan Pembelah Kelapa dengan Menggunakan Metode TRIZ.
- Basuki, A. T. (2015). *Penggunaan SPSS dalam Statistik* (D. Media (ed.); Pertama).
- Bayu, C. (2014). Perancangan Dan Pengembangan Meja Belajar Lipat Multifungsi Yang Ergonomis Menggunakan Metode QFD (Quality Function Deployment). *Perancangan Meja Lipat Dengan Metode QFD*, 1, 14.
- Boothroyd, G. (1994). Product design for manufacture and assembly. *Computer-Aided Design*, 26(7), 505-520.
- Caesaron, D., Chandra, J., & Tannady, H. (2017). Usulan Perancangan Alat Bantu Untuk Menggunakan Qfd. *Profesionalisme Akuntan Menuju Sustainable Business Prectice*, 798–808.
- Carini, F., Mazzola, M., Fici, C., Palmeri, S., Messina, M., Damiani, P., & Tomasello, G. (2017). Posture and posturology, anatomical and physiological profiles: Overview and current state of art. *Acta Biomedica*, 88(1), 11–16.
- Chan, L.K., & Wu, M.L. 2002, 'Quality Function Deployment: A Literature Review', *European Journal of Operational Research*, Vol. 143, hal. 463-497.
- Cohen, L. 1995, *Quality function deployment: how to make qfd work for you*, Addison-Wesley, Inc, Massachusetts.
- Darmawan, C. (2014). *Kriteria Desain Fasilitas Kerja Studio Perancangan Program Studi Desain Interior UNIKOM*. 9(1), 99–106.
- Devani, V., & Kartikasari, D. D. (2012). Usulan perbaikan kualitas pelayanan administrasi mahasiswa menggunakan metode quality function deployment (QFD). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 11(2), 185-197.

- Dian Putra, M., Pambudi Tama, I., & Puspita Andriani, D. (2016). Analisis Perancangan Alat Bantu Material Handling Produksi Genteng Menggunakan Metode Axiomatic House of Quality (AHOQ). *Journal of Engineering and Management Industrial System*, 4(1), 19–30.
- Djamal, H., Nelfiyanti, N., & Kurniawan, M. F. (2019). Desain Alat Bantu Pengambilan Part Di Warehouse Pt. Xyz Dengan Aspek Ergonomi. *Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 6(2), 81-91.
- Dwirini, E., Rohayati, Y., & Fashanah, A. (2015). Analisis kebutuhan produk dodol guavagua menggunakan integrasi model Kano dan product quality di UKM Barokah Alam Ciwidey. *eProceedings of Engineering*, 2(2).
- Elsandra, Y., & Tuliando, A. A. (2013). Strategi Pemasaran Untuk Meningkatkan Usaha Kecil Menengah Berbasis Industri Kreatif Melalui ICT. *Jurnal Kajian Manajemen Bisnis*, 2(1), 31–42.
- Esteban, Q. M., Villareal, J. M., Yoo, K., Magon, E. S. S., & Gumasing, M. J. J. (2020). An ergonomic design of six-wheeled trolley for transportation of a 100-kg weight load. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, August*, 87–93.
- Evadarianto, N. (2017). Postur Kerja Dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders Pada Pekerja Manual Handlingbagian Rolling Mill. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 6(1), 97.
- Farahdhiya, F. A., Jayanti, S., & Ekawati. (2020). Hubungan Durasi, Frekuensi, Gerakan Repetitif dan Postur Pergelangan Tangan dengan Carpal Tunnel Syndrome pada Violinis Chamberstring Orkestra. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 8(5), 657–664.
- Gay, LR, Geoffrey E. Mills and Peter Airasian. 2009. Educational Research, Competencies for Analysis and Application. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Grainger . (2020, January). *Plastic Shelf & Utility Carts*. Retrieved from Utility Cart with Lipped Plastic Shelves: 300 lb Load Capacity, 24 in x 18 in, Red: <https://www.grainger.com/product/GRAINGER-APPROVED-Utility-Cart-with-Lipped-Plastic-5WCR3>
- Graph Diagram. (2020, June). *Human Anatomy and Health*. Retrieved from Map Of Back Muscles: <https://graphdiagram.com/map-of-back-muscles/>
- Gupta, G., Gupta, A., Mohammed, T., & Bansal, N. (2014). Ergonomics in Dentistry. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 7(1), 30–34.
- Haniah, N. (2013). Uji Normalitas Dengan Metode Liliefors. *Statistika Pendidikan*, 1, 1–17.
- Hartvigsen, J., Hancock, M. J., Kongsted, A., Louw, Q., Ferreira, M. L., Genevay, S., Hoy, D., Karppinen, J., Pransky, G., Sieper, J., Smeets, R. J., Underwood, M., Buchbinder, R., Cherkin, D., Foster, N. E., Maher, C. G., van Tulder, M., Anema, J. R., Chou, R., ... Woolf, A. (2018). What low back pain is and why we need to pay attention. *The Lancet*, 391(10137), 2356–2367.
- Hoy, D. G., Protani, M., De, R., & Buchbinder, R. (2010). The epidemiology of neck pain. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*, 24(6), 783–792.
- Kristanto, A., & Manopo, R. (2010). Perancangan Ulang Fasilitas Kerja Pada Stasiun Cutting Yang Ergonomis Guna Memperbaiki Posisi Kerja Operator Sebagai Upaya Peningkatan Produktivitas Kerja Studi kasus di Perusahaan Anode Crome Yogyakarta. *Jurnal Informatika Ahmad Dahlan*, 4(2), 102600.
- Hauser, J.R. and Clausing, D. (1988), "The house of quality", *Harvard Business Review*, Vol. 66 No. 3, pp. 63-73.

- Husein, T., Kholil, M., & Sarsono, A. (2009). Perancangan sistem kerja ergonomis untuk mengurangi tingkat kelelahan. *Inasea*, 10(1), 45-58.
- Iskandar, M. N., & Janari, D. (2021). Usulan Desain Troli Barang Menggunakan Pendekatan Antropometri Dan Ergonomi Partisipatori (Studi Kasus PT. Mataram Tunggal Garment). *Industry Xplore*, 6(2), 57-66.
- Iqbal Hasan, 2002, Pokok-pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya, Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Jindal, R. P., Sarangee, K. R., Echambadi, R., & Lee, S. (2016). Designed to succeed: Dimensions of product design and their impact on market share. *Journal of Marketing*, 80(4), 72-89.
- Lestari, E., & Imtihan, M. (2020). Perancangan Produk Aquascape Dengan Metode Quality Function Deployment (QFD). *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri*, 1(1), 21-29.
- Luthfianto, S. (2008). Pengujian Ergonomi Dalam Perancangan Desain Produk. In *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*.
- Niebel, B. & Freivalds, A. 2002. *Methods, Standards and Work Design* 11th Edition. New York: McGraw-Hill.
- Nugroho, S. A., & Setiawan S. T, E. (2007). Analisis Postur Kerja Manual Material Handling Menggunakan Metode Owas (Ovako Work Postur Analysis System). *GEMA TEKNIK Majalah Ilmiah Teknik*, 10(1), 67-75.
- Nurmianto, E. 2008 *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Jakarta: PT. Guna Widya
- Noble, C. H., & Kumar, M. (2008). Using product design strategically to create deeper consumer connections. *Business Horizons*, 51(5), 441-450.
- Manchulenko, N. (2011). "Applying Axiomatic Design Principles to the House of Quality". Thesis. Ontario: University of Windsor
- Manyu, A. H., Suhendra, A. A., & Wulandari, S. (2019). Rancangan Atribut Website Bearpath Menggunakan Metode Integrasi E-servqual Dan Kano. *eProceedings of Engineering*, 6(2).
- Mappasaile, A. N. F., Atamtajani, T. Z., & Pujiraharjo, Y. (2020). Perancangan Troli Belanja Dengan Sekat Barang Belanjaan (Studi Kasus: Transmart Carrefour Buah Batu Bandung). *eProceedings of Art & Design*, 7(2).
- McAtamney, L., & Hignett, S. (2004). Rapid Entire Body Assessment. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*, 31, 8-1-8-11.
- McAtamney, L., & Nigel Corlett, E. (1993). REBA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99.
- McAviney J, Schulz D, Bock R, Harrison DE, Holland B 2005 Determining the relationship between cervical lordosis and neck complaints. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 28: 187-193.
- Mufti, D., Suryani, E., & Sari, N. (2013). Kajian Postur Kerja Pada Pengrajin Tenun Songket Pandai Sikek. *Ilmiah Teknik Industri*, 12(1), 11.
- Panero, J., & Zelnik, M. (1979). *Human dimension & interior space: a source book of design reference standards*. Watson-Guptill.
- Pardiyono, R., & Zairda, C. I. E. (2020). PERANCANGAN ALAT BANTU PEMINDAHAN BRAKE CYLINDER DI DEPARTEMEN SARANA KERETA API PT. PINDAD (PERSERO). *INFOMATEK: Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi*, 22(1), 1-14.
- Pheasant & Stephen, 1988. *Bodysoace : Antropometry, Ergonomics and the Design of Work*. London: Taylor & Francis Ltd.
- Politis, J. D. (2005). QFD, organisational creativity and productivity. *International*

- Journal of Quality and Reliability Management*, 22(1 SPEC. ISS.), 59–71.
- Prasetyo, P. E. (2018). Perancangan Alat Uji Cetakan Suvenir Sss Berbasis Proses Metal Forming Dengan Membandingkan Metode Qfd Dan Metode Front-End Process. *Industrial Engineering Journal Of The University Of Sarjanawiyata Tamansiswa*, 2(2).
- Pujadi, T. (2008). Faktor Manusia Dan Ergonomis Penggunaan Komputer Untuk Meningkatkan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3). *CommIT (Communication and Information Technology) Journal*, 2(2), 102.
- Pujiono, A., Setyawati, R., & Idris, I. (2018). Strategi Pengembangan Umkm Halal Di Jawa Tengah Dalam Menghadapi Persaingan Global. *Indonesia Journal of Halal*, 1(1), 1.
- Purnomo, R. N., Mulyono, J., & Santosa, H. (2017). Perancangan Alat Angkut Tabung LPG 3 Kg yang Ergonomis (Studi Kasus di UD. X). *Widya Teknik*, 16(1), 11-18.
- Radin Umar, R. Z., Ahmad, N., Halim, I., Lee, P. Y., & Hamid, M. (2019). Design and Development of an Ergonomic Trolley-Lifter for Sheet Metal Handling Task: A Preliminary Study. *Safety and Health at Work*, 10(3), 327–335.
- Raraswati, V., Sugiarto, & Yenni, M. (2020). Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Keluhan Muskuloskeletal Pada Pekerja Angkut Angkut Di Pasar Angso Duo Jambi. *Journal of Healthcare Technology and Medicine*, 6(1), 441–448.
- Ray, S. J., & Teizer, J. (2012). Real-time construction worker posture analysis for ergonomics training. *Advanced Engineering Informatics*, 26(2), 439–455.
- Restuputri, D. P. (2017). Metode REBA Untuk Pencegahan Musculoskeletal Disorder Tenaga Kerja. *Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 19.
- Rizal, M. Y., Yudiarti, D., & Muchlis. (2019). *Perancangan Ulang Alat Angkut Barang Melalui Tangga Pada Bangunan Bertingkat Berdasarkan Aspek Ergonomi Redesigning Stairs Trolley For Multi – Storey Based On Muhammad Yosa Rizal , Diena Yudiarti , Muchlis*. 6(2), 3276–3283.
- Rizkya, I., Syahputri, K., Sari, R. M., Anizar, & Siregar, I. (2018). Evaluation of work posture and quantification of fatigue by Rapid Entire Body Assessment (REBA). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1).
- Roozenburg, N. F., & Eekels, J. (1995). Product design: fundamentals and methods.
- Rose, L. M., Eklund, J., Nord Nilsson, L., Barman, L., & Lind, C. M. (2020). The RAMP package for MSD risk management in manual handling – A freely accessible tool, with website and training courses. *Applied Ergonomics*, 86(March).
- Sanders, S., & Mc Cormick, J. (1987). Hand tools and device.
- Santoso, A., Anna, B., & Purbasari, A. (2014). Perancangan Ulang Kursi Antropometri Untuk Memenuhi Standar Pengukuran. *Profisiensi*, 2(2), 1079.
- Setiawan, H. S. (2017). Pengaruh Ergonomi dan Antropometri bagi User Gudang Bahan PT. MI guna Meningkatkan Produktivitas Serta Kualitas Kerja. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 2(2), 161.
- Sharma, D., Chanana, A., Yadav, A., Kumar, A., Bhardwaj, A. K., & Bhakar, A. (2016). Design of Multilevel Height Adjusting Industrial Trolley: Using Ergonomic Approach. *Journal of Material Science and Mechanical Engineering*, 3(2), 81–85.
- Suh, N.P. 2007. Ergonomic, Axiomatic Design And Complexity Theory, Theoretical Issues In Ergonomic Science, Vol 8, No.2, pp 101-121.
- Sujana, W. (2013). Pemanfaatan Silicon Rubber Untuk Meningkatkan Ketangguhan Produk Otomotif Buatan Lokal. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 6(1).
- Susihono, W. (2017). Peningkatan Kepuasan Kerja Melalui Partisipatori Ergonomi.
- Sokhibi, A., Alifiana, M. A., & Ghozali, M. I. (2018). Perancangan Troli Ergonomi pada

- Aktivitas Pengangkutan Beras di Penggilingan Padi. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 2(2), 111.
- Solidayah, W. (2015). *Uji Modifikasi Peringkat Bertanda Wilcoxon Untuk Masalah Dua Sampel Berpasangan* (Doctoral dissertation, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam (UNISBA)).
- Sucahyawati, H., Hendrawan, A., & Kuswantoro, F. (2019). Dimensi Kreativitas dan Pengembangan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM). *Jurnal Hummansi*, 2(1), 25–36.
- Suci, Y. R., Tinggi, S., & Ekonomi, I. (2017). Perkembangan UMKM (Usaha Mikro Kecil Menengah) di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Fakultas Ekonomi*.
- Sukadji, S. 2000. *Menyusun Dan Mengevaluasi Laporan Penelitian*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Surya, R. Z., M, M. G., & Juliarman, R. (2018). *Perancangan Pegangan Gerobak Menggunakan Ergonomi Partisipatif Bagi Petani Kelapa Sawit Di Kabupaten Indragiri Hilir, Riau*. April, 26–28.
- Suwirmayanti, N. L. G. P. (2017). Aplikasi Optimasi Produksi Menggunakan Metode Simpleks Berbasis Web. *Techno.Com*, 17(1), 61–69.
- Talapatra, S., Mohsin, N., & Murshed, M. (2019). An Ergonomic Approach for Designing of an Industrial Trolley with Workers Anthropometry. *American Journal of Industrial and Business Management*, 09(12), 2156–2167.
- Tarwaka. (2013). *Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi Dan Aplikasi Di Tempat Kerja*, Surakarta.
- Theodossy Tigang Huvat, T. (2019). Perancangan Alat Panggangan Otomatis Menggunakan Metode Qfd (Quality Function Deployment). *Jurnal Teknologi*, 12(2), 123–129.
- Usmadi. (2020). Pengujian Persyaratan Analisis (Uji Homogenitas dan Uji Normalitas). *Inovasi Pendidikan*, 7(1), 50–62.
- Wardani, L. K. (2003). Evaluasi ergonomi dalam perancangan desain. *Dimensi Interior*, 1(1), 61-73.
- Wicaksono, F., Hadiana, A., & Asfi, M. (2016). Penerapan Kansei Engineering pada Rancangan Antarmuka E-Learning Berbasis Web. *SEMNAS TEKNO MEDIA ONLINE*, 4(1), 2-5.
- Wignjosobroto, S. 1995. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu: Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Jakarta : Penerbit Guna Widya
- Yadi, Y. H., & Kurniawidjaja, L. M. (2019). Ergonomic design for musculoskeletal disorder prevention in the chemical processing industry: Case study on weighing stations and transfer of liquid catalysts. *Industrial Engineering and Management Systems*, 18(4), 719–725.
- Yanti, T. S. (2007). Uji Rank Mann-Whitney Dua Tahap. *Statistika*, 7(1).
- Zelik, K. E., Nurse, C. A., Schall Jr, M. C., Sesek, R. F., Marino, M. C., & Gallagher, S. (2022). An ergonomic assessment tool for evaluating the effect of back exoskeletons on injury risk. *Applied Ergonomics*, 99, 103619
- Zetli, Sri, and Heru Kusbiantoro. "Perancangan Alat Bantu Angkat Brush Seal Welding Fixture dengan Metode Reba dan Qfd." *Jurnal Surya Teknika* 5.02 (2017): 8-17.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kuesioner 1 Permasalahan

KUESIONER PENELITIAN AWAL TUGAS AKHIR

Nama :
Usia :
Jenis Kelamin :
Pekerjaan :
Nama UKM :

- Menurut Anda, Apakah cara pengangkutan dan penjemuran genteng dengan manual sudah efektif? (Efektif = tidak terlalu memberatkan aktivitas pekerja)
 - Ya
 - Belum
 -
- Sesuai dengan pengisian kuesioner NBM (*Nordic Body Map*), berapa lama Anda merasakan nyeri dibagian tertentu?
 - < 1 jam
 - 1-2 jam
 - 3-4 jam
 - > 5 jam
- Dalam hal ini, aktivitas apa yang membuat Anda merasakan nyeri tubuh dalam waktu yang lama?
.....
- Lanjutan no 3, Silahkan Anda menjelaskan posisi yang diinginkan untuk kenyamanan pekerja saat pengangkutan dan penjemuran genteng?
(Contoh: menggunakan alat bantu, mengangkat satu persatu, dan lain sebagainya)
.....
- Jika Anda menginginkan menggunakan alat bantu, silahkan sebutkan aspek apa saja yang Anda inginkan?
(contoh: alat bantu yang nyaman, aman, awet, dan lain sebagainya)
.....

Lampiran 2 Kuesioner VOC

**SURVEY
KEBUTUHAN ALAT
ANGKUT
GENTENG PADA
INDUSTRI
GENTENG
RUMAHAN
BOYOLALI**

Assalamualaikum Wr. Wb

Perkenalkan Saya Giya Amanda Yudhistira/18522318. Mahasiswa Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

Berkenaan dengan penelitian yang akan saya lakukan pada Industri Rumah Tangga Genteng Boyolali yaitu melakukan perancangan alat angkut yang akan disesuaikan dengan kebutuhan atau keinginan dari pekerja. Judul penelitian yang saya dengan judul "Perancangan Alat Bantu Pengangkutan dan Penjemuran Genteng yang Ergonomis Dengan Metode Quality Function Deployment (QFD)".

Untuk itu saya mohon ketersediaan saudara untuk mengisi form ini. pengisian form akan dilakukan bersama dengan penelitian dan diharapkan seluruh pertanyaan dijawab sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan saudara/ atas permasalahan yang ada. Data ini dijamin untuk kerahasiannya dan hanya digunakan untuk kepentingan peneliti semata. Apabila terdapat pertanyaan dapat diajukan melalui WA: 082265556989

Sekian dan Terimakasih,
Yogyakarta, 25 Februari 2022

Giya Amanda Yudhistira
Wassalamualaikum W: WB

18522318@students.uii.ac.id
(not shared) Switch account

* Required

Nama *

Your answer

Usia (Tahun) *
Contoh : 45

Your answer

Jenis Kelamin *

Laki-laki
 Perempuan

Lama Bekerja (Tahun) *
Contoh : 5

Your answer

**Berapa lama Anda merasakan nyeri *
dibagian tubuh tertentu?**

< 1 jam
 1-2 jam
 3-4 jam
 > 5 jam

Kekurangan Alat Angkut yang tersedia saat ini

Berikut ini pertanyaan yang ditujukan untuk mengetahui seluruh keluhan yang dirasakan pekerja saat melakukan aktivitas pengangkutan genteng dengan alat angkut yang sudah ada.

Gambar Gerobak yang sudah ada.
(Sumber: <https://www.juab.com/perlenjangan-industri/di-lan-gerobak-kayu-angkut>)

Seberapa mudah Anda menggunakan alat angkut/gerobak yang sudah ada dalam melakukan pengangkutan genteng pada proses penjemuran genteng?*
(contoh: memegang handel gerobak, mengangkat berat gerobak, ukuran gerobak, pengangkutan genteng, dan lain sebagainya)

Mudah
 Sedikit Sulit
 Sangat Sulit

**Seberapa puas Anda menggunakan *
alat angkut/gerobak yang sudah ada dalam melakukan pengangkutan genteng pada proses penjemuran genteng?***
(contoh: desain pada gerobak, berat gerobak, kemudahan dalam mengoperasikan, dan lain sebagainya)

Puas
 Kurang Puas
 Tidak Puas

**Keluhan yang Anda rasakan ketika *
mengoperasikan gerobak saat pengangkutan genteng?***

Your answer

**Harapan atau keinginan Anda untuk *
gerobak/alat angkut genteng yang lebih mudah dan efektif?***
Dapat disebutkan lebih dari satu dan rinci.

Your answer

Back Next Clear form

Lampiran 3 Kuesioner Kepentingan Atribut

KUESIONER 2

18522318@students.uil.ac.id
(not shared) [Switch account](#)

* Required

KEPENTINGAN ATRIBUT

Berikut merupakan pertanyaan yang ditujukan untuk mengetahui seberapa penting atribut yang telah ditentukan untuk mendesain dari alat angkut atau gerobak yang ergonomis ini.

Menggunakan skala likert:
1 = Tidak Penting
5 = Sangat Penting

Bapak, Ibu, Mas dapat untuk langsung menjawab tingkat kepentingan atribut tersebut.

Atribut Easy to Use (mudah digunakan atau dioperasikan baik pada jalan yang terjal, saat melakukan pengangkatan, dll) *

1 2 3 4 5

Tidak Penting ○○○○ Sangat Penting

This is a required question

Atribut Nyaman (d disesuaikan dengan * ukuran tubuh manusia, tidak berat, tidak menimbulkan banyak keluhan nyeri tubuh, dll)

1 2 3 4 5

Tidak Penting ○○○○ Sangat Penting

Atribut Ringan (Material alat angkut/gerobak yang ringan) *

1 2 3 4 5

Tidak Penting ○○○○ Sangat Penting

Back Next Clear form

Lampiran 4 Kuesioner CCE

KUESIONER 3

18522318@students.uil.ac.id
(not shared) [Switch account](#)

* Required


Customer Competitive Evaluation (CCE)

dalam hal ini melakukan perbandingan pada tingkat kepentingan berdasarkan atribut yang ada pada hasil masing-masing benchmark yang telah dilakukan.

Pemilihan berdasarkan pada skala 1-5, dimana
1 = tidak baik
5 = sangat baik

untuk gambar 1 yaitu pada alat angkut yang sering disebut flat trolley.
bahan roda = nylon
jenis handle = hand trolley
bahan handle = aluminium
bahan rangka = besi
lebar trolley = 47 cm
tinggi trolley = 73 cm
batas dasar trolley = 15 cm
panjang handle = 40 cm
diameter handle = 12 cm
tidak ada pengunci roda

Flat Trolley




Customer Competitive Evaluation (CCE)

dalam hal ini melakukan perbandingan pada tingkat kepentingan berdasarkan atribut yang ada pada hasil masing-masing benchmark yang telah dilakukan.


Pemilihan berdasarkan pada skala 1-5, dimana
1 = tidak baik
5 = sangat baik

untuk gambar 2 yaitu pada alat angkut yang sering disebut flat trolley.
bahan roda = nylon
jenis handle = hand trolley
bahan handle = besi finishing cat
penggerak box = sistem tetap
lebar trolley = 52 cm
tinggi trolley = 97 cm
batas dasar trolley = 20 cm
panjang handle = 45 cm
ada pengunci roda

Trolley Tolls Cart



Trolley redesain



Atribut Easy to Use (mudah digunakan atau dioperasikan baik pada jalan yang terjal, saat melakukan pengangkatan, dll) *

1 2 3 4 5

Tidak Baik ○○○○○ Sangat Baik

Atribut Nyaman (d disesuaikan dengan * ukuran tubuh manusia, tidak berat, tidak menimbulkan banyak keluhan nyeri tubuh, dll)

1 2 3 4 5

Tidak Baik ○○○○○ Sangat Baik

Atribut Ringan (Material alat angkut/gerobak yang ringan) *

1 2 3 4 5

Tidak Baik ○○○○○ Sangat Baik

Back Next Clear

Lampiran 5 Kuesioner Kesesuaian


KEPENTINGAN ATRIBUT

Berikut merupakan pertanyaan yang ditujukan untuk mengetahui seberapa penting atribut yang telah ditentukan untuk mendesain dari alat angkut atau gerobak yang ergonomis ini.

Menggunakan skala likert:
1 = Tidak Penting
5 = Sangat Penting

Bapak, Ibu, Mas dapat untuk langsung menjawab tingkat kepentingan atribut tersebut.

Gambaran Alat Angkut Usulan



Atribut Easy to Use (mudah digunakan atau dioperasikan baik pada jalan yang terjal, saat melakukan pengangkutan, dll)

1 2 3 4 5

Tidak Penting ○○○○○ Sangat Penting

Atribut Nyaman (disesuaikan dengan ukuran tubuh manusia, tidak berat, tidak menimbulkan banyak keluhan nyeri tubuh, dll)

1 2 3 4 5

Tidak Penting ○○○○○ Sangat Penting

Atribut Ringan (Material alat angkut/gerobak yang ringan)

1 2 3 4 5

Tidak Penting ○○○○○ Sangat Penting

Back Next Clear form

Lampiran 6 Kuesioner Uji Beda

TINGKAT KEMAMPUAN DESAIN BAHAN BAKU OLEH OPERATOR

Berikut merupakan pertanyaan yang ditujukan untuk mengetahui seberapa penting atribut yang telah ditentukan untuk mendesain dari alat angkut atau gerobak yang ergonomis ini.

Menggunakan skala likert:
1 = Tidak Penuh
5 = Sangat Penuh

Bapak, Ibu, Mas dapat untuk langsung menjawab tingkat kepentingan atribut tersebut.

Fitur yang tersedia dapat memudahkan dalam operasional pengangkutan genteng. (Atribut Easy to Use)

1 2 3 4 5

Tidak Penuh ○○○○○ Sangat Penuh

TINGKAT KEPUJIAN DESAIN PRODUK OLEH OPERATOR

Berikut merupakan pertanyaan yang ditujukan untuk mengetahui seberapa penting atribut yang telah ditentukan untuk mendesain dari alat angkut atau gerobak yang ergonomis ini.

Menggunakan skala likert:
1 = Tidak Penuh
5 = Sangat Penuh

Bapak, Ibu, Mas dapat untuk langsung menjawab tingkat kepentingan atribut tersebut.

Fitur yang tersedia dapat memudahkan dalam operasional pengangkutan genteng. (Atribut Easy to Use)

1 2 3 4 5


Tidak Penuh ○○○○○ Sangat Penuh

Rancangan alat angkut genteng tidak menimbulkan nyeri yang berlebih pada bagian titik tubuh operator atau kenyamanan yang diberikan. (Atribut Nyaman)

1 2 3 4 5

Tidak Penuh ○○○○○ Sangat Penuh

DESAIN PRODUK USULAN UNTUK INDUSTRI GENTENG BOYOLALI




Rancangan alat angkut genteng tidak menimbulkan nyeri yang berlebih pada bagian titik tubuh operator atau kenyamanan yang diberikan. (Atribut Nyaman)

1 2 3 4 5

Tidak Penuh ○○○○○ Sangat Penuh

PRODUK AWALAN YANG ADA PADA INDUSTRI GENTENG BOYOLALI




Pemilihan bahan dan adanya efisiensi dalam pengangkutan genteng. (Atribut Ringan)

1 2 3 4 5

Tidak Penuh ○○○○○ Sangat Penuh

Sistem Lifting (Pengangkutan dan Penurunan Tingkat Trolley)



Pemilihan bahan dan adanya efisiensi dalam pengangkutan genteng. (Atribut Ringan)

1 2 3 4 5

Tidak Penuh ○○○○○ Sangat Penuh

Back Submit Clear form

Lampiran 7 Situasi Tempat Penelitian



