

BAB II

LANDASAN TEORI

Dalam penelitian yang dilakukan, diperlukan dasar argumentasi yang berhubungan dengan penelitian. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa teori sebagai landasan dan dasar pemikiran. Teori yang digunakan bersumber dari jurnal, penelitian terdahulu, buku ilmiah dan dari internet.

2.1 Desain Produk

2.1.1 Definisi Desain Produk

Sebagian para ahli menerjemahkan *Industrial Design* dengan Desain Produk dan sebagian lainnya menerjemahkan dengan Desain Industri. Penerjemahan “Desain Industri” dirasa kurang tepat, karena yang didesain bukanlah industrinya melainkan produknya (Adhi Nugraha, 1989). Desain atau rancangan adalah bentuk suatu rencana, dalam hal ini dapat berupa proposal, gambar, model, maupun deskripsi guna menghasilkan sebuah objek, sistem, komponen, atau struktur (Halim d. , 2014). Secara umum desain dikenal atau sering diartikan sebagai kegiatan yang berhubungan dengan merancang, merencana, membangun, atau merekayasa.

Menurut Ulrich dan Eppinger desain produk sebagai service profesional dalam meningkatkan dan membuat satu ide dan detailnya. Perhimpunan Desainer Industri Amerika (IDSA) mendefinisikan desain industri sebagai “jasa profesional dalam menciptakan dan mengembangkan konsep dan spesifikasi guna mengoptimalkan fungsi-fungsi, nilai, dan penampilan produk serta sistem untuk mencapai keuntungan yang mutual antara pemakai dan produsen”. Lima tujuan penting dalam desain produk (Dreyfuss, 1967):

- a). Kegunaan: Hasil produksi manusia harus selalu aman, mudah digunakan dan intuitif. Setiap ciri harus dibentuk sedemikian rupa sehingga memudahkan pemakainya mengetahui fungsinya.
- b). Penampilan: Bentuk, garis, proporsi, dan warna digunakan untuk menyatukan produk menjadi satu produk yang menyenangkan.
- c). Kemudahan pemeliharaan; Produk harus juga didesain untuk memberitahukan bagaimana produk tersebut dapat dirawat dan diperbaiki.
- d). Biaya-biaya rendah: Bentuk dan ciri memegang peranan besar dalam biaya peralatan dan produksi. Karena itu, hal ini harus diperhatikan secara Bersama-sama oleh tim.
- e). Komunikasi: Desain produk harus dapat mewakili filosofi desain perusahaan dan misi perusahaan melalui visualisasi kualitas produk.

Di dalam mendesain suatu produk maka harus berorientasi pada *production friendly*, *distribution friendly*, *installation friendly*, *operation friendly* dan *maintenance friendly*. Di samping hal-hal tersebut di atas dalam mendesain suatu produk yang sangat penting untuk diperhatikan adalah suatu desain yang berpusat pada manusia sebagai pemakainya atau *human centered design* (Sutalaksana, 1999). Hal tersebut dimaksudkan agar setiap desain produk secara fungsi, teknis-teknologis, ekonomis, estetis maupun ergonomis sesuai dengan kebutuhan pemakainya.

2.2.1 Perancangan Produk

Kunci pertumbuhan dan kelangsungan hidup perusahaan adalah dengan mengembangkan produk dan perbaikan produk secara terus-menerus. Perusahaan memiliki risiko akan kehilangan pasar jika tidak melakukan usaha inovasi, karena pada dasarnya konsumen selalu menginginkan produk-produk

baru dan produk yang mempunyai kualitas lebih baik yang dapat memenuhi kepuasan mereka. Pengembangan produk merupakan serangkaian aktivitas yang dimulai dari analisa persepsi dan peluang pasar, kemudian diakhiri dengan tahap produksi, penjualan dan pengiriman produk.

Menurut Ulrich dan Eppinger pengembangan produk merupakan kumpulan aktivitas yang dimulai dengan adanya kebutuhan produk untuk dikembangkan dan diakhiri dengan proses produksi produk. Produk merupakan sesuatu yang dapat dijual oleh perusahaan kepada pembeli. Rancangan produk dapat didokumentasikan dengan bantuan gambar-gambar kerja (baik berupa gambar lengkap maupun detail komponen-komponennya), identifikasi jelas menjadi standard maupun spesifikasi teknisnya, serta *Bill of Materials* yang akan menunjukkan berapa jumlah masing-masing yang dibutuhkan per produk. Untuk melihat aspek kelayakan teknis maupun ekonomis seringkali dibuat sebuah prototipe dan rancangan produk yang akan dibuat maupun dipasarkan.

Pokok-pokok dalam proses perancangan produk dapat dijelaskan sebagai berikut. Konsep perancangan (rancangan pendahuluan) merupakan tahap awal dari proses produksi yang berkaitan dengan pengembangan ide-ide. Ide-ide dapat dikembangkan dari pasar atau teknologi. Hanya saja tidak semua ide-ide tersebut dapat dikembangkan menjadi suatu produk baru. Ide-ide untuk mengembangkan suatu produk dapat dikembangkan bila memenuhi beberapa pengujian atau analisis, antara lain potensi pasar, kelayakan dari segi keuangan dan kesesuaian operasi.

Tujuan melakukan analisis adalah untuk mengidentifikasi ide terbaik. Jika konsep perancangan disetujui selanjutnya dilakukan perancangan sebuah prototipe yang kemudian dilanjutkan perancangan sebuah prototipe dan proses

pengembangannya. Prototipe merupakan bentuk tiruan yang menyerupai produk akhir. Prototipe dapat memiliki banyak bentuk yang berbeda. Prototipe yang telah dibuat kemudian dilakukan pengujian. Prototipe juga diuji untuk mengetahui penampilan teknis produk yang bersangkutan. Sebagai akibat prototipe ini sering terjadi perubahan-perubahan atau rekayasa.

Kegiatan perancangan produk merupakan pekerjaan yang cukup sulit, karena adanya kendala-kendala. Kendala-kendala tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Ide-ide yang muncul dalam perancangan produk sangat kurang.
2. Persaingan pasar yang semakin ketat, menuntut produk yang dihasilkan benar-benar berkualitas dan bernilai jual tinggi.
3. Adanya perlindungan terhadap konsumen, baik dari lembaga pemerintah maupun dari masyarakat. Konsumen harus dilindungi dari keamanan pemakaian produk dan akibat dari proses produksi, misal adanya pencemaran lingkungan. Hal ini menuntut perancangan produk mengacu pada masalah tersebut.
4. Biaya dalam perancangan produk sangat besar, karena produk baru merupakan hasil dari sejumlah besar gagasan yang ada.

Fase dalam merancang produk secara umum:

1. *Functional design*

Tujuan utama suatu desain fungsional adalah untuk mengembangkan suatu model fungsional yang aktif dari suatu produk, tanpa memandang apakah produk akan berakhir seperti apa.

2. *Industrial design*

Merancang untuk keindahan dan untuk pemakai akhir, biasanya dimasukkan dalam *industrial design*.

3. *Design for manufacturability*

Dalam memasukkan fungsional desain produk ke dalam produk yang *manufacturable*, perancang harus mempertimbangkan banyak aspek. Mereka dapat menggunakan berbagai metode dan alternatif bahan baku untuk membuat produk.

Tabel 2.1 merupakan langkah-langkah di dalam perancangan yang diawali dengan konsep perancangan produk sampai material siap dilakukan produksi.

Tabel 2.1 Tahap-tahap perancangan produk

Perencanaan	Pengembangan Konsep	Perancangan Tingkat Sistem	Perancangan Detail	Pengujian & Perbaikan	Produksi Awal
Pemasaran <ul style="list-style-type: none"> • Menerjemahkan peluang pasar • Mendefinisikan segmen pasar 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengumpulkan kebutuhan konsumen • Mengidentifikasi pengguna utama • Mengidentifikasi produk pesaing 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengembangkan rencana perluasan keluarga produk 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengembangkan rencana pemasaran 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengembangkan promosi dan peluncuran material • Menyiapkan percobaan lapangan 	<ul style="list-style-type: none"> • Menempatkan produk awal pada konsumen utama
Desain <ul style="list-style-type: none"> • Mempertimbangkan <i>platform</i> dan arsitektur produk • Memperkirakan teknologi-teknologi baru 	<ul style="list-style-type: none"> • Meneliti kelayakan konsep produk • Mengembangkan konsep perancangan industri • Membuat dan melakukan percobaan prototipe 	<ul style="list-style-type: none"> • Menurunkan alternative arsitektur produk • Mendefinisikan subsistem-subsistem & perantara-perantara • Melakukan perbaikan rancangan secara industri 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendefinisikan bentuk komponen • Memilih material-material • Merancang toleransi • Melengkapi pencatatan pengendalian rancangan secara industri 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan percobaan keandalan • Melakukan percobaan umur • Melakukan percobaan kinerja • Memperoleh persetujuan sesuai dengan peraturan • Menerapkan perubahan rancangan 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengevaluasi <i>output</i> produksi awal
Manufaktur <ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi Batasan-batasan produksi • Mengatur strategi rantai penawaran 	<ul style="list-style-type: none"> • Memperkirakan biaya manufaktur • Memperkirakan biaya produksi 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi pemasok-pemasok untuk komponen utama 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendefinisikan proses-proses produksi sub komponen • Merancang peralatan 	<ul style="list-style-type: none"> • Menyiapkan pemasok untuk produksi awal • Memperbaiki proses-proses fabrikasi & perakitan 	<ul style="list-style-type: none"> • Memulai operasi sistem produksi keseluruhan

Perencanaan	Pengembangan Konsep	Perancangan Tingkat Sistem	Perancangan Detail	Pengujian & Perbaikan	Produksi Awal
		<ul style="list-style-type: none"> Melakukan analisis beli atau buat Mengidentifikasi gambaran rakitan akhir 	<ul style="list-style-type: none"> Mendefinisikan proses-proses yang menjamin kualitas Memulai pengadaan peralatan utama 	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan pelatihan tenaga kerja Memperbaiki proses-proses yang menjamin kualitas 	
Fungsi lainnya <ul style="list-style-type: none"> Penelitian: mendemonstrasikan teknologi yang tersedia Keuangan: membantu merencanakan sasaran-sasaran Manajemen Umum: mengalokasikan sumber daya proyek 	<ul style="list-style-type: none"> Keuangan: melakukan analisis ekonomi Hukum: menyelidiki permasalahan permasalahan paten 	<ul style="list-style-type: none"> Keuangan: mempersiapkan analisis beli-buat Jasa: mengidentifikasi permasalahan yang berhubungan dengan jasa 		<ul style="list-style-type: none"> Penjualan: mengembangkan rencana-rencana penjualan 	

2.2 Ergonomi

Ergonomi berasal dari kata Yunani *ergos* (kerja) dan *nomos* (hukum alam). Ergonomi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari meneliti tentang keterkaitan antara orang dengan lingkungan kerja. Di Indonesia memakai istilah ergonomi, tetapi di beberapa negara seperti Amerika menggunakan istilah "*Human Engineering*" atau "*Human Factors Engineering*". Namun demikian, semuanya mempelajari hal yang sama yaitu tentang optimalisasi manusia terhadap aktivitas yang dilakukannya. Ergonomi mempelajari interaksi antara manusia dengan objek yang digunakannya dan terhadap lingkungan tempat manusia bekerja. Mc. Comic dan Sanders mengemukakan salah satu bagian dari aplikasi *human faktor* (ergonomi) adalah *human error*, kecelakaan, dan keselamatan kerja.

Pendekatan ini menganut prinsip "*Human Centered Design and Fit The Job to The Man*" dimana manusia sebagai pusat sistem. Karena manusia sebagai pusat sistem, maka semua perancangan sistem kerja diarahkan pada perancangan yang sesuai dengan manusia itu sendiri. Tujuan yang hendak dicapai adalah meningkatkan efektivitas kerja yang dihasilkan oleh sistem kerja dengan tetap memandang manusia sebagai sistem untuk mempertahankan dan meningkatkan unsur kenyamanan dan kesehatan.

Dalam suatu penelitian, kesalahan kerja ternyata bukan hanya diakibatkan oleh kesalahan dalam perancangan ataupun prosedur yang menyebabkan timbulnya kesalahan kerja tersebut. Adanya kenyataan bahwa kesalahan kerja bukan hanya faktor manusia saja, dengan demikian jelas jelas bahwa ergonomi mempunyai peran yang cukup besar dalam menentukan keberhasilan sistem kerja.

Ruang Lingkup Garapan Ergonomi

Semua bidang pekerjaan selalu menggunakan ergonomi. Ergonomi ini diterapkan pada dunia kerja supaya pekerja merasa nyaman dalam melakukan pekerjaannya. Dengan adanya rasa nyaman maka produktivitas perusahaan dapat meningkat. Secara garis besar ergonomi dalam dunia kerja akan memperhatikan hal-hal sebagai berikut (Suhardi, 2008):

1. Bagaimana orang mengerjakan pekerjaannya.
2. Bagaimana posisi dan gerakan tubuh yang digunakan ketika bekerja.
3. Peralatan apa yang mereka gunakan.
4. Apa efek dari faktor-faktor di atas bagi kesehatan dan nyaman pekerja.

Biasanya jika ingin meningkatkan kemampuan tubuh manusia, maka beberapa hal disekitar lingkungan alam manusia misal peralatan, lingkungan fisik,

posisi gerak (kerja) perlu direvisi atau dimodifikasi atau didesain ulang disesuaikan dengan kemampuan tubuh manusia. Menurut Adapted from OCAW Local 1-5's *Ergonomics Awareness Workbook "Job Design with the Worker in Mind"*, kontrol ergonomi dapat dilakukan melalui tiga pendekatan, hal ini untuk mengidentifikasi pencegahan dan pengendalian faktor risiko ergonomic. Ketiga pendekatan tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Engineering Control*, adalah salah satu metode untuk mengendalikan faktor-faktor risiko ergonomi secara efektif dan permanen. Konsep tersebut, termasuk modifikasi, merancang kembali atau mengubah.
2. *Administrative Control*, berhubungan dengan bagaimana pekerjaan terorganisasi secara sistematis.
3. *Personal Protective Equipment (PPE)* (Alat Perlindungan Diri/APD). Setiap pekerja harus menggunakan alat perlindungan sebagai perlindungan saat melakukan pekerjaan, yang dirancang sesuai kebutuhan jenis pekerjaan, APD tidak menghilangkan risiko kerja, melainkan mengurangi risiko melalui penghambat.

Tujuan Ergonomi

Konsep dasar ergonomi harus dijadikan kerangka utama dalam perancangan *control device* dari sebuah mesin sehingga dapat diharapkan operator dapat menggunakannya secara tepat dan benar terutama mengurangi kecelakaan kerja. Tujuan utama penerapan ergonomi adalah untuk mencapai kualitas hidup manusia secara optimal, baik di tempat kerja, di lingkungan sosial, di lingkungan keluarga, maupun dalam kehidupan pribadi. Secara umum tujuan dari penerapan ergonomi bisa diuraikan sebagai berikut:

1. Meningkatkan kesehatan fisik dan mental dengan cara melakukan pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban fisik dan mental serta mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
3. Meningkatkan keseimbangan antara berbagai aspek seperti aspek teknis, ekonomi, antropologi, dan budaya dari sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

2.2.1 NIOSH

Dalam buku *Application Manual for The Revised NIOSH Lifting Equation*. Pada tahun 1981, NIOSH merekomendasikan dua buah persamaan untuk menentukan beban pengangkatan, yaitu *Action Limit* (AL) dan *Maximum Permissible Limit* (MPL). Pada persamaan ini belum dipertimbangkan pengaruh pengangkatan asimetrik, yaitu pengangkatan yang menjauhi bidang sagital. Bidang sagital adalah bidang yang membagi tubuh menjadi dua bagian sama, tepat pada titik berat tubuh dan pengaruh kopling benda kerja

NIOSH memberikan cara sederhana untuk mengestimasi kemungkinan terjadinya peregangan otot yang berlebihan (*over exertion*) atas dasar karakteristik pekerjaan, yaitu dengan menghitung *Recommended Weight Limit* (RWL) dan *Lifting Index* (LI). RWL adalah berat beban yang masih aman untuk dikerjakan oleh pekerja dalam waktu tertentu tanpa meningkatkan resiko gangguan sakit pinggang (*low back pain*) (Waters, & Anderson, 1996).

Singkatnya NIOSH tidak berlaku jika terjadi hal berikut:

1. Mengangkat atau menurunkan dengan satu tangan.
2. Mengangkat atau menurunkan lebih 8 jam.
3. Mengangkat atau menurunkan sambil duduk atau berlutut.
4. Mengangkat atau menurunkan di tempat kerja terbatas.
5. Mengangkat atau menurunkan objek tidak stabil.
6. Mengangkat atau menurunkan sambil membawa, mendorong atau menarik.
7. Mengangkat atau menurunkan dengan kecepatan tinggi (lebih cepat dari pada 30 inci per detik).
8. Mengangkat atau menurunkan dengan kaki yang tidak rasional.
9. Mengangkat atau menurunkan di lingkungan yang tidak menguntungkan.

2.2.2 *Recommended Weight Limit (RWL)*

RWL didefinisikan sebagai sekumpulan kondisi kerja yang spesifik seperti mengangkat beban yang hampir seluruh pekerja yang sehat dapat melakukannya meskipun berlebihan dalam waktu delapan jam tanpa menambah resiko dari berkembangnya pengangkatan yang terkait dengan terjadinya cedera tulang belakang bagian bawah. Tabel berikut dapat dilihat untuk mendefinisikan persamaan pengangkatan NIOSH (*revised NIOSH lifting equation*).

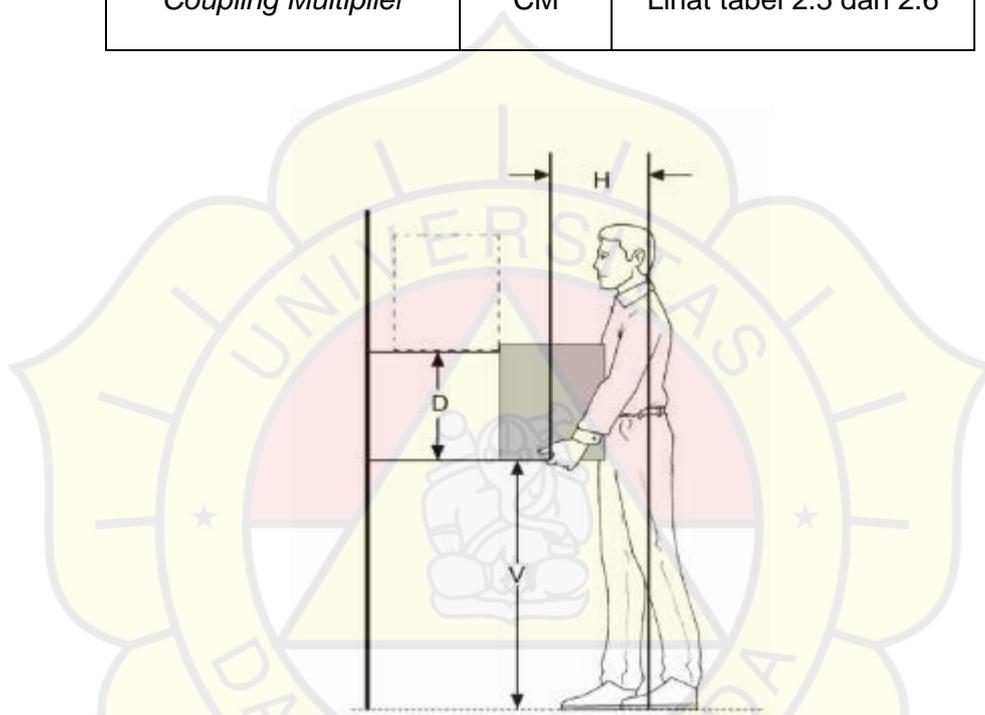
Persamaan untuk menentukan batas beban yang direkomendasikan untuk diangkat seorang pekerja ditentukan oleh situasi atau kondisi pada saat itu. Kondisi atau situasi yang dimaksud berupa *single task* dan *multi task*. Rumus perhitungan untuk menghasilkan nilai berat beban yang direkomendasikan adalah:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \dots\dots\dots(2.1)$$

Tabel 2.2 Keterangan Rumus
(Thomas R. Waters, *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*)

Faktor	Simbol	Keterangan
<i>Lifting Constanta</i>	LC	23 kg

Faktor	Simbol	Keterangan
<i>Horizontal Multiplier</i>	HM	$25/H$
<i>Vertical Multiplier</i>	VM	$1 - 0,003 [V - 75]$
<i>Distance Multiplier</i>	DM	$0,82 + 4,5/D$
<i>Asymmetric Multiplier</i>	AM	$(1 - 0,0032 A)$
<i>Frequency Multiplier</i>	FM	Lihat tabel 2.3
<i>Coupling Multiplier</i>	CM	Lihat tabel 2.5 dan 2.6



Gambar 2.1 Variabel Aktivitas NIOSH
(Purnomo Hari, Manual Material Handling)

Keterangan:

H = jarak horizontal posisi tangan yang memegang beban dengan titik pusat tubuh.

V = jarak vertikal posisi tangan yang memegang beban terhadap lantai.

D = jarak perpindahan beban secara vertikal antara tempat asal sampai tujuan.

A = sudut simetri putaran yang dibentuk antara tangan dan kaki.

Adapun definisi dari keterangan faktor pengali di atas adalah:

1. Konstanta beban (LC)

Konstanta beban ditentukan berdasarkan pada maksimum beban yang boleh diangkat pada lokasi standar di bawah kondisi yang optimum. Dalam persamaan yang telah direvisi tahun 1991, konstanta beban di reduksi dari 40 kg menjadi 23 kg. Reduksi ini dilakukan karena bertambahnya jarak minimum horisontal dari 15 cm menjadi 25 cm pada posisi standar pengangkatan

2. Faktor pengali horizontal (HM)

Studi tentang biomekanika dan psiko-fisik mengidentifikasikan bahwa semakin besar jarak horizontal beban terhadap tulang belakang, maka semakin besar pula gaya tekan terhadap lempeng (disk) dan menurunkan batas maksimum beban yang boleh diangkat.

3. Faktor pengali vertikal (VM)

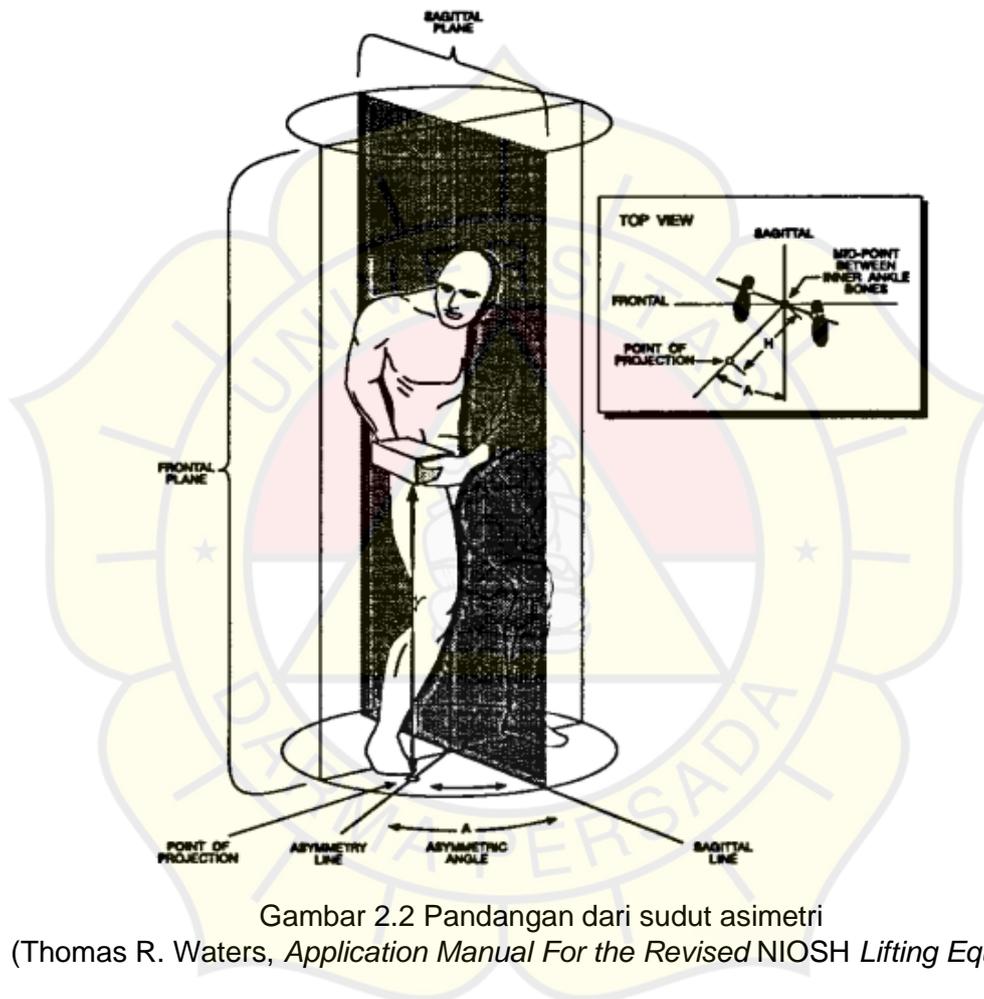
Studi tentang biomekanika menjelaskan bahwa terjadinya tegangan sumber yang meningkat pada pengangkatan yang semakin mendekati lantai. Studi tentang fisiologi menjelaskan bahwa pengangkatan yang semakin mendekati lantai menyebabkan makin meningkatkan pengeluaran energi.

4. Faktor pengali jarak (DM)

Hasil dari studi psiko-fisik memperkirakan terjadi penurunan 15% terhadap MAWL ketika total jarak perpindahan mendekati maksimum (benda diangkat dari lantai sampai ke bahu). Hasil ini juga mengidentifikasikan peningkatan jarak pengangkatan. Sehingga untuk pengangkatan dimana total jarak perpindahan ≤ 25 cm (≤ 10 in) dan kenaikan kebutuhan fisiologisnya tidak signifikan, maka pengali haruslah konstan. Jarak perpindahan dalam perhitungan juga bisa dinyatakan sebagai selisih antara jarak vertikal pada pada posisi awal (*origin*) dan jarak vertikal posisi akhir (*destination*).

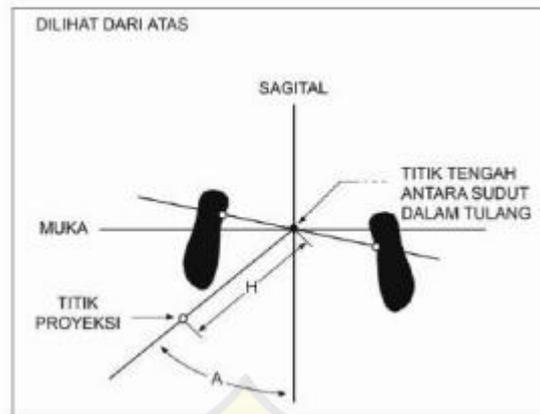
5. Faktor pengali asimetri (AM)

Pengangkatan asimetri adalah pengangkatan beban yang tidak pada bidang atau pengangkatan dimana benda kerja ditempatkan membentuk sudut terhadap bidang sagital. Sampai saat ini masih sedikit penyelidikan yang memberikan data hubungan antara pengangkatan asimetri dengan kapasitas maksimum beban yang boleh diangkat.



Gambar 2.2 Pandangan dari sudut asimetri
(Thomas R. Waters, *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*)

Gambar 2.3 Ilustrasi sudut asimetri dari atas



Pada gambar 2.2 dapat dilihat bahwa sudut asimetri diukur dari putaran tubuh posisi awal ke posisi akhir. Dimana perputaran yang terjadi hanya dibagian atas tubuh dan tidak diikuti dengan bagian tubuh bawah.

Tabel 2.3 Nilai asimetri *multiplier*
(Thomas R. Waters, *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*)

A deg	AM
0	1
15	0,95
30	0,9
45	0,86
60	0,81
75	0,76
90	0,71
105	0,66
120	0,62
135	0,57
>135	0

6. Faktor pengali frekuensi (FM)

Dari persamaan yang dibuat tahun 1991 telah dilakukan pendekatan terhadap penetapan faktor pengali frekuensi. Untuk lebih jelasnya tabel pengali frekuensi dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Faktor Frekuensi *Multiplier* (FM)
(Thomas R. Waters, *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*)

Frekuensi (Lift / min)	Durasi Kerja					
	< 1 hour		< 1 -2 hour		< 2- 8 hour	
	V < 30 in	V ≥30 in	V < 30 in	V ≥30 in	V < 30 in	V ≥30 in
≤ 0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

7. Faktor pengali kopling (CM)

Beban yang harus diangkat umumnya dilengkapi dengan suatu komponen yang dimaksudkan sebagai alat pemegang pada saat pekerja hendak mengangkat beban tersebut (*handle*). Kegunaan dari komponen pelengkap ini agar pekerja dapat mengangkat beban dengan lebih baik.

Tabel 2.5 Klasifikasi handel dengan kopling
(Thomas R. Waters, *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*)

Good	Fair	Poor
<i>Box</i> dengan desain <i>handle</i> berbentuk silinder yang memiliki diameter 1,9-3,8 cm,	Tidak memiliki desain <i>handle</i> yang optimal namun tangan dapat meraih <i>handle</i> dengan	<i>Box</i> tidak memiliki pegangan, sulit dipegang (<i>licin</i>), berisi

panjang 11,5 cm, jarak ruang 5 cm, permukaan yang halus namun tidak licin.	mudah, permukaan yang tidak licin.	barang yang tidak stabil (tumpah atau jatuh).
Untuk benda yang tidak biasa pekerja harus bisa menggenggam objek dengan nyaman tanpa menyebabkan postur tubuh yang aneh.	Box tidak memiliki pegangan, pekerja dapat memegang benda dengan membentuk tangan sudut 90° dibawah box.	Memerlukan sarung tangan untuk mengangkatnya karena bentuknya yang keras dan kaku.

Tabel 2.6 Faktor Kopling Multiplier (CM)

(Thomas R. Waters, *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*)

Tipe kopling	V < 75 cm (30 in)	V ≥ 75 cm (30 in)
Baik	1,00	1,00
Cukup	0,95	1,00
Jelek	0,90	0,90

Penentuan nilai kopling ditentukan berdasarkan klasifikasi yang mana dan untuk memudahkan dalam menentukan nilai pengali kopling. Nilai kopling yang termasuk kategori *Good* dengan ketinggian benda dari lantai pada saat diangkat kurang dari 75 cm ($V < 75$ cm) bernilai 1 dan jika sama atau lebih dari 75 cm ($V > 75$ cm) begitu juga untuk nilai pengali kopling untuk kategori fair dan poor. Untuk terminologi dan definisi dari faktor pengali, dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.7 Terminologi dan Definisi

(Thomas R. Waters, *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*)

Lifting task	Didefinisikan sebagai tindakan memegang benda
Kerja mengangkat	secara manual yang memiliki ukuran dan berat berat

	dengan dua tangan, dan bergerak vertikal tanpa bantuan sistem mekanis.
Load weight Beban angkat	Berat benda yang diangkat dalam satuan berat <i>pound</i> (Lb) dan kilogram (Kg), termasuk kotak atau wadah.
Horizontal location Letak horisontal	Jarak tangan dan titik tengah (<i>mid point</i>) antara pergelangan kaki, dalam satuan panjang <i>inchi</i> (inch) atau <i>centimeter</i> (cm). Ukur pada awal (<i>origin</i>) dan akhir (<i>destination</i>) pengangkatan.
Vertical location Letak vertikal	Jarak tangan di atas lantai, dalam satuan panjang <i>inchi</i> (inch) atau <i>centimeter</i> (cm). Ukur pada awal (<i>origin</i>) dan akhir (<i>destination</i>) pengangkatan.
Vertical travel distance Jarak tempuh vertikal	Nilai absolut selisih antara tinggi vertikal pada akhir (<i>destination</i>) dan awal (<i>origin</i>) pengangkatan, dalam satuan panjang <i>inchi</i> (inch) atau <i>centimeter</i> (cm)
Asymmetry angle Sudut Asimetri	Sudut ukur, berapa jauh benda dipindahkan secara berputar dari depan (<i>mid-sagittal plane</i>) badan pekerja pada awal dan akhir pengangkatan. Dalam satuan sudut derajat, ukur pada awal (<i>origin</i>) dan akhir (<i>destination</i>) pengangkatan.
Neutral body position Posisi Tubuh Netral	Gambaran posisi tubuh ketika tangan dengan langsung berada di depan badan dan perputaran kecil pada kaki, batang tubuh (torso) atau bahu.
Lifting frequency Frekuensi Angkat	Jumlah rata-rata angkat per menit lebih dari 15 menit setiap periodenya.

<p>Coupling classification</p>	<p>Klasifikasi kualitas tangan memegang objek (misalnya gagang, potongan, atau pegangan). Kualitas kopling diklasifikasikan menjadi baik, cukup, atau jelek yang dapat dilihat pada gambar 2.7.</p>
<p>Significant control</p> <p>Pengendalian Signififikasi</p>	<p>Pengendalian signifikasi didefinisikan kondisi yang memerlukan ketelitian penempatan beban pada tujuan pengangkatan.</p>

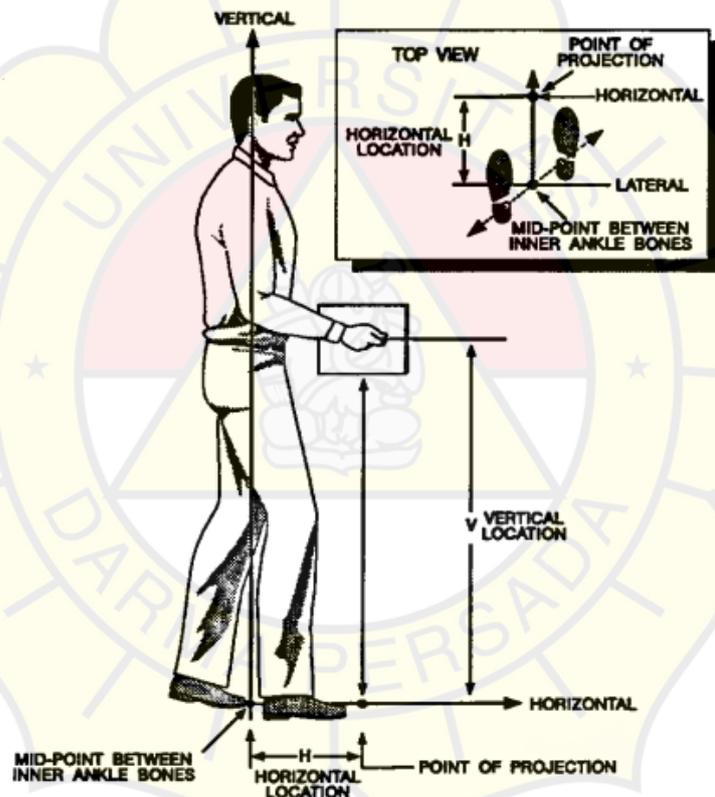


Figure 1 Graphic Representation of Hand Location

Gambar 2.4 Ilustrasi posisi tangan pada saat mengangkat beban (Thomas R. Waters, *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*)

2.2.3 Lifting Index (LI)

Setelah mengetahui nilai variabel NIOSH diatas maka perhitungan RWL dapat dilakukan. Kemudian langkah selanjutnya melakukan perhitungan Lifting

Index (LI). *Lifting Index* menyatakan bahwa nilai estimasi relatif dari tingkat tegangan fisik dalam suatu kegiatan pengangkatan manual. Setelah nilai RWL diketahui, selanjutnya perhitungan *Lifting Index*, untuk mengetahui index pengangkatan yang tidak mengandung resiko cedera tulang belakang, dengan persamaan:

$$LI = \frac{\text{Load Weight}}{RWL} \dots\dots\dots(2.2)$$

(Thomas R. Waters, *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*)

Jika $LI > 1$, maka berat beban yang diangkat melebihi batas pengangkatan yang direkomendasikan dan aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cedera tulang belakang.

Jika $LI < 1$, berat beban yang diangkat tidak melebihi batas pengangkatan yang direkomendasikan dan aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cedera tulang belakang.

2.2.4 Penggunaan RWL dan LI

Penggunaan nilai RWL dan LI sebagai pedoman dalam perancangan kerja secara ergonomis (Thomas R. Waters, *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*) sebagai berikut:

1. Komponen pengali dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah yang spesifik yang mungkin ada pada suatu pekerjaan.
2. Nilai RWL dapat digunakan sebagai pedoman melakukan *re-design* pada pekerjaan pengangkatan manual yang sudah ada atau pada pekerjaan pengangkatan yang baru.
3. Nilai LI dapat digunakan untuk menghitung besaran relatif tegangan fisik pada suatu pekerjaan.

4. Nilai LI dapat digunakan untuk menetapkan urutan prioritas dalam melakukan *re-design* yang ergonomis.

2.2.5 Multi Task

Multi task adalah pekerjaan pemindahan material dimana pekerjaan pemindahan tersebut dilakukan secara berulang dan jarak pengangkatannya berubah-ubah baik secara vertikal maupun horizontal (Waters, 1994). Rumus yang digunakan dalam menghitung pekerjaan *multi task* adalah sebagai berikut:

1. FIRWL (*Frequency Independent Recommended Weight Limit*)

FIRWL adalah frekuensi pengangkatan yang direkomendasikan dalam sekali tugas. FIRWL menggambarkan gaya tekan serta kekuatan otot yang diperlukan dalam sekali penugasan.

$$\text{FIRWL} = \text{LC} \times \text{HM} \times \text{VM} \times \text{DM} \times \text{AM} \times \text{CM} \dots\dots\dots (2.3)$$

(Waters, 1994)

2. STRWL (*Single Task Recommended Weight Limit*)

STRWL adalah batas beban yang direkomendasikan dalam satu kali tugas pengangkatan.

$$\text{STRWL} = \text{FIRWL} \times \text{FM} \dots\dots\dots (2.4)$$

(Waters, 1994)

3. FILI (*Frequency Independent Lifting Index*)

FILI merupakan frekuensi ketegangan otot pada setiap pengangkatan objek.

$$\text{FILI} = \frac{\text{L}}{\text{RWL}} \dots\dots\dots (2.5)$$

(Waters, 1994)

4. STLI (*Single Task Lifting Index*)

STLI adalah nilai relative ketegangan otot pada satu kali pengangkatan.

$$\text{STLI} = \frac{\text{L}}{\text{STRWL}} \dots\dots\dots (2.6)$$

(Waters, 1994)

5. CLI (*Composite Lifting Index*)

$$STLI = STLI1 + \sum_1^n FILI \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

$$FILI2 = \{FILI1 \times \left(\frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1} \right)\} \dots\dots\dots (2.8)$$

(Waters, 1994)

2.2.6 Uji Kecukupan dan Keseragaman Data

Dalam proses pengukuran waktu kerja, diperlukan kegiatan pengujian terhadap data yang dikumpulkan. Kegiatan pengujian tersebut dimulai dari uji kecukupan data. Uji kecukupan data diperlukan untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan adalah cukup secara objektif. Idealnya pengukuran harus dilakukan dalam jumlah yang banyak, bahkan sampai tak terhingga agar data hasil pengukuran layak untuk digunakan.

Namun pengukuran dalam jumlah yang tidak terhingga sulit dilakukan mengingat keterbatasan yang ada, baik dari segi biaya, waktu, dan sebagainya. Sebaliknya pengumpulan data yang dalam jumlah sekedarnya juga kurang baik karena tidak dapat mewakili keadaan yang sebenarnya. Untuk itu, pengujian dilakukan dengan konsep statistik, yaitu tingkat kepercayaan dan tingkat ketelitian. Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum hasil pengukuran dari waktu penyelesaian yang sebenarnya. Sedangkan tingkat kepercayaan atau keyakinan menunjukkan besarnya keyakinan pengukur akan ketelitian data waktu penyelesaian sebenarnya. Pengaruh tingkat kepercayaan dan ketelitian adalah bahwa semakin besar tingkat ketelitian dan kepercayaan, maka semakin banyak pengukuran yang diperlukan. Rumus uji kecukupan data dapat ditulis sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{\frac{CL}{AL} \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan:

- CL = Tingkat Kepercayaan (*confident level*)
- AL = Tingkat Ketelitian (*accurate level*)
- N = Jumlah data pengamatan
- N' = Jumlah data teoritis

Jika $N' < N$, data dianggap cukup, namun jika $N' > N$ data tidak cukup dan perlu dilakukan penambahan data. Setelah data yang dilakukan pengamatan sudah cukup sesuai dengan tingkat kepercayaan, kemudian dihitung tingkat ketelitian yang menunjukkan seberapa jauh penyimpangan maksimum hasil pengukuran dari waktu sebenarnya, dan tingkat keyakinan yang menunjukkan keyakinan pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian sesuai dari aturan (Sutalaksana, 1999).

Untuk memastikan bahwa data yang terkumpul dari sistem yang sama, maka dilakukan pengujian terhadap keseragaman data. Sebagai contoh, pada suatu hari seorang operator dalam melakukan pekerjaannya dinilai terlalu lamban, karena pada malam harinya tidak tidur. Dibandingkan dengan hari sebelumnya data yang terkumpul pada hari itu akan jauh berbeda. Untuk itu dilakukan pengujian keseragaman data untuk memisahkan data yang memiliki karakteristik yang berbeda. Adapun rumus yang digunakan dalam pengujian keseragaman data adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$BK = \bar{X} \pm CL\sigma \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan:

BKA = Batas kontrol atas

BKB = Batas kontrol bawah

\bar{X} = Nilai rata-rata

σ = Standar deviasi

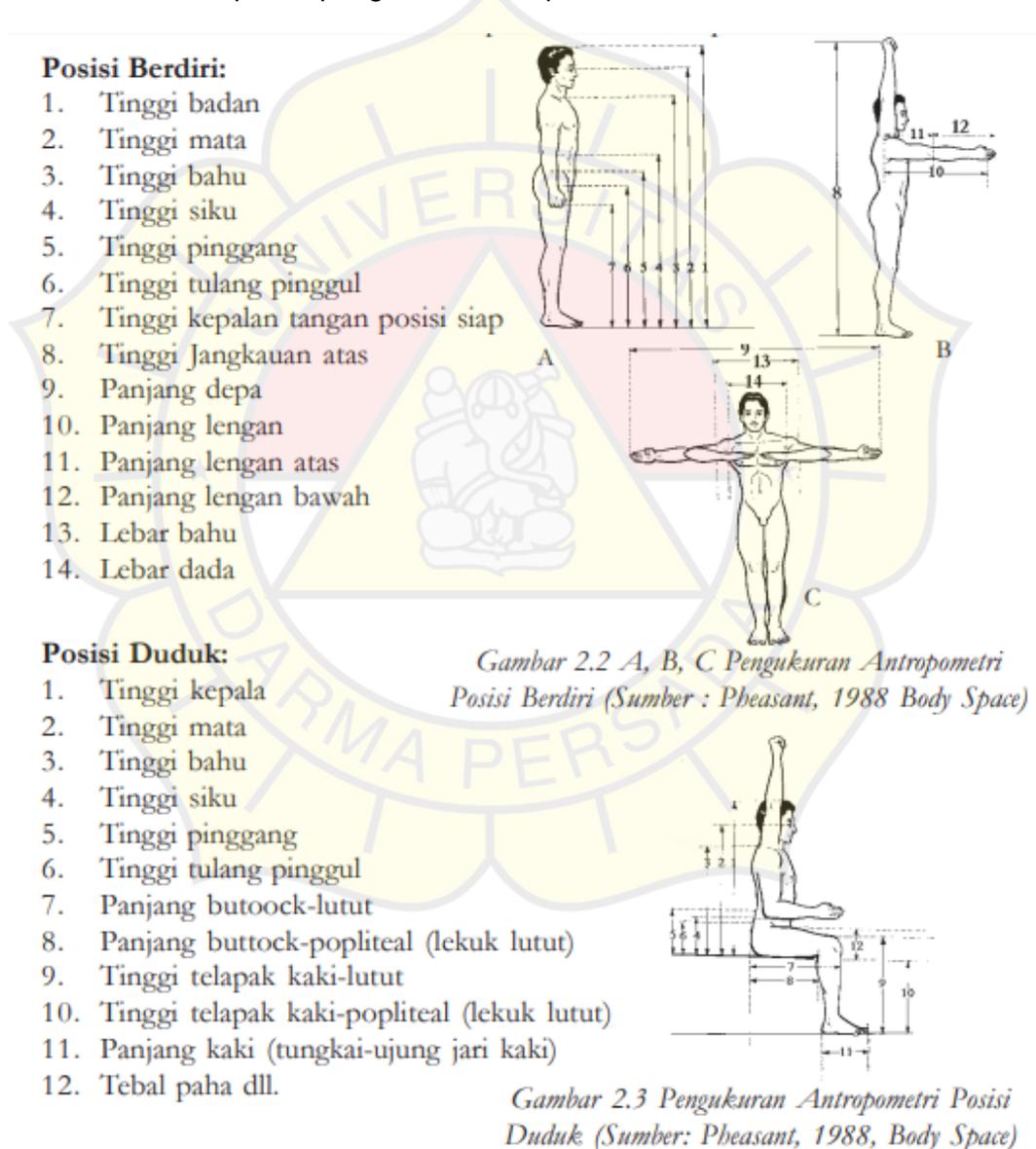
2.3 Antropometri

Antropometri berasal dari Bahasa latin yaitu *Anthropos* yang berarti manusia dan *metron* yang berarti pengukuran. Antropometri adalah pengukuran dimensi tubuh atau karakteristik fisik tubuh lainnya yang sesuai dengan desain mengenai sesuatu yang akan dipakai manusia (Cormick, 1987). Dengan mengetahui ukuran dan dimensi tubuh pekerja, maka dapat dibuat desain peralatan kerja, stasiun kerja, dan produk yang sesuai dengan dimensi tubuh pekerja sehingga dapat menciptakan tempat kerja yang ENASE (enak, nyaman, aman dan sehat).

Data ukuran tubuh manusia (antropometri) menjadi dasar yang sangat penting dalam merancang peralatan, fasilitas dan stasiun kerja. Pemakaian data antropometri dalam perancangan mempunyai tujuan agar terjadi kesesuaian dimensi tubuh pengguna dengan rancangan yang digunakan. Lebih lanjut, suatu desain produk disebut ergonomis apabila secara antropometris, faal, biomekanik dan psikologis kompatibel dengan manusia pemakainya. Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan (*design*) produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia.

Jenis pengukuran antropometri

Secara umum pengukuran antropometri dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu pengukuran antropometri statis dan antropometri dinamis. Pengukuran antropometri statis biasanya dilakukan dalam dua posisi yaitu posisi berdiri dan duduk di kursi. Data dimensi tubuh statis digunakan untuk perancangan peralatan industri, perancangan stasiun kerja, perancangan kursi, meja dan sebagainya. Gambar 2.5 merupakan pengukuran antropometri statis



Gambar 2.5 Pengukuran Antropometri Statis
(Ergonomi untuk Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Produktivitas)

Sedangkan pengukuran antropometri dinamis cukup sulit dilakukan karena harus mempertimbangkan gerakan tubuh. Pengukuran dimensi tubuh dinamis dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa manusia terus menerus dalam keadaan bergerak.

2.3.1 Pertimbangan Antropometri dalam Desain

Setiap desain produk, baik produk sederhana maupun produk yang sangat kompleks, harus berpedoman kepada antropometri pemakainya. Dalam menentukan ukuran stasiun kerja, alat kerja dan produk pendukung lainnya, data antropometri tenaga kerja mempunyai peranan penting. Faktor manusia harus selalu diperhitungkan dalam setiap desain produk dan stasiun kerja. Hal tersebut didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1. Manusia berbeda satu sama lainnya. Setiap manusia mempunyai bentuk dan ukuran tubuh yang berbeda seperti tinggi-pendek, tua-muda, kurus-gemuk, normal-cacat dan lain-lain. Tetapi seringnya hanya mengatur atau mendesain stasiun kerja dengan satu ukuran untuk semua orang. Sehingga hanya orang dengan ukuran tubuh tertentu yang sesuai atau tepat untuk digunakan.
2. Manusia mempunyai keterbatasan. Manusia mempunyai keterbatasan baik fisik maupun mental.
3. Manusia selalu mempunyai harapan tertentu dan prediksi terhadap apa yang ada di sekitarnya.

Desain peralatan kerja dan stasiun kerja yang nyaman dan dapat memberikan keamanan menjadi harapan bagi para pekerja. Untuk itu setiap desain harus disesuaikan dengan kebutuhan pekerja sehingga dapat meningkatkan kinerjanya. Dengan demikian maka dalam setiap mendesain peralatan dan stasiun kerja, keterbatasan manusia harus selalu diperhitungkan, di

samping kemampuan dan kebolehannya. Mengingat bahwa setiap manusia berbeda satu dengan lainnya.

2.4 CATIA

Peran perangkat lunak *engineering design* sangat besar sebagai alat bantu perancangan di tiap usaha industri. Kondisi ini terjadi karena tingginya tingkat kebutuhan perancangan produk di tengah keterbatasan waktu yang ada. *Software CATIA (Computer Aided Three Dimensional Interactive Application)* banyak dipakai dikalangan industri manufaktur, karena tidak hanya untuk proses menggambar teknik, tetapi terdapat fitur-fitur desain dan analisis ergonomis yang mana menjadi fitur andalan dalam CATIA. Dengan CATIA, berbagai produk dari pesawat terbang, mobil, hingga suku cadang produk kecil dapat dirancang dan ditampilkan dalam bentuk *mock-up* tiga dimensi di terminal komputer.

CATIA V5 adalah sistem program terintegrasi yang terdiri CAD (*Computer Aided Design*), CAE (*Computer Aided Engineering*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*) untuk pembuatan, simulasi, dan manajemen produk digital. Dengan sistem CAD CATIA V5, geometri dapat dihasilkan dan dianalisis. Dengan data yang dihasilkan oleh modul CAD dapat diedit lebih lanjut dengan CAE dan CAM. CATIA mempunyai aplikasi yang dapat digunakan dalam industri dalam perancangan produk, analisis robotik dan *mechanical design*.

CATIA tidak hanya memiliki kemampuan yang canggih dalam merancang dan menggambar sebuah produk tapi juga dilengkapi dengan pemodelan manusia dan kemampuan analisis ergonomis dimana merupakan program modular dari CATIA ini. Adanya fitur tersebut dapat mempermudah pengguna untuk menilai produk yang dirancangnya dalam program CAD, sehingga kenyamanan dan

keamanan produk dapat diketahui saat pada desain awal. Namun, banyak yang belum mengetahuinya karena fiturnya lebih rumit dari perangkat lunak *Solidworks*

Dalam persiapan menggunakan *software* CATIA spesifikasi minimal yang diperlukan oleh komputer yang digunakan adalah:

- a). *Processor intel core 2 duo 2.4 GHz* atau *AMD Athlon x2 6400+ 2GHz*.
- b). *Ram 2GB DDR2 pc 10400*.
- c). *Space 3GB di hard disk*.
- d). *VGA Nvidia 9800GT 512Mb* atau *anti radeon HD 3650 512Mb (128 bit)*.
- e). *Monitor dengan resolusi layar minimal 1028x768 pixel*.

2.5 Konsep Karakuri

Karakuri mulai dikenal setelah adanya boneka mekanik yang dikenal dengan nama *Karakuri Ningyo*. Istilah *karakuri* kembali ke abad 17 dimana ia merujuk pada boneka yang mahir mencapai gerakan kompleks untuk hiburan. Meskipun asal usul boneka ini sudah ada sejak 1500 tahun yang lalu, boneka ini populer dalam beberapa abad terakhir. Boneka dan perangkat ini mampu mencapai gerakan dan aksi yang terlihat seperti robot. *karakuri* dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama yaitu, "*Butai Karakuri*", "*Zashi Karakuri*" dan "*Dashi Karakuri*".

Dalam bahasa Jepang, *kaizen* berarti kesadaran akan *muda, mura, muri*, serta mau memperbaikinya. Aspek kunci dari *kaizen* adalah sebuah proses *improvement* yang selalu berjalan, dan tiada akhir. *Kaizen* merupakan metode bertahap berlawanan dengan *Re-engineering* yang terbiasa membuang segala sesuatu dan memulai dengan yang baru. Konsep *kaizen* memiliki konsep yang sama dengan siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Action*). *Karakuri kaizen* pertama kali diperkenalkan oleh orang Jepang yaitu sistem yang menggunakan prinsip energi

alami seperti gaya gravitasi, gaya sentrifugal dan lain-lain untuk menangani pemindahan materialnya. Kata *karakuri* artinya perangkat mekanis untuk *tease*, *trick* atau *surprise*. *Karakuri kaizen* merupakan metode untuk melakukan penanganan material yang mengandalkan gaya gravitasi, tuas, dan bumbungan serta memanfaatkan kelembaman untuk memindahkan atau mentransfer barang. Konsep ini dapat digunakan untuk memindahkan barang dari mesin ke mesin, operator ke operator dan sebaliknya dengan lebih rapi dan teliti.

Di perusahaan peran *karakuri* sangat bermanfaat karena bisa mengurangi biaya perusahaan, sehingga tidak memerlukan energi listrik yang besar. Dengan begitu memungkinkan perusahaan untuk memulai sistem perusahaan yang *green industry*. *Karakuri kaizen* dalam sistem manufaktur memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Dalam hal investasi mesin atau barang yang sudah ada, *karakuri* mempunyai nilai investasi yang lebih murah daripada investasi mesin yang menggunakan energi listrik.
2. Perawatan mudah dan sederhana karena penggunaan bahan tidak terlalu banyak sehingga tidak perlu meminta bantuan teknisi atau *programmer* jika terjadi kerusakan.
3. *Karakuri* mudah dan cepat dalam proses pengembangannya dibandingkan dengan peralatan listrik.

Langkah-langkah dalam menerapkan *karakuri kaizen* adalah sebagai berikut:

1. Strategi perencanaan

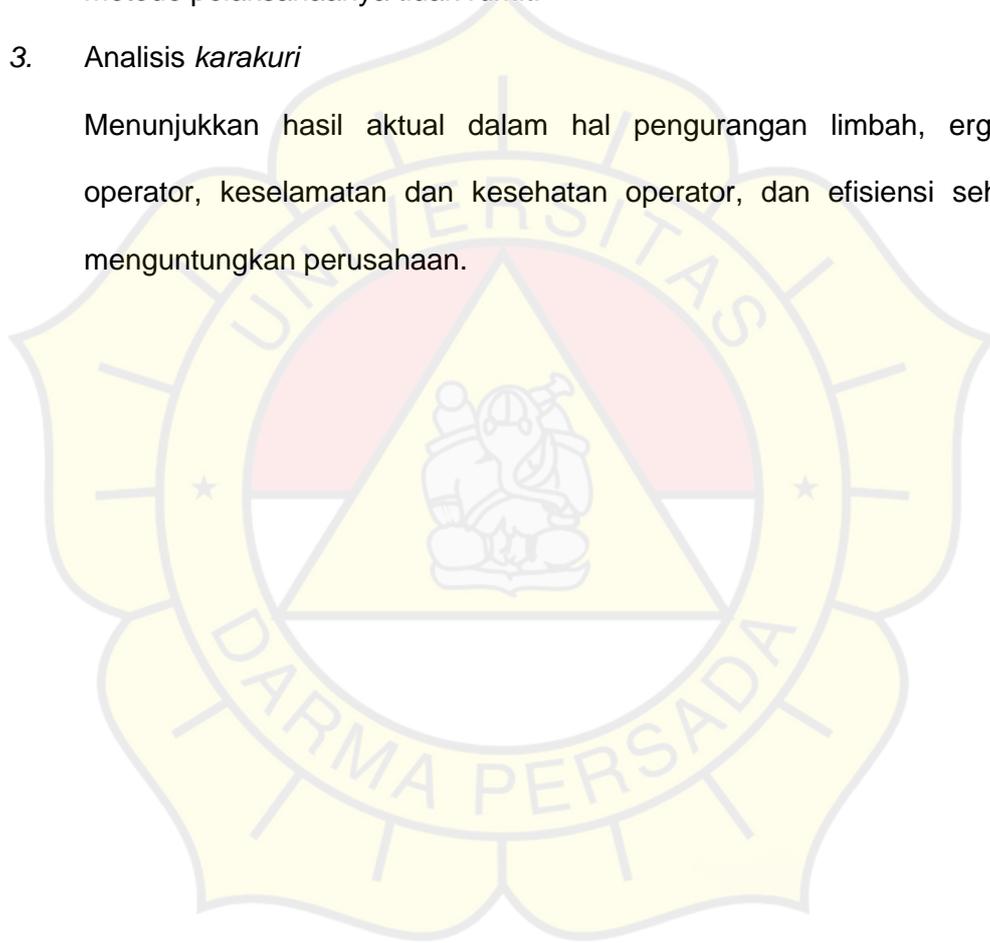
Penerapan konsep *karakuri* mempertimbangkan kelancaran *flow* lini proses produksi. Selain itu, sistem *karakuri* lebih kecil dalam dimensi dan cocok untuk ditempatkan di jalur proses produksi.

2. Pemilihan desain

Langkah selanjutnya adalah memilih desain berdasarkan ruang dan kesesuaian karena keterbatasan ruang akan mengganggu proses dan waktu siklus. Konsep *karakuri* dirancang dengan mempertimbangkan biaya dan ruang. Biaya untuk memproduksi desain *karakuri* seharusnya tidak boros, murah dan terjangkau. Selain itu, desain *karakuri* harus sederhana agar metode pelaksanaannya tidak rumit.

3. Analisis *karakuri*

Menunjukkan hasil aktual dalam hal pengurangan limbah, ergonomi operator, keselamatan dan kesehatan operator, dan efisiensi sehingga menguntungkan perusahaan.



2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan penelitian terkait yang mempunyai tujuan serta metode yang sama yang telah dilakukan oleh beberapa orang. Studi pendahuluan penting dilakukan agar penelitian yang dilakukan punya dasar yang kuat.

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

Judul Penelitian	Peneliti	Metode	Tahun	Hasil
ANALISIS PERBAIKAN WORKSTATION PADA <i>FINISH</i> PRODUK <i>INNER</i> KARUNG DENGAN MENGGUNAKAN METODE NIOSH <i>LIFTING EQUATION</i>	Deela Sumar Dwi Hapsari	Metode NIOSH <i>Lifting Equation</i>	2018	Kegiatan A, B dan Lnya lebih dari 1, atau LI > 1 sedangkan kegiatan C, CLI > 1 dan rekomendasi yang diberikan berupa <i>lift table</i>
ANALISIS POSTUR KERJA PADA RANCANGAN ALAT PEMUNGUT SAMPAH MENGGUNAKAN SOFTWARE CATIA V5	Ravvioli Haldi	Metode Rula dan CAD CATIA	2021	Perancangan alat pemungut sampah level resiko cedera dapat diturunkan
IMPLEMENTASI METODE NIOSH DAN ANALISA QEC PADA ALAT POTONG RANTING	Zufri Hasrudy Siregar, dan Marqie Subahaqia Ningsih	Metode NIOSH dan QEC	2019	Perancangan alat sistem hidrolik dan prinsip genggam tangan. Dengan NIOSH didapat batasan normal dalam mengangkat sedangkan QEC mendapat skor tinggi hingga perlu perbaikan
ANALISIS GERAKAN PEKERJA SECARA ERGONOMIS DENGAN METODE NIOSH PADA BAGIAN <i>MATERIAL HANDLING</i> DI PT. X	Frist Haolinama Hotma	NIOSH <i>Lifting Equation</i>	2005	Hasil usulan didapat rancangan nilai CLI < 1 yang artinya sesuai dengan standar NIOSH