

TESIS

**Desain Kereta Dorong Material *Handling*
Untuk Meningkatkan Produktivitas**



SUDARYANTO

**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2011**

TESIS

**DESAIN KERETA DORONG MATERIAL
HANDLING UNTUK MENINGKATKAN
PRODUKTIVITAS**



**SUDARYANTO
09916120**

**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2011**

**DESAIN KERETA DORONG MATERIAL
HANDLING UNTUK MENINGKATKAN
PRODUKTIVITAS**

**Tesis untuk memperoleh Gelar Magister pada Program
Pascasarjana Magister
Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

**SUDARYANTO
09916120**

**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2011**

Lembar Pengesahan

**TESIS TELAH DISETUJUI
PADA TANGGAL 24 MARET 2011**

Pembimbing I,

**Dr. Ir.Hari Purnomo,MT
NIK.905220101**

Pembimbing II,

**Drs.Imam Djati Widodo,M.Eng.Sc
NIK.....**

**Mengetahui
Direktur Magister Teknik Industri**

**Dr. Sri Kusumadewi, S.Si, MT
NIK.....**

HALAMAN PENGESAHAN PANITIA PENGUJI

**Tesis Telah Diuji dan Dinilai Oleh Panitia Penguji
Program Magister Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia
Pada Tanggal 26 Maret 2011**

Ketua

Penguji I : Dr. Wahyu Supartono

Anggota

Penguji II : Drs.Imam Djati Widodo,MEngSc

Anggota

Penguji III : Ir. Elisa Kusrini, MT

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN TESIS.....	i
HALAMAN SAMPUL DALAM	ii
HALAMAN PRASYARAT GELAR MAGISTER.....	iii
HALAMAN LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iv
HALAMAN LEMBAR PENGESAHAN PANITA PENGUJI.....	v
HALAMAN KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN ABSTRAK.....	viii
HALAMAN DAFTAR ISI.....	ix
HALAMAN DAFTAR TABEL	x
HALAMAN DAFTAR GAMBAR.....	xv
HALAMAN DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penulisan.....	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Desain.....	9
2.2 Kereta Dorong.....	11

2.3.1 Sejarah Quality Function Deployment.....	12
2.3.2 Metodologi Quality Function Deployment	13
2.4 Pemindahan Material	23
2.4.1 Pemindahan Barang Manual	25
2.4.2 Biomekanika	25
2.4.3 Fisiologi Kerja.....	27
2.4.4 Konsumsi Energi.....	28
2.5 Ergonomi.....	29
2.5.1 Pengukuran Kerja Dengan Metode Fisiologi.....	32
2.5.2 Kerja Fisik.....	32
2.5.3 Laju Denyut Jantung	33
2.6 Resiko Cedera.	35
2.7. Kelelahan	39
2.8 Produktivitas	44
2.9 Nordic Body Map.....	47
2.10 Penentuan Ukuran Desain Kerete Dorong Material Handling.....	49
2.10.1 Langkah Pengolahan Data.....	49
2.10.2 Menentukan Besar Sample	51
2.11 Uji Normalitas Dan Uji Beda.....	53
 BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Obyek Penelitian	56
3.2 Populasi Penelitian.....	56
3.3 Variabel Penelitaian	57

3.4	Alat Penelitian	57
3.5	Rancangan Penelitian	58
3.6	Definisi Operasional Variabel.....	59
3.7	Prosedur Penelitian	61
3.7.1	Tahap pengumpulan data	67
3.7.2	Kerangka konsep penelitian.....	68
3.7.3	Tahap pelaksanaan	69
3.7.4	Tahap pengukuran.....	70
BAB IV HASIL PENELITIAN		
4.1	Deskripsi Alat Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	71
4.2	Penentuan Jumlah Sampel.....	75
4.3	Karakteristik Subyek.....	75
4.4	Perancangan Alat Kereta Dorong Material <i>Handling</i> Menggunakan <i>Quality Function Deployment (QFD)</i>	76
4.4.1	Pembuatan <i>house of quality (HOQ)</i>	76
4.4.2	<i>Fault tree analysis</i>	95
4.4.3	Matrik <i>part deployment</i>	97
4.4.4	Pemilihan rancangan (desain)	98
4.4.5	Matrik perencanaan produksi.....	108
4.5	Uji Normalitas Terhadap Keluhan Muskuloskeletal, Kelelahan dan Produktivitas	108
4.5.1	Uji normalitas keluhan musculoskeletal sebelum bekerja dan sesudah bekerja	108

4.5.2 Uji normalitas kelelahan sesudah bekerja	109
4.5.3 Uji normalitas terhadap produktivitas sesudah bekerja.....	109
4.6 Uji Beda Terhadap Keluhan Muskuloskeletal,Kelelahan, dan Produktivitas	111
4.6.1 Uji beda terhadap keluhan muskuloskeletal sesudah bekerja, terhadap kelompok control dan kelompok eksperimen	112
4.6.2 Uji beda terhadap kelelahan sesudah bekerja, terhadap kelompok kontrol dan kelompok eksperimen	112
4.6.3 Uji beda terhadap produktivitas sesudah bekerja, terhadap kelompok control dan kelompok eksperimen	113
BAB V PEMBAHASAN	
5.1 Deskripsi Alat Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	115
5.1.1 Analisa karakteristik kereta dorong material <i>handling</i>	117
5.1.2 Analisa karakteristik kereta dorong material <i>handling</i> (hasil rancangan)	119
5.2 Karakteristik Subjek.....	122
5.3 Uji Normalitas	123
5.3.1 Uji normalitas keluhan muskuloskeletal	123
5.3.2 Uji normalitas kelelahan	123
5.3.3 Uji normalitas produktivitas.....	124
5.4 Uji Normalitas Beda Tingkat Keluhan Muskuloskeletal, Kelelahan dan Produktivitas	124
5.4.1 Uji beda keluhan muskuloskeletal	125
5.4.2 Uji beda kelelahan.....	126

5.4.3 Uji beda produktivitas kerja..... 128

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan 130

6.2 Saran..... 130

DAFTAR PUSTAKA 130



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Deskripsi Subjek	75
Tabel 4.2 Identifikasi Kebutuhan Konsumen	76
Tabel 4.3 Hasil Tingkat Kepentingan Konsumen/Pengguna	78
Tabel 4.4 Matrik Hubungan Kebutuhan Konsumen Terhadap Karakteristik teknik	81
Tabel 4.5 Hasil Nilai Target.....	82
Tabel 4.6 Hasil Matrik Korelasi (<i>Technical Correlation</i>)	83
Tabel 4.7 Jumlah Proporsi (%) Responden Yang Menyatakan Penilaian Terhadap Alat Kereta Dorong Lama	84
Tabel 4.8 Jumlah Proporsi (%) Responden Yang Menyatakan Penilaian Terhadap Alat Kereta Dorong Rancangan.....	85
Tabel 4.9 Nilai Posisi Alat Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	86
Tabel 4.10 Hasil Nilai Posisi Alat Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	87
Tabel 4.11 Perbandingan Sebelum Menggunakan Alat dengan sesudah menggunakan Alat Kereta Dorong terhadap Karakteristik Teknik Terhadap Karakteristik Teknik	88
Tabel 4.12 Nilai Goal.....	89
Tabel 4.13 <i>Sales Point</i>	90
Tabel 4.14 <i>Improve Ratio</i>	91
Tabel 4.15 Informasi Konsumen.....	92
Tabel 4.16 Matrik Part Deployemnt.....	97
Tabel 4.17 Data Antropometri yang Diukur dan Cara Pengukurannya.....	99
Tabel 4.18 Rerata,Simpangan Baku dan Uji Normalitas Keluhan Muskuloskeletal Sesudah Bekerja	109
Tabel 4.19 Rerata,Simpangan Baku dan Uji Normalitas Kelelahan Sesudah Bekerja	110
Tabel 4.20 Rerata,Simpangan Baku dan Uji Normalitas Produktivitas Sesudah Bekerja	111
Tabel 4.21 Uji Beda Keluhan Muskuloskeletal Antara Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen sesudah bekerja, <i>Mean Ranks</i>	112
Tabel 4.22 Uji Beda Kelelahan Antara Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen sesudah bekerja, <i>Mean Ranks</i>	113
Tabel 4.23 Uji Beda Produktivitas Antara Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen sesudah bekerja, <i>Mean Ranks</i>	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 House of Quality	15
Gambar 2.2 Hubungan Antara Whats dan Hows	17
Gambar 2.3 Berbagai Hubungan Dalam House of Quality.....	18
Gambar 2.4 Target How Mach dalam House of Quality	19
Gambar 2.5 Matrik Korelasi	21
Gambar 2.6 Competitive Assessment	23
Gambar 2.7 Laju Detak Jantung.....	33
Gambar 2.8 Gambar Tulang Belakang.....	36
Gambar 2.9 <i>Slipped Discs</i> Yang Menyebabkan Tekanan Pada Akar Syaraf	37
Gambar 2.10 <i>Nordic Body Map</i>	48
Gambar 3.1 Rancangan Penelitian	58
Gambar 4.1 <i>House Of Quality</i>	94
Gambar 4.2 <i>Fault Tree Analysis</i>	96
Gambar 4.3 Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	102
Gambar 4.4 Kontruksi Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	102
Gambar 4.5 Landasan Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	103
Gambar 4.6 Struktur Rangka Bagian Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	103
Gambar 4.7 Struktur Landasan Bagian Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	104
Gambar 4.8 Struktur Rangka Bagian Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	105
Gambar 4.9 Pompa Hidrolik Bagian Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	106
Gambar 4.10 Pegangan Tangan Bagian Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	106
Gambar 4.11 Roda/Castor Wheel Bagian Kereta Dorong Material <i>Handling</i>	107
Gambar 4.12 Matrik Perencanaan Proses	108
Gambar 4.13 Perencanaan Produksi	116
Gambar 5.1 Mengangkat Barang Tidak Memakai Alat	116
Gambar 5.2 Mengangkat Barang Menggunakan Alat Lama	117
Gambar 5.3 Mengangkat Barang Menggunakan Alat Rancangan.....	106
Gambar 5.4 Grafik Keluhan Muskuloskeletal Pekerjaan Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen.....	125
Gambar 5.5 Grafik Kelelahan Pekerjaan Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen.....	126
Gambar 5.6 Grafik Tingkat Produktivitas Antas Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen.....	128

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 4.1 Lay Out Warehouse Penerimaan (Termporary)
- Lampiran 4.2 Case Processing Summary (Ujin Normalitas Keluhan kelompok Kontrol dan Eksperimen) Sebelum Bekerja
- Lampiran 4.3 Case Processing Summary (Ujin Normalitas Keluhan kelompok Kontrol dan Eksperimen) Sesudah Bekerja
- Lampiran 4.4 Case Processing Summary (Ujin Normalitas Kelelahan Kelompok Kontrol dan Eksperimen) Sebelum Bekerja
- Lampiran 4.5 Case Processing Summary (Ujin Normalitas Kelelahan Kelompok Kontrol dan Eksperimen) Sesudah Bekerja
- Lampiran 4.6 Case Processing Summary (Ujin Normalitas Produktivitas Kelompok Kontrol dan Eksperimen) Sebelum Bekerja
- Lampiran 4.7 Case Processing Summary (Ujin Normalitas Produktivitas Kelompok Kontrol dan Eksperimen) Sesudah Bekerja
- Lampiran 4.8 T-Test (*Paired Samples Statistics*) Ujin Beda Keluhan Kelompok Kontrol dan Eksperimen) Sesudah Bekerja
- Lampiran 4.9 T-Test (*Paired Samples Statistics*) Ujin Beda Kelelahan Kelompok Kontrol dan Eksperimen) Sesudah Bekerja
- Lampiran 4.10 T-Test (*Paired Samples Statistics*) Ujin Beda Produktivitas Kelompok Kontrol dan Eksperimen) Sesudah Bekerja



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini guna memenuhi syarat sesuai yang telah ditetapkan dan wajib dilaksanakan sebagai salah satu persyaratan kelulusan di jenjang S2 (Magister Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri) Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam pelaksanaan penyusunan tesis ini, penulis telah banyak mendapat petunjuk, bimbingan, dan arahan serta fasilitas dari berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Rektor Universitas Islam Indonesia
2. Dekan Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia
3. Managemen PT Pertamina (Persero) *Refinery* Unit V yang telah membantu dengan memberikan kemudahan serta segala fasilitas.
4. Ibu.Dr. Sri Kusumadewi,S.Si,MT selaku Direktur Pascasarjana
5. Bapak Dr. Ir. Hari Purnomo, MT, selaku Dosen Pembimbing I
6. Bapak Drs. Imam Djati Widodo, MEng.Sc selaku Dosen Pembimbing II
7. Pengelola Magister Teknik Industri Universitas Islam Indonesia
8. Seluruh pekerja tenaga bantuan (NABAN) penerimaan/S&W Section Refinery unit V yang telah membantu penelitian ini.

9. Rekan-rekan khususnya Mahasiswa MTI angkatan VII dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan sumbangan pemikiran untuk terselesaikannya tesis ini.
10. Istriku Adhaninggar, anak-anaku yang sangat kusayangi Volta Megawati, SPdT, Mona Januarita,SH dan Temi Aruma Agustin yang selalu memberi doa dan dorongan demi selesainya tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan oleh karena terbatasnya waktu, kemampuan, pengetahuan serta pengalaman penulis. Oleh sebab itu dengan kerendahan hati yang tulus maka dengan senang hati, penulis siap menerima kritik dan saran yang sifatnya membangun kearah yang lebih baik.

Harapan penulis, semoga tesis ini dapat berguna dan bermanfaat bagi masyarakat khususnya para pekerja tenaga bantuan (NABAN) penerimaan/S&W Section Refinery unit V, dan semua pihak yang merasa memerlukannya. Semoga menjadikan amal ibadah.

Amin.

Yogyakarta,

2011

Penulis

ABSTRAK

Perancangan produk yang baik akan memberikan dampak terhadap peningkatan produktivitas. Produk rancangan yang baik memenuhi kaidah secara ergonomis akan memberikan keinginan pengguna dengan merasa nyaman, aman dan termotivasi sehingga berdampak peningkatan hasil.

Peningkatan hasil yang dicapai harus didukung semua komponen dalam sistem rancangan kerja, pada saat ini cara melakukan proses pendistribusian barang tanpa disadari posisi tubuh untuk mengangkat barang menunjukkan sikap yang terkadang tidak *ergonomis* yaitu membungkuk sambil bergerak dengan mengangkat beban melebihi batas beban yang di ijin kemampuan rata-rata manusia.

Berdasarkan pengolahan data dan analisis diharapkan rancangan alat kereta dorong material *handling* yang *ergonomis* akan mampu mengurangi kelelahan dan keluhan resiko cedera tulang belakang apabila sikap kerja yang membungkuk serta mengangkat beban melebihi batas dalam jangka waktu panjang.

Hasil yang diperoleh setelah dilakukan perancangan alat kereta dorong material *handling* yang ergonomis telah dapat disimpulkan bahwa: Penggunaan alat bantu kereta dorong material *handling* dipenerimaan *Refinery* Unit V dengan pendekatan ergonomi partisipatori diperkirakan dapat memberikan penurunan dampak sebagai berikut;(a) keluhan muskuloskeletal sebesar 9,406 atau sebesar 58,970% ;(b) kelelahan sebesar 30,218 atau sebesar 40,409%;(c) memberikan peningkatan produktivitas sebesar 9,531 atau sebesar 26,668 %.

Kata kunci : Rancangan alat yang baik, intervensi ergonomi, mengurangi keluhan, kelelahan dan peningkatan produktivitas.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Refinery Unit V (RU-V) Balikpapan merupakan salah satu fasilitas kilang BBM (bahan bakar minyak) dari enam kilang yang dikelola PT Pertamina (Persero) *Refinery* yang terletak di tepi teluk Balikpapan ini terdiri dari dua unit kilang yaitu kilang Balikpapan I dan kilang Balikpapan II dengan kapasitas produksi total sebesar 260.000 Barel perhari. Aktifitas utama kilang RU-V adalah mengolah minyak mentah menjadi produk-produk yang siap dipasarkan guna memenuhi kebutuhan dalam negeri, khususnya kawasan timur Indonesia dan ekspor (Anonim,2010)

Kilang Balikpapan I dibangun tahun 1954 terdiri dari: (1) Satu unit *Distilasi Crude* (*Crude Distiling Unit-V*) CDU mengolah *Crude oil* melalui proses distilasi berdasarkan titik didih. Hasil komponen dari unit ini adalah *LPG,Light Naphta,Heavy Naphta,Kerosin,Gas Oil dan Long Residu* ; (2) Satu Unit penyulingan hampa (*high vaccum unit-III*) unit ini mengolah *long residu* dari proses distilasi.

Kilang Balikpapan II terdiri dari : (1) Satu Unit *Distilasi Atmospheric Crude* (CDU-IV); (2) Satu unit Distilasi Vaccum (*High Vaccum Unit –II*). Produk HVGO yang dihasilkan merupakan umpan di *Hydro Cracking Unibon* untuk diolah kembali menjadi minyak ringan; (3) Dua unit *Hydrocracker Unibon* yang berfungsi memproses *Hydro Carbon* berat menjadi *Hydro Carbon* ringan melalui proses perengkahan secara katalis dengan minyak ringan; (4) Dua *Hydrogen*

Plant berfungsi menghasilkan gas H₂ dengan tingkat kemurnian 97% (Sembilan puluh tujuh persen) digunakan untuk menunjang proses di HCU (*Hydro Cracking Unibon*). Unit ini terdiri dari 2 (dua) train, bahan baku proses adalah gas yang dihasilkan dari lapangan Benua Taka dan *Chevron* yang selanjutnya melalui proses steam reforming akan diperoleh gas H₂; (5) Satu unit *Naptha Hydro Treater* (NHT) yang berfungsi memurnikan *Naptha* yang akan diolah di *Platformer*; (6) Satu unit *Platformer* dimana unit ini menghasilkan reformate (komponen premium) dengan angka oktan tinggi; (7) Satu unit *LPG Recovery* dimana unit ini berfungsi untuk mengolah produk LPG sebagai bahan bakar rumah tangga (Anonm, 2010).

Penunjang kegiatan proses produksi diperlukan kerja sama (sinergi) antar fungsi terkait yang salah satunya adalah fungsi *Procurement* dimana salah satu bagiannya adalah S&W (*Service & Warehousing*) *Section* yang membawahi *Receiving/S&W Section* bertanggung jawab untuk menerima dan mendistribusikan barang kegiatan operasi dan maintenance kilang. Kegiatan pendistribusian barang yang dilakukan oleh tenaga bantuan (NABAN) sebanyak 32 (tiga puluh dua) orang laki-laki. Kegiatan bongkar muat ini berlangsung setiap hari Senin sampai dengan hari Jum'at mulai dari jam 07.00 BTaWI sampai jam 16.00 BTaWI kecuali kegiatan bongkar muat di hari Sabtu atau Minggu untuk penanganan barang mendesak (urgen). Barang-barang yang keluar masuk di penerimaan berasal dari barang dari luar negeri (*Import*) maupun barang yang diproduksi di dalam negeri. Adapun aktivitas barang yang diangkat beraneka ragam meliputi barang bentuk cair (barang bahan kimia), barang padat (besi/ baja, metal non metal,

dan barang plastik), barang curah (barang bahan kimia, semen, plicast dan lain-lain) dengan berat barang yang bervariasi.

Aktivitas kegiatan pemindahan material secara manual apabila tidak dengan ergonomis akan menimbulkan kecelakaan dalam industri. Kecelakaan (*industrial accident*) yaitu kerusakan jaringan tubuh yang diakibatkan mengangkat yang berlebihan, selain dari itu mempunyai resiko besar terjadinya penyakit cedera tulang belakang akibat dari penanganan barang yang cukup berat dan posisi tubuh yang salah dalam bekerja. Faktor-faktor lain yang menyebabkan penyakit ini adalah beban kerja yang berat, postur kerja yang salah dan pengulangan pekerjaan yang tinggi, serta adanya getaran terhadap keseluruhan tubuh (Luopajarvi,1990). Kegiatan ini juga dapat menimbulkan kelelahan kerja yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas kerja bahkan penurunan produktivitas kerja terutama disebabkan oleh adanya kelelahan kerja (Byrd dan Moore, 1986).

Manuaba (1992) menyatakan bahwa usaha perbaikan kerja untuk mengurangi keluhan dapat dilakukan dengan perancangan alat kerja yang hendaknya bersifat sederhana, murah biayanya, mudah dilakukan, dan dapat memberikan keuntungan secara ekonomi. Tetapi pada kenyataannya dipasaran banyak dijumpai produk yang tidak sesuai keinginan konsumen dan terkadang produk tersebut dinilai kurang bermanfaat. Kepuasan pelanggan merupakan identifikasi kebutuhan konsumen tersebut dengan melalui sejumlah terobosan konsumen pada prioritas utama dengan mempertimbangkan kualitas dan harga merupakan pertimbangan utama.

Perancangan alat kerja tersebut secara ergonomi akan mengurangi

potensi penyebab kecelakaan di tempat kerja, menurunkan rasa sakit akibat kerja, dan meningkatkan produktivitas, demikian juga menurut Prasetyowibowo (1999) yaitu dalam merancang suatu peralatan agar dapat memenuhi fungsinya dan menjadi perhatian utama dari keinginan pemakai. Produk yang dikembangkan penelitian ini adalah analisa desain kereta dorong material handling untuk meningkatkan produktivitas. Dari hasil pengamatan awal yang dilakukan peneliti maka dalam perancangan alat bantu angkat yang didesain disesuaikan berdasarkan:(1) Jenis kelamin;(2) umur rata-rata;(3) tinggi badan;(4) berat badan pekerja tenaga bantuan (NABAN) dan;(5) jumlah kerja per hari, serta memperhatikan suara konsumen (*voice of customers*) yang didapat melalui metode *Quality function Deployment* (QFD).

Dipilihnya alat kereta dorong material handling ini karena banyaknya barang yang masuk penerimaan untuk berat berkisar antara 25 kg sampai dengan 150 kg yang dimuat dengan kendaraan mobil pick up, sehingga pada waktu akan diturunkan atau akan dinaikkan kembali ke mobil pick up untuk didistribusikan ke warehouse atau user cenderung diangkat dengan tenaga manusia bersama-sama. Kegiatan bongkar muat ini apabila dilihat dari sisi ergonomi berpotensi menimbulkan kecelakaan yang disebut *over exertion-lifting and carrying* atau kerusakan jaringan tubuh (Nurmianto, 1996).

Penelitian yang terkait dengan ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Solikin (2006) dimana pada proses perancangan ulangnya langsung menambahkan atribut pada alat yang diteliti dan tidak memperhatikan keinginan konsumen. Penelitian yang kedua adalah penelitian yang dilakukan oleh (Rohmah, 2005) dengan penelitian ini memberikan pengertian bahwa alat

penggilingan kopi tradisional yang dioperasikan secara sederhana dengan tenaga kerja manusia juga dapat menghasilkan kualitas kopi yang baik dan produktivitas yang tinggi apabila dirancang dengan memperhatikan keterbatasan dan kemampuan manusia terutama secara *antropometri* tetapi dalam penelitian ini peneliti tidak memperhatikan keinginan konsumen. Penelitian yang ketiga dilakukan oleh Asih (2004) mengenai penelitian yang masih bersifat analisis desain dan tidak diimplimentasikan dengan pembuatan *prototype*. Penelitian yang keempat dilakukan oleh Nur Suharjo (2009) dimana pada penelitian ini memberikan pengertian bahwa perancangan alat bantu tanam padi di sawah dengan intervensi ergonomi partisipatori memberikan peningkatan produktivitas sebesar 20%.

Berdasarkan studi awal dan penelitian dari ketiga pembanding diatas maka muncul suatu ide untuk menggabungkan ergonomi dengan implementasi *QFD* dalam perancangan analisa desain alat kereta dorong material handling tersebut. Rancangan tersebut selanjutnya akan diaplikasikan dan dilakukan pengamatan untuk mengetahui perubahan pada tenaga kerja bantuan (NABAN) yang dilihat dari sisi keluhan muskuloskeletal, kelelahan dan produktifitas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada masalah di atas, maka pokok permasalahan yang dihadapi adalah :

1. Bagaimana melakukan rancangan alat kereta dorong material handling sehingga dapat memenuhi sesuai dengan keinginan konsumen?
2. Seberapa besar kelelahan, dan penurunan keluhan muskuloskeletal setelah dilakukan intervensi ergonomi dalam perancangan alat kereta dorong

material handling

3. Seberapa besar peningkatan produktivitas setelah dilakukan intervensi *ergonomic* dalam perancangan alat kereta dorong material handling ?

1.3 Batasan Masalah

Pembahasan dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Penelitaian hanya pada faktor manusia,
2. Alat yang di desaiain adalah kereta dorong material handling.
3. Data yang digunakan dalam perancangan yaitu data antropometri pekerja tenaga bantuan (NABAN) di penerimaan barang *RefinerUnit-V* tahun 2010.
4. Gerakan yang berkaitan dengan biomekanika tidak dibahas.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk rancangan kereta dorong material *handling* setelah dilakukan intervensi pada proses pengangkutan barang diharapkan ada penurunan keluhan muskuloskeletal, kelelahan.
2. Untuk mengetahui peningkatan produktivitas setelah dilakukan intervensi ergonomi dalam perancangan alat kereta dorong material *handling* pada proses pengangkutan barang di *penerimaan Refinery Unit V*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Masukan Bagi Industri tempat penelitian khususnya maupun industri lain sejenis, mengenai alat angkut alternatif yang lebih ergonomis, Sebagai

salah satu pilihan alat yang dapat meningkatkan produktivitas kerja.

2. Memberikan masukan kepada pekerja mengenai perbaikan sistem kerja yang ergonomis untuk menurunkan keluhan muskuloskeletal maupun kelelahan sehingga tercapai tingkat kenyamanan ketika berkerja.
3. Masukan bagi pemerintah khususnya PT.Pertamina dimana peneliti saat ini bekerja dalam menerapkan ergonomis dalam setiap proses pengangkutan barang .
4. Peneliti dapat mengaplikasikan ilmu ergonomi dalam merancang produk dengan menggunakan model Quality Function Deployment (QFD) dalam bidang industri.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tesis ini disusun sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan Tesis.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori pendukung yang diperlukan dalam penelitian, yaitu desain alat mengenai ergonomi, konsep perancangan, cara mengidentifikasi kebutuhan pemakai, dan metode pengujian statistika.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metodologi penelitian yang digunakan, desain penelitian dan pendekatan penelitian.

BAB IV: HASIL PENELITIAN

Bab ini berisi hasil-hasil pengumpulan data, pengolahan data secara statistik, dan desain kereta dorong material handling untuk meningkatkan produktivitas.

BAB V : PEMBAHASAN

Bab ini berisi pengolahan data dan analisis terhadap hasil-hasil desain kereta dorong material handling untuk meningkatkan produktivitas.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran atas hasil pengolahan data penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Desain

Asal kata pengertian desain merupakan kata baru berupa peng-Indonesiaan dari kata design (bahasa Inggris), istilah ini melengkapi kata” rancang/ rancangan/ merancang” yang dinilai kurang mengekspresikan keilmuan, keleluasan dan kewibawaan profesi. Sejalan dengan itu, kalangan insinyur menggunakan istilah rancang bangun sebagai pengganti istilah desain. Namun dikalangan keilmuan seni rupa istilah desain tetap secara konsisten dan formal dipergunakan. Menurut (Sachari,2005) menyebutkan bahwa akar-akar istilah desain pada hakikatnya telah ada sejak zaman purba dengan pengertian yang amat beragam. Istilah *Arch,techne,kunst,kagunan,kebinangkitan,anggitan* dan sebagainya merupakan bukti-bukti bahwa terdapat istilah-istilah yang berkaitan dengan kegiatan desain, hanya penggunaannya belum menyeluruh dan dinilai belum bermuatan aspek-aspek modernitas. Diawal perkembangannya istilah desain masih bias dengan seni dan kriya,namun ketika seni modern mulai memantapkan diri dalam wacana ekspresi murni justru desain memantapkan diri pada aspek fungsi dan industri.

Di Indonesia hingga tahun 1970, masih diperdebatkan antara istilah desain seni terapan dan kerajinan yang secara estimologis kata desain diduga berasal dari kata *design* (bahasa Italia) yang artinya gambar (Jervis, 1984). Kata ini diberi makna baru dalam bahasa Inggris di abad ke 17, yang dipergunakan untuk membentuk *school of design* tahun 1836.Makna baru tersebut dalam praktik

kerap semakna dengan kata *craft* (ketrampilan adiluhung), kemudian atas jasa Ruskin dan Moris, dua tokoh gerakan anti industri di Inggris pada abad ke 19, kata desain diberi bobot sebagai seni berketrampilan tinggi (*art and craft*) (Sachari,2005).

Desain diterjemahkan sebagai seni terapan, arsitektur, dan berbagai pencapaian kreatif lainnya, dalam sebuah kalimat kata desain bisa digunakan baik sebagai kata benda maupun kata kerja. Sebagai kata kerja, desain memiliki arti proses untuk membuat dan menciptakan objek baru. Sebagai kata benda desain digunakan untuk menyebut hasil akhir dari sebuah proses kreatif, baik itu berwujud sebuah rencana, proposal atau berbentuk objek nyata.

Proses desain pada umumnya mempertimbangkan aspek fungsi,estetika dan berbagai macam aspek lainnya, yang biasanya datanya didapatkan dari riset, pemikiran dan brainstorming maupun dari desain yang sudah ada sebelumnya. Akhir-akhir ini proses secara umum juga dianggap sebagai produk proses adalah perancangan proses dalam industri kimia.

Desain grafis adalah suatu bentuk komunikasi visual yang menggunakan gambar untuk menyampaikan informasi atau pesan seefektif mungkin. Dalam desain grafis, teks juga dianggap gambar karena merupakan hasil abstraksi simbol-simbol yang bisa dibunyikan. Desain grafis diterapkan dalam desain komunikasi dan *fine art*. Seperti jenis desain lainnya,desain grafis dapat merujuk kepada proses pembuatan, metode merancang, produk yang menghasilkan rancangan ataupun disiplin ilmu yang digunakan. Unsur dalam desain grafis sama seperti unsur dasar dalam disiplin desain lainnya, unsur-unsur tersebut termasuk

bentuk (*form*), tekstur, garis, ruang dan warna membentuk prinsip-prinsip dasar desain visual. Prinsip-prinsip tersebut seperti kesiimbangan (*balance*), ritme (*rhythm*), tekanan (*emphasis*), proporsi (*proportion*) dan kesatuan (*unity*), kemudian membentuk aspek struktural komposisi yang lebih luas.

2.2 Kereta Dorong

Kereta dorong merupakan salah satu alat manual material handling yang banyak digunakan masyarakat dan terutama dalam industry. Oleh karena itu perlu dilakukan penentuan karakteristik kereta dorong yang baik yang telah mempertimbangkan *factor* yang paling mempengaruhi konsumsi *energy* dan kemungkinan cedera, dan desain dilakukan dengan menggunakan QFD (*Quality function Deployment*). Dari analisis posisi postur tubuh diketahui bahwa posisi tubuh paling baik saat pengangkatan adalah posisi tubuh lurus dengan lengan sejajar tulang belakang. Berdasarkan kuesioner diketahui bahwa keluhan terbanyak responden adalah pada telapak tangan, lengan, bahu, siku dan pergelangan tangan.

Berdasarkan informasi-informasi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kereta dorong yang baik adalah kereta dorong mempunyai jarak antara tumpuan manusia dengan dasar roda yang lebih panjang dari 900 mm, mempunyai jarak horizontal titik berat beban terhadap poros yang lebih kecil dari 420,50 mm, mempunyai jarak vertical titik berat beban terhadap poros yang lebih kecil dari 150 mm, mempunyai titik berat beban yang stabil pada 370,50 mm terhadap titik acuan. Selain dari pada itu kereta dorong harus mempunyai fitur yang meredam getaran, mempunyai berat kotor kereta dorong yang lebih ringan

dari 90 kg dan mempunyai titik kaki penyangga yang lebih rendah dari 100 mm.

2.3 *Quality Function Deployment (QFD)*

Quality Function Deployment adalah sebuah *system* pengembangan produk yang dimulai dari merancang produk, proses *manufactur* sampai produk tersebut ke tangan konsumen, dimana pengembangan produk berdasarkan kepada keinginan konsumen. Ada beberapa aspek penting dari *system Quality Function Deployment* (Kaebernick H.,Farmer E.,Mozar S, 1997) antara lain:

1. Fokus utama *QFD* adalah *customer needs* (kebutuhan konsumen) dan harapan-harapan konsumen terhadap produk tersebut.
2. Biasanya *QFD* didasari proyek dan kegunaan fungsi silang tim yang menyatakan bahwa semua anggota yang terlibat didalam organisasi pengembangan produk dengan metode *QFD* akan berpengaruh terhadap produk.
3. *QFD* sangat cocok jika diimplementasikan dengan concurrent Engineering yang terpadu dimana semua aktifitas yang terlibat dalam pengembangan produk dilakukan dalam kurun waktu yang bersamaan. Pada concurrent Engineering perancang produk dan proses *manufactur* terhadap sebuah produk dilakukan secara bersamaan.

QFD meliputi semua elemen mulai dari desain, pemasok material mentah, produksi (*manufactur*), distribusi dan pelayanan produk yang telah disesuaikan dengan keahlian dan pengalaman didalam mengembangkan produk secara keseluruhan untuk memenuhi *customer needs* dan harapan-harapan konsumen.

2.3.1 Sejarah *Quality Function Deployment*

QFD dikembangkan di Jepang oleh Yoji Akao pada tahun 1972, *QFD* didefinisikan sebagai” *a system for translating customer Reruirements into appropriate technical requirements at very stage of product’s life cycle from product conception to sale to service.*

Menurut Daetz, Barnard and Norman (dalam Widodo, 2005) pengertian *QFD* adalah suatu proses perencanaan sistematis yang dikembangkan untuk membantu tim proyek dalam menyusun semua elemen-elemen yang dibutuhkan untuk mendefinisikan, mendesain, dan menghasilkan sebuah produk jasa yang dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. *QFD* bukanlah suatu alat pengukur kualitas sederhana, tetapi mempunyai makna yang luas dari berbagai *feature* (bentuk fisik) sebuah produk dan berbagai fungsi didalam sebuah produk.

Perlu disadari kata kualitas didalam *QFD* telah menimbulkan banyak pemahaman yang salah, didalam banyak organisasi manufaktur pengenalan ke *QFD* telah melalui departemen kualitas. Padahal kualitas yang professional dalam proses *QFD* pasti akan melibatkan semua unsure seperti pemasaran (*marketing*), Teknik (*engineering*) dan ahli manufaktur sebagai *unsure* tervital dari proses. *QFD* juga dikenal dalam kata-kata *customer driven engineering* dan *matrix product planning*. Dari penjelasan diatas tidak ada definisi tunggal untuk *Quality Function Deplyoment*, namun *QFD* mempunyai sebuah makna esensial perlu digaris bawahi. *QFD is a system for translating consumer requirement into appropriate company requirements at each stage from research and product development to engineering and manufacturing to marketing/ sales and*

distribution (Kaebernick H.,Farmer L E.,Mozar S, 1997). *QFD* merupakan tindakan untuk mengetahui *voice of customer*, kemudian melalui pengembangan produk kelantai produksi dan keluar daerah pemasaran. *QFD* tidak hanya sebagai alat kualitas tetapi sebagai alat perencanaan untuk pengenalan produk baru dan melakukan perbaikan terhadap produk.

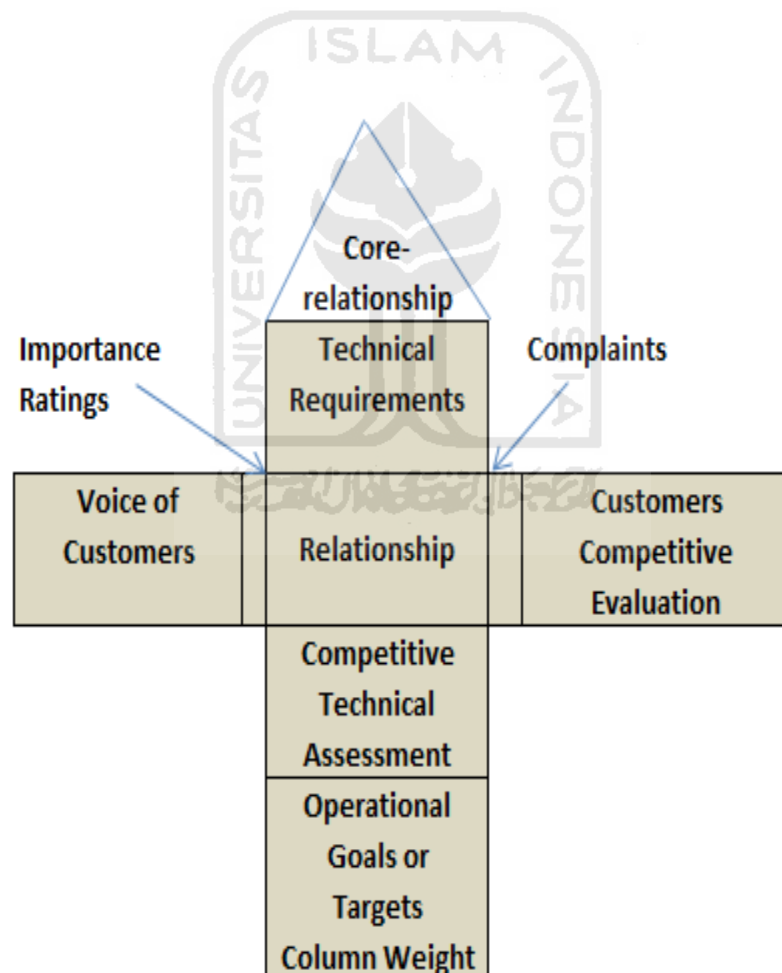
2.3.2 Metodologi *QFD*

Pada bagian ini akan menjelaskan tentang unsure-unsur yang terlibat langsung dalam *QFD*. Metode *QFD* menurut Cohen (1995) memiliki beberapa tahap perencanaan dan pengembangan melalui matriks, yaitu:

- a. Matrik perencanaan produk *House of quality (HOQ)* lebih dikenal dengan rumah pertama (R1) yang menjelaskan tentang *customer needs, technical requirements, co-relationship, relationship, customer competitive evaluation, competitive technical assessment* dan targets. *HOQ* terdiri dari tujuh bagian Utama tersebut.
- b. Matrik Perencanaan Parts (*Part Deployment*): lebih dikenal dengan rumah kedua (R2) adalah matrik untuk mengidentifikasi faktor-faktor teknis yang *critical* terhadap pengembangan produk.
- c. Matrik Perencanaan Proses (Process Planning): lebih dikenal dengan rumah tiga (R3) yang merupakan matrik untuk mengidentifikasi pengembangan proses pembuatan suatu produk.
- d. Matrik Perencanaan Manufaktur/produksi (*Manufacturing/ Production Planning*) : lebih dikenal dengan rumah keempat (R4) yang memaparkan tinadakan yang perlu diambil didalam perbaikan

produksi suatu produk.

QFD diilustrasikan sebagai sebuah rumah yang sangat kompleks Gambar 2.1 disebut sebagai *House of Quality* (R1) karena mirip struktur sebuah rumah sesungguhnya. Kemudian rumah tersebut dapat dibagi kedalam ruangan-ruangan yang dapat lebih kompleks yang berisi atribut-atribut seperti keinginan konsumen, kebutuhan teknis, hubungan keduanya, dan lainnya yang satu dengan yang lain saling berhubungan untuk memberikan kontribusi untuk analisis pengembangan produk.



Gambar 2.1 House of Quality

1. *Voice of customer (VOC)*

QFD dimulai dengan menggaris bawahi sejumlah kebutuhan penting atau apa (*Whats*) yang ingin diselesaikan atau disempurnakan. Didalam konteks pengembangan produk baru ini digaris bawahi sebagai kebutuhan konsumen (*customer requirements*) dan biasanya sering disebut juga dengan *voice of customer*. Kata *Whats* dikembangkan dengan mendefinisikan kebutuhan yang lebih jelas. Kata *Whats* akan dikembangkan secara detail dalam kata *Hows* (kebutuhan teknis). Proses ini sama dengan proses pengolahan tujuan pemasaran kedalam tingkat spesifikasi teknik produk. Selanjutnya *customer requirements* diterjemahkan kedalam karakteristik produk global yang dihitung nilai karakteristiknya yang dapat dievaluasi pada sebuah produk yang lengkap.

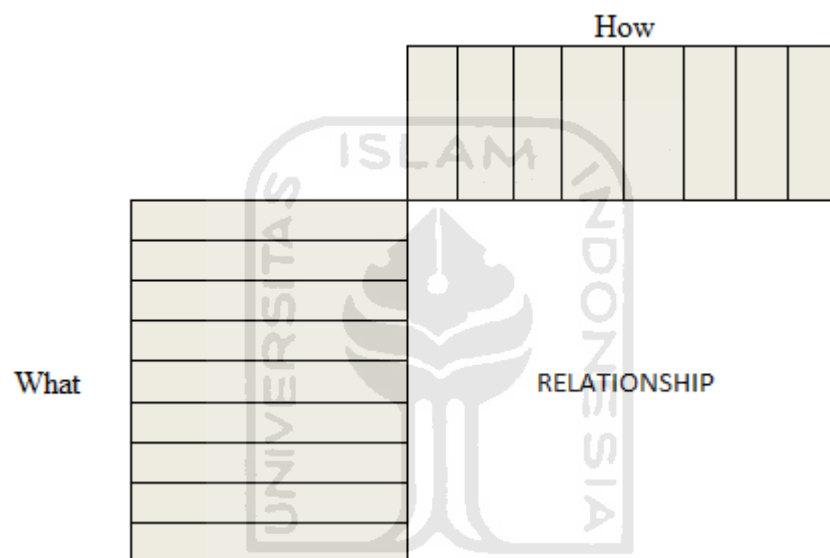
2. *Kebutuhan Teknis (Technical Requirements)*.

Salah satu proses dalam matrik perencanaan produk adalah menterjemahkan kebutuhan konsumen kedalam kebutuhan teknis (*Hows*) agar lebih menspesifikasi sebuah desain umum. Sehingga, kebutuhan teknis tidak lain merupakan bahasa teknis yang akan kemudian dikembangkan. Untuk ,mendapatkan kebutuhan teknis ini setiap keinginan konsumen diterjemahkan kedalam bahasa teknis (*Hows*). Satu keinginan konsumen mungkin dapat diterjemahkan dalam satu *How* atau lebih.

3. *Hubungan Whats dan Hows*

Dalam hubungan yang kompleks antara *Whats* dan *Hows* dapat

dijelaskan bahwa sebuah *What* dapat dijelaskan lebih dari satu makna pada *Hows*. Hanya sebagian dari usaha peningkatan produk yang efektif dapat dilakukan karena kegagalan dalam menterjemahkan keinginan konsumen atau beberapa permasalahan yang tidak diharapkan sering timbul dalam pengembangan produk. Salah satu jalan hubungan langsung antara *Whats* dan *Hows* sehingga menjadi sebuah matrik seperti Gambar 2.2



Gambar 2.2 Hubungan Antara *Whats* dan *Hows*

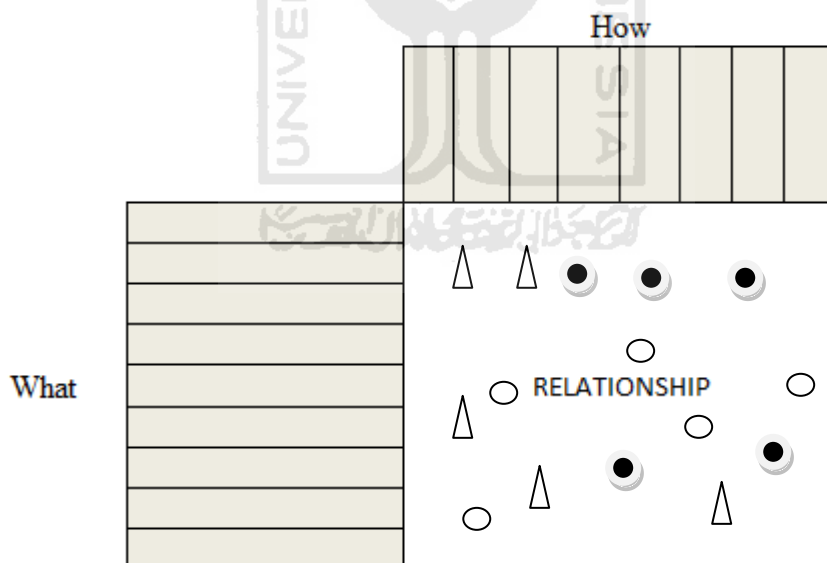
Tingkat hubungan *Whats* dan *Hows* menggunakan tiga kursor utama dan digambarkan oleh simbol-simbol pada hubungan antara *Whats* dan *Hows* yang dihubungkan. Hubungan kuat jika keinginan teknis tertentu merupakan interpretasi langsung suatu keinginan konsumen. Sedangkan hubungan sedang dan lemah umumnya dari hubungan keinginan konsumen dengan kebutuhan teknis yang bukan dari interpretasi langsung. Adapun simbol-simbol yang digunakan, yaitu:

- = Hubungan Kuat

○ = Hubungan Menengah

△ = Hubungan Lemah

Metode penggabungan tersebut merupakan hubungan yang sangat kompleks, namun akan sangat mudah jika diinterpretasikan. Berbagai hubungan dalam *house of quality* sesuai Gambar 2.3. Cara pengisiannya adalah dengan interpretasi hubungan antara Whats dan Hows, jika terdapat hubungan maka diisi dengan symbol yang sesuai dan jika terdapat hubungan maka dikosongkan. Nilai-nilai hubungan tersebut antara lain: hubungan kuat bernilai 5, hubungan menengah bernilai 3, dan hubungan lemah bernilai 1.



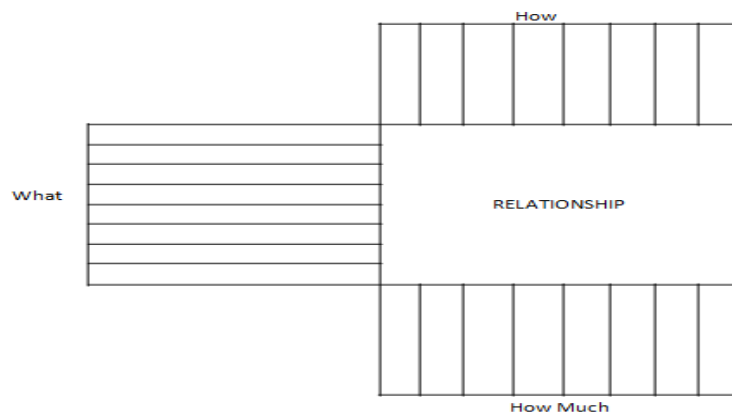
Gambar 2.3 Berbagai Hubungan Dalam *HOQ*

4. Menentukan *How Much*: elemen keempat dari *HOQ* adalah bagian *How Much*, bagian ini merupakan bagian terukur dari *Hows* yang berisi nilai target yang akan dicapai. Target ini merupakan bagian dari

kualifikasi teknis, sehingga semua target harus terukur atau tertentu. Ada beberapa alasan mengapa *How Much's* didefinisikan, antara lain:

- a. Untuk menyediakan makna tujuan dari jaminan bahwa kebutuhan bisa ditentukan.
- b. Untuk menyediakan target bagi pengembangan produk lebih lanjut.

How Much's menyediakan tujuan yang spesifik yang menjaga bahwa apa yang menjadi tujuan dalam pemuasan konsumen dapat tercapai. *How Much's* sedekat mungkin kepada keinginan konsumen, walaupun tetap melihat kemampuan perusahaan untuk memenuhinya, karena beberapa item menyediakan lebih banyak kesempatan untuk dianalisa dan dioptimalkan daripada tidak ada item yang terukur. Target (*How Much's*) sesuai gambar 2.4 dimana ada empat elemen yang menjadi kunci dasar *QFD* antara lain: *What*, *How*, *Relationship*, *How Much's* yang ditentukan dalam chart *QFD* rumah pertama *HOQ*.



Gambar 2.4 Target (*How Much's*) dalam *HOQ*

5. Matrik Korelasi.

Matrik korelasi adalah sebuah *table* segitiga yang sering dipadukan dengan *How's* dalam arti bahwa matrik korelasi menjelaskan hubungan antar item *How*. Maksud dari pembuatan seperti atap untuk mengidentifikasi daerah dimana keputusan *trade off*, riset dan pengembangan mungkin dibutuhkan. Matrik hubungan menggunakan simbol-simbol untuk menjelaskan hubungan yang terjadi. Ada beberapa tipe yang umumnya digunakan dalam menjelaskan hubungan tersebut, antara lain:

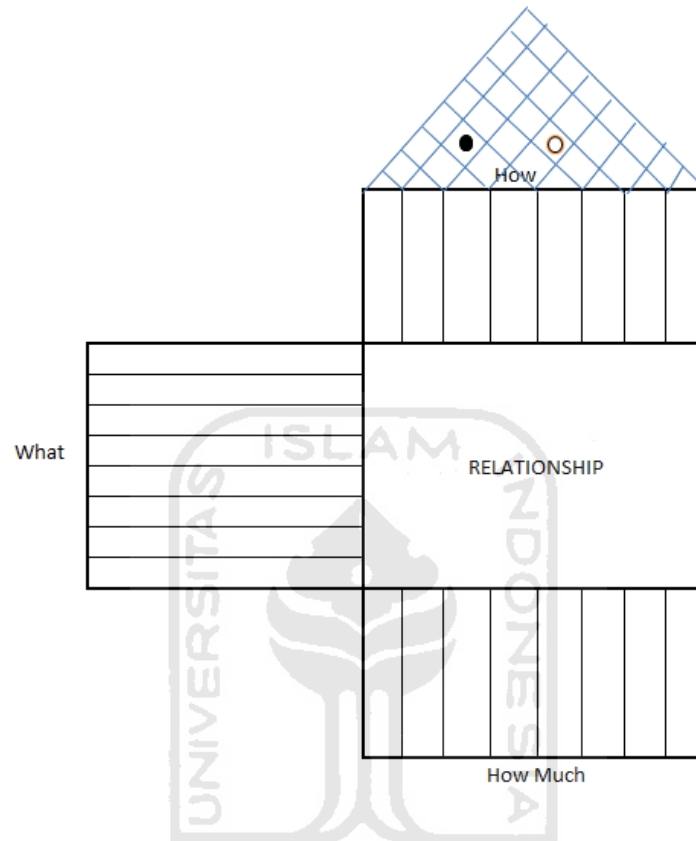
●	: Korelasi positif dan kuat
○	: Korelasi positif
△	: Korelasi negative
✕	: Korelasi negative dan kuat

Kemudian dapat dilakukan identifikasi yang mana *Hows* yang saling dukung mendukung satu sama lainnya dan mana yang dapat menimbulkan konflik antar *Hows*. Hubungan positif adalah sebuah *How* bisa mendukung *How* yang lainnya. Hal ini sangat penting karena mungkin dapat melakukan efisiensi sumber daya dengan tidak melakukan kemampuan duplikasi pada hasil sama.

Hubungan negative adalah antara sebuah *How* dengan *How* lainnya menimbulkan akibat yang salaing merugikan atau salah satu yang dirugikan. Hal ini menimbulkan konflik yang sangat penting untuk dipecahkan. Kondisi ini merupakan *trade off* yang harus dihilangkan,

walaupun tidak diharapkan muncul hubungan negatif ini sering terjadi.

Matrik hubungan simbol-simbol untuk menjelaskan sesuai Gambar 2.5.



Gamabar 2.5 Matrik Korelasi

6. *Competitive Assessment*

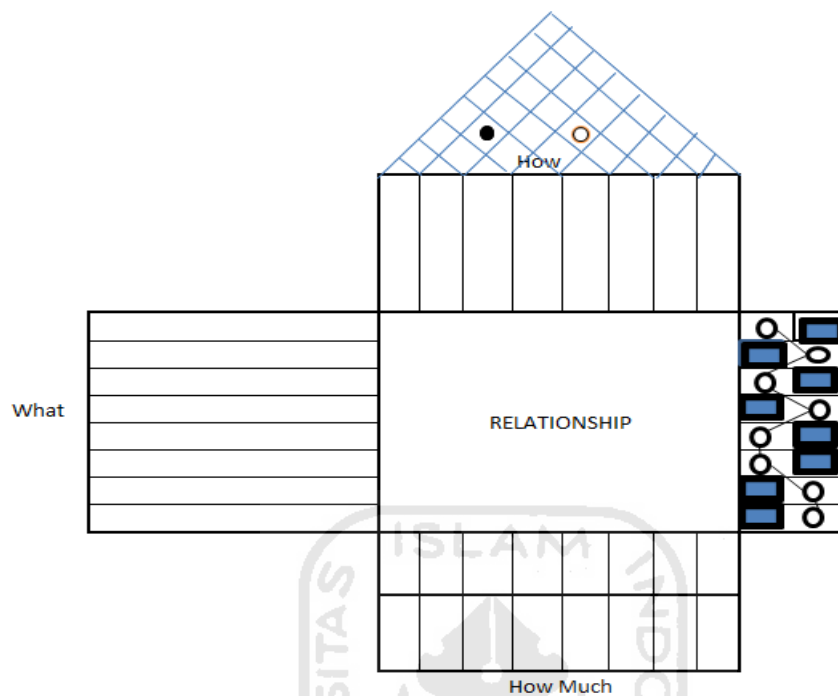
Competitive assessment adalah sebuah grafik yang menggambarkan perbandingan penilaian terhadap produk perusahaan dan pesaingnya untuk setiap keinginan konsumen (*Whats*) dan kebutuhan teknis (*Hows*). *Competitive assessment* dari (*Whats*) sering disebut dengan *customer competitive assessment* dan digunakan sebagai informasi *customer oriented* (orientasi pelanggan).

Competitive assessment untuk *Hows* sering disebut dengan *technical competitive assessment* dan digunakan secara teknis untuk

menganalisa kompetisi produk dibandingkan produk pesaing. *Competitive assessment* dapat digunakan untuk membuat nilai tujuan (*How Much's*) dicapai. Dengan demikian dapat ditentukan keunggulan dan kekurangan produk yang akan dikembangkan.

7. *Importance rating* dan bobot kolom

Importance rating digunakan untuk usaha prioritas dan membuat keputusan *trade off*. Tabel kerangka atau grafik akan menggambarkan kepentingan relatif dari setiap *What* atau *How* untuk memperlihatkan hasil akhir. *Importance rating* untuk *Hows* disebut sebagai bobot kolom. *Importance rating* untuk *What's* seterusnya hanya disebut *importance rating* dibentuk secara mendasar dari *customer assessment* dan diekspresikan sebagai sebuah skala relatif, atau dengan angka yang lebih tinggi untuk mengidentifikasi tingkat kepentingan konsumen dan biasanya diekspresikan dengan skala relatif misal (1-9 atau 1-5). Nilai *importance rating* sangat penting didalam memperkirakan kebutuhan *Hows* dalam pengembangan produk. Dengan melakukan penyimbolan terhadap hubungan antara *Whats dan Hows* yang bersifat hubungan kuat, menengah, atau lemah. Hasil penjumlahan dari perkalian *importance rating* dan hubungan yang telah ditentukan sebelumnya, maka akan didapatkan nilai bobot kolom yang penting bagi langkah rumah kedua yaitu matrik *part deployment*. Hubungan *Competitive Assessment* sesuai Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Competitive Assessment*

2.4 Pemindahan Material

Pemindahan material dari satu tempat ke tempat lain merupakan salah satu aktivitas yang sering dilakukan oleh manusia, untuk melakukan pemindahan itu, manusia biasanya menggunakan tenaga sendiri atau dengan memanfaatkan tenaga mesin. Pemindahan dengan mengandalkan tenaga manusia dan tanpa menggunakan tenaga mesin disebut manual material handling. Peralatan yang berbasis mesin misalnya truk atau kerekan listrik sebenarnya sangat baik digunakan untuk menggantikan aktivitas manual material handling. Namun penggunaan alat ini terkadang tidak sesuai dengan lingkungan kerja, misalnya truk tidak bisa digunakan pada area pertanian yang tidak memiliki jalan yang lebar. Salah satu alat angkut yang banyak digunakan adalah kereta dorong, kereta

dorong digunakan pada berbagai macam aktivitas, misalnya aktivitas yang berkaitan dengan pembangunan fisik, pertanian dan aktivitas sipil umum lainnya, penggunaan kereta dorong dalam aktivitas manual material *handling*.

Elemen pekerjaan spesifik pada penggunaan kereta dorong terdiri dari *loading* (pengangkatan) dan *unloading* (pembongkaran). *Loading* merupakan proses pengangkatan (pergerakan *vertical*) kereta dorong dan muatannya hingga akhirnya dapat didorong, pengangkutan merupakan pemindahan beban menuju tempat tertentu, *unloading* merupakan proses pembongkaran muatan/ beban yang dilakukan dengan pengangkatan kereta dorong beserta muatannya ke arah depan sehingga muatan tersebut dapat dikeluarkan dari kereta dorong. Aktivitas pengangkatan dengan menggunakan kereta dorong merupakan aktivitas yang memerlukan *energy* yang besar. Konsumsi *energy* rata-rata yang diperlukan operator pengguna kereta dorong besarnya ± 4080 kkal/ haru selama jam kerja. Nilai ini mendekati nilai batas atas *energy* yang diperbolehkan untuk kerja berat yaitu ± 4800 kkal/hari (Grandjean, 1998). Selain konsumsi *energy* yang cukup besar, penggunaan kereta dorong juga dapat mengakibatkan timbulnya kesulitan dan rasa sakit pada beberapa bagian tubuh.

Misalnya pada saat *unloading*, penggunaan sering kehilangan keseimbangan saat harus mengangkat dan menggerakkan kereta dorong ke arah kiri dan kanan. Dan pada saat pengangkutan, pengguna sering merasakan beban yang besar pada bagian lengan, kereta dorong dapat dikatakan baik jika kereta dorong dapat meminimasi konsumsi *energy* dan cedera yang ditimbulkan. Untuk dapat meminimisasi kedua faktor tersebut maka salah satu cara yang dapat

digunakan adalah desain kereta dorong. Namun proses desain tanpa didahului dengan penelitian mengenai faktor apa yang paling mempengaruhi kualitas kereta dorong dapat mengakibatkan tidak optimalnya hasil yang didapatkan.

2.4.1 Pemindahan barang manual

Mengangkat, mendorong dan menarik beban merupakan aktivitas yang dapat diklasifikasikan sebagai aktivitas manual material handling. Masalah utama dari aktivitas-aktivitas tersebut bukan seberapa berat beban yang ditanggung oleh otot tetapi lebih ditekankan pada penggunaan dan tekanan yang dialami tiap *disc* tulang belakang. Masalah pada tulang belakang akan mengakibatkan sakit dan akan mengurangi mobilitas serta vitalitas seseorang. Masalah pada tulang belakang bisa menyebabkan pekerja absen kerja dan masalah berkelanjutan dapat menyebabkan kelumpuhan. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* menyatakan bahwa 60% penderita cedera tulang belakang disebabkan oleh pengeluaran tenaga yang berlebihan. NIOSH menguraikan bahwa 40% tenaga dikeluarkan untuk mengangkat beban dan 20% untuk mendorong dan menarik beban. Tulang belakang menyerupai huruf S yang pada bagian punggung menyerupai kurva *backward* disebut dengan *khyposis* dan pada bagian lumbar menyerupai kurva *forward* disebut dengan *lordosis*. Bentuk ini memungkinkan tulang belakang *elastic* untuk meredam tekanan saat berlari ataupun melompat. Semakin ke bawah maka semakin tinggi beban yang ditanggung tulang belakang, dan beban terbesar ditanggung oleh 5 (lima) tulang terbawah yang disebut dengan lumbar.

Masing-masing tulang belakang dipisahkan oleh *disc* tulang belakang, kerusakan *disc* dapat dilihat dari keadaan pingiran *disc* yang mengalami perubahan dari kondisi awalnya yang biasanya liat dan berserat. Perubahan kondisi jaringan *disc* ini dapat disebabkan oleh karena kekurangan air, sehingga bagian pinggir *disc* menjadi rapuh dan mudah rusak serta berkurang kekuatannya. Pada awal kerusakan, kondisi *disc* akan mengganggu pergerakan mekanik dari tulang belakang, kondisi ini pengangkatan beban yang kecil ataupun insiden kecil seperti tersandung dapat mengakibatkan terjadinya sakit pinggang. Dan ketika kerusakan *disc* telah berlangsung lama maka tekanan yang diterima *disc* dapat menyebabkan *disc* tidak liat secara keseluruhan. Hal ini terjadi karena adanya pengeluaran cairan bagian dalam *disc* tersebut dan saat ini kondisi bagian dalam *disc* sama dengan kondisi tepi *disc*. Kondisi inilah yang terjadi pada kasus *slipped disc* atau *disc herniation*, dalam melakukan proses manual material *handling* maka akan ada batasan-batasan tertentu. Adapun pendekatan terhadap batasan dari masa beban yang akan diangkat meliputi: batasan legal (*legal limitations*), batasan biomekanika (*biomechanical limitations*), batasan fisiologi (*Physiological limitation*) batasan psiko-fisik (*psycho-physical limitations*) (Nurmianto,2004).

2.4.2 Biomekanika

Pendekatan biomekanika menitik beratkan pada struktur tulang dan posisi pengangkatan, dimana struktur tulang terutama pada tulang belakang akan mengalami tekanan yang berlebih ketika melakukan pengangkatan meskipun frekuensinya jarang. Pendekatan biomekanika memandang tubuh manusia

sebagai suatu system, yang terdiri dari elemen-elemen yang saling berkaitan dan terhubung satu sama lain melalui sendi-sendi dan jaringan otot yang ada. Pendekatan biomekanika berguna untuk mengukur kekuatan dan ketahanan fisik manusia untuk melakukan suatu pekerjaan tertentu, dimana hal ini bertujuan untuk mendapatkan suatu cara kerja yang lebih baik sehingga kemungkinan terjadinya cedera dapat diminimasi. Biomekanika statis membahas keseimbangan tubuh dibawah pengaruh gaya, model biomekanika statis merupakan dasar analisis gerakan tubuh manusia. Pada model biomekanika ini hanya mempertimbangkan efek dari percepatan gravitasi terhadap massa beban dan massa segmen sehingga menimbulkan gaya yang berarah ke pusat bumi. Model biomekanika statis yang utama adalah model biomekanika yang melibatkan seluruh anggota tubuh dengan disusun atas bagian-bagian tubuh yang saling berinteraksi dengan prinsip seperti *single body sement* statis model. Model ini memperhitungkan momen pada setiap sambungan bagian tubuh biomekanika dinamis membahas mengenai gaya dinamis yang terjadi pada otot memanjang atau memendek untuk menghasilkan kerja. Misalnya mengangkat beban dan dipindahkan pada satu tujuan.

2.4.3 Fisiologi kerja

Respon fisiologi tubuh terhadap kerja fisik dapat dilihat dari respon yang ditunjukkan oleh otot rangka, jantung dan pembuluh darah, kerja otot sangat dibutuhkan dalam melakukan aktivitas fisik misalnya untuk mengangkat dan memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain. Aktivitas otot, yang umumnya terdiri dari kontraksi dan relaksasi menghabiskan banyak

energy. Pembuluh darah dan pernafasan, jantung harus memompa lebih cepat agar darah dapat membawa oksigen lebih cepat ke otot sehingga otot dapat bekerja, pembuluh darah akan mengalami peningkatan tekanan akibat volume darah yang bertambah besar dan sistem pernafasan akan bekerja ekstra untuk menyediakan oksigen darah.

2.4.4 Konsumsi energi

Konsumsi energi merupakan banyaknya *energy* yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas, kenaikan konsumsi *energy* sejalan dengan meningkatnya aktivitas manusia. Makin banyak aktivitas yang dilakukan manusia maka konsumsi energinya akan semakin meningkat pula. Konsumsi *energy* pada beberapa literatur *ergonomic* dinyatakan dalam satuan kilokalori (kkal). Dalam satuan standard internasional (SI) didapat bahwa 1 kilokalori (kkal)= 4,2 kilojoule(kj), konsumsi *energy* bersih didapatkan dengan cara mengurangi *energy* bekerja total dengan metabolisme basal. Metabolisme basal adalah konsumsi *energy* bergantung pada ukuran, berat badan dan jenis kelamin, salah satu proses yang paling penting didalam tubuh manusia adalah berubahnya *energy* kimia dari makanan menjadi panas dan tenaga mekanik. Untuk menjaga kelangsungan hidup dan menjalankan kegiatan hidupnya setiap manusia membutuhkan *energy* perhari yang disesuaikan dengan berat badan dan tingkat aktivitas dalam tingkat normal pria lansia membutuhkan sekitar 35 kkal/ kg berat badan/hari, sedangkan perempuan membutuhkan sekitar 32-34 kkal/kg berat badan /hari, dan kecukupan *energy* lansia berkurang setelah mencapai usia 50 tahun(Wirakusumah, 2000).

2.5 Ergonomi

Ergonomi ialah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman, dan nyaman (Sutalaksana, 1979). Ergonomi juga diartikan sebagai ilmu yang menggali dan mengaplikasikan informasi-informasi mengenai perilaku, kemampuan keterbatasan, dan karakteristik manusia lainnya untuk merancang peralatan, mesin, sistem, pekerjaan dan lingkungan untuk meningkatkan produktivitas, keselamatan, kenyamanan, dan efektivitas pekerjaan (Sugiyanto, 2008).

Menurut Barnes (1991) menyebutkan istilah *ergonomic* sebagai *human engineering* yang mempunyai tujuan mendekati tugas-tugas manusia dengan lingkungannya terutama pada panca indera, persepsi, mental, fisik dan sifat-sifat manusia lainnya. Metode pendekatan perancangan kerja ditentukan untuk menetapkan perpaduan yang lebih efektif antara manusia dengan mesin dan lingkungan dimana ia bekerja. Dalam usaha untuk menentukan golongan yang lebih efektif, maka perlu ditetapkan fungsi-fungsi manusia yang dapat dilakukan oleh manusia dan yang dikerjakan oleh mesin.

Ergonomi adalah ilmu yang meneliti tentang perkaitan antara manusia dan lingkungannya. Sasaran *ergonomic* yaitu agar tenaga kerja dapat mencapai prestasi kerja yang tinggi tetapi tetap dalam suasana yang tenang, aman dan nyaman. Ergonomi berupaya agar biaya manusia perorangan dapat

dihemat dengan jalan menghilangkan unsure-unsur dan rancangan yang dalam jangka panjang dapat mengakibatkan ketidak mampuan fisik dan sistem kerja. Fokus dari *ergonomic* adalah manusia dan interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas, prosedur dan lingkungan dari pekerjaan serta kehidupan sehari-hari pendekatannya adalah faktor manusia tidak seperti ilmu-ilmu teknik yang lebih pada pertimbangan faktor-faktor teknik. Ergonomi disebutkan mempunyai dua tujuan utama yaitu peningkatan efektivitas dan efisiensi dari pekerjaan tersebut, termasuk perbaikan keamanan, mengurangi kelelahan dan stress, meningkatkan kenyamanan. Pendekatan yang dilakukan dalam *ergonomic* adalah aplikasi yang sistematis dari informasi yang relevan tentang kemampuan, karakteristik, perilaku dan motivasi manusia terhadap desain produk dan prosedur yang digunakan serta lingkungan tempat menggunakannya (Sastrowinoto, 1985).

Penerapan *ergonomic* pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun ataupun rancang ulang yang meliputi perangkat keras seperti misalnya rancang bangun lingkungan kerja, karena jika system perangkat keras berubah maka akan berubah pula pada lingkungan kerjanya. Ergonomi juga memberikan peranan penting dalam meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja, serta untuk desain dan evaluasi produk yang didapat dengan mudah diterapkan pada sejumlah populasi masyarakat tertentu tanpa mengakibatkan bahaya atau resiko dalam penggunaannya (Nurmianto, 1998).

Manusia dengan segala sifat dan tingkah lakunya merupakan makhluk yang sangat kompleks. Untuk mempelajari manusia, tidak cukup

ditinjau dari segi ilmu saja, oleh sebab itu untuk mengembangkan ergonomics diperlukan dari berbagai disiplin ilmu, antara lain: psikologi, antropologi, faal kerja, biologi, sosiologi, perencanaan kerja fisik, dan lain-lain. Masing-masing disiplin ilmu tersebut berfungsi sebagai pemberi informasi, pada gilirannya para perancang dalam hal ini para ahli teknik, berfungsi untuk meramu masing-masing informasi diatas, dan menggunakannya sebagai pengetahuan untuk merancang fasilitas sedemikian rupa mencapai kegunaan yang optimal (Sutalaksana,1979).

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka dapat disimpulkan bahwa *ergonomics* adalah aktivitas rancang bangun atau rancang ulang perangkat keras, lingkungan kerja dan metode kerja yang memperhatikan keterbatasan, kemampuan, karakteristik, perilaku dan motivasi manusia yang ditunjang oleh berbagai disiplin ilmu pengetahuan sebagai pemberi informasi guna memperbaiki keamanan, mengurangi kelelahan dan stress, meningkatkan kenyamanan, penerima pengguna yang lebih besar, meningkatkan kepuasan kerja dan memperbaiki kualitas hidup sehingga manusia dapat hidup dan bekerja pada system tersebut dengan enak, aman, nyaman dan efektivitas yang tinggi sehingga produktivitas perusahaan dapat meningkat dengan dilakukan perbaikan-perbaikan system kerja yang lebih memandang manusia sebagai pribadi manusia yang memiliki berbagai kelebihan dan keterbatasan sebagai pekerja, serta perbaikan manajemen dan juga perbaikan lingkungan fisik ditempat kerja

2.5.1 Pengukuran kerja dengan metode fisiologi

Dalam suatu kerja fisik, manusia akan menghasilkan perubahan dalam konsumsi oksigen, heart rate, temperature tubuh dan perubahan senyawa kimia dalam tubuh. Kerja fisik ini dikelompokkan oleh Davis dan Miller sbb:

1. Kerja total seluruh tubuh, yaitu aktivitas kerja yang menggunakan sebagian besar otot, biasanya melibatkan dua pertiga atau tiga seperempat kerja otot tubuh.
2. Kerja otot yang membutuhkan *energy expenditure* karena otot yang digunakan lebih sedikit.
3. Kerja otot statis, otot digunakan untuk menghasilkan gaya tetapi tanpa kerja mekanik yang membutuhkan kontraksi sebagian otot yang lain dan posisi tubuh dalam keadaan statis (diam) tak bergerak.

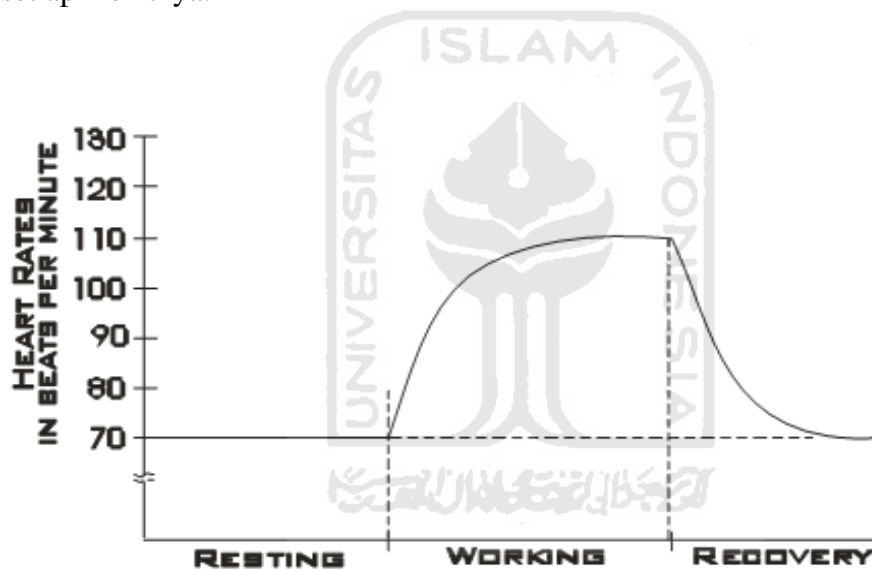
2.5.2 Kerja fisik

Kerja fisik adalah kerja yang memerlukan energi fisik otot manusia sebagai sumber tenaganya (*power*). Kerja fisik disebut juga “*manual operation*” dimana performa kerja sepenuhnya akan tergantung pada manusia yang berfungsi sebagai sumber tenaga (*power* ataupun pengendali kerja kerja). Kemampuan kerja fisik akan dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, ukuran tubuh, kesehatan, jenis pekerjaan, lingkungan kerja dan motivasi kerjanya. Dalam kerja fisik konsumsi energy merupakan faktor utama yang dijadikan tolak ukur penentu berat/ ringannya suatu pekerjaan. Secara garis besar, kegiatan manusia dapat digolongkan menjadi kerja fisik dan kerja mental. Pemisahan ini tidak

dapat dilakukan secara sempurna, karena terdapatnya hubungan yang erat antar satu dengan lainnya, kerja fisik akan mengakibatkan perubahan fungsi pada alat-alat tubuh yang dapat diketahui melalui laju denyut jantung.

2.5.3 Laju denyut jantung (*heart rate*)

Dalam kondisi normal atau sedang beristirahat, laju detak jantung manusia berkisar diantara 70 bit setiap menit. Ketika sedang dalam kondisi bekerja, rata-rata laju detak jantung mengalami kenaikan menjadi sekitar 110 bit setiap menitnya.



Gambar 2.7. Laju detak jantung

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa seseorang dalam keadaan normal yaitu sbb:

1. Waktu sebelum kerja (*rest*) kecepatan denyut jantung dalam keadaan konstan/ stabil, walaupun ada perubahan kecepatan denyutnya tetapi tidak terlalu jauh perbedaannya.
2. Waktu selama bekerja (*work*) kecepatan denyut jantung dalam keadaan

cenderung naik. Semakin lama waktu kerja yang dilakukan maka makin banyak energy yang keluar sehingga kecepatan denyut jantung bertambah cepat naik.

3. Waktu setelah bekerja atau waktu pemulihan (*recovery*) kecepatan denyut jantung dalam keadaan cenderung turun. Kondisi kerja yang lama maka perlu dibutuhkan waktu istirahat yang digunakan untuk memulihkan energi terkumpul kembali setelah mencapai titik puncak kelelahan.

Ada beberapa definisi mengenai denyut jantung (Muller, 1965) sebagai berikut:

1. Denyut jantung selama istirahat (*resting pulse*) adalah rata-rata denyut jantung sebelum suatu pekerjaan dimulai.
2. Denyut jantung selama bekerja (*working pulse*) adalah rata-rata denyut jantung selama seseorang bekerja.
3. Denyut jantung untuk kerja (*working pulse*) adalah rata-rata denyut jantung selama bekerja dan selama istirahat.
4. Denyut jantung selama istirahat total (*total recovery cost or recovery cost*) adalah jumlah aljabar denyut jantung saat suatu pekerjaan selesai dikerjakan sampai dengan denyut berada pada kondisi istirahat.
5. Denyut total (*total work pulse or cardiac cost*) adalah jumlah denyut jantung dari mulainya suatu pekerjaan sampai denyut berada pada kondisi istirahatnya (*resting level*). Grandjean (1986) mengatakan bahwa katagori beban kerja dan perhitungan denyut nadi permenit adalah seperti pada table 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Katagori Denyut Nadi

Katagori Denyut Nadi	Jumlah Denyut Nadi/Menit
Sangat Rendah	60-70
Rendah	75-100
Sedang	100-125
Tinggi	125-150
Sangat Tinggi	150-175
Ekstrim	>175

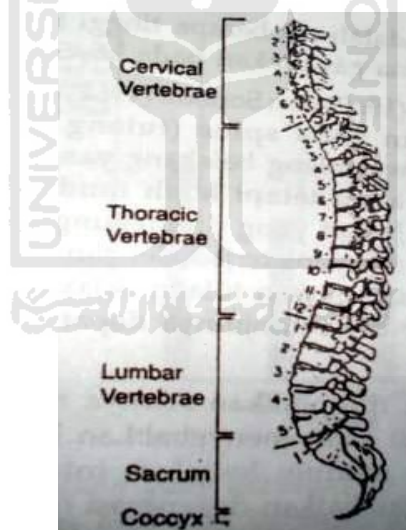
Sumber: (Kroemer, 1994)

2.6 Risiko Cedera

Hampir semua pekerjaan, apapun bentuknya, pasti mempunyai faktor-faktor yang bisa menyebabkan cedera. Faktor-faktor resiko bisa berupa (kuantitas usaha yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas) seperti mendorong, menarik, menggenggam, dan mengangkat; pengulangan (jumlah waktu gerakan yang diulang-ulang); getaran atau tekanan pada telapak tangan, pembukaan panas atau dingin, postur pekerja juga dapat mengakibatkan resiko cedera. Misalnya, cedera bisa terjadi apabila kepala dan leher pekerja membungkuk ke depan, kebelakang, atau ke samping dalam waktu yang lama; apabila pekerjaan di atas level bahu, apabila suatu pekerjaan mengharuskan pergelangan tangan terlalu menekuk atau siku tertekan dari tubuh; apabila suatu pekerjaan mengharuskan gerakan membungkuk, memutar, menggapai sesuatu, atau apabila pekerjaan mengharuskan untuk berjongkok atau berlutut untuk beberapa waktu lamanya. Meskipun faktor-faktor resiko terlihat berlebihan, membuat beberapa perubahan-perubahan teknik yang sederhana dapat mengurangi resiko cedera secara ampuh.

Sebanyak delapan puluh persen populasi orang dewasa dalam rentan hidupnya akan mengalami cedera punggung bawah. Cedera ini biasanya

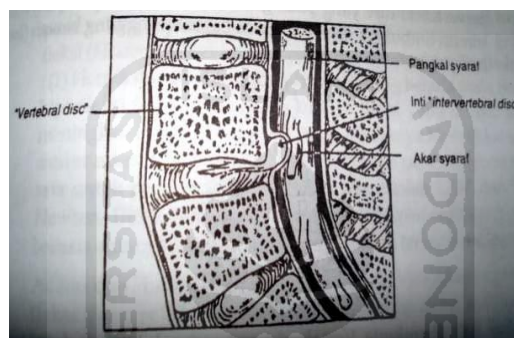
disebabkan oleh kesalahan dalam teknik mengangkat suatu benda dan juga penggunaan yang berlebihan. Dengan menggunakan teknik mengangkat yang benar diikuti dengan latihan penguluran dan penguatan, dapat mengurangi resiko cedera punggung. Disamping menggunakan teknik mengangkat dan membawa benda, latihan penguluran dan penguatan juga dapat menurunkan resiko cedera, yaitu dengan menguatkan dan menstabilkan otot-otot punggung (Yulianto, 2008). Rentang postur atau posisi aktivitas kerja, ukuran beban dan ukuran manusia yang dievaluasi. Sedangkan kriteria keselamatan menurut Nurminto, (2004) adalah berdasarkan pada beban tekan (*compression load*) pada intervertebral disk antara lumbar nomor lima dan sacrum nomor satu (L5/S1).



Gambar 2.8 Gambar tulang belakang (Nurmianto, 2004).

Analisa dari berbagai macam pekerjaan yang menunjukkan rasa nyeri (ngilu) berhubungan erat dengan beban kompresi (tekan) yang terjadi pada L5/S1 (Chaffin and Park dalam Nurmianto, 2004). Telah ditemukan pula bahwa 65 – 95% dari penyakit hernia pada disk terjadi dengan relatif frekuensi pada L4/L5 dan L5/S1. L4/L5 adalah *intervertebral disk* yang berada diantara lumbar ke – 4

dan ke – 5, sedangkan L5/S1 adalah *intervertebral disk* yang berada diantara lumbar ke – 5 dan sacrum. Kebanyakan penyakit-penyakit tulang belakang adalah merupakan hernia pada intervertebral disk yaitu keluarnya inti intervertebral (*pulpy nucleus*) yang disebabkan oleh rusaknya lapisan pembungkus *intervertebral disk*. Pada gambar 2.9. adalah adanya *Slipped discs* yang menyebabkan adanya tekanan pada akar syaraf dan menimbulkan rasa sakit/nyeri yang kronis.



Gambar 2.9 *Slipped discs* yang menyebabkan adanya tekanan pada akar syaraf (Nurmianto, 2004).

Penelitian atau *Exsperimentasi* tentang rasa sakit pada tulang belakang analisa biokimia yang digambarkan berikut adalah menganalisa gaya kompresi (tekan) pada L5/S1 yang diestimasi dengan memberikan suatu beban luar, postur dan data antropometri dari operator angkatnya. Pertanyaannya adalah: seberapa tinggi tingkat rasa sakitnya yang terjadi karena gaya tekan pada L5/S1.

Evan dan Lissner, dan Sonoda dalam Nurmianto (2004) melakukan penelitian dengan uji tekan pada spine (tulang belakang). Mereka menemukan bahwa tulang belakang yang sehat tidak mudah terkena hernia, akan tetapi lebih mudah rusak atau retak jika disebabkan oleh beban yang ditanggung oleh segmen tulang belakang (*Spinal*) dan yang diawali oleh rusaknya bagian atas atau bawah

segmen tulang belakang. Dari kejadian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa degenerasi adalah merupakan prasyarat untuk terjadinya hernia pada *intervertebral disc* yang pada gilirannya akan menjadi penyebab umum timbulnya rasa nyeri pada bagian punggung bawah (*low back pain*).

Dalam perbaikan sistem kerja melibatkan secara aktif pekerja, ahli teknik, dan sistem manajemen yang dilakukan dengan pendekatan ergonomi. Manuaba dalam Purnomo (2007) dan Caple (2006) menyatakan bahwa implementasi pendekatan holistik harus dilakukan pada saat pendefinisian, analisis dan penyelesaian masalah dengan memasukkan teknologi tepat guna yang melibatkan secara aktif para pekerja dan *stake holder* yang lainnya dalam satu tim.

Kelelahan pekerja disebabkan sistem kerja kurang baik yang menyebabkan sikap kerja tidak fisiologis. Sistem kerja cenderung terjadi kontraksi otot statis yang kuat dan lama sehingga mengakibatkan terhambatnya aliran darah yang menuju otot maka suplai oksigen dan zat makanan menurun. Grandjen (1993) menyatakan bahwa selama berlangsungnya kontraksi otot statis, pembuluh darah ditekan oleh tekanan dari dalam jaringan otot, sehingga menghambat sirkulasi darah ke jaringan otot.

Semakin tinggi aktivitas tubuh menyebabkan metabolisme tubuh semakin meningkat sehingga kebutuhan O₂ semakin besar dan frekuensi denyut jantung meningkat (Adiputra dalam Purnomo, 2007). Li and Buckle (2005) menjelaskan bahwa nilai resiko cedera di tempat kerja lebih besar $49,47\% \pm 1,77\%$ perlu dilakukan pembenahan sistem kerja.

2.7 Kelelahan

Istilah kelelahan biasanya menunjukkan kondisi yang berbeda-beda dari setiap individu, tetapi semuanya bermuara kepada kehilangan efisiensi dan penurunan kapasitas kerja serta ketahanan tubuh. Kelelahan dapat berupa kelelahan fisik, kelelahan emosional dan kelelahan mental karena bekerja dalam situasi yang menuntut keterlibatan emosional (Sutjipto, 2006). Grandjean (1993) menyatakan kelelahan secara umum merupakan suatu keadaan yang tercermin dari gejala perubahan psikologis berupa kelambanan aktivitas motorik dan respirasi, adanya perasaan sakit, berat pada bola mata, pelemahan motivasi, penurunan aktivitas yang akan mempengaruhi aktivitas fisik dan mental. Kelelahan adalah sebagai akibat karena tidak seimbangan tuntutan tugas dan kemampuan pekerja (Grandjean, 1991; Suma'mur, 1982; Wilson, 1998).

Kelelahan ada dua macam yaitu kelelahan lokal (pada otot rangka) dan kelelahan umum. Sebab kelelahan umum adalah suatu pekerjaan yang monoton, lama kerja fisik atau mental, stasiun kerja (sikap kerja) (Grandjean, 1991). Kelelahan terdiri dari kelelahan otot dan kelelahan umum. Kelelahan otot adalah merupakan tremor pada otot/perasaan nyeri pada otot. Sedang kelelahan umum biasanya ditandai dengan berkurangnya kemauan untuk bekerja yang disebabkan oleh monoton; intensitas dan lamanya kerja fisik; keadaan lingkungan; sebab-sebab mental; status kesehatan dan keadaan gizi (Grandjean, 1993). Secara umum gejala kelelahan dapat dimulai dari yang sangat ringan sampai perasaan yang sangat melelahkan. Kelelahan subjektif biasanya terjadi pada akhir jam kerja, apabila rata-rata beban kerja melebihi 30% – 40% dari tenaga aerobik maksimal

(Astrand dan Rodahl, 1977). Kelelahan sesungguhnya merupakan suatu mekanisme perlindungan tubuh agar terhindar dari kerusakan lebih lanjut atau dapat dikatakan sebagai sinyal tubuh yang mengisyaratkan seseorang untuk segera beristirahat. Menurunnya kemampuan dan ketahanan tubuh akan mengakibatkan menurunnya efisiensi dan kapasitas kerja. Apabila kondisi seperti ini dibiarkan berlanjut maka akan mempengaruhi produktivitas seseorang.

Di samping efek fisiologis dan psikologis, kelelahan juga menyebabkan gangguan psikosomatik yang ditandai dengan sering sakit kepala, napas terengah-engah, tidak ada nafsu makan, mual, berdebar-debar, sukar tidur dan sebagainya. Faktor penyebab terjadinya kelelahan sangat bervariasi dan sangat kompleks. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk menghindari atau mengurangi kelelahan diantaranya faktor aktivitas kerja fisik, aktivitas kerja mental, stasiun kerja tidak ergonomis, sikap paksa, kerja statis, lingkungan kerja ekstrim, beban psikologis, kebutuhan kalori kurang, waktu kerja-istirahat tidak tepat.

Metabolisme merupakan salah satu proses penting dalam tubuh manusia. Salah satu proses yang paling penting di dalam tubuh adalah berubahnya energi kimia dari makanan menjadi panas dan tenaga mekanik. Jadi sumber kalori adalah pembakaran zat makanan dalam jaringan tubuh yang berubah menjadi panas, listrik, kimia dan kerja mekanik yang disebut metabolisme. Lewat proses metabolisme akan dihasilkan panas dan energi yang diperlukan untuk kerja fisik lewat sistem otot manusia. Disini zat makanan akan bersenyawa dengan oksigen (O_2) yang dihirup, terbakar dan menghasilkan panas serta energi (Ganong, 2001).

Dalam sistem pernapasan oksigen diserap oleh pembuluh darah paru dan dibawa ke sel-sel otot untuk menghasilkan panas, tenaga dan asam laktat. Bila jumlah oksigen yang masuk melalui pernafasan lebih kecil dari pada tingkat kebutuhan, berarti reaksi oksigen dalam tubuh yang akan mengurangi asam laktat untuk diubah menjadi air (H_2O) dan karbondioksida (CO_2) agar bisa dikeluarkan dari tubuh menjadi tidak seimbang dengan pembentukan asam laktat sendiri. Sehingga terjadi penimbunan asam laktat dalam jaringan otot yang mengganggu kegiatan otot selanjutnya mengakibatkan adanya kelelahan. Gas CO_2 sebagai hasil pembakaran di dalam sel tubuh ini mencerminkan jumlah oksigen yang digunakan untuk proses metabolisme di dalam sel tubuh (Guyton, 1987; Sherwood, 1996).

Ketika manusia melakukan kerja fisik yang memerlukan energi sebagai sumber tenaganya maka akan mengakibatkan adanya perubahan fungsi pada alat-alat tubuhnya. Gejala perubahan dapat dideteksi melalui : (a) frekuensi denyut jantung ; (b) tekanan darah ; (c) suhu badan ; (d) laju pengeluaran keringat ; (e) konsumsi oksigen ; (f) kandungan asam laktat dalam darah ; dan (g) kenaikan gula darah (Grandjean, 1993).

Pada waktu manusia melakukan aktivitas akan mengakibatkan pengeluaran energi yang sangat erat kaitannya dengan konsumsi energi. Konsumsi energi pada waktu kerja biasanya ditentukan dengan cara tidak langsung yaitu dengan pengukuran (a) frekuensi denyut jantung dan (b) konsumsi oksigen. Dalam fisiologi kerja, konsumsi energi diukur secara tidak langsung melalui konsumsi oksigen. Untuk setiap liter oksigen yang dikonsumsi rata-rata 4,8 kkal dilepas. Jumlah metabolisme *aerobik* atau pengeluaran energi kerja dapat

ditentukan dengan mengalikan nilai konsumsi oksigen (liter/menit) dengan 4,8 kkal/liter. Sedangkan pada saat metabolisme basal diperkirakan memerlukan 0,25 liter oksigen/menit (Bridger, 1995).

Pemadanan konsumsi oksigen dengan denyut nadi atau denyut jantung dalam suatu aktivitas kerja adalah sebagai berikut (Sastrowinoto, 1985) ;

(1) Operator pria bekerja dengan frekuensi 75 denyut/menit sepadan dengan konsumsi oksigen 0,5 liter/menit atau sepadan dengan pengeluaran energi 2,5 kkal/menit, dan (2) orang istirahat dengan frekuensi 62 denyut/menit, sepadan dengan konsumsi oksigen 0,25 liter/menit dan sepadan dengan pengeluaran energi 1,25 kkal/menit.

Frekuensi denyut nadi atau denyut jantung wanita umumnya lebih tinggi dari pria. Dalam keadaan yang sama frekuensi denyut nadi wanita 10 denyut lebih tinggi dari denyut pria setiap menitnya. Pada waktu istirahat orang akan mengeluarkan energi secara konstan, yang besarnya ditentukan oleh berat badan, tinggi badan dan jenis kelamin. Segala aktivitas akan mengkonsumsi sejumlah energi, dan jika konsumsi energi melebihi 5,2 kkal/menit, maka seseorang akan mengalami kelelahan.

Pada umumnya kelelahan yang diakibatkan oleh aktivitas kerja statis dipandang mempunyai pengaruh lebih besar dibandingkan dengan aktivitas kerja dinamis. Pada kondisi yang hampir sama, kerja otot statis mempunyai konsumsi energi yang lebih tinggi, frekuensi denyut nadi meningkat dan diperlukan waktu istirahat yang lebih lama. Dalam suasana kerja dengan otot statis kontraksi otot bersifat isometrik yaitu tegangan otot bertambah dan ukuran panjangnya praktis

tidak berubah. Pada kerja otot statis tidak terjadi perpindahan beban akibat bekerjanya suatu gaya sehingga aliran darah agak menurun sehingga asam laktat terakumulasi dan mengakibatkan kelelahan otot lokal (Kroemer, et al. 1994). Suma'mur (1982) menyatakan bahwa kerja otot statis merupakan kerja berat (*strenous*). Pada kerja otot statis, dengan pengerahan tenaga 50% dari kekuatan maksimum otot hanya dapat bekerja selama 1 menit, sedangkan pada pengerahan tenaga < 20% kerja fisik dapat berlangsung cukup lama. Tetapi pengerahan otot statis sebesar 15% - 20% akan menyebabkan kelelahan dan nyeri jika pembebanan berlangsung sepanjang hari. Astrand dan Rodahl (1997) berpendapat bahwa kerja dapat dipertahankan beberapa jam perhari tanpa gejala kelelahan jika tenaga yang dikerahkan tidak melebihi 8% dari maksimum tenaga otot.

Pada kerja dinamis, kontraksi otot bersifat isotonik yaitu ukuran panjang otot berubah, sementara tegangan tetap. Kontraksi otot yang menghasilkan perpindahan gerak badan dinamis biasanya bersifat ritmik, sehingga waktu kerja dapat berlangsung lama. Karena kontraksi dan relaksasi otot yang bergantian maka aliran darah tidak cepat terganggu, sehingga rasa sakit pada otot yang bersangkutan tidak cepat timbul. Pembebanan otot secara statis dalam jangka waktu cukup lama dan dilakukan berulang-ulang akan mengakibatkan *Repetitive Strain Injuries (RSI)* yaitu nyeri otot, tulang, tendon dan lain-lain. Namun jenis pekerjaan yang mengandung pembebanan otot statis ini sulit dihindarkan terutama dalam kondisi jika otot yang bersesuaian merupakan otot pokok untuk menjaga suatu postur. Upaya untuk mengurangi kelelahan dapat dilakukan dengan cara melakukan perubahan dari sikap kerja statis menjadi sikap

kerja yang dinamis atau lebih bervariasi, agar sirkulasi darah dan oksigen dapat berjalan normal ke seluruh anggota tubuh.

2.8 Produktivitas

Menurut Wignjosoebroto (1995), definisi produktivitas adalah perbandingan rasio antara output per inputnya. Dengan diketahuinya nilai indeks produktivitas, maka akan diketahui pula seberapa efektif proses produksi telah didaya-gunakan untuk meningkatkan output dan seberapa efisien pula sumber-sumber input telah berhasil dihemat.

Menurut Sofa (2008), pengertian produktivitas terbagi menjadi 2 dimensi, yaitu dimensi individu dan dimensi organisasian. Dimensi individu melihat produktivitas dalam kaitannya dengan karakteristik-karakteristik kepribadian individu yang muncul dalam bentuk sikap mental dan mengandung makna keinginan dan upaya individu yang selalu berusaha untuk meningkatkan kualitas kehidupannya. Sedangkan dimensi keorganisasian melihat produktivitas dalam kerangka hubungan teknis antara masukan (input) dan keluaran (out put). Oleh karena itu dalam pandangan ini, terjadinya peningkatan produktivitas tidak hanya dilihat dari aspek kuantitas, tetapi juga dapat dilihat dari aspek kualitas.

Dewasa ini kesadaran akan perlunya peningkatan produktivitas semakin meningkat karena adanya suatu keyakinan bahwa perbaikan produktivitas akan memberikan kontribusi positif dalam perbaikan ekonomi. Pandangan bahwa kehidupan hari ini harus lebih baik dari kehidupan hari kemarin dan kehidupan hari esok harus lebih baik dari hari ini, merupakan suatu pandangan yang memberi dorongan pemikiran ke arah produktivitas. Produktivitas sering diartikan

sebagai ukuran sampai sejauh mana sumber daya yang ada sebagai masukan sistem produksi dikelola sedemikian rupa untuk mencapai hasil atau luaran pada tingkat kuantitas tertentu (Sastrowinoto, 1985). Produktivitas merupakan suatu konsepsi sistem, dimana proses produktivitas dalam wujudnya diekspresikan sebagai rasio yang merefleksikan bagaimana memanfaatkan sumber daya yang ada secara efisien untuk menghasilkan luaran. Dengan peningkatan produktivitas maka tanggung jawab manajemen akan terpusat pada upaya dan daya untuk melaksanakan fungsi dan peran dalam kegiatan produksi. Khususnya yang bersangkutan-paut dengan efisiensi penggunaan sumber-sumber input. Pendekatan Ergonomi Pertanian akan memainkan peran yang penting dalam upaya meningkatkan produktivitas petani. Beberapa peneliti di bidang ergonomi telah melakukan upaya ke arah tersebut. Seperti pada penelitian dengan memodifikasi meja pengumpan dan menambah peredam kebisingan pada mesin perontok padi, dapat meningkatkan produktivitas kerja petani sebesar 46,49% (Sucipto, 2004). Sedangkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Sutjana, 1998) menyebutkan bahwa produktivitas kerja penyabit padi menggunakan sabit bergigi lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan sabit biasa dan berbeda secara bermakna setelah lima belas menit pertama, dan hasil penelitian (Erwan, 2002) bahwa produktivitas kerja operator traktor dari perbaikan rancang bangun handel yang mengacu aspek antropometri meningkat sebesar 23,25%. Contoh lain dari aplikasi disiplin ergonomi juga bisa dilihat dalam proses perancangan peralatan kerja untuk penggunaan yang lebih efektif. Perkakas kerja seperti sabit atau cangkul misalnya dengan pegangan (*handle*) yang berbentuk kurva pada dasarnya

merupakan hasil dari *human engineering studies*. Desain handle yang berbentuk kurva dan disesuaikan dengan renggangan tangan akan memudahkan cara pengoperasian peralatan tersebut. Dengan demikian ergonomi adalah suatu cabang keilmuan yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja, sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem tersebut dengan baik; yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, efisien, aman dan nyaman.

2.8.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja

Menurut Sutermeister dan Robert (1969) ada dua faktor yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja, yaitu :(1) faktor teknis, misalnya perkembangan teknologi (mesin-mesin dan peralatan kerja), kualitas bahan mentah, *layout* pekerjaan, metode-metode kerja;(2) faktor manusia, misalnya pendidikan, pelatihan, pengalaman, sikap, kondisi-kondisi fisik (seperti : lampu penerangan, temperatur, dan kebisingan), kebutuhan individu yang terdiri dari kebutuhan fisiologis (seperti: air, udara, makanan, perumahan dan pakaian), kebutuhan sosial (seperti: persahabatan, tolong menolong dalam kelompok kerja), kebutuhan egoistik (seperti: pengetahuan, kemerdekaan, respek tentang diri sendiri dan orang lain, pengakuan diri), kegiatan-kegiatan di dalam dan di luar pekerjaan, jenis kelamin, budaya serta kondisi-kondisi sosial.

(Simanjuntak, 1985) menyatakan bahwa produktivitas tenaga kerja dipengaruhi banyak faktor, baik yang berhubungan dengan lingkungan tenaga kerja itu sendiri, maupun yang berhubungan dengan lingkungan perusahaan dan

kebijaksanaan pemerintah secara keseluruhan, seperti : pendidikan, ketrampilan, disiplin, sikap dan etika kerja, motivasi, gizi dan kesehatan, tingkat penghasilan, jaminan sosial, lingkungan dan iklim kerja, hubungan industri, teknologi, sarana produksi, manajemen, kesempatan berprestasi dan kebijaksanaan pemerintah di bidang produksi, investasi, moneter, fisik, harga, distribusi dan sebagainya.

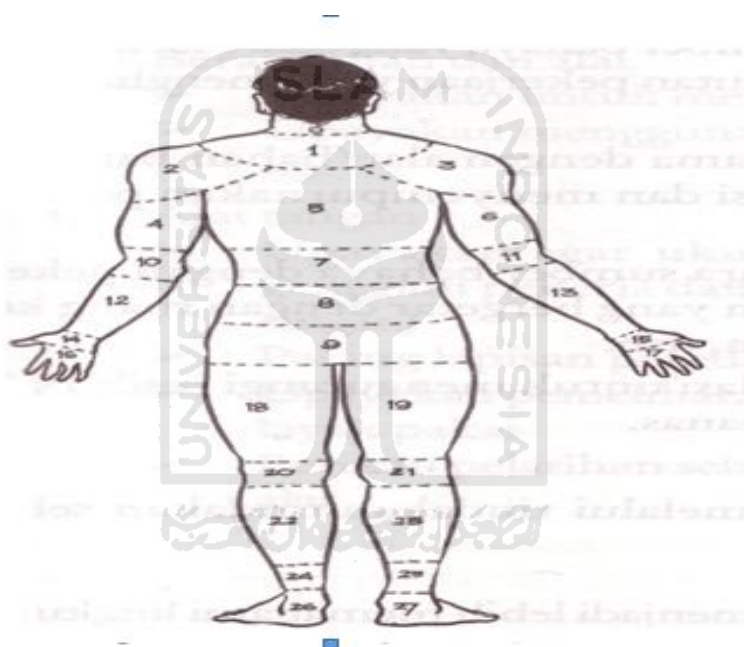
Sedangkan menurut (Sagir, 1985) produktivitas tenaga kerja dipengaruhi berbagai faktor antara lain :(1) latar belakang pendidikan dan latihan;(2) alat-alat produksi yang digunakan dan teknologi dalam proses produksi;(3) nilai-nilai atau pranata sosial masyarakat atau juga faktor lingkungan hidup tenaga kerja (modern atau tradisional, statis atau dinamis), kuat tidaknya ikatan keluarga, mobilitas tenaga kerja, motivasi;(4) lingkungan pekerjaan atau iklim kerja;(5) derajat kesehatan (kesling) nilai gizi makanan, sanitasi, tersedianya air bersih dan;(6) tingkat upah minimal yang berlaku.

Berdasarkan pendapat di atas, dapat disimpulkan beberapa faktor yang mungkin mempengaruhi produktivitas tenaga kerja yaitu :(1) peralatan, seperti : posisi berdiri mengoperasikan mesin, posisi duduk pada saat kegiatan mengelas atau mengerinda;(2) kondisi fisik seperti : penerangan, suhu kerja, bau dan asap, perlu mendapat perhatian, mengingat proses tersebut memerlukan intensitas penerangan yang baik, juga adanya pemasakan di dapur kopala/ tungku pemanas menghasilkan asap dan bau juga dapat mempengaruhi suhu lingkungan kerja.

2.9 Kuisioner *Nordic Body Map*.

Metode dalam hal untuk mengetahui keluhan muskuloskeletal yang merupakan indikasi keluhan fisik adalah dengan menggunakan skala *Nordic Body*

Map (NBM) untuk dapat diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai sangat sakit (Corlett, 1992). Dengan melihat dan menganalisis peta tubuh (NBM) seperti pada Gambar 2.10 maka dapat diestimasi jenis dan tingkat keluhan otot skeletal yang dirasakan oleh pekerja agar tidak terjadi bias pada saat pengukuran, maka sebaiknya pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah melakukan aktivitas kerja (*pre and post test*).



Gambar 2.10 Nordic Body Map

Keterangan Gambar 2.8:

(0) Leher bagian atas;(1) Leher bagian bawah ;(2) Bahu kiri;(3) Bahu kanan;(4) Lengan atas kiri;(5) Punggung;(6) Lengan atas kanan;(7) Pinggang;(8) Bokong;(9) Pantat;(10) Siku kiri;(11) Siku kanan;(12) Lengan bawah kiri;(13) Lengan bawah kanan;(14) Pergelangan tangan kiri;(15) Pergelangan tangan kanan;(16)Tangan kiri;(17) Tangan kanan;(18) Paha kiri;(19) Paha kanan;(20)

Lutut kiri;(21)Lutut kanan;(22) Betis kiri;(23) Betis kanan;(24)Pergelangan kaki kiri;(25) Pergelangan kaki kanan;(26) Kaki kiri;(27) Kaki kanan.

2.10 Penentuan UkuranDesaian Kereta Dorong material Handling untuk meningkatkan produktivitas.

Setelah melakukan pengolahan data anthropometri, maka dilakukan penentuan ukuran rancangan sesuai dengan persentil dan faktor penyesuaian. Penentuan ukuran rancangan tersebut meliputi dimensi fisik alat bantu operator material handling meliputi :

Dimensi tubuh :

1. Tinggi Badan (TB)
2. Tinggi Siku Berdiri (TSB)
3. Jangkauan Tangan ke Depan (JTD)
4. Lebar Jari (LJ)
5. Keliling Genggaman Tangan (TGT)

2.10.1 Langkah pengolahan data

Langkah pengolahan data yang digunakan untuk perancangan alat menggunakan analisis statistik yaitu :

1 . Uji keseragaman data

Uji keseragaman data bisa dilaksanakan dengan cara visual dan atau mengaplikasikan peta control.Test keseragaman data secara visual dilakukan secara sederhana mudah dan cepat. Test ini hanya sekedar melihat data yang terkumpul dan seterusnya mengidentifikasi data yang “*ekstrim*”. Yang

dimaksud “*ekstrim*” adalah data yang terlalu besar atau terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata-ratanya sewajarnya dibuang jauh-jauh tidak dimasukkan perhitungan selanjutnya. Peta Kontrol (*control chart*) adalah suatu alat yang tepat guna dalam mengetest keseragaman data dan atau keajegan data yang diperoleh dari hasil pengamatan. Untuk menentukan apakah data-data tidak melampaui batas, maka peta kontrol untuk tes keseragaman data dengan cara :

- a. Menghitung harga rata-rata dengan rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \dots\dots\dots(1)$$

\bar{x} = harga rata-rata

x_i = data ke -i

N = Jumlah data

- b. Menghitung standar deviasi dengan rumus :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(N - 1)}} \dots\dots\dots(2)$$

σ = Standar deviasi

N = Jumlah data

x_i = data ke-i

\bar{x} = harga rata-rata.

- c. Menentukan Batas Kontrol Atas (BKA) atau *upper control limit* (UCL) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) atau *lower control limit* (LCL) untuk group data tersebut menurut Wignjosoebroto (2003) bisa dicari dengan formulasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{x} + 3\sigma \dots\dots\dots(3) \\ \text{BKB} &= \bar{x} - 3\sigma \text{ dimana } \bar{x} = \bar{X} \text{ dari group} \end{aligned}$$

2. Uji kecukupan data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang telah diambil sudah mencukupi dengan tingkat keyakinan (K) = 95 % dan ketelitian (s) = 5 % uji kecukupan data dilakukan dengan rumus :

$$N' = \left[\frac{\frac{K}{S} \sqrt{N \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}{\sum_{i=1}^n x_i} \right]^2 \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

N' = jumlah pengukuran
N = jumlah semua data

Xi = data ke i

K = *confidence level*

S = *accuracy level*

2.10.2 Menentukan besar sampel

Menentukan Besar Sampel menurut Dahlan, (2005), cara ideal untuk menjawab suatu masalah penelitian adalah dengan melakukan penelitian pada semua anggota populasi (*total sampling*). Akan tetapi, dalam sebagian besar

keadaan, *total sampling* tidak mungkin dilakukan sehingga meneliti sebagian saja dari populasi (sample). Agar sampel yang diambil juga mewakili populasinya, sehingga hasil yang diperoleh pada sampel dapat digeneralisasikan ke populasi. Selain itu, dengan menghitung besar sampel minimal, penelitian menjadi efisien dan etis. Paling tidak ada tiga alasan mengapa harus menentukan besar sampel. (1) Karena melakukan total sampling dalam penelitian sulit dilakukan (alasan penyebab); (2) Agar hasil pada sampel dapat digeneralisasi ke populasi (alasan akibat); (3) Agar penelitian menjadi efisien dan etis. Menentukan jenis pertanyaan penelitian. (1) Mengidentifikasi jenis pertanyaan penelitian; (2) Mampu menjelaskan konsep desain khusus, skala pengukuran deskriptif, analitik, korelatif, berpasangan, tidak berpasangan. Menentukan rumus besar sampel Analitik berpasangan skala pengukuran numerik. Dikatakan berpasangan karena data diukur dua kali pada individu yang sama. Dengan demikian, rumus besar sampel yang dipilih adalah.

$$N_1 = N_2 = \left[\frac{(z\alpha + z\beta)s}{x_1 - x_2} \right]^2 \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

$z\alpha$ = deviat baku alpha

$z\beta$ = deviat baku beta

s = simpangan baku gabungan

$x_1 - x_2$ = selisih rerata minimal yang dianggap bermakna.

Nilai $z \alpha$ dan $z \beta$ tergantung pada besarnya kesalahan serta hipotesis penelitian. Tabel 2.2 menyajikan berbagai nilai $z \alpha$ dan $z \beta$ berdasarkan besar kesalahan serta hipotesis penelitian.

Tabel 2.2 Berbagai Nilai $z \alpha$ dan $z \beta$

Berdasarkan Besar Kesalahan Tipe I dan II serta Hipotesis Penelitian.

Kesalahan (α , β)	$z \alpha$		$z \beta$
	Non hipotesis (Diskriptif) Hipotesis dua arah	Hipotesis satu arah	
1 %	2,61	2,57	2,57
5 %	1,96	1,64	1,64
10 %	1,64	1,44	1,44
15 %	1,44	1,28	1,28
20 %	1,28	0,84	0,84

Sumber : Dahlan M.S (2005).

2.11 Uji Normalitas dan Uji Beda

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah sampel berasal dari populasi dengan sebaran distribusi normal. Uji ini dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* yaitu dengan menguji nilai probabilitas dari skor total yang didapat dalam penelitian. Uji normalitas dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Menentukan hipotesis.

H_0 : Skor bobot berdistribusi normal.

H_1 : Skor bobot tidak berdistribusi normal.

2. Menentukan taraf signifikansi.

Taraf signifikansi (α) yang digunakan adalah 5% atau 0,05.

1. Membandingkan probabilitas dengan taraf signifikansi.

Jika probabilitas > 0.05 , maka H_0 diterima.

Jika probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak.

Karakteristik dari distribusi normal adalah sebagai berikut:

1. Membentuk kurva lonceng dan memiliki satu puncak yang terletak tepat di tengah distribusi.
2. Rata-rata hitung, median, dan modus dari distribusi adalah sama dan terletak di puncak kurva.
3. Setengah daerah di bawah kurva berada diatas titik tengah, dan setengah daerah lainnya terletak di bawahnya.
4. Data menyebar disekitar garis lurus.

Uji beda digunakan untuk menguji hipotesis komparatif dua sampel yang berkorelasi bila datanya berbentuk ordinal. Sebelum dilakukan uji beda, terlebih dahulu dilakukan uji normal untuk mengetahui distribusi data, apabila data berdistribusi normal maka digunakan uji t, tetapi apabila data tidak berdistribusi normal maka digunakan uji *Wilcoxon* (Walpole, 1995). Uji beda yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan uji statistik parametrik *compare mean* dengan *Paired Sampled t-test*. Tahap-tahap pengujian pada uji t (t-test) antara lain :

1. Hipotesis :

$H_0 : \mu_0 = \mu_1 =$ Tidak ada perbedaan skor bobot sebelum dan sesudah penelitian.

$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1 =$ Ada perbedaan skor bobot sebelum dan sesudah penelitian.

2. Menentukan taraf signifikansi

Taraf signifikansi (α) yang digunakan adalah 5% atau 0,05.

3. Membandingkan besar probabilitas dengan taraf signifikansi. Jika probabilitas (sig) > 0.05 maka H_0 diterima. Jika probabilitas (sig) < 0.05 maka H_0 ditolak.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Obyek Penelitian.

Obyek Penelitian ini adalah desain alat kereta dorong material handling untuk meningkatkan produktivitas. Pada penelitian ini dilaksanakan , yang menjadi objek penelitian adalah pekerja (NABAN) yang melakukan pendistribusian barang (angkat-angkut) barang. Lokasi seksi Penerimaan bagian *S&W* fungsi *Procurement* PT Pertamina (Persero) *Refinery* Unit V Balikpapan. Waktu penelitian pada bulan Oktober 2010 sampai dengan bulan Desember 2010, jam penelitian antara jam 07.00 BTAWI sampai dengan jam 16.00 BTAWI dan penelitian dilakukan dengan cara tidak terus-menerus (Intermitten).

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pekerja yang melakukan kegiatan pendistribusian barang (angkat – angkut) di penerimaan / *S&W Section* PT.Pertamina(Persero) *Refinery* Unit V Balikpapan. Populasi pada penelitian ini adalah pekerja yang memenuhi kriteria inklusi sebagai berikut :

- a. Jenis kelamin laki-laki.
- b. Umur 38 -55 tahun.
- c. Tinggi badan (Cm)
- d. Berat badan (Kg)
- e. Pekerja dalam kondisi sehat jasmani dan rohani.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel tergantung. Variabel bebas bertindak sebagai input penelitian yaitu desain alat kereta dorong material handling penerimaan barang PT.Pertamina (Persero) *Refinery* Unit V Balikpapan. Populasi pada penelitian ini adalah pekerja dengan pendekatan partisipatori. Sedangkan variabel tergantung bertindak sebagai output penelitian adalah keluhan muskuloskeletal, resiko kerja dan produktivitas.

3.4 Alat Penelitian

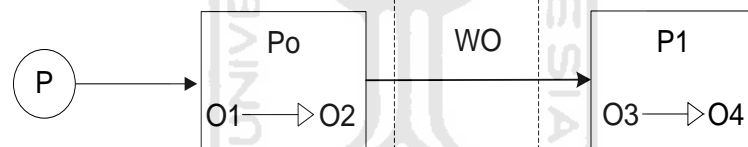
Alat yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Kuesioner *nordic body map* digunakan untuk mengukur besarnya keluhan muskuloskeletal.
2. Kuisisioner *Quick Exposure Checklist* untuk mengetahui tingkat resiko cedera.
3. Formulir produktivitas kerja digunakan untuk mengambil data *input*, *output* dan batas waktu penyelesaian tugas.
4. Formulir biodata subjek digunakan untuk mengambil data kondisi subjek yaitu nama, umur, berat badan, tinggi badan, pengalaman kerja, dan jenis kelamin.
5. Timbangan badan untuk mengukur berat badan pekerja dengan merk *Airlux*.
6. Stop Watch merek Seiko

7. Camera digital dengan merek Nikon, untuk mendokumentasikan proses kerja dan mengetahui postur tubuh ketika bekerja.
8. Meteran logam merek Vitara panjang 5 meter/ 16 feet untuk mengukur dimensi alat kereta dorong material handling.
9. Komputer dengan menggunakan *software* Auto CAD 2004 untuk mendesain alat yang diusulkan, dan alat tulis.

3.5 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian *Treatment by Subject Design* (Sama Subjek). Secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Rancangan penelitian

Keterangan :

- P = Populasi (seluruh pekerja yang melakukan kegiatan angkat-angkut)
- Po = Sistem kerja sebelum dilakukan intervensi ergonomi partisipatori (kelompok kontrol)
- O1 = Sampel istirahat selama 15 menit sebelum pengukuran dimulai dan selanjutnya pengukuran denyut nadi dilakukan sebelum bekerja (kelompok kontrol)
- O2 = Pengukuran kelelahan sesudah bekerja kelompok kontrol terhadap

keluhan muskuloskeletal, denyut nadi, resiko cedera dan produktivitas

- WO = *Washing Out* (waktu istirahat untuk menghilangkan efek perlakuan sebelumnya agar tidak meninggalkan efek/respon) selama 1 hari.
- P1 = Sistem kerja setelah dilakukan intervensi ergonomi partisipatori (kelompok eksperimen).
- O3 = Sampel istirahat selama 15 menit sebelum pengukuran dimulai setelah intervensi ergonomi terhadap keluhan muskuloskeletal, denyut nadi (kelompok eksperimen).
- O4 = Pengukuran sesudah bekerja kelompok eksperimen setelah dilakukan intervensi ergonomi terhadap keluhan muskuloskeletal, denyut nadi, resiko cedera dan produktivitas.

3.6 Definisi Operasional Variabel.

Variabel yang diteliti dibedakan kedalam dua katagori, yaitu (1) variable bebas atau independent variable (variable berpengaruh) adalah pekerja terdiri dari tiga sub-variabel yang selanjutnya disebut sebagai variable tak bebas, masing-masing: Keluhan Muskuloskeletal sebagai variable tak bebas satu (X_1); Kelelahan sebagai variable tak bebas dua (X_2); Produktivitas sebagai variable tak bebas (X_3); (2) Variabel bebas pada penelitian ini adalah desain alat kereta dorong material handling untuk meningkatkan produktivitas hasil rancangan dengan menggunakan QFD dan intervensi ergonomi diberi symbol (Y).

Adapun definisi operasional dari masing-masing variable adalah sebagai berikut:

1. Jenis kelamin laki-laki sebagai variable bebas satu(X_1) dikonsepsikan sebagai hasil pengamatan secara Fenotype ,yang didukung keterangan dari formulir biodata subyek kondisi nyata pekerja yang dipersyaratkan oleh Perusahaan pekerja bekerja dalam melakukan aktivitas angkat-angkut.
2. Usia (tahun) sebagai variable bebas dua(X_2) dikonsepsikan merupakan umur pekerja sejak dilahirkan sampai data diambil ,usia dihitung dalam tahun.
3. Tinggi badan sebagai variable bebas tiga(X_3) dikonsepsikan merupakan jarak anatar telapak kaki sampai kepala, tinggi badan diukur dalam satuan centimeter (Cm).
4. Berat badan variable bebas tiga (X_4) dikonsepsikan merupakan subyek yang melakukan perlakuan penelitian, berat seseorang diukur dalam satuan kilogram (Kg).
5. Kesehatan pekerja sebagai variable bebas tiga (X_5) dikonsepsikan adalah keadaan fisik , mental dan kesejahteraan sosial secara lengkap dan bukan hanya sekedar tidak mengindap pengakit atau kelemahan.Data kesehatan termasuk dalam skala linkert.
6. Desain alat kereta dorong material handling dikosepsikan sebagai variable tak bebas(Y) merupakan media yang digunakan untuk membantu dan mempermudah pekerjaan.

3.7 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian control dan eksperimen dilakukan kegiatan partisipatori dengan kegiatan sebagai berikut:

1. Desain alat.

Desain alat angkat–angkut dibagian *S&W Section*, merupakan rancangan alat dengan mempertimbangkan *customer needs* yang berasal dari *QFD* dan intervensi ergonomi.

2. Keluhan Moskuloskeletal

Sistem muskuloskeletal adalah permasalahan yang berhubungan dengan system muscles, meliputi otot (muscles), syaraf (nerves) dan tulang (bones). Pekerjaan yang dirancang kurang baik akan menghasilkan ketidak efektifan terhadap system musculoskeletal tersebut (Kristyanto, 2004), musculoskeletal diukur menggunakan *Nordic Body Map*.

3. Kelelahan.

Grandjean (1993) menyatakan kelelahan secara umum merupakan suatu keadaan yang tercermin dari gejala perubahan psikologis berupa kelambanan aktivitas motorik dan respirasi, adanya perasaan sakit, berat pada bola mata, pelemahan motivasi, penurunan aktivitas yang akan mempengaruhi aktivitas fisik dan mental. Kelelahan diukur menggunakan Skala Likert.

4. Pengertian Produktivitas.

Konsep produktivitas dengan *output* dan *input* sebagai elemen utama, pertama kali dicetuskan oleh David Ricardo (1810). Inti konsepnya adalah ” Bagaimana *output* (O) akan berubah apabila besaran *input* (I) berubah”. Produktivitas pada dasarnya akan berkaitan erat dengan system produksi, yaitu *system* dimana factor-faktor semacam modal/capital (mesin, peralatan kerja, bahan baku, bangunan dan lain-lain) dikelola dalam suatu cara yang terorganisir untuk mewujudkan secara efektif dan efisien.

Proses produksi dapat dinyatakan sebagai serangkaian yang diperlukan untuk mengolah ataupun merubah sekumpulan sejumlah keluaran yang memiliki nilai tambah. Perubahan yang terjadi disini baik secara fisik maupun nonfisik, dimana bisa terjadi terhadap bentuk, dimensi maupun sifat-sifatnya. Kemudian konsep produktivitas berkembang seiring dengan kemajuan di bidang industri. Selanjutnya konsep produktivitas ini berkembang menjadi konsep produktivitas makro dan konsep produktivitas mikro. Konsep produktivitas makro atau sering pula disebut produktivitas nasional, sedangkan konsep produktivitas mikro berkaitan dengan perkembangan (*growth*) dan kemampuan perusahaan di dalam menghasilkan laba (*profitability*).

Selanjutnya dalam hubungannya dengan produktivitas mikro Ravianto (1985) membagi ke dalam beberapa bagian, sebagai berikut: (1) produktivitas tenaga kerja; (2) produktivitas modal; (3)

produktivitas produksi;(4) produktivitas organisasi;(5) produktivitas penjualan,dan(6) produktivitas produk. Dalam penelitian ini digunakan pengukuran produktivitas tenaga kerja.

Sedangkan arti produktivitas adalah suatu konsep yang menunjukkan hubungan antara jumlah *output* berupa barang dan jasa yang diproduksi dengan jumlah *input* yang digunakan berupa tenaga kerja, kapital, tanah, energi dan sumber lain untuk memproduksi *output* tersebut *Bureau of labour*,(1983). Atmosoeharjo (1994) mengartikan produktivitas sebagai perbandingan antara *output* dengan *input*. *Output* adalah hasil yang diperoleh setelah mengerjakan suatu pekerjaan, sedangkan *input* adalah alat atau usaha untuk menghasilkan *output* yang biasa kita kenal sebagai modal.

a. Produktivitas Tenaga Kerja.

Definisi produktivitas tenaga kerja nampaknya masih menjadi bahan kajian yang belum mendapat keseragaman. Para ahli melihat produktivitas tenaga kerja dari sudut pandangan yang berbeda-beda. Paling tidak ada tiga pandangan yang digunakan untuk mendefinisikan produktivitas, yaitu pendekatan dari segi konsep ekonomi, organisasi dan individu.

Definisi produktivitas tenaga kerja dari konsep ekonomi dikemukakan oleh Simanjuntak (1969) mengandung pengertian perbandingan antara hasil yang dicapai dengan peran serta tenaga kerja per satuan waktu kerja. Definisi produktivitas tenaga kerja

dari segi konsep organisasi oleh Sutermeister dan Robert (1969) dianggap sebagai *output* setiap karyawan pada waktu tertentu dengan mempertimbangkan kualitas. Ia lebih melihat produktivitas dari segi kualitas dan kuantitas pekerjaan yang dihasilkan oleh suatu organisasi.

Definisi produktivitas tenaga kerja dari segi individu oleh Aroef (1985) dikatakan sebagai perbandingan jumlah hasil kerja dengan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk dari seorang tenaga kerja. Menurut konsep produktivitas, seorang tenaga kerja dapat dikatakan produktif jika ia mempunyai hasil kerja/kegiatan lebih banyak dari tenaga kerja yang lain dalam satuan waktu yang sama. Atau dengan kata lain pengertian produktivitas tenaga kerja dari segi individu tidak mementingkan nisbah antara *output* dan *input*, tetapi lebih ditekankan pada jumlah hasil kerja atau kegiatan. Pribadi (1971) menyatakan bahwa produktivitas tenaga kerja berhubungan dengan kesehatan jiwa seseorang, tenaga kerja yang sakit-sakitan tidak dapat berproduksi maksimal. Pada umumnya produktivitas tenaga kerja dikaitkan dengan program-program pendidikan, latihan, perbaikan metode kerja, perbaikan lingkungan kerja.

b. Faktor-faktor yang mempengaruhi Produktivitas Tenaga Kerja.

Menurut Sutermeister dan Robert (1969) ada dua faktor yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja yaitu;(1) faktor

teknis, misalnya perkembangan teknologi (mesin-mesin dan peralatan kerja), kualitas bahan mentah, *layout* pekerjaan, metode-metode kerja;(2)faktor manusia, misalnya pendidikan, pelatihan, pengalaman, sikap, kondisi-kondisi fisik (seperti: lampu penerangan, temperatur, dan kebisingan), kebutuhan individu yang terdiri dari kebutuhan fisiologis (seperti: air, udara, makanan, perumahan dan pakaian), kebutuhan sosial (seperti: persahabatan, tolong menolong dalam kelompok kerja), kebutuhan egoistik (seperti: pengetahuan, kemerdekaan, respek tentang diri sendiri dan orang lain, pengakuan diri), kegiatan-kegiatan di dalam dan di luar pekerjaan, jenis kelamin, budaya serta kondisi-kondisi sosial.

Simanjuntak (1985) menyatakan bahwa produktivitas tenaga kerja dipengaruhi banyak faktor, baik yang berhubungan dengan lingkungan tenaga kerja itu sendiri, maupun yang berhubungan dengan lingkungan perusahaan dan kebijaksanaan pemerintah secara keseluruhan, seperti : pendidikan, ketrampilan, disiplin, sikap dan etika kerja, motivasi, gizi dan kesehatan, tingkat penghasilan, jaminan sosial, lingkungan dan iklim kerja, hubungan industri, teknologi, sarana produksi, manajemen, kesempatan berprestasi dan kebijaksanaan pemerintah di bidang produksi, investasi, moneter, fisikal, harga, distribusi dan sebagainya.

Sedangkan menurut Sagir (1985) produktivitas tenaga kerja dipengaruhi berbagai faktor antara lain;(1)latar belakang pendidikan dan latihan;(2)alat-alat produksi yang digunakan dan teknologi dalam proses produksi;(3) nilai-nilai atau pranata sosial masyarakat atau juga faktor lingkungan hidup tenaga kerja (modern atau tradisional, statis atau dinamis), kuat tidaknya ikatan keluarga, mobilitas tenaga kerja, motivasi;(4)lingkungan pekerjaan atau iklim kerja;(5) derajat kesehatan (kesling) nilai gizi makanan, sanitasi, tersedianya air bersih dan (6) tingkat upah minimal yang berlaku.

Berdasarkan pendapat di atas, dapat disimpulkan beberapa faktor yang mungkin mempengaruhi produktivitas tenaga kerja yaitu;(1) peralatan, seperti: posisi berdiri mengoperasikan mesin, posisi duduk pada saat kegiatan mengelas atau mengerinda,;(2) kondisi fisik seperti : penerangan, suhu kerja, bau dan asap, perlu mendapat perhatian, mengingat proses tersebut memerlukan intensitas penerangan yang baik, juga adanya pemasakan di dapur kopala/ tungku pemanas menghasilkan asap dan bau juga dapat mempengaruhi suhu lingkungan kerja.

5. Usia

Usia merupakan umur seseorang sejak mulai dilahirkan sampai diambil yang maha kuasa (meninggal) dimana usia dihitung dalam satuan tahun.

6. Jenis Kelamin

Jenis kelamin merupakan hasil pengamatan secara Fenotype, didukung keterangan dari formulir biodata subjek.

7. Tinggi Badan

Tinggi badan merupakan ukuran jarak dari telapak kaki sampai kepala, tinggi badan diukur dalam satuan centimeter (cm).

8. Berat Badan

Berat badan merupakan berat subjek yang melakukan perlakuan penelitian, dimana berat diukur dalam kilogram (kg).

9. Kesehatan

Menurut pernyataan dari organisasi Kesehatan sedunia *world health organisation(WHO)*, bahwa kesehatan adalah keadaan fisik , mental dan kesejahteraan *social* secara lengkap dan bukan hanya sekedar tidak mengindap pengakit atau kelemahan. Data kesehatan termasuk dalam skala likert.

10. Pekerja

Undang-undang 13/2003 Pasal 1 butir.3 menyatakan pekerja/ buruh adalah setiap orang yang bekerja dengan menerima upah atau imbalan dalam bentuk lain.

3.7.1 Tahap pengumpulan data

Tahap pengumpulan data dilakukan dalam penelitian ini dengan cara:

a. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan agar peneliti dapat menguasai teori maupun konsep dasar yang berkaitan dengan masalah yang sedang diteliti. Studi ini dilakukan dengan membaca dan mempelajari beberapa referensi antara lain literature, laporan ilmiah dan tulisan ilmiah lain yang dapat mendukung terbentuknya landasan teori, sehingga dapat digunakan sebagai landasan yang kuat dalam analisis peneliti.

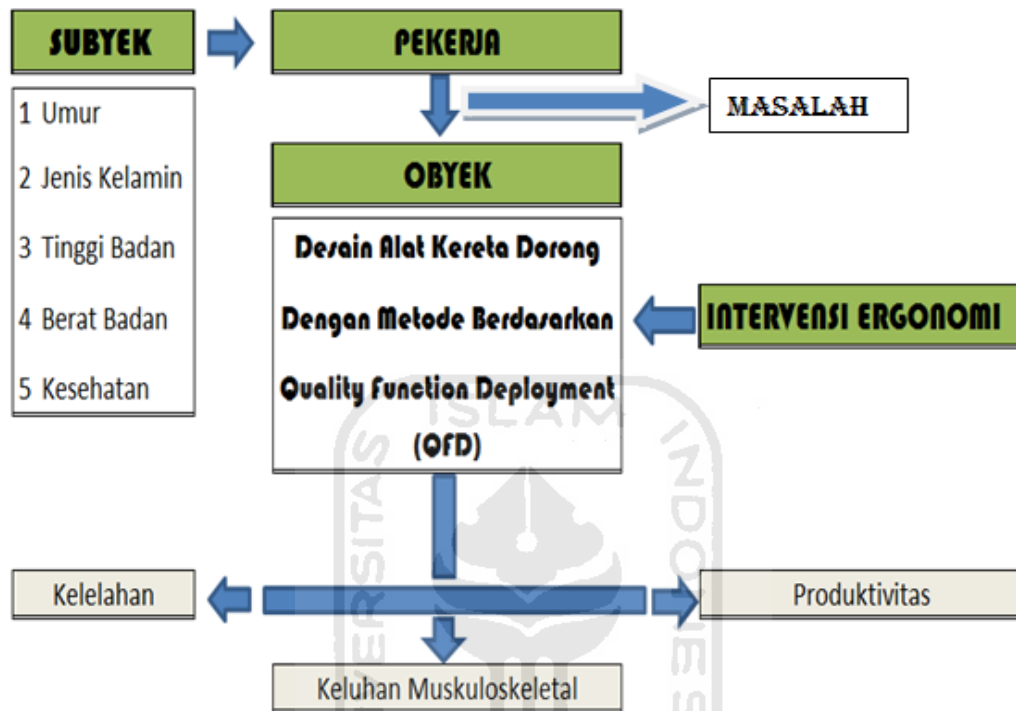
b. Penelitian Lapangan

Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data dengan penelitian lapangan dilakukan secara langsung pada saat aktivitas kerja berlangsung. Data yang berkaitan dengan kondisi kerja diukur dan dikumpulkan seperti ukuran/ dimensi tubuh pekerja/ operator (antropometri) yang relevan, keluhan subyektif diukur berdasarkan kuisioner *Nordic Body Map* dengan empat skala likert, dan produktivitas diukur dari jumlah produksi dibagi rerata nadi kerja persatuan jam kerja.

3.7.2 Kerangka konsep penelitian.

Kerangka konsep ini akan menjelaskan hubungan antara variabel satu dengan lainnya dalam melakukan desain alat bantu angkat- angkut penerimaan barang *Refinery* Unit V. Subjek penelitian adalah pekerja yang ditugaskan untuk bekerja dibagian *receiving* yang sudah ditentukan oleh

peneliti berdasarkan kriteria-kriteria : umur, jenis kelamin, tinggi dan berat badan,dan kesehatan.



Gambar 3.2. Kerangka Konsep Penelitian

3.7.3 Tahap Pelaksanaan

Pada penelitian ini dilakukan dengan kegiatan-kegiatan sebagai berikut.

1. Penyebaran kuisiner 1 kepada responden

Pada kuisiner 1 berisi tentang karakteristik responden mengenai : umur, jenis kelamin, tinggi dan berat badan, pengalaman, pendidikan dan kesehatan.

2. Penyebaran kuisoner 2 kepada responden.

Pada kuisoner 2 berisi keluhan *musculoskeletal dengan nordic body map* sebelum bekerja dan sesudah bekerja dengan alat bantu, dan kuisiner berisi pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan kelelahan sebelum bekerja menggunakan alat rancangan dan sesudah bekerja dengan menggunakan alat kereta dorong material handling hasil rancangan.

3. Penyebaran kuisoner 3 kepada responden

Pada kuisoner 3 berisi data keinginan / suara konsumen terhadap pengembangan produk terdiri dari: (1) lampiran 1 bagian 1;(2) lampiran 1 bagian 2;(3) lampiran 1 bagian 3;(4) lampiran 1 bagian 4. Kuisoner menggunakan pertanyaan-pertanyaan terbuka terdiri apa saja artinya pertanyaan yang diajukan kepada responden berupa pertanyaan yang responden bebas menentukan jawabannya sendiri atau biasa dikatakan pertanyaan yang bersifat esai.

5. Membuat Desain

Peneliti kemudian membuat beberapa desain dimana dapat mewakili output pada kuisoner, data hasil kuesioner diolah dengan task analisis pada obyek penelitian.

3.7.4 Tahap pengukuran

1. Tahap Pengukuran Quality Function Deployment (QFD)

Langkah-langkah yang harus ditempuh dalam membangun HOQ

sebagai berikut :

a. Melakukan identifikasi semua kebutuhan dan keinginan konsumen terhadap produk atau jasa yang ada. Lebih lanjut, kebutuhan dan keinginan konsumen ini disebutkan sebagai karakteristik konsumen, kelompokkan karakteristik yang diperoleh kedalam kelompok primer, sekunder dan bila perlu tersier. Seluruh data-data tersebut diuraikan dan dicatat pada bagian kiri rumah kualitas.

b. Mengidentifikasi tingkat kepentingan konsumen untuk masing-masing karakteristik konsumen yang telah diperoleh. Masukkan nilai-nilai tersebut kedalam kolom tingkat kepentingan (Importance) pada rumah kualitas.

c. Menerjemahkan seluruh kebutuhan dan keinginan konsumen (wants) kedalam karakteristik desain (hows), yang menunjukkan bagaimana perusahaan melakukan tahap desain guna memenuhi permintaan konsumen terhadap produk atau jasanya. Kelompokkan karakteristik desain kedalam kelompok primer, sekunder, dan jika perlu tersier. Seluruh data yang diperoleh diuraikan dan dicatat pada bagian atas dari rumah kualitas.

d. Menentukan hubungan yang terjadi antara masing-masing karakteristik konsumen dengan karakteristik desain. Adapun hubungan

yang dimaksud dapat dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu hubungan kuat, sedang, lemah. Masing-masing dengan lambang penulisan yang berbeda. Hubungan ini digambarkan pada bagian tengah rumah kualitas.

f. Menentukan target perusahaan terhadap masing-masing karakteristik desain yang ada, yang akan diusahakan pencapaiannya guna memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. Nilai-nilai tersebut dimasukkan kedalam kolom target yang terletak dibagian bawah rumah kualitas.

g. Membentuk matrik korelasi yang menunjukkan hubungan antar masing-masing karakteristik desain yang ada.

h. Desain produk perusahaan sendiri dibandingkan dengan produk-produk pesaing berdasarkan karakteristik konsumen yang ada. Dari sini dapat diketahui desain produk yang lebih baik dan kurang lebih baik dari semuanya. Informasi ini diperoleh secara langsung dari konsumen yang mengenal dengan baik semua produk yang bersangkutan. Data ini diletakkan pada bagian kanan rumah kualitas.

i. Seperti halnya diatas semua desain produk yang ada (perusahaan sendiri dan pesaing) juga dibandingkan berdasarkan karakteristik desain yang diperoleh pada tahap awal, namun bedanya, disini informasi diperoleh dari wawancara dengan pihak yang bersangkutan dalam perusahaan sendiri. Data yang dihasilkan diletakkan pada bagian bawah rumah kualitas.

j. Dengan menempatkan nilai-nilai yang berupa angka pada matrik hubungan keinginan konsumen dan karakteristik desain maka seluruh penilaian dapat disusun berdasarkan kepentingan relatif dari setiap kebutuhan dan keinginan konsumen. Pengurutan penilaian-penilaian ini akan menunjukkan item-item mana yang harus diberikan perhatian penuh berdasarkan pertimbangan pada tahap ini.

2. Tahap Pengukuran

Tahap pengukuran yang dilakukan adalah mengukur keluhan muskuloskeletal, kelelahan, dan produktivitas.



BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1. Deskripsi Alat Kereta Dorong Material *Handling*

Alat kereta dorong material *handling* yang digunakan untuk mengangkut dan memindahkan barang untuk keperluan *maintenance* dan produksi di refinery unit V. Bahan baku alat kereta dorong material *handling* terbuat dari bahan besi yang dicrom sebagai pegangan dan baja untuk rangka dan plat baja untuk dudukan barang. Berat alat kereta dorong 85 Kg dengan dimensi panjang 880 cm dan lebar 500 cm, merupakan hasil dari observasi peneliti. Adapun macam-macam barang yang akan diangkut adalah sebagai berikut:

1. Barang peralatan listrik-instrumen, *rotating equipment*, *stationery equipment* dan barang-barang lainnya kebutuhan Refinery Unit V yang dikemas dalam kotak ukuran panjang berkisar antara 0,1 meter-1 meter, lebar berkisar antara 0,1 meter - 0,9 meter, dan tinggi 0,35 meter- 0,65 meter.
2. Barang-barang padat dan cair dalam kemasan yang beratnya berkisar antara 25 kg – 150 Kg.
3. *Refractory/fire brick* ukuran 20 cm x 20 cm x 40 cm berat berkisar antara 25 kg/biji.

Lokasi pelaksanaan *loading-unloading* barang tempat penyimpanan sementara (*temporary warehouse*) sesuai lay out lampiran 4.1

4.2 Penentuan Jumlah Sampel

Perhitungan besar sampel untuk rancangan dengan objek yang sama antara kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen didasarkan pada jumlah populasi yang ada diperusahaan yaitu sebanyak 32 orang, dengan kriteria inklusi:

1. Jenis kelamin laki-laki.
2. Umur 38-55 tahun.
3. Tinggi badan rerata 167,33 cm.
4. Pengalaman kerja rerata 26,440 tahun.

4.3 Karakteristik Subjek

Subjek penelitian yaitu tenaga bantuan (NABAN) penerimaan barang *Refinery* Unit V jumlah 32 orang laki-laki. Deskripsi subjek dalam Tabel 4.1 menyatakan bahwa usia subjek didapat rerata 50 tahun dengan rentangan 38-55 tahun. Tinggi badan subjek didapat rerata 167,33 cm dengan rentangan 1,54 - 1,73 m. Pengalaman kerja subjek didapat rerata 26,44 tahun dengan rentangan 17-32 tahun dan pendidikan subjek antara SD- SM.

Tabel 4.1 Deskripsi Subjek

Aspek	Laki-laki		
	Rerata	Stdv	Rentangan
Usia (tahun)	50,00	5,29	38-55
Tinggi badan (cm)	167,33	6,00	154-173
Berat badan (kilogram)	68,78	5,60	52-74
Lamanya bekerja (tahun)	26,44	5,00	17-32
Pendidikan (SLTP-SM)	STM		SLTP-SM

Keterangan : Stdv/SB = Simpangan Baku

4.4 Perancangan Alat Kereta Dorong *Material Handling* Menggunakan *Quality Function Deployment (QFD)*.

Hasil kuesioner sesuai lampiran (lihat lampiran 1) memuat tentang data subjek, *Nordic body map*, keluhan dan kelelahan secara umum yang dialami responden. Untuk meningkatkan kinerja NABAN di *Service & Warehousing* maka perlu dilakukan perbaikan fasilitas kerja dengan merancang alat kerja yang ergonomis sesuai dengan kebutuhan atau keinginan pengguna dengan menggunakan metode QFD. Pengembangan fase proyek QFD yang lengkap diawali dari pembentukan diagram *House of Quality (HOQ)*, *part deployment*, matrik perencanaan proses dan matrik perencanaan produksi secara berurutan, yang menterjemahkan kebutuhan konsumen ke dalam langkah-langkah operasional. HOQ adalah suatu *framework* atas pendekatan dalam mendesain *management QFD*. Langkah-langkah dalam pembuatan HOQ adalah:

4.4.1 Pembuatan HOQ.

1. Data Identifikasi Kebutuhan Konsumen

Identifikasi kebutuhan konsumen pada tenaga (NABAN) penerimaan Refinery Unit V tercantum pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Identifikasi Kebutuhan Konsumen

Primer	Sekunder	Tersier
Ergonomis	Mudah	- Kemudahan penggunaan - Kemudahan mengarahkan mendorong, menarik dan membelokkan
	Aman	- Aman saat dioperasikan dan kestabilan pada saat dioperasikan. - Tidak membahayakan saat digunakan.
	Nyaman	- Kenyamanan saat digunakan. - Operator tidak mengeluh dan mudah lelah
	Kesesuaian ukuran	- Kesesuaian ukuran landasan dengan barang yang diangkut.

		- Kesesuaian ukuran rata-rata tangan pengguna.
	Kapasitas Operasi	- Kapasitas angkut sesuai kebutuhan

Ergonomis merupakan bahasa verbal dari konsumen yang kemudian digolongkan ke dalam tingkatan primer. Dari tingkat bahasa primer, arti ergonomis diterjemahkan ke dalam tingkatan bahasa sekunder yaitu mudah, aman, nyaman dan kesesuaian ukuran. Bahasa tersier merupakan pemilahan dan terjemahan bahasa sekunder yang merupakan hasil rincian dari keinginan konsumen.

2. Tingkat Kepentingan

Tingkat kepentingan pengguna NABAN menunjukkan tingkatan atau prioritas kebutuhan konsumen. Tingkat kepentingan konsumen diperoleh dari proposi responden terhadap tingkat kepentingan dari tiap-tiap elemen kebutuhan konsumen yang paling banyak. Tingkat kepentingan dari tiap-tiap elemen kebutuhan berdasarkan skala yang telah ditetapkan dengan menggunakan *absolute importance*. Metode *Absolute Importance* menggunakan kisaran nilai 1-5 (Cohen,1995) yaitu:

Nilai 1 : Tidak penting sama sekali bagi konsumen

Nilai 2 : Sedikit penting bagi konsumen

Nilai 3 : Penting bagi konsumen

Nilai 4 : Sangat penting bagi konsumen

Nilai 5 : Paling sangat penting bagi konsumen

Hasil kuisioner tentang tingkat kepentingan alat kereta dorong material handling untuk kebutuhan konsumen diperoleh 20 % memberi nilai 3, untuk 60 % memberi

nilai 4 dan 20 % memberi nilai 5. Data selengkapnya ada pada lampiran 1 bagian 2.

Tabel 4.3 Hasil Tingkat Kepentingan Konsumen / Pengguna

Kebutuhan pengguna	<i>Customer Importance (CI)</i>
Kemudahan pengguna mendorong	5
Kemudahan pengguna mengarahkan dan menarik	4
Kemudahan memberhentikan	3
Kenyamanan saat digunakan, tidak ada keluhan dan tidak mudah lelah	4
Kesesuaian landasan dengan barang yang diangkut	4
Kesesuaian ukuran rata-rata tangan pengguna	5
Kapasitas angkut sesuai kebutuhan.	4

Pada Tabel 4.3 tersebut menunjukkan bahwa prioritas pertama perancangan didasarkan pada kebutuhan pengguna yang mendapat nilai 5 yang berarti paling sangat penting bagi pengguna yaitu : kemudahan mendorong/penggunaan, kesesuaian ukuran dengan rata-rata pengguna/konsumen. Prioritas perancangan kedua didasarkan pada kebutuhan pengguna yang mendapat nilai 4 yang berarti sangat penting bagi pengguna yaitu: kemudahan mengarahkan, kenyamanan saat digunakan, kesesuaian kondisi roda kereta dorong, kesesuaian alat kereta dorong dengan kebutuhan, kekokohan struktur alat kereta dorong dan kapasitas angkut sesuai kebutuhan. Prioritas perancangan pengguna yang mendapat nilai 3 yang berarti penting bagi pengguna yaitu didasarkan pada kemudahan memberhentikan dan kestabilan dalam operasi.

3. Karakteristik Teknis

Kebutuhan konsumen (*Customer Needs*) seperti tercantum pada Tabel 4.2 kemudian diterjemahkan ke dalam karakteristik teknik (*Technical Response*). Jika

Customer Needs mewakili suara konsumen NABAN penerimaan bagian *Service & Warehousing* maka *Technical Responce* merupakan karakteristik kualitas atau mewakili suara pengembang yaitu peneliti. Adapun *Technical Responce* adalah:

1. Struktur roda
 2. Kekuatan dan kualitas bahan
 3. Kesesuaian pegangan dapat disetir, dibelokkan, ditarik dan didorong
 4. Dapat digerakkan naik-turun dengan *system hydroulic*
 5. Kesesuaian ukuran diameter pegangan dengan rata-rata tangan responden
 6. Kesesuaian alat dengan benda kerja
 7. Struktur kerangka dan landasan
4. Hubungan Kebutuhan Konsumen dan Karakteristik Teknis

Pada tahap ini dianalisis hubungan antara kebutuhan pengguna NABAN penerimaan barang bagian *Service & Warehousing* dengan karakteristik teknik yang telah didefinisikan, sehingga diperoleh hubungan yang sangat kuat atau lemah. Penilaian ini menggunakan skala ordinal yang merupakan tingkat pengukuran data yang berupa urutan rangking data, yang memberi arti daya bahwa satu obyek lebih, kurang atau sama jumlahnya dari atributnya dibanding dengan obyek lainnya. Nilai yang digunakan untuk menggambarkan ketiga hubungan tersebut adalah sebagai berikut (Cohen, 1995) :

Nilai 1 berarti hubungan lemah

Nilai 3 berarti hubungan sedang

Nilai 5 berarti hubungan kuat

Pemberian nilai hubungan didasarkan atas data kualitatif yang diperoleh dari wawancara, melakukan observasi, pengalaman konsumen, serta estimasi nilai dari peneliti. Hubungan konsumen dan karakteristik teknik seperti tercantum pada matrik 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Matrik Hubungan Kebutuhan Konsumen
Terhadap Karakteristik Teknik



Hubungan Simbol 5 = Kuat ● 3 = sedang ○ 1 = lemah △		Keinginan Pengguna		Karakteristik Teknis															
				No Urut Kebutuhan Teknis															
				CI	1	2	3	4	5	6	7	8							
				Struktur alat	Keringanan/ kekuatan bahan	Kualitas Bahan roda (castor)	Kesesuaian pegangan dapat disetir/ dibelokkan	Kesesuaian pegangan dapat ditarik/ didorong	Dapat digerakkan naik- turun dengan <i>system hydraulic</i>	Kesesuaian ukuran tinggi pegangan dengan rata-rata konsumen	Kesesuaian alat dengan benda kerja								
1	Ergonomis	Mudah	Kemudahan pengguna mendorong	5	●	○	○	○	△		○	○							
2		Mudah	Kemudahan Pengguna Mengarahkan dan menarik	4	●			●	●		●	△							
3		Aman	Kemudahan Memberhentikan	3	○		●		△	△	○								
4		Aman	Kenyamanan saat digunakan	4	●			○	●	○	○								
5		Nyaman	Kesesuaian landasan dengan barang yang diangkut.	4	○	○				△	△								
6		Ukuran sesuai	Kesesuaian ukuran rata-rata tangan pengguna	5		●		●			●								
7		Kapasitas	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	4	●					△	●								
Operational Goal / Target					Sesuai rancangan = 800 Lbs	Disesuaikan	Bahan Polyurethane diameter = 126 mm x 54 mm x 16 mm	Handle of height 970 mm	Diameter of table = 855 x 500 x 50 mm	Mengangkat beban maksimum 800 lbs	Round bar Stainless diameter 3/4 inchi	Maximum lift height 1000 mm							

5. Nilai Target

Nilai target merupakan skor dari perusahaan dan nilai karakteristik teknik perusahaan. Nilai target keluaran fisik dari QFD berupa rangkaian seluruh proses dalam mendapatkan informasi, struktur, dan tingkatan pengembangan desain produk. Penentuan nilai target adalah penjumlahan dari perkalian tingkat

kepentingan kebutuhan konsumen dengan nilai korelasi kebutuhan konsumen (*Customer Needs*) dengan nilai karakteristik teknik. Nilai target untuk karakteristik teknik ke-1 adalah jumlah dari seluruh perkalian tingkat kepentingan kebutuhan konsumen dengan nilai hubungan antara kebutuhan konsumen dengan karakteristik teknik ke-1 dengan nilai target = $(5 \times 5) + (4 \times 5) + (3 \times 3) + (4 \times 5) + (3 \times 4) + (5 \times 4) = 106$. Berdasarkan hasil perhitungan untuk keseluruhan nilai target dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil Nilai Target

Hubungan Simbol 5 = Kuat ● 3 = sedang ○ 1 = lemah △		Keinginan Pengguna		Karakteristik Teknis								
				Struktur Alat	Keringanan/ kekuatan bahan	Kualitas bahan roda (Castor)	Kesesuaian pegangan dapat disetir/ dibelokkan	Kesesuaian pegangan dapat ditarik/ didorong	Dapat digerakkan naik-turun dengan system <i>hydraulic</i>	Kesesuaian tinggi pegangan dengan rata-rata konsumen	Kesesuaian alat dengan benda kerja	
				No Urut Kebutuhan Teknis								
		CI	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	Ergonomis	Mudah	Kemudahan pengguna mendorong	5	25	15	15	5	15	20		
2		Mudah	Kemudahan Pengguna Mengarahkan dan Menarik	4	20		20	20	20	4		
3		Aman	Kemudahan memberhentikan	3	9		15	3	3	9		
4		Aman	Kenyamanan saat digunakan tidak ada keluhan dan tidak mudah lelah	4	20		12	20	12	12	20	
5		Nyaman	Kesesuaian landasan dengan barang diangkut	4	12	12			4	4		
6		Ukuran sesuai	Kesesuaian ukuran rata-rata tangan pengguna	5		25		25		15	15	
7		Kapasitas	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	4	20			4	20		20	
		TOTAL			106	52	30	72	52	39	75	79

7. Penilaian Persepsi Konsumen Terhadap Alat Sebelumnya (Alat lama).

Kuisisioner tentang keinginan / kebutuhan responden terhadap alat kereta dorong material handling pada 32 responden dengan 10 pertanyaan. Ke (10) sepuluh pertanyaan yang diajukan ke responden untuk alat kereta dorong material handling, pemilihan yang diajukan terbagi atas 5 pilihan yaitu :
(Rekap lampiran 1 bagian IV)

Nilai 1 : Sangat tidak memuaskan Nilai 4 : Memuaskan

Nilai 2 : Tidak memuaskan Nilai 5 : Sangat memuaskan

Nilai 3 : Cukup

Tabel 4.7 Jumlah proposi (%) responden yang menyatakan penilaian terhadap alat Kereta Dorong Lama.

No.	Kebutuhan Pengguna	Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Kemudahan pengguna mendorong	5	12	13	2	
2	Kemudahan pengguna mengarahkan dan menarik	12	10	7	3	
3	Kemudahan memberhentikan	5	12	13	2	
4	Kenyamanan saat digunakan	8	12	9	2	1
6	Kesesuaian landasan dengan barang yang diangkut	1	12	19		
7	Kesesuaian ukuran rata-rata tangan pengguna.	15	13	3	1	
10	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	12	13	2	4	1

Tabel 4.8 Jumlah proposi (%) responden yang menyatakan penilaian terhadap Alat Kereta Dorong Material Handling Rancangan

No.	Kebutuhan Pengguna	Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Kemudahan pengguna mendorong			3	10	19
2	Kemudahan pengguna mengarahkan dan menarik		3	4	16	9
3	Kemudahan memberhentikan	1	4	12	11	4
4	Kenyamanan saat digunakan	1	1	4	9	17
5	Kesesuaian landasan dengan barang yang diangkut	1	3	9	16	3
6	Kesesuaian ukuran dengan rata-rata tangan pengguna.	1	1	3	11	16
7	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	1	4	7	13	7

8. Nilai Posisi alat Kereta Dorong *Material Handling*.

Nilai posisi alat kereta dorong material handling berdasarkan nilai proposi dari hasil kuisioner tentang persepsi kepuasan konsumen yang dihitung dari 32 responden yang benar-benar mencoba menggunakan alat kereta dorong lama sesuai Tabel 4.7 dari 32 responden, jumlah responden yang menyatakan penilaian persepsi responden terhadap alat lama untuk atribut kemudahan mendorong/ penggunaan, sebanyak 5 responden memberi nilai 1 dengan proposi 15.62 %, 12 responden memberi nilai 2 dengan proporsi 37.50 %, 13 responden memberi nilai 3 dengan proposi 40.62 %, 2 responden memberi nilai 4 dengan proporsi 6.26 %. Nilai proporsi terbesar 40.6% dengan nilai 2, maka posisi alat kereta dorong lama atribut kemudahan mendorong/ penggunaan memperoleh nilai 2. Perhitungan atribut kebutuhan konsumen yang untuk alat kereta dorong hasil rancangan sesuai Tabel 4.8 dari 32 responden yang menyatakan penilaian persepsi responden terhadap rancangan baru untuk atribut kemudahan mendorong/ penggunaan,

sebanyak 3 responden memberi nilai 3 dengan proporsi 9.40 %, 10 responden memberi nilai 4 dengan proporsi 31.20 %, 19 responden memberi nilai 5 dengan proporsi 59.40 %. Nilai proporsi terbesar 59.40% dengan nilai 5, maka posisi alat kereta dorong lama atribut kemudahan mendorong/ penggunaan memperoleh nilai 5. Rekapitulasi nilai posisi alat kereta dorong lama dan alat kereta dorong material handling hasil rancangan sesuai Tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Nilai Posisi Alat Kereta Dorong Material Handling

No.	Kebutuhan Pengguna	Posisi	Posisi
		Alat Kereta Lama	Alat Kereta Rancangan
1	Kemudahan pengguna mendorong	3	5
2	Kemudahan mengarahkan mendorong dan menarik	1	4
3	Kemudahan memberhentikan	3	3
4	Kenyamanan saat digunakan	2	5
5	Kesesuaian landasan dengan barang yang diangkat	3	4
6	Kesesuaian ukuran dengan rata-rata tangan pengguna	1	5
7	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	2	4

Keterangan :

Nilai 1 : Sangat tidak memuaskan Nilai 4 : Memuaskan

Nilai 2 : Tidak memuaskan Nilai 5 : Sangat memuaskan

Nilai 3 : Cukup

Dalam penulisan pada HOQ, nilai posisi atau pada fase *benchmarking* dilambangkan dengan simbol sebagai berikut:

■ : Alat Kereta Dorong Lama

△ : Alat Kereta Dorong Rancangan Baru

Hasil nilai posisi sebelum menggunakan alat dan sesudah menggunakan alat terhadap kebutuhan konsumen jika dilambangkan dalam bentuk simbol terlihat seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 4.10 Hasil Nilai Posisi Alat kereta Dorong Material Handling

			Alat Kereta Dorong Lama ■	Nilai posisi penilaian penggunaan 5 = sangat memuaskan 4 = memuaskan 3 = cukup 2 = tidak memuaskan 1 = sangat tidak memuaskan				
			Alat Kereta Dorong Rancangan △					
			Kebutuhan Pengguna			Penilaian		
			1	2	3	4	5	
1	Ergonomis	Mudah	Kemudahan pengguna mendorong			■		△
2		Mudah	Kemudahan mengarahkan dan mendorong	■			△	
3		Mudah	Kemudahan memberhentikan			■ △		
4		Mudah	Kenyamanan saat digunakan		■			△
6		Nyaman	Kesesuaian landasan dengan barang yang diangkut			■	△	
7		Nyaman	Kesesuaian ukuran rata-rata tangan pengguna	■				△
10		Nyaman	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan		■		△	

9. Benchmarking Alat Kereta Dorong Material Handling

Menurut Zairi (1996) *benchmarking* bukan hanya sebuah teknik atau alat, tetapi merupakan sebuah konsep yang sangat kuat. *Benchmarking* kan memberikan pengaruh pada modifikasi perilaku dan membangun cara-cara baru dalam menjalankan bisnis dan menganjurkan disiplin yang lebih baik dalam mempertimbangkan proses-proses yang memfokuskan pada konsumen. Tahapan dengan *benchmarking* akan mengambil langkah-langkah strategi perencanaan dalam menentukan obyek yang akan dikembangkan berdasarkan pemahaman

konsumen dan kemampuan proses internal. Pada *benchmarking* ini dinilai dari karakteristik teknik masing-masing alat. Penilai ini diperoleh dari wawancara, melakukan pengamatan, pengalaman, dan pertimbangan konsumen, serta pendapat dan estimasi dari pemilik *home industry*.

Tabel 4.11 Perbandingan sebelum menggunakan alat dengan sesudah menggunakan alat kereta dorong terhadap Karakteristik Teknik

Benchmarking	Keinginan Konsumen	Karakteristik Teknis	Tingkat Kepentingan	Karakteristik Teknik										
				Struktur Alat	Keringan/kekuatan bahan	Kualitas bahan roda (castor)	Kesesuaian pegangan dapat disetir/ dibelokkan	Kesesuaian pegangan dapat ditarik/ didorong	Dapat digerakkan naik-turun dengan system hydraulic	Kesesuaian tinggi pegangan dengan rata-rata konsumen	Kesesuaian alat dengan benda kerja	Struktur Landasan	Struktur Kerangka	
Nilai Target				106	52	30	72	52	39	75	79	20	32	
SKOR	■ Menggunakan Alat lama	5		Δ						Δ				
		4			Δ		Δ		Δ		Δ	Δ	Δ	
		3	■			■ Δ		Δ	■					
	Δ Menggunakan Alat Hasil Rancangan	2					■	■					■	■
		1		■							■	■		

10. Perhitungan kuantitatif untuk identifikasi prioritas

Beberapa informasi tambahan mungkin ditambahkan untuk bagian informasi konsumen dari matrik perencanaan produk untuk menyediakan sebuah perhitungan kuantitatif dari *importance*, sehingga dapat membantu proses penentuan prioritas perhitungan kuantitatif sebagai berikut:

- a. *Goal* : merupakan *level performance* yang ingin dicapai perusahaan untuk memenuhi kebutuhan konsumen (*customer need*). Target tim mempercayai perusahaan akan mampu mencapai target pada produk baru dengan skor yang telah ditentukan yaitu membandingkan dengan produk sebelum/produk sesudah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Nilai *Goal*

No.	Kebutuhan Pengguna	Posisi Menggunakan Alat Lama	Posisi Menggunakan Alat Rancangan	<i>Goal</i>
1	Kemudahan pengguna mendorong	3	5	5
2	Kemudahan pengguna mengarahkan dan menarik	1	4	5
3	Kemudahan memberhentikan	3	3	3
4	Kenyamanan saat digunakan	2	5	5
5	Kesesuaian landasan dengan barang yang diangkut	3	4	4
6	Kesesuaian ukuran rata-rata tangan pengguna	1	5	5
7	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan.	2	4	4,5

- b. *Sales Point* : merupakan informasi kemampuan menjual produk berdasarkan seberapa baik setiap *customer need* terpenuhi dan berpengaruh pada kompetisi yang dapat digunakan untuk pemasaran. Nilainya adalah : 1.2 yang disimbolkan dengan lingkaran double seperti hubungan kuat. Atribut yang paling dipentingkan oleh konsumen akan memiliki nilai *sales point* tertinggi. Nilai ini ditentukan melalui diskusi tim pengembang kualitas yang masing-masing atribut yang memiliki nilai *sales point* ditunjukkan pada Tabel 4.13 berikut ini :

Tabel 4.13 *Sales Point*

No.	Kebutuhan Pengguna	Nilai <i>Sales Point</i>
1	Kemudahan pengguna mendorong	1.2
2	Kemudahan pengguna mengarahkan dan menarik	1
3	Kemudahan memberhentikan	1.2
4	Kenyamanan saat digunakan	1.2
5	Kesesuaian landasan dengan barang yang diangkat	1
6	Kesesuaian ukuran rata-rata tangan pengguna	1.2
7	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan.	1.2

- c. *Improve Ratio* merupakan hasil perbandingan *goal* dengan posisi produk perusahaan, semakin besar nilai *improvement ratio*, maka semakin jauh pula atribut produk tersebut dari tingkat kepuasan maksimal pengguna atau konsumen, seperti dalam Tabel 4.13.
- d. *Row Weight*, memiliki nilai *row weight* tinggi, akan menjadi perhatian utama perusahaan untuk ditingkatkan dalam memenuhi kepuasan pelanggan. Nilai *row weight* diperoleh dari perkalian antara *Importance to Customer*, *Improvement ratio* dan *Sales Point*. Hasil dari *row weight* dapat dibuat untuk merefleksikan tindakan yang dikelompokkan atas tindakan A, B dan C, untuk memperhatikan kebutuhan kesulitan dan sumber daya. Penilaian untuk mengambil tindakan yang diperlukan dengan kategori tindakan sebagai berikut:
- 1) Kategori A: Pesaing sangat jauh didepan, perusahaan semata-mata tertarik untuk mengemulasikan ide produk pesaing ke produk perusahaan.

- 2) Kategori B: Item membutuhkan sumber daya yang lebih. Konsep harus dikembangkan dan dievaluasi untuk menemukan konsep terbaik. Produk pesaing bisa digunakan sebagai referensi karena produk pesaing lebih ideal dibanding produk perusahaan.
- 3) Kategori C: Item sangat sulit. Ada kesamaan dengan kategori B, kecuali perusahaan tidak mempunyai performansi dan perusahaan mempunyai alternatif konsep

Tabel 4.14 *Improve Ratio*

No	Kebutuhan Pengguna	Posisi Menggunakan Alat Lama	Goal	<i>Improve Ratio</i>
1	Kemudahan pengguna mendorong	3	5	1.67
2	Kemudahan mengarahkan dan menarik	1	5	5
3	Kemudahan memberhentikan	3	3	1
4	Kenyamanan saat digunakan	2	5	2.5
5	Kesesuaian landasan dengan barang yang diangkat	3	4	1.33
6	Kesesuaian ukuran rata-rata tangan pengguna .	1	5	5
7	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	2	4.5	2.25

Hasil pengolahan data yang menunjukkan bahwa atribut yang memiliki bobot baris paling besar atau mendapat prioritas utama untuk dilakukan suatu tindakan guna memperbaiki kualitas produk adalah: kemudahan mematikan, kesesuaian alat perajang dengan rata-rata konsumen, sedangkan atribut produk yang memiliki berat bobot baris paling kecil atau tidak masuk kedalam prioritas utama untuk dilakukan suatu tindakan guna memperbaiki kualitas produk adalah

kekokohan struktur alat. Tabel di bawah ini akan menyajikan nilai bobot baris untuk semua atribut produk dimulai dari nilai bobot baris yang terbesar sehingga nilai bobot baris terkecil serta kategori tindakan yang diambil.

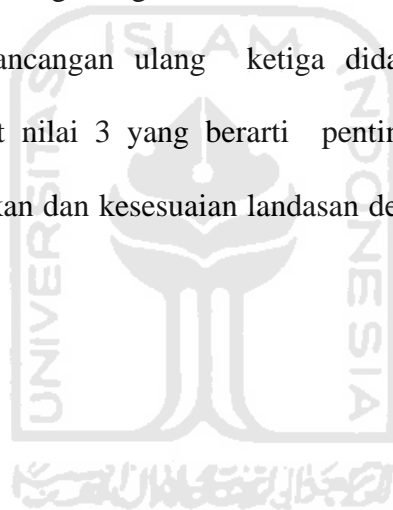
Tabel 4.15 Informasi Konsumen

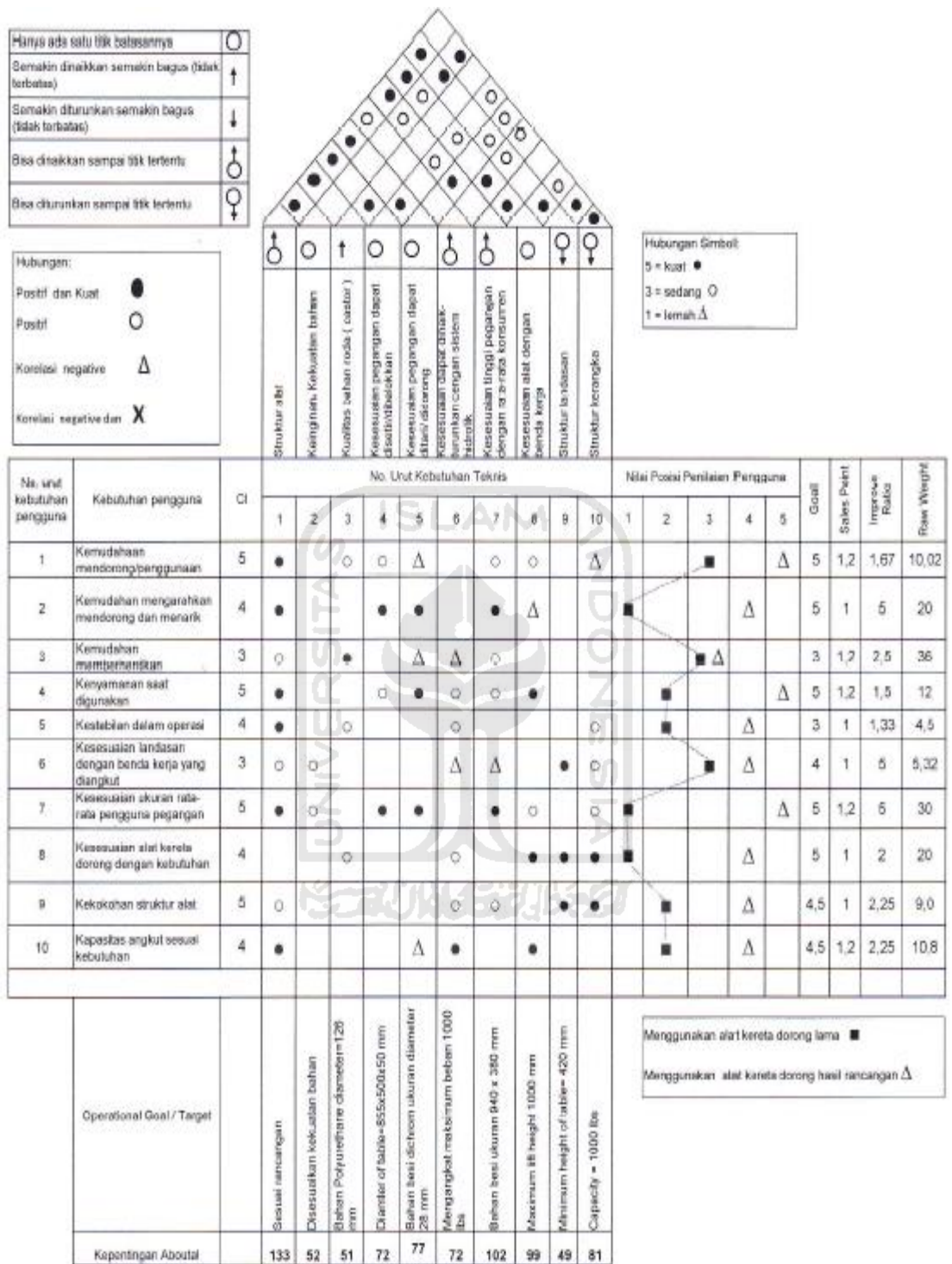
No.	Kebutuhan Pengguna	Customer Importance	Sales Point	Improve Ratio	Row Weight	Action
1	Kemudahan pengguna mendorong	5	1.2	1.67	10.02	B
2	Kemudahan pengguna mengarahkan	4	1	5.0	20	B
3	Kemudahan memberhentikan	3	1.2	1.0	3.6	
4	Kenyamanan saat digunakan	4	1.2	2.5	12	
5	Kesesuaian landasan dengan barang yang diangkut	4	1	1.33	5.32	
6	Kesesuaian ukuran rata-rata tangan pengguna	5	1.2	5.0	30	B
7	Kapasitas angkut sesuai kebutuhan	4	1.2	2.25	10.8	C

11. Matriks HOQ

Hasil akhir dari metode QFD merupakan sebuah rencana pengembangan produk. Rencana pengembangan dapat terlihat pada nilai target yang terletak dibagian bawah HOQ. Metode QFD mencakup proses-proses yang lengkap mulai dari identifikasi permasalahan sampai tercapainya sasaran proyek pengembangan melalui lahirnya spesifikasi desain, untuk jelasnya hasil keseluruhan HOQ terlihat pada gambar 4.1. Dari gambar HOQ dapat diketahui tingkat hubungan antara atribut kebutuhan konsumen dengan karakteristik tekniknya. Karakteristik teknik digunakan untuk mengukur atau mengkuantitatifkan kebutuhan konsumen yang

masih bersifat kualitatif. Dari tingkat kepentingan dapat diketahui bahwa karakteristik yang mempunyai nilai 5 yang berarti paling penting bagi pengguna yaitu: kemudahan mendorong/penggunaan, kenyamanan saat digunakan, kesesuaian ukuran rata-rata pengguna pegangan tangan kereta dorong dan kekokohan struktur alat kereta dorong. Prioritas perancangan ulang kedua didasarkan pada kebutuhan pengguna yang mendapat nilai 4 yang berarti sangat penting bagi pengguna yaitu : kemudahan mengarahkan, kestabilan dalam operasi, kesesuaian alat kereta dorong dengan kebutuhan, dan kapasitas angkut sesuai kebutuhan. Prioritas perancangan ulang ketiga didasarkan pada kebutuhan pengguna yang mendapat nilai 3 yang berarti penting bagi pengguna yaitu: kemudahan memberhentikan dan kesesuaian landasan dengan kondisi roda kereta dorong.





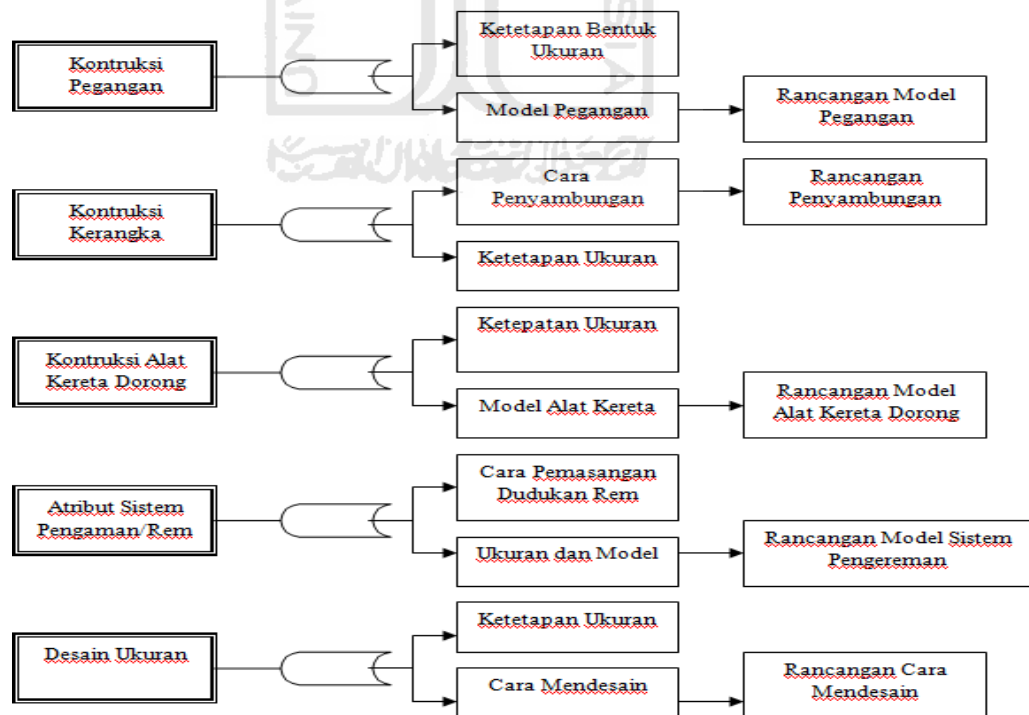
Gambar 4.1 Matriks HOQ

4.4.2 *Fault tree analysis.*

Untuk menentukan *critical part deployment* digunakan metode *fault tree analysis* yaitu menganalisis elemen-elemen yang diperkirakan sebagai penyebab terjadinya ketidaksesuaian target dengan *technical requirement*. Sebelum penentuan *part* kritis perlu dibuat dulu analisis konsep. Dalam analisis konsep terdapat kriteria-kriteria yang merupakan rumusan rincian kebutuhan dari alat kereta dorong *material handling* , yaitu :

1. Kebutuhan konsumen, berdasarkan HOQ maka dapat ditentukan faktor teknik yang memungkinkan untuk diperbaiki, yaitu :
 - a. Struktur alat
 - b. Tinggi pegangan kereta, dan diameter / keliling pegangan
 - c. Keringanan/ kekuatan bahan
 - d. Kesesuaian alat
 - e. Kualitas bahan roda (Castor).
 - f. Atribut sistem pompa hidrolik.
2. Kebutuhan dari sisi *manufacturing*, dalam proses pembuatan alat kereta dorong *material handling* ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :
 - a. Perlu dirancang ukuran yang tepat sehingga aman dan nyaman digunakan.
 - b. Perlu dirancang dengan menggunakan bahan yang ringan dengan kekuatan struktur bahan yang kuat dengan memenuhi standar.
 - c. Perlu dirancang material roda (castor) yang mempunyai gaya gesek rendah tetapi mempunyai gaya tekan yang besar.

- d. Perlu dirancang ukuran tinggi dan diameter pegangan kereta dorong yang memenuhi kebutuhan rata-rata pengguna.
 - e. Mengoptimalkan kapasitas produksi
 - f. Keamanan kereta dorong untuk menghindari melorotnya beban/ barang yang diangkat.
 - g. Keamanan kereta dorong pada waktu berhenti untuk menghindari meluncurnya kereta dorong pada waktu landasan menurun.
3. Kebutuhan umum yang diinginkan konsumen adalah *Alat Kereta Dorong Material Handling* yang memiliki karakteristik : mudah untuk mengarahkan mendorong/ menarik, kesesuaian ukuran rata-rata pengguna pegangan tangan kereta dorong, kesesuaian kereta dorong dengan pengguna. *Fault tree analysis* dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 *Fault Tree Analysis*

4.4.3 Matrik part deployment

Persyaratan teknik yang diperoleh dari matrik *House of Quality*, pada matrik *deployment* akan berubah menjadi kebutuhan untuk dicantumkan sebagai baris pada bagian kiri rumah. Sedangkan kolom yang merupakan bagian bawah atap rumah adalah *part* atau komponen yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan teknik ini. Dari kesepuluh rincian kebutuhan dalam faktor teknik HOQ maka kebutuhan yang harus diteliti lebih lanjut dalam *part deployment matrix* adalah : struktur kerangka, struktur roda, tinggi pegangan dan diameter pegangan, atribut *system* pengaman/rem, dan desain ukuran, sedangkan kebutuhan teknis: keringanan/kekuatan bahan dan kualitas bahan dapat langsung diperbaiki. Matrik *Part Deployment* dapat dilihat pada Tabel 4.16 dibawah ini.

Tabel 4.16 Matrik *Part Deployment*

		Critical Part Requirement	Rancangan cara perakitan tiap komponen dengan pengelasan	Rancangan desain roda menyatu dengan rangka	Rancangan cara perakitan komponen pengelasan dan baut	Rancangan cara penyambungan atribut dengan kerangka penandaan	Rancangan cara desain
Technical Requirement	Target						
Struktur Alat	Besi profil ukuran 855x500x50 mm	9	●				
Kesesuaian pegangan dapat disetir	Lebar pegangan 380 mm diameter 28 mm	7		●			
Kesesuaian Tinggi Pegangan	Pipa besi diameter 28 mm, tinggi 940 mm	9			●	●	●
Keringanan / kekuatan bahan	Plat tebal (3, 25, 30) mm, dan profil besi	6				●	●
Kesesuaian Alat dengan Barang	Rangka landasan ukuran 410 x 850 mm	9			●		
			Kinerja di tentukan	Kinerja di tentukan	Kinerja di tentukan	Kinerja di tentukan	Kinerja di tentukan
			81	63	162	135	135

4.4.4 Pemilihan rancangan (desain).

Kepentingan *absolute* dan operasional *goal* (target) dijadikan sebagai dasar untuk merencanakan desain. Tahap perencanaan desain Alat kereta dorong dengan intervensi ergonomi dimulai dari nilai target terbesar yang dihasilkan dari HOQ. Berdasarkan nilai target maka urutan karakteristik teknis yang menjadi prioritas pembuatan Alat kereta dorong material handling yang nyaman dan aman adalah: kesesuaian ukuran, tinggi pegangan tangan dan diameter dengan rata-rata konsumen, struktur alat, kesesuaian alat, kekuatan bahan, kesesuaian alat kereta dorong dengan benda kerja, kualitas bahan, pengaman beban/ *handle* rem, struktur landasan dan struktur kerangka. Tahapan memilih konsep Alat kereta dorong material *handling* didasarkan pada data pengukuran antropometri tenaga (NABAN) Penerimaan *Refinery* Unit V, dan perbandingan responden kelelahan dan keluhan muskuloskeletal sebelum dan sesudah bekerja. Alat kereta dorong material *handling*, dimana dengan atribut Alat kereta dorong menjadi nyaman dan aman karena kesesuaian ukuran tinggi alat kereta dorong dengan rata-rata konsumen dan mudah dinaik turunkan. Desain kerangka untuk mempermudah tenaga bantuan supaya tidak cepat terjadi kelelahan, struktur menyesuaikan rata-rata tinggi siku pengguna, sehingga pengguna lebih kuat lama dalam bekerja, stabil mudah penggunaannya serta memperoleh hasil yang lebih baik. Tahap desain konsep alat kereta dorong material *handling* diawali dengan tahap memilih desain konsep ini didasarkan pada suara pengembang (peneliti), konsumen dan pengguna. Diharapkan alat kereta dorong material *handling*

yang diimplimentasikan mewakili suara bersama demi peningkatan produktivitas. Tahapan memilih dari desain konsep rancangan diperoleh dari banyak pertimbangan antara pengguna dan pengembang, namun yang paling penting adalah bahwa rancangan hasil mewakili suara pengguna / konsumen.

Didalam melakukan perancangan alat bantu data yang dikumpulkan adalah dimensi tubuh manusia (antropometri) tenaga bantuan (NABAN) Penerimaan *Refinery* Unit V.

Tabel 4.17
Data Antropometri yang Diukur dan Cara Pengukurannya

No	DATA YANG DIUKUR	CARA PENGUKURAN
1	Tinggi Badan (TB)	Subyek berdiri tegak diukur dari jarak vertical dari telapak kaki sampai ujung kepala.
2	Tinggi Siku Berdiri (TSB)	Subyek berdiri tegak diukur jarak vertikal dari telapak kaki sampai siku tangan.
3	Jangkauan Tangan ke Depan (JTD)	Subyek berdiri tegak dengan betis punggung pantat merapat di dinding tangan menjangkau ke depan sejauh-jauhnya diukur jarak horisontal punggung sampai ujung jari tengah
4	Lebar Jari (LJ)	Jari-jari subyek lurus dan sejajar diukur dari sisi luar jari telunjuk sampai sisi luar jari kelingking
5	Keliling Genggaman Tangan (TGT)	Jari-jari subyek lurus dan sejajar diukur dari sisi luar telunjuk sampai pangkal ibu jari.

1. Desain untuk menentukan tinggi pegangan alat kereta dorong material handling adalah sebagai berikut:

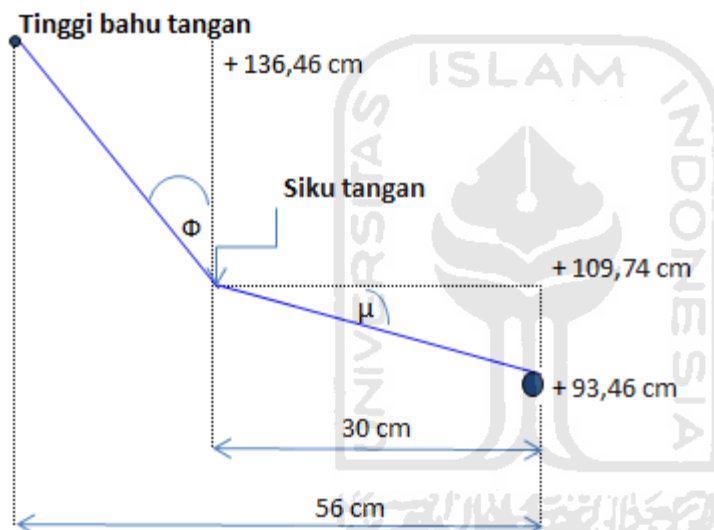
Diketahui : Tinggi siku berdiri (TSB) = 107,44 cm

Standar deviasi (Stdv) = 1,4

Presentil 95 = $x + 1,645 (\text{Stdv})$

= $107,44 + 1,645 (1,4)$

= 109,74 cm



Untuk memperoleh gaya dorong yang maksimal diperlukan sudut siku tangan sesungguhnya yang sebesar:

$$\text{Tangen } \mu = \frac{\text{Sin } \mu}{\text{Cos } \mu}$$

$$\text{Tangen } \mu = \frac{16,28}{30}$$

$$\mu = \text{Inv tangen } 0,542$$

$$\mu = 28,457^\circ.$$

Desain untuk menentukan diameter atau keliling pegangan alat kereta dorong material handling adalah sebagai berikut:

Diketahui : Keliling gengaman tangan (KGT) = 8.0 cm

Standar deviasi (Stdv) = 0,4

Presentil 95 = $x + 1,645$ (Stdv)

Presentil 95 = $8,0 + 1,645$ (0,4)

Presentil 95 = $8,0 + 0,658$

Presentil 95 = 8,645 cm

Keliling pegangan alat kereta dorong material handling = $2\pi r$

$$\text{Jari-jari pegangan kereta dorong material handling (R)} = \frac{\text{KGT}}{2\pi}$$

$$\text{Jari-jari pegangan kereta dorong material handling (R)} = \frac{8,645}{2 \times 3,14}$$

$$\text{Jari-jari pegangan kereta dorong material handling (R)} = 1,38 \text{ cm}$$

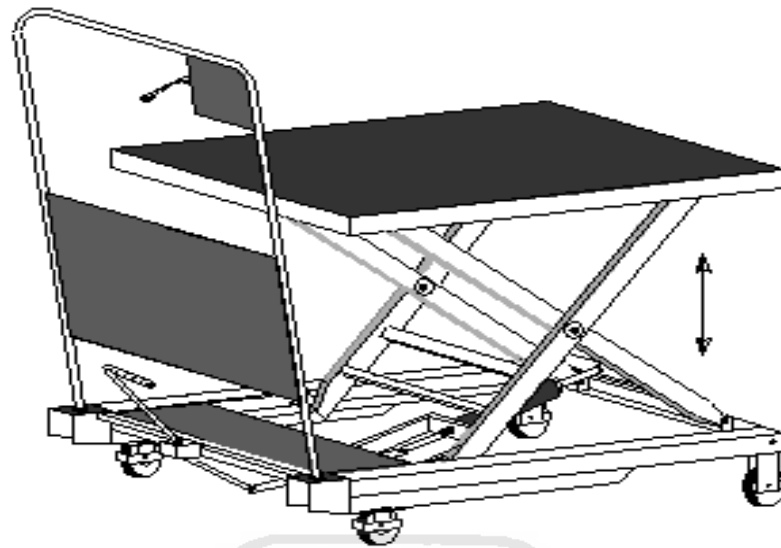
Diameter pegangan kereta dorong material handling = $2 R$

$$= 2 \times 1,38 \text{ cm}$$

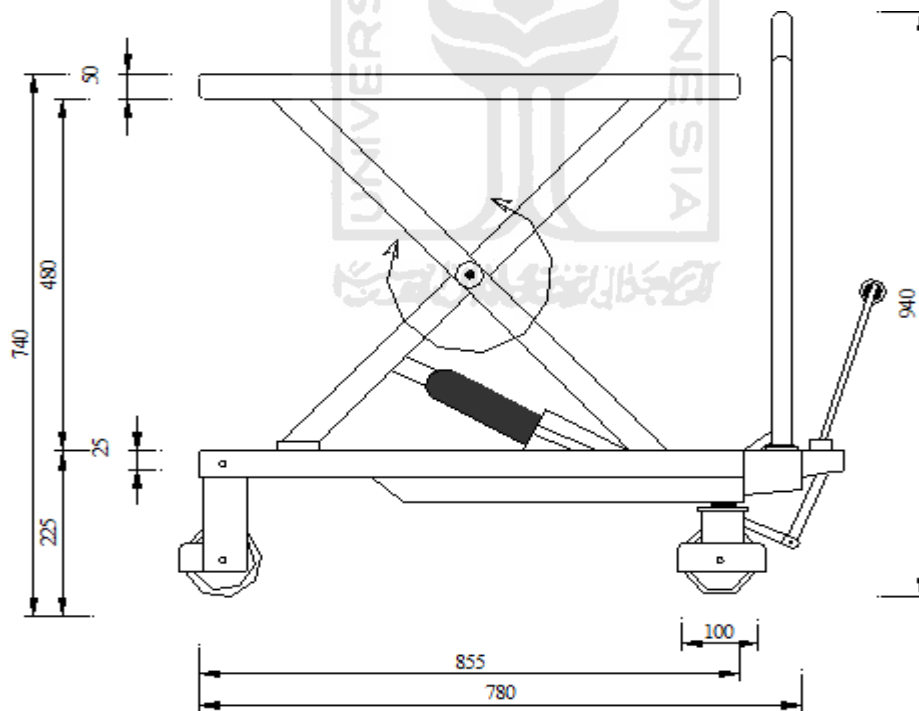
$$= 2,76 \text{ cm}$$

Diameter pegangan kereta dorong material handling setelah dibulatkan untuk membuat rancangan menjadi sebesar = $\Phi 2,8$ cm.

Dibawah adalah Gambar 4.3 desain Alat kereta dorong material handling terpilih yang akan diimplementasikan sesuai dengan suara pengguna dan pengembang melalui konsep rancangan model *Quality Function Deployment (QFD)*.



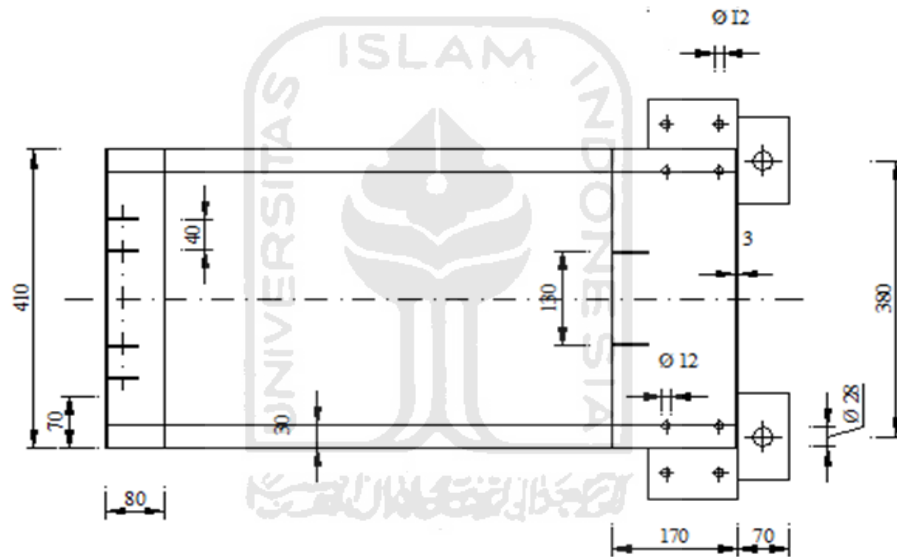
Gambar : 4.3 Kereta Dorong *Material Handling*



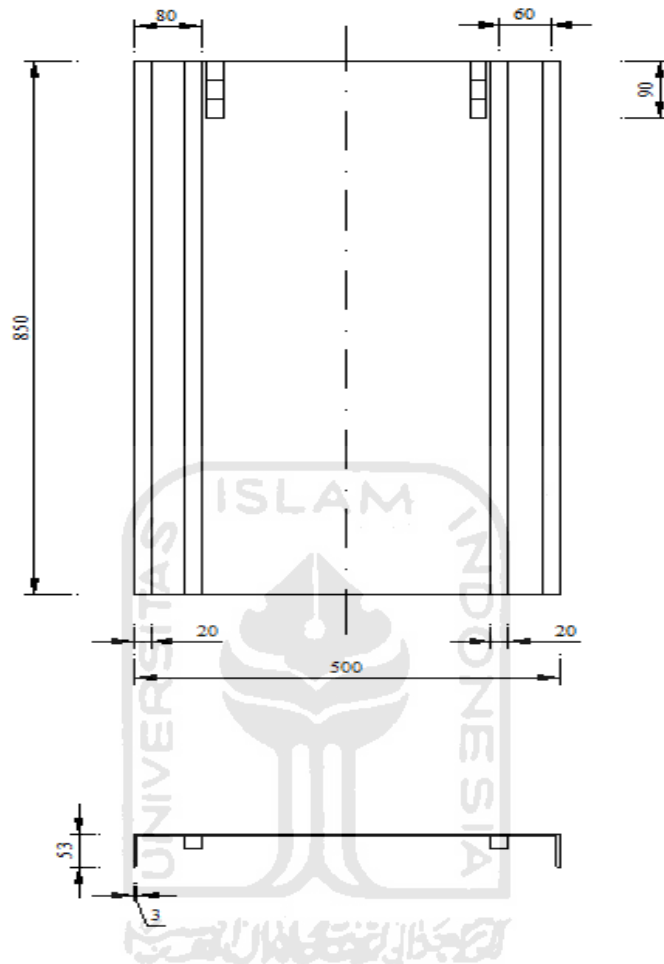
Gambar 4.4 Konstruksi Kereta Dorong *Material Handling*



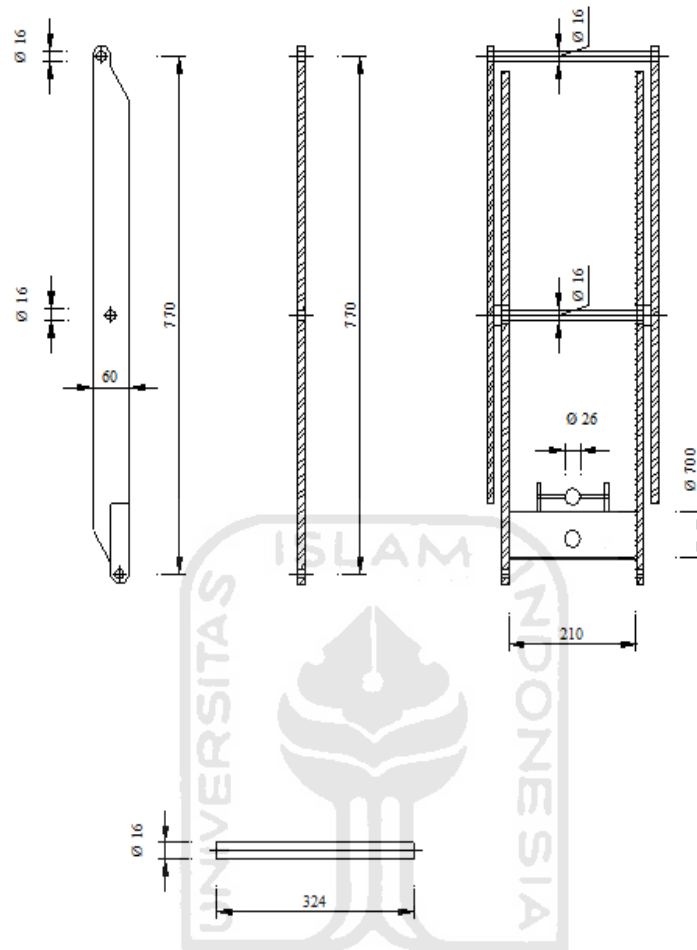
Gambar 4.5 Landasan Kereta Dorong *Material Handling*



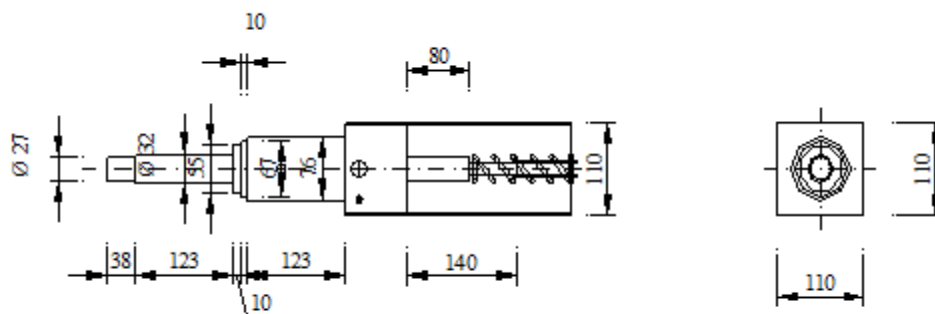
Gambar 4.6 Struktur Rangka Bagian Kereta Dorong *Material Handling*.

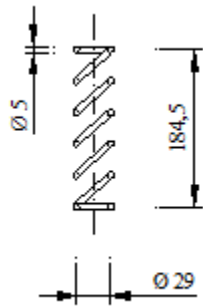


Gambar 4.7 Struktur Landasan Bagian Kereta Dorong *Material Handling*

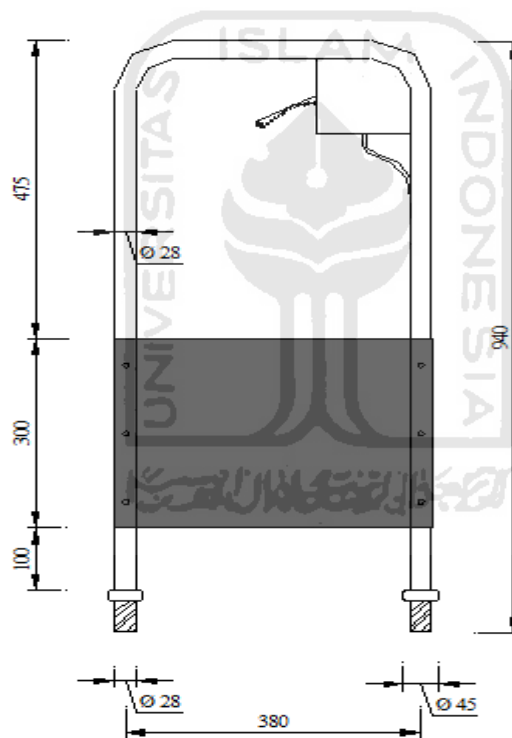


Gambar 4.8 Struktur Rangka Bagian Kereta Dorong *Material Handling*

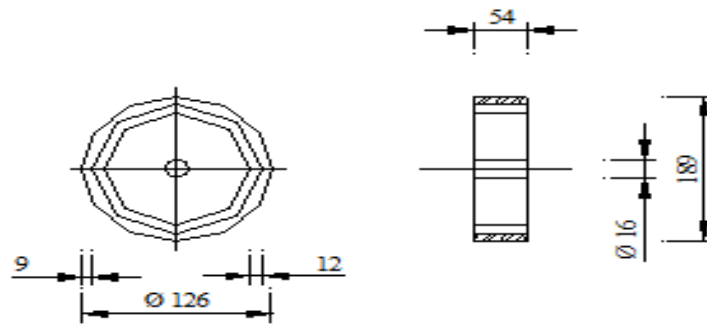




Gambar 4.9 Pompa Hidrolik Bagian Kereta Dorong *Material Handling*



Gambar 4.10 Pegangan Tangan Bagian Kereta Dorong *Material Handling*.



Gambar 4.11 Roda/Castor Wheel Bagian Kereta Dorong *Material Handling*.

Hasil pengolahan data dari Matrik *Part Deployment* diperoleh atribut-atribut yang diinginkan oleh konsumen untuk perancangan alat seperti nampak pada Gambar 4.12

Process Specification	Critical Parts Requirement						Critical Parts Requirement	Process Planning	
	Rancangan cara perakitan tiap komponen dengan pengelasan	Rancangan dengan roda menyatu dengan rangka	Rancangan cara perakitan komponen pengelasan dan bor	Rancangan cara penyambungan atribut dengan kerangka desain	Rancangan cara desain				
Autocad						●	Process pembuatan desain	Pembuatan desain	①
Manual							Process pengukuran	Penentuan ukuran	②
Mistar/Mistar Siku							Alat yang digunakan		③
Mesin potong plat/besi							Cara pemotongan	Pemotongan bahan	④
Disesuaikan gambar							Ukuran pemotongan		⑤
Cacat ukuran/bahan							Cara pemeriksaan awal	Pemeriksaan tiap komponen	⑥
Mesin bor							Pengeboran	Pengeboran	⑦
Mesin las	●	●	●	●			Cara mengelas	Pengelasan tiap komponen	⑧
Tangan dan mesin las, mesin bor, mesin gerinda dan kelengkapan perbengkelan.	●	●	●	●			Cara perakitan kerangka	Perakitan dengan pengelasan,baut	⑨
	●	●	●	●			Cara perakitan pegangan		
	●	●	●	●			Cara perakitan alat kereta		
	●	●	●	●			Cara perakitan sistem rem		
							Pengecatan		
Landasan							Pemeriksaan akhir	Pemeriksaan akhir	⑩
Diletakkan							Cara penyimpanan	Penyimpanan barang	⑪
Diangkut mobil							Cara pengiriman	Pengiriman	⑫

Gambar 4.12 Matrik Perencanaan proses

4.4.5 Matrik perencanaan produksi.

Tahap ini merupakan tahap terakhir untuk mengetahui tindakan yang perlu diambil untuk perbaikan performa perancangan produk. Tahap-tahap yang memerlukan adanya perbaikan dapat dilihat pada gambar 4.13

		Analisa Pekerjaan	Instruksi Operator	Training	
Process Step	Key Process Requirement				Notes
Desain Produk Secara Utuh	Cara Mendesain			●	Rancangan cara <i>desain</i>
	Ketepatan Ukuran		●	●	
Desain Ukuran	Ketepatan Bentuk Ukuran	●	●		Rancangan desain ukuran berdasarkan ukuran yang didapat
Sistem Pengereman	Cara Memasang	●	●		Rancangan desain sistem pengereman yang menyatu dengan <i>handle</i> pegangan tangan
	Ketepatan Pemasangan	●	●		
Sistem Alat Kereta Dorong	Cara Pemasangan Kereta Dorong	●	●		Rancangan cara merakit tiap-tiap komponen dengan pengelasan dan Mur dan baut.
	Ketepatan Pemasangan	●	●		
	Cara Menggunakan			●	

Gambar 4.13 Perencanaan Produksi

4.5 Uji Normalitas Terhadap Keluhan Muskuloskeletal, Kelelahan dan Produktivitas.

4.5.1 Uji normalitas keluhan muskuloskeletal sebelum bekerja dan sesudah bekerja.

Dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* hasil yang didapat rerata, simpang baku dan uji normalitas dilihat pada Tabel 4.18

Tabel 4.18
 Rerata, Simpang Baku dan Uji Normalitas
 Keluhan Muskuloskeletal sebelum bekerja dan sesudah bekerja

Aspek	Rerata	Simpang Baku (Stdv)	<i>P</i>	Kondisi
Kelompok kontrol sesudah bekerja	83,781	2,136	0,078	Normal
Kelompok eksperimen sesudah bekerja	34,375	1,809	0,012	Tidak normal

p = nilai probabilitas

Rerata keluhan muskuloskeletal sesudah bekerja kelompok kontrol sebesar 83,781 dengan simpang baku 2,136. Sedangkan untuk kelompok eksperimen rerata keluhan muskuloskeletal sesudah bekerja 34,375 dengan simpang baku 1,809. Uji normalitas sesudah bekerja kelompok kontrol dan eksperimen bernilai probabilitas 0,078 dan 0,012. Berdasarkan perhitungan, didapat nilai nilai *p* untuk kelompok kontrol sesudah bekerja lebih besar dari pada 0.05 ($p > 0.05$), maka data berdistribusi normal yang berarti bahwa sampel yang digunakan tersebut menyebar secara normal. Sedangkan kelompok eksperimen sesudah bekerja nilai *p* lebih kecil dari pada 0.05 ($p < 0.05$), maka data berdistribusi tidak normal yang berarti sampel yang digunakan tersebut menyebar secara tidak normal.

4.5.2 Uji normalitas kelelahan sesudah bekerja.

Dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* hasil yang didapat rerata, simpang baku dan uji normalitas dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4.19
 Rerata, Simpang Baku dan Uji Normalitas
 Kelelahan sesudah bekerja

Aspek	Rerata	Simpang Baku (Stdv)	P	Kondisi
Kelompok kontrol sesudah bekerja	74,781	1,9131	0,040	Tidak normal
Kelompok eksperimen sesudah bekerja	44,562	1,776	0,027	Tidak normal

p = nilai probabilitas.

Rerata kelelahan sesudah bekerja kelompok kontrol sebesar 74,781 dengan simpang baku 1,913, sedangkan untuk kelompok eksperimen rerata kelelahan sesudah bekerja 44,562 dengan simpang baku 1,776. Uji normalitas untuk sesudah bekerja kelompok kontrol dan eksperimen bernilai probabilitas 0,040 dan 0,027. Berdasarkan perhitungan, didapat nilai p untuk kelompok kontrol dan eksperimen sesudah bekerja lebih kecil dari pada 0.05 ($p < 0.05$), maka data berdistribusi tidak normal yang berarti bahwa sampel yang digunakan tersebut menyebar secara tidak normal.

4.5.3 Uji normalitas terhadap produktivitas sesudah bekerja.

Dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* hasil yang didapat rerata, simpang baku dan uji normalitas dilihat pada Tabel 4.20

Tabel 4.20
 Rerata, Simpang Baku dan Uji Normalitas
 Terhadap Produktivitas sesudah bekerja

Aspek	Rerata	Simpang Baku (Stdv)	P	Kondisi
Kelompok kontrol sesudah bekerja	53,656	2,457	0,136	Normal
Kelompok eksperimen sesudah bekerja	73,187	2,249	0,019	Tidak Normal

p = nilai probabilitas.

Rerata produktivitas kelompok kontrol sesudah bekerja sebesar 53,656 dengan simpang baku 2,457 sedangkan untuk kelompok eksperimen rerata produktivitas sesudah bekerja 73,187 dengan simpang baku 2,249. Uji normalitas sesudah bekerja kelompok kontrol dan eksperimen bernilai probabilitas 0,136 dan 0,019. Berdasarkan perhitungan, didapat untuk produktivitas kelompok kontrol sesudah bekerja nilai *p* lebih besar dari pada 0.05 ($p > 0.05$), maka data berdistribusi normal yang berarti bahwa sampel yang digunakan tersebut menyebar secara normal. Sedangkan produktivitas kelompok eksperimen sesudah bekerja nilai *p* lebih kecil dari pada 0.05 ($p < 0.05$), maka data berdistribusi tidak normal yang berarti sampel yang digunakan tersebut menyebar secara tidak normal

4.6 Uji Beda Terhadap, Keluhan Muskuloskeletal, Kelelahan, dan Produktivitas

Berdasarkan uji normalitas hampir semua data yang diuji berdistribusi tidak normal maka dalam penelitian ini dilakukan uji *non parametric*.

4.6.1 Uji beda terhadap keluhan Muskuloskeletal sesudah bekerja, terhadap kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

Uji beda terhadap keluhan muskuloskeletal sesudah bekerja terhadap kelompok kontrol dan kelompok eksperimen, dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21
Uji Beda Keluhan Muskuloskeletal antara Kelompok Kontrol dan Kelompok Eksperimen Sesudah bekerja, Mean Ranks

Variabel	Kelompok	Mean Ranks	P
Keluhan Muskuloskeletal sesudah bekerja	Kontrol	16,50	0,000
	Eksperimen	0,00	

$p = \text{nilai probabilitas.}$

Berdasarkan perhitungan, didapat nilai p sebesar 0,000 ($p < 0.05$) artinya bahwa terjadi perbedaan yang secara signifikan antara kelompok kontrol dan eksperimen atau terjadi penurunan keluhan muskuloskeletal antara kelompok kontrol dan eksperimen. Beda rerata antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen tingkat keluhan adalah sebesar 9,406 dengan simpangan baku 2,625. Besar penurunan keluhan muskuloskeletal antara kelompok kontrol dan eksperimen sebesar 58,970%.

4.6.2 Uji Beda terhadap kelelahan sesudah bekerja, terhadap kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

Uji Beda terhadap keluhan sesudah bekerja terhadap kelompok kontrol dan kelompok eksperimen, dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22
Uji Beda Terhadap Kelelahan antara Kelompok Kontrol dan Kelompok
Eksperimen Sesudah bekerja, Mean Ranks

Variabel	Kelompok	Mean Ranks	<i>P</i>
Kelelahan sesudah bekerja	Kontrol	0,00	0,000
	Eksperimen	16,50	

p = nilai probabilitas.

Berdasarkan perhitungan, didapat nilai *p* kurang dari pada 0,05 ($p < 0,05$) artinya bahwa terjadi perbedaan yang secara signifikan antara kelompok kontrol dan eksperimen atau terjadi penurunan kelelahan antara kelompok kontrol dan eksperimen. Beda rerata antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen tingkat kelelahan adalah sebesar 30,218 dengan simpangan baku 1,211. Dengan demikian terjadi penurunan kelelahan antara kelompok kontrol dan eksperimen sebesar 40,409%.

4.6.3 Uji Beda terhadap produktivitas sesudah bekerja, terhadap kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

Uji beda terhadap produktivitas sesudah bekerja terhadap kelompok kontrol dan kelompok eksperimen, dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23
Uji Beda Terhadap Produktivitas antara Kelompok Kontrol dan Kelompok
Eksperimen Sesudah bekerja, Mean Ranks

Variabel	Kelompok	Mean Ranks	<i>P</i>
Produktivitas sesudah bekerja	Kontrol	0,00	0,000
	Eksperimen	16,50	

p = nilai probabilitas.

Berdasarkan perhitungan, didapat nilai *p* kurang dari pada 0,05 ($p < 0,05$) artinya bahwa terjadi perbedaan yang secara signifikan antara kelompok kontrol dan eksperimen atau terjadi peningkatan produktivitas antara kelompok kontrol dan eksperimen. Beda rerata antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen tingkat produktivitas adalah sebesar 9,531 dengan simpangan baku 2,711, atau terjadi peningkatan produktivitas antara kelompok kontrol dan eksperimen sebesar 26,668%.



BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Deskripsi Alat Kereta Dorong Material *Handling*

Dari matrik house of quality (HOQ) yang berdasarkan kebutuhan pengguna dan segi kepuasan pemakaian kereta dorong material *handling*, maka akan dapat diimplementasikan rancangan alat yang ergonomis. Spesifikasi teknis hasil implementasi dapat dilihat melalui gambar 5.1 dan gambar 5.2 sebagai berikut:





Gambar 5.1 Mengangkat Barang Tidak Memakai Alat



Gambar 5.2 Mengangkat Barang Menggunakan Alat Lama

Rancangan alat kereta dorong material handling yang digunakan dapat dilihat pada gambar 5.3 hasil keinginan konsumen yang mempunyai nilai target tertinggi terletak pada kesesuaian tinggi pegangan rata-rata konsumen.



Gambar 5.3 Posisi sesudah memakai alat kereta dorong material *handling*

5.1.1 Analisa karakteristik kereta dorong material handling

Analisa Karakteristik Kereta dorong lama (sebelum) sesuai

Gambar 5.2

1. Struktur roda : roda berjumlah 3 unit memiliki rata-rata ukuran : \emptyset roda 160 mm.
2. Kekuatan bahan : mampu mengangkut beban sampai dengan ± 200 Kg, atau ketinggian beban \pm mencapai 0.2 meter.

3. Struktur pegangan : menyatu dengan kerangka yang terbuat dari bahan pipa besi \varnothing 27 mm, rata-rata kereta dorong akan lebih nyaman dipakai untuk mengangkut barang yang berbentuk silinderis beban kurang dari 50 kg.
4. Kualitas bahan : merupakan kualitas sedang dari bahan pipa \varnothing 30 mm dan disuai oleh plat besi ukuran 5 mm x 50 mm untuk landasan.
5. Struktur Landasan: ukuran rata-rata landasan kereta dorong berbentuk silinder diameter 500 mm, tinggi 900 mm konstruksi cukup sederhana bahan dari fiber glass, sehingga pada saat digunakan tidak sesuai untuk mengangkat barang berbentuk segi empat. Keadaan demikian menyebabkan alat sering tidak digunakan, dan cenderung diangkat dengan cara manual memakai tenaga manusia.
6. Struktur Kerangka kereta dorong: berbentuk setengah silinderis seperti huruf "U", hal ini untuk mempermudah dudukan barang yang berbentuk silinder. Ukuran rata-rata kerangka kereta dorong: diameter 600 mm, tinggi 750 mm, kerangka genggam tangan terbuat dari pipa besi berdiameter 27 mm. Bagian kerangka kereta dorong berfungsi sebagai penyangga beban dan pegangan tangan untuk mendorong / memutar , maju-mundur dan bergerak. Sehingga pada saat menggerakkan / memutar posisi kereta dorong, badan pengguna ikut memutar. Hal ini yang menyebabkan ketidak seimbangan antara

muatan dan posisi kereta dorong, sehingga menyebabkan barang yang tidak silideris akan mudah jatuh.

7. Keringanan bahan: disesuaikan dengan ukuran dari masing-masing komponen kereta, karena bahan yang dihasilkan dari jenis bahan kualitas sedang menyebabkan kereta dorong cukup kuat, dan cukup mudah saat didorong karena berat kereta dorong tergolong ringan dengan berat rata-rata $\pm 15-20$ kg per unit.

5.1.2. Analisa karakteristik kereta dorong material *handling* (hasil rancangan)

1. Struktur roda : terbuat dari bahan *polyurethane* mempunyai gaya gesek rendah mudah meluncur dan punya kekuatan gaya tekan yang besar, roda berjumlah 4 unit, diameter poros roda $\varnothing 16$ mm, lebar roda 45 mm, diameter roda $\varnothing 126$ mm. Posisi sambungan roda dan pegangan pada roda depan posisi lurus tidak dapat diputar, sedangkan posisi roda belakang dapat diputar sampai 360^0 sehingga pegangan (*handle*) bisa memutar sesuai kehendak pengguna. Desain roda dibuat multi fungsi karena pengguna tidak akan memutar badan karena kereta dapat ditarik dan didorong, serta pengereman ditempatkan pada posisi roda bagian belakang untuk menghindari meluncur dengan sendirinya pada saat kereta sedang berhenti.
2. Kekuatan bahan : mampu mengangkat beban sampai dengan 500 Kg, atau ketinggian beban \pm mencapai 940 mm. Landasan kereta dorong

yang yang dibuat dari plat tebal 3 mm ditopang profil besi disambung dengan cara pengelasan sehingga tumpuan muatan memusat dan kuat.

3. Landasan ukuran 500 mm x 855 mm terbuat dari plat besi ukuran tebal 3 mm yang ditopang oleh profil besi sebagai kerangka 410 mm x 850 mm.

4. Struktur pegangan dapat disetir / dibelokkan, ditarik dan didorong : tinggi pegangan kereta 940 mm, terbuat dari bahan pipa Ø 28 mm dan posisi pegangan menyatu dengan rangka landasan sehingga kereta dorong mudah untuk disetir / dibelokkan dan dapat ditarik / didorong dari dua (2) arah dan secara ergonomis lebih efisien dan nyaman karena kereta cukup didorong oleh satu (1) orang karena beban sepenuhnya ditanggung oleh alat.
5. Kualitas bahan : merupakan kualitas material yang standar dari bahan besi profil tebal 3 mm, 25 mm, 30 mm, dan pipa Ø 28 mm.
6. Kesesuaian dengan letak kendaraan (*mobil pick up*) : posisi kereta dapat tarikan / dorongan sangat fleksibel dengan berputar dan maju / mundur, sehingga mudah untuk digerakkan dan diarahkan pada saat melakukan proses pemindahan dari kerete ke bak mobil karena ketinggian kereta didesain sama dengan tinggi bak mobil.
7. Sistem hidrolik kereta dorong berfungsi untuk naik turunkan beban caranya posisi *handle* ditempatkan menyatu pada kerangka landasan,

sehingga pada waktu akan menaikkan beban handle hidrolik dipompa dengan kaki kanan/ kaki kiri maka landasan akan naik. Posisi landasan dapat naik sesuai tinggi yang diinginkan operator berkisar 0,34 m-0,94 m.

8. Sistem pompa hidrolik kereta berfungsi untuk menurunkan beban, caranya posisi *handle* kereta ditempatkan menyatu pada *handle* pegangan tangan, sehingga pada waktu akan menurunkan beban *handle* ditekan dengan tangan kanan sehingga posisi landasan akan turun dengan batas maksimal 0,34 m.
9. Struktur landasan : berukuran 855 mm x 500 mm terbuat dari besi plat besi tebal 3 mm dan 25 mm yang ditopang oleh profil besi sebagai kerangka 410 mm x 850 mm.
10. Struktur kerangka : kerangka model huruf X, terbuat dari profil besi ukuran tebal 30 mm, lebar 60 mm dengan tinggi 770 mm bagian rangka kereta dorong berfungsi menopang struktur landasan sebagai penempatan muatan beban.
11. Keringanan bahan : disesuaikan dengan ukuran dari masing-masing komponen kereta dorong. Bahan yang dihasilkan dari jenis bahan standar sehingga kereta cukup kuat, kokoh dan stabil tidak mudah goyang saat didorong meskipun kereta dorong tergolong cukup berat dengan berat rata-rata 87 kg per unit.

5.2 Karakteristik Subyek

Jumlah subyek dalam penelitian ini adalah 32 orang tenaga bantuan (NABAN) penerimaan barang *Refinery Unit V*, rerata umur subyek penelitian adalah 50 tahun dengan rentangan 38-55 tahun. Hasil kongres umat Islam Indonesia (2010), bersama mewujudkan harapan penduduk Indonesia usia produktif secara riil orang berusia antara 30 sampai 55 tahun, jadi subyek penelitian termasuk usia produktif. Rerata tinggi badan subyek penelitian adalah 167,33 cm, rentangan 154-173 cm, tinggi badan dan berat badan akan sangat berpengaruh pada Indeks Massa Tubuh (IMT) atau Body Mass Index (BMI). BMI merupakan standar yang biasanya digunakan untuk menentukan berat ideal, sehingga status gizi seseorang dapat diketahui. Katagori kekurangan berat badan pada BMI adalah kurang dari 18,50; katagori normal pada BMI adalah 18,5-24,99; katagori kelebihan berat badan pada BMI adalah 25-29,99 dan katagori obesitas pada BMI adalah lebih besar dari 30. Subjek penelitian mempunyai rerata BMI sebesar $24,56 \pm 5,16$ sehingga dapat disimpulkan bahwa responden memiliki tingkat BMI katagori normal.

5.3 Uji Normalitas

Uji normalitas yang digunakan yaitu uji *Kolmogorov-Smirnov*. Data yang diuji yaitu tingkat keluhan muskuloskeletal sesudah bekerja, tingkat kelelahan sesudah bekerja, dan tingkat produktivitas kelompok kontrol dan kelompok eksperimen sesudah bekerja.

5.3.1 Uji normalitas keluhan muskuloskeletal

Uji normalitas keluhan muskuloskeletal sesudah bekerja; meliputi rerata, simpang baku nilai probabilitas seperti pada Tabel 4.18 dapat dijelaskan bahwa rerata keluhan muskuloskeletal sesudah bekerja kelompok kontrol sebesar 83,781 dengan simpang baku 2,136 sedangkan untuk kelompok eksperimen rerata keluhan muskuloskeletal sebelum bekerja 34,375 dengan simpang baku 1,809. Uji normalitas sesudah bekerja untuk kelompok kontrol dan eksperimen bernilai probabilitas 0,78 dan 0,12. Berdasarkan perhitungan, didapat nilai p lebih besar dari pada 0.05 ($p > 0.05$), maka data berdistribusi normal, sedangkan nilai p lebih kecil dari pada 0.05 ($p < 0.05$), maka data berdistribusi tidak normal berarti sampel yang digunakan sebarannya tidak normal.

5.3.2 Uji normalitas kelelahan

Uji normalitas kelelahan sesudah bekerja; meliputi rerata, simpang baku nilai probabilitas seperti pada Tabel 4.19 dapat dijelaskan bahwa rerata kelelahan sesudah bekerja kelompok kontrol sebesar 74,781 dengan simpang baku

1,913 sedangkan untuk kelompok eksperimen rerata keluhan muskuloskeletal sesudah bekerja 44,562 dengan simpang baku 1,776. Uji normalitas kelompok kontrol dan eksperimen sesudah bekerja bernilai probabilitas 0,040 dan 0,027. Berdasarkan perhitungan, didapat nilai p lebih kecil dari pada 0.05 ($p < 0.05$), maka data berdistribusi tidak normal berarti sampel yang digunakan tersebut sebarannya tidak normal.

5.3.3 Uji normalitas produktivitas

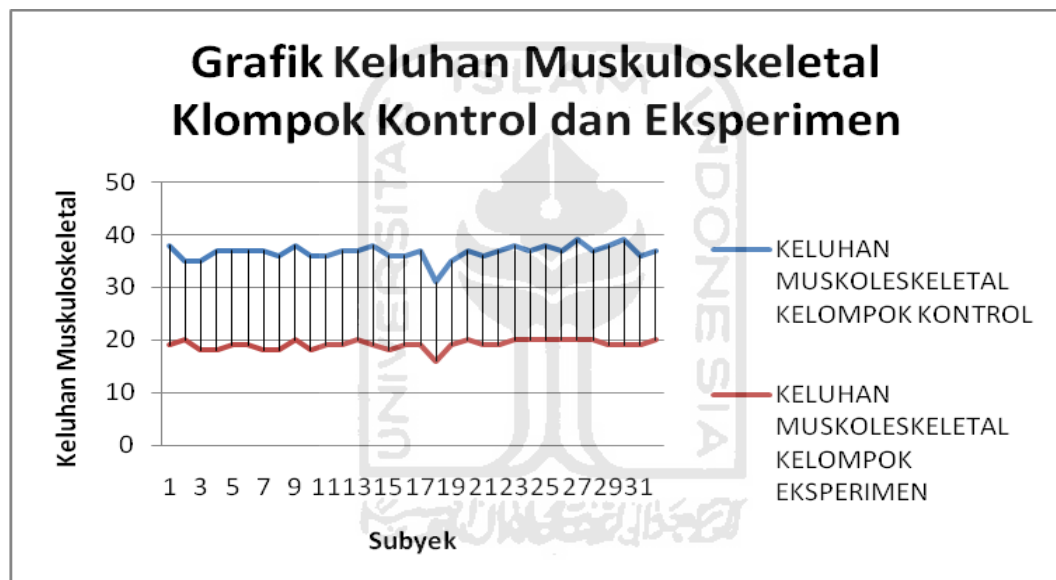
Uji normalitas produktivitas sesudah bekerja; meliputi rerata, simpang baku nilai probabilitas seperti pada Tabel 4.20 dapat dijelaskan bahwa rerata produktivitas sesudah bekerja kelompok kontrol sebesar 53,656 dengan simpang baku 2,457 sedangkan untuk kelompok eksperimen rerata produktivitas sesudah bekerja 73,187 dengan simpang baku 2,249. Uji normalitas sesudah bekerja bernilai probabilitas 0,136 dan 0,019. Berdasarkan perhitungan, didapat nilai p lebih besar dari pada 0.05 ($p > 0.05$), maka data berdistribusi normal, sedangkan nilai p lebih kecil dari pada 0.05 ($p < 0.05$), maka data berdistribusi tidak normal berarti sampel yang digunakan tersebut sebarannya tidak normal.

5.4 Uji Beda Tingkat Keluhan Muskuloskeletal, Kelelahan, dan Produktivitas

Uji beda yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji non parametrik dengan uji t berpasangan untuk data yang berdistribusi tidak normal dalam melakukan uji.

5.4.1 Uji beda keluhan muskuloskeletal

Perbedaan keluhan muskuloskeletal sesudah melakukan pekerjaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen di uji t dengan hasil $p = 0,000$ ($p < 0,05$) yang berarti bahwa sampel yang digunakan ada perbedaan yang signifikan, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar. 5.4 Grafik keluhan muskuloskeletal pekerjaan kelompok kontrol dan eksperimen.

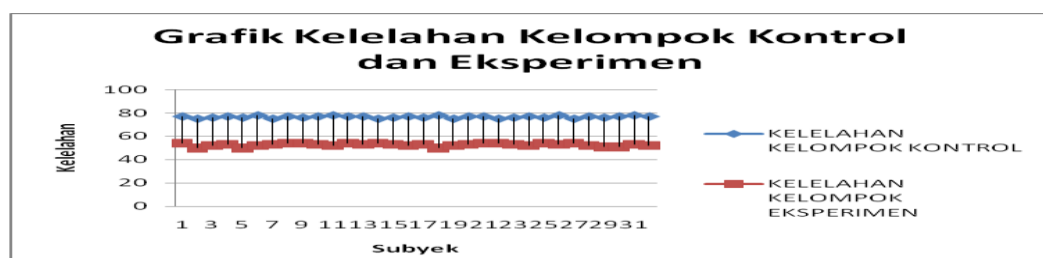
Beda rerata antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen adalah sebesar 9,406 dengan simpangan baku 2,625 perbedaan tingkat keluhan Muskuloskeletal antar kelompok kontrol dan eksperimen.

Berdasarkan Gambar 5.4 sebagian sampel mengalami penurunan tingkat keluhan muskuloskeletal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan keluhan

muskuloskeletal sebesar 58,970%. Penurunan ini dikarenakan pekerja dalam melakukan aktivitas dibantu dengan alat yang lebih ergonomis sehingga merasa enak dan nyaman dalam melakukan aktivitas sehingga terjadi penurunan tingkat keluhan musculoskeletal dari pekerja. Hasil penelitian ini diperkuat dengan teori yang menyatakan bahwa secara sistematis pendekatan ergonomis kemudian akan memanfaatkan informasi tersebut untuk tujuan rancang bangun, sehingga akan tercipta produk, sistem atau lingkungan kerja yang sesuai dengan manusia. Pada gilirannya rancangan yang ergonomis akan dapat meningkatkan efisiensi, efektifitas dan produktivitas kerja, serta dapat menciptakan sistem lingkungan kerja yang cocok, aman, nyaman dan sehat (Wignjosuebrotto, 1995).

5.4.2 Uji beda kelelahan

Perbedaan kelelahan sesudah melakukan pekerjaan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen di uji t dengan hasil $p = 0,000$ ($p < 0,05$) yang berarti bahwa sampel yang digunakan ada perbedaan yang signifikan terdapat penurunan kelelahan secara signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.5



Gambar 5.5 Grafik tingkat kelelahan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

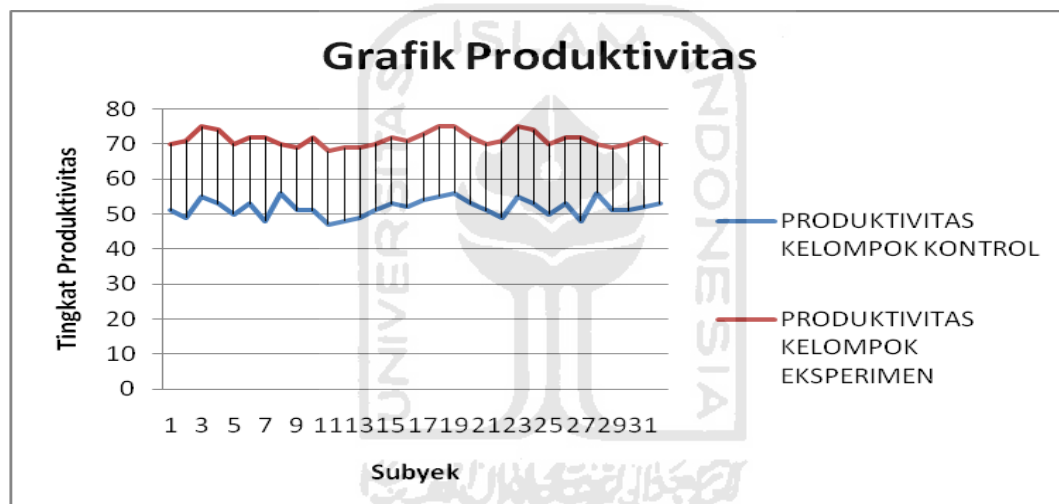
Berdasarkan Gambar 5.5 sebagian sampel mengalami penurunan tingkat kelelahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kelelahan sebesar 40,409%. Penurunan ini dikarenakan pekerja dalam melakukan aktivitas dibantu dengan alat yang lebih ergonomis sehingga merasa enak dan nyaman dalam melakukan aktivitas sehingga terjadi penurunan tingkat kelelahan dari pekerja. Perancangan alat ini agar mengurangi kelelahan yaitu dengan membuat desain pegangan kereta untuk mudah ditarik dan didorong serta mudah diarahkan maupun diputar dengan menyesuaikan kebutuhan sesuai data antropometri responden. Landasan kereta dorong ini juga dapat dinaik turunkan sehingga pengguna merasa nyaman dan aman hal ini dapat menurunkan kelelahan.

Proses angkat angkut barang di penerimaan barang Refinery Unit V terkadang masih dilakukan secara konvensional dan cenderung mengabaikan prinsip kaidah ergonomik. Aktivitas kerja terkadang berlangsung secara manual dan kurang memperhatikan faktor kenyamanan, keselamatan kerja manusia. Tanpa disadari hal tersebut akan mempengaruhi efektivitas, efisiensi dan produktivitas kerja (Jovianto, 2005).

Hasil penelitian ini diperkuat dengan teori yang menyatakan bahwa rekayasa manusia (*human engineering*) yang dilakukan terhadap sistem kerja diharapkan akan mampu memperbaiki performan kerja manusia seperti menambah kecepatan kerja, ketelitian, keselamatan, kenyamanan dan mengurangi enersi kerja yang berlebihan dan mengurangi kelelahan (Suyanto, 1985; Wignjosoebroto, 2001).

5.4.3 Uji beda produktivitas kerja

Untuk tingkat produktivitas kerja didapat nilai probabilitas sebesar 0,000 ($p < 0,05$) sehingga dinyatakan bahwa terdapat peningkatan produktivitas kerja antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Beda rerata antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen adalah sebesar 9,531 dengan simpangan baku 2,711. Perbedaan tingkat produktivitas kerja antar kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dapat dilihat pada Gambar 5.6



Gambar 5.6 Grafik tingkat produktivitas antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

Berdasarkan Gambar 5.6 sebagian besar sampel mengalami peningkatan produktivitas. Beda rerata antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen tingkat produktivitas adalah sebesar 9,531 dengan simpangan baku 2,711. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan produktivitas sebesar 26,668%. Peningkatan ini dikarenakan pekerja dalam melakukan aktivitas dibantu dengan alat yang lebih ergonomis sehingga merasa enak dan nyaman

dalam melakukan aktivitas sehingga terjadi penurunan tingkat keluhan muskuloskeletal, dan penurunan kelelahan dari pekerja. Hasil penelitian ini diperkuat dengan teori yang menyatakan bahwa perlu dilakukan perancangan suatu produk yang baik agar dapat memenuhi fungsinya dan sesuai dengan keinginan pemakai, sehingga apabila alat bantu angkut barang atau kereta dorong material *handling* dirancang dengan baik maka tenaga kerja dalam melakukan pekerjaan merasa nyaman, aman, dan termotivasi sehingga meningkatkan produktivitas (Prasetyowibowo, 1999).



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Setelah didesain alat kereta dorong material *handling* dengan intervensi ergonomi partisipatori untuk pengangkutan barang penerimaan *S&W Section* dapat memberikan penurunan keluhan muskuloskeletal sebesar 9,406 atau sebesar 58,970%, penurunan kelelahan sebesar 30,218 atau sebesar 40,409%.
2. Desain alat kereta dorong material *handling* dengan intervensi ergonomi partisipatori penerimaan barang *S&W Section* dapat memberikan peningkatan produktivitas sebesar 9,531 atau sebesar 26,668%.

6.2. Saran

Sesuai kesimpulan di atas, maka dapat disarankan beberapa hal yang berkaitan dengan hasil penelitian desain kereta dorong material *handling*, yaitu :

1. Hasil penelitian berupa desain alat kereta dorong material *handling* yang dapat mengurangi keluhan muskuloskeletal, mengurangi kelelahan serta meningkatkan produktivitas, sehingga masih perlu dikembangkan oleh peneliti lain untuk kesempurnaan rancangan.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai dampak tubuh penggunaan alat kereta dorong material *handling* apabila digunakan dalam jangka waktu lama.



DAFTAR PUSTAKA

- Asih. W. E., 2004, Perancangan Meja Putar Alat Pembuat Gerabah Yang Ergonomis Dengan Metode Quality Function Deployment, *Tesis*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Anonym, 2010, PT Pertamina (PERSERO) RUV Profile RUV, Window Internet Explorer.
- Aroef. M., 1985, Motivasi Dan Produktivitas, Suatu Pembahasan dengan Kasus Indonesia, dalam J. Ravianto, Produktivitas dan Tenaga Kerja Indonesia, Lembaga Sarana Informasi Usaha dan Produktivitas, Jakarta.
- Atmosoeharjo, H.S, 1994. Penerapan Ergonomi Dalam Rekayasa manusia Mesin/Peralatan (*man-Machine Design*). Forum Ilmu Kesehatan Masyarakat XII No. 1-2 : 113-122.
- Barnes. R.. 1991, *Motion And Time Study*, John Wiley, New York
- Bridger, R.S. 1995. *Introduction to Ergonomics*. Mc. Graw-Hill, Inc, New York.
- Byrd and Moore., 1986. *Statigic planning for industrial engineering function*. Van Nostran Reinhold Company. New York.
- Cross, N, 1994 *Engineering Design Methods – Strategies Of product, 2nd edition*, John Wiley & Sons Ltd, England.
- Caple, D, 2006. *Ergonomic – Future Directions*, In Adiatmika and Putra, D.W. editors, *Proceding Ergo Future 2006 : Internasional Sympsium On Past, Present And Future Ergonomics Occupational Safety and Health*, 28-30th Agust. Denpasar : *Departement of Physiology Udayana University – School of Medicine*, p. 7-11.

Corlett, E.N, 1992. *The Evaluation Of Industrial, Seating* - Dalam Wilson JR dan Corlett E.N (eds), *Evaluation Of Humam Work, Apratical Ergonomics Methodology* PP 500-516, London, Taylor & Francis.

Cohen. L., 1995 *Quality Funcion Developmpnt: How make QFD work for you.* Addision-Wesley Publishing Company Massachesetts.

Dahlan, M.S, 2005. *Besar Sampel dalam Penelitian Kedokteran dan Kesehatan.* PT Arkans, Jakarta.

Day,Ronald.G, 1993. *Quality Function Deployment Linking a Company With Its Customer.* ASQC Quality Press,Wincousin.

Grandjean. E., 1973, *Ergonomics In the Home*, Tailor and Francis, London.

Grandjean, E, 1991. *Fatigue.* Parmeggiani, L. ed. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, Third (resived) edt.* ILO. Geneva : 837-839.

Grandjean, E., 1993. *Fitting the task to the man.* 4th ed. Taylor & Francis Inc. London.

Guyton, A.C, 1997. *Fisiologi Olah raga Fisiologi Kedokteran.* Irawati Setiawan (ed). Edisi 9. Jakarta. Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Hanafiah H, 2008. *Kelainan Sistem Muskuloskeletal pada Lanjut Usia*, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru besar Tetap dalam Bidang Ilmu Bedah pada Fakultas Kedokteran, Universitas Sumatera Utara, Medan.

- Kroemer, et.al., 1994. *Ergonomics: how to design for ease and efficiency*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Kristyanto, B, 2004. Ergonomi konkrueen dan penerapannya dalam sistem manufaktur. Prosiding Seminar Nasional Ergonomi, Aplikasi Ergonomi dalam Industri. Yogyakarta.
- Li, G. and Buckle P, 2005. *Quick Exposure Checklist (QEC) for the Assessment of Workplace Risks for Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDS)*. In : Stanton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E. and Hendrick, H. editors. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. USA : CRC PRESS. P. 6.1-6.10
- Manuaba, A, 1999. Penerapan Ergonomi Partisipasi dalam Meningkatkan Kinerja Industri. *Makalah*. Disampaikan pada Seminar Nasional Ergonomi, Reevaluasi Penerapan Ergonomi dalam Meningkatkan Kinerja Industri. Surabaya 23 Nopember
- Moch. Solihikin, 2006, Pengaruh penerapan Prinsip Ergonomi Dalam Redesain Alat Penekan Pegas Katup Terhadap Kenyamanan, Denyut Jantung dan produktivitas Kerja, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nurmianto, Eko, 1996, *Ergonomi konsep dasar dan aplikasinya*. Guna Widya. Jakarta.
- Nurmianto, E, 2004. Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Penerbit Guna Widya, edisi kedua.
- Osborne D,J, 1982. *Ergonomic at work*. Jon Wiley and Sons. Ltd. London.

- Purnomo, H, 2007. Sistem Kerja dengan Pendekatan Ergonomi Total Mengurangi Keluhan Muskuloskeletal, Kelelahan dan Beban Kerja meningkatkan Produktivitas Pekerja Industri gerabah di Kasongan, bantul.(Desertasi) program Pascasarjana Program Studi Ilmu kedokteran Universitas Udayana Denpasar.
- Prasetyowibowo,Bagas, 1999. *Desain Produk Industri*. Penerbit Yayasan Delapan Sepuluh. Bandung.
- Pulat, BM, 1992, *Fundamental of industrial ergonomic*. Prectise Hall Englewood Cliffs. New Jersey.
- Poerwadarminata, W.J.S, 1999. Kamus Umum Bahasa Indonesia. Balai Pustaka, Jakarta
- Johnson B, 1989. *Ergonomics and Prevention Of Musculoskeletal Injuries, Carpal Tunnel Syndrome Selected References*, NIOSH.
- Manuaba,A, 1992. Pengaruh ergonomi terhadap produktivitas. *Seminar Produktivitas Tenaga Kerja*. Jakarta.
- Mark, S.L., David, C.V., Dainoff, M.J., Cone, S., and Lassen, K. 1985. *Measuring Movement at Ergonomics Workstation*. In R.E. Ebert and C.G. Ebert (ed). *Trends in Ergonomics/Human Factors II*. North-Holland, Amsterdam.
- Sastrowinoto, Suyatno, 1985. Meningkatkan produktifitas dengan ergonomi. PT.Pustaka Binaman Pressindo. Jakarta.
- Sagir, S, 1985. Pokok-pokok Pikiran Mengenai Kebijaksanaan untuk Meningkatkan Produktivitas Tenaga Kerja. Dalam J. Ravianto (ed),

Produktivitas dan Mutu Kehidupan, Lembaga Sarana Informasi Usaha dan Produktivitas, Jakarta.

Suma'mur, P.K., 1992. *Ergonomi untuk produktivitas kerja*. Yayasan Swabhawa Karya. Jakarta.

Suma'mur. 1987. *Hiperkes Keselamatan Kerja dan Ergonomi*. Dharma Bakti Muara Agung, Jakarta.

Sutalaksana, Iftikar. Z., (1979). *Teknik tata cara kerja*. Departemen Teknik Industri. ITB. Bandung.

Sutermeister dan Robert , A. 1969. *People and Productivity*. Mc Graw-Hill Book Company, Toronto.

Simanjuntak. P., 1985, *Tenaga Kerja : Produktivitas dan Kecenderungannya*, dalam J.Ravianto (ed), *Produktivitas Tenaga Kerja Indonesia*, Lembaga Sarana Informasi Usaha dan Produktivitas, Jakarta

Tayyari, F., and Smith, J.L., 1997. *Occupational ergonomics, principles and applications*. Chapman & Hall. London.

Walpole, R.E.. 1995. *Pengantar Stasistika*, Garamidia , Pustaka Utama, Jakarta.

Wignjosoebroto, S. 2003. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Penerbit Guna Widya , Surabaya.

Woodside, G. and Dianna K.,1997, *Environmental Safety and Health Engineering*, John Wiley, New York.

Wilson, J.R. and Haines, H. M., 1998, *Development of a framework for participatory ergonomic*. HSE BOOKS. UK.

Yahya. M., 1996, Penerapan Ergonomi Dalam Sistem Manusia-Alat Terhadap Kenyamanan Kerja Dan Produktivitas Pembatik Tulis Di Kotamadya Yogyakarta, *Tesis*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta



