



**ANALISIS BEBAN KERJA FISIK OPERATOR PENGANGKAT UNIT
PENDINGIN GEK DENGAN PENDEKATAN ERGONOMI
(Studi Kasus: PT. XYZ, Wonokoyo, Beji, Pasuruan)**

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



**DWI AYU MARSETI
NIM.115060701111054**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2015**



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
RINGKASAN	xi
SUMMARY	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	7
1.3 Perumusan Masalah	7
1.4 Batasan Masalah	8
1.5 Asumsi Penelitian	8
1.6 Tujuan Penelitian	9
1.7 Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	10
2.2 Ergonomi	11
2.2.1 Pengertian Ergonomi	11
2.2.2 Ruang Lingkup Ergonomi	12
2.2.3 Klasifikasi Ergonomi	13
2.3 Beban Kerja	13
2.3.1 Pengertian Beban Kerja	13
2.3.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Beban Kerja	14
2.4 <i>Nordic Body Map</i> (NBM)	15
2.5 <i>Rapid Body Assesment</i> (REBA)	15
2.6 <i>Cardiovascular load</i> (CVL)	16
2.7 Antropometri	18



2.8	<i>Computer Aided Three-dimensional Interactive Application (CATIA)</i>	21
-----	---	----

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian	22
3.2	Tempat Dan Waktu Penelitian	22
3.3	Langkah-Langkah Penelitian	22
3.4	Diagram Alir	25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Gambaran Umum Perusahaan	26
4.1.1	Sktruktur Organisasi	27
4.1.2	Visi dan Misi	28
4.1.3	Proses Produksi	29
4.1.4	Proses Produksi GEK	31
4.1.5	Jenis Produk	34
4.2	Pengumpulan Data	34
4.2.1	Wawancara	34
4.2.2	Kuisisioner <i>Nordic Body Map (NBM)</i>	35
4.2.3	Data Denyut Nadi/Jantung	36
4.2.4	Dokumentasi Postur Kerja	37
4.2.5	Data Antropometri	39
4.3	Pengolahan Data	39
4.3.1	Rekapitulasi Keluhan Kerja <i>Nordic Body Map (NBM)</i>	39
4.3.2	Perhitungan Denyut Nadi/Jantung dengan <i>Cardiovascularload (CVL)</i>	40
4.3.3	Pengolahan Data dengan <i>Rapid Entire Body Assessment (REBA)</i>	43
4.3.3.1	Perhitungan Postur Kerja dengan Metode REBA	44
4.3.3.2	Hasil <i>Final REBA Score</i>	46
4.3.3.3	Pemilihan dan Analisis Postur Kerja dengan metode REBA	47
4.3.4	Rekomendasi Perbaikan	47
4.3.4.1	Desain Alat Bantu	48
4.3.4.2	Perbaikan Postur Kerja	54
4.4	Analisis dan Pembahasan	61
4.4.1	Analisis NBM	61



4.4.2 Perhitungan Denyut Nadi/Jantung dengan *Cardiovascularload* (CVL)..... 63

4.4.3 Pengolahan Data dengan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)..... 64

4.4.4 Perbandingan Hasil Data Analisis Postur Kerja Operator 64

BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN 66

5.2 SARAN 67

DAFTAR PUSTAKA 68

LAMPIRAN 70

BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan akan dijelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini, perumusan masalah yang akan diselesaikan, tujuan dan manfaat yang akan diperoleh dari penelitian, serta ruang lingkup penelitian meliputi batasan masalah dan asumsi yang akan digunakan dalam penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Dalam era globalisasi yang semakin berkembang, persaingan industri manufaktur sangatlah ketat. Seluruh industri manufaktur berusaha meningkatkan produktivitas kerja secara optimal untuk dapat memenangkan persaingan yang menuntut kualitas dan ketepatan waktu. Menurut Wingdjosebroto (1995) dalam Sarfa. R (2004), produktivitas adalah perbandingan antara output dan input. Produktivitas dikatakan meningkat jika terjadi peningkatan *output* diikuti penurunan input, dimana salah satu faktor yang sangat mempengaruhi produktivitas adalah manusia sebagai pekerja.

Beban kerja fisik menunjukkan seberapa banyak aktivitas fisik yang dilakukan manusia selama bekerja, seperti mendorong, menarik, mengangkat, dan menurunkan beban. Menurut Tayyari & Smith (1997), beban kerja atau kapasitas kerja fisik berhubungan dengan kapasitas maksimum dari sistem fisiologi dalam menghasilkan energi untuk kerja otot. Untuk orang normal, beban kerja berhubungan langsung dengan sistem kerja jantung dalam menyediakan oksigen untuk kerja otot dan untuk membuang limbah metabolisme.

PT.XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur pembuatan *heat exchanger* (pengubah suhu) *plug-in refrigeration units* yang berlokasi di Wonokoyo, Beji, Pasuruan. PT.XYZ merupakan bagian dari XYZ Group yang berkedudukan di Jerman. Selain itu PT.XYZ juga memiliki cabang di berbagai belahan dunia diantaranya adalah Hungaria, Rusia, Meksiko, dan Brazil dengan fasilitas produksi terbesar kedua setelah perusahaan pusat Jerman dengan jumlah kurang lebih 500 tenaga kerja. Beberapa jenis produk antara lain adalah *evaporator*, *condenser*, *air cooler*, *dry cooler*, *control equipment*, dan *accessories*.

Salah satu produk pendingin yang diproduksi PT.XYZ adalah unit GEK. Unit GEK adalah pendingin yang digunakan untuk mendinginkan bahan-bahan makanan seperti

sayuran, ikan dan bahan makanan lain yang membutuhkan pendingin agar tetap bertahan.

Proses produksi pada unit GEK dimulai dari pengangkatan *compressor* secara manual tanpa alat bantu ke stasiun *tube preparation*. Selanjutnya dilakukan *tube assembling*, *electric preparation*, *electric assembling*, *GEK testing*, dan *packing*. Seluruh proses harus berjalan mengalir mulai dari proses awal sampai akhir dalam menyelesaikan tiap satu PO yang terdiri dari beberapa unit GEK.

Unit GEK merupakan satu-satunya *line* produksi yang berada dalam ruangan tertutup dan memiliki pendingin. Hal ini dikarenakan pada *work station* *GEK testing* membutuhkan suhu yang tinggi yang diperlukan untuk menguji kesesuaian Unit GEK yang dipesan oleh *customer*. Pada Gambar 1.1 menunjukkan mesin pendingin pada *work station* *GEK testing*.



Gambar 1.1 Mesin Pendingin GEK *testing* PT. XYZ

Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Departemen GEK, *Shift Leader*, dan operator, dinyatakan kecenderungan risiko tugas lebih besar dari kemampuan seseorang terjadi pada operator atau pekerja *electric assembling*, *GEK testing* dan *packing*. Hal tersebut dapat dilihat secara langsung saat operator melakukan proses *electric assembling* pada stasiun *electric assembling* yang memiliki meja perakitan khusus untuk Unit GEK yang terdapat pada Gambar 1.2. Selanjutnya operator melakukan pengangkatan dan pengepakan unit GEK yang memiliki berat beban 72-134 kg. Selain itu, aktivitas ini menggunakan cara manual yang dilakukan oleh operator sehingga postur kerja terlalu membungkuk dan kaki menekuk pada saat pengangkatan unit GEK.

Pengangkatan unit GEK diawali dengan pengangkatan unit yang sudah melalui proses *electric assembling* dengan jarak pengangkatan 3 meter – 6 meter menuju stasiun *GEK testing*. Selanjutnya dilakukan *preparation GEK testing* dengan menyiapkan ruangan *testing* yang memiliki jarak 3 meter dari stasiun *GEK testing*.



Gambar 1.2 Stasiun Kerja *Electric Assembling*

Tipe unit GEK terbagi menjadi dua, yaitu GEK N dan GEK T. Kedua tipe tersebut memiliki beban (daya) yang berbeda-beda. Beban yang ditanggung tiap unit GEK mengikuti kebutuhan *customer*, karena produk GEK adalah satu-satunya produk yang akan langsung dikirim kepada *customer* atau merupakan produk *finish good*. Pengujian unit GEK dilakukan pada ruangan *testing* yang memiliki mesin penguji unit GEK. Kedua jenis tipe unit dibagi berdasarkan kebutuhan *customer* dalam mendinginkan bahan makanan atau bahan kimia di dalam ruangan pendingin. Setiap tipe unit memiliki bentuk yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan *customer*.

Terdapat 4 tipe unit GEK yaitu H, W, S, dan D. Untuk tipe H adalah pendingin yang dipasangkan menempel ke dinding kamar dingin dengan ketebalan isolasi 70-120 mm. Sedangkan tipe W bentuknya seperti tipe H, tetapi memiliki perberdaan pada elemen isolasi tambahan, dan digunakan ketika tidak mungkin untuk memasang unit dari atas karena pembatasan ruang. Untuk tipe S pendingin udara dan unit pendingin dipasang secara terpisah. Jarak maksimum antara kedua komponen ini adalah 10 m panjang dan 3 m di ketinggian. Selanjutnya yaitu tipe D dapat dipasang dengan mudah di langit-langit ruangan pendingin dan dapat menyediakan suhu kamar pendingin yang optimal. Pada Gambar 1.3 menunjukkan unit GEK sesuai dengan tipenya masing-masing.



Unit GEK Tipe H

Unit GEK Tipe W

Unit GEK Tipe S

Unit GEK Tipe D

Gambar 1.3 Unit GEK Sesuai dengan Tipe Masing-Masing

Sumber : Arsip Perusahaan

Selain bentuk, berat tiap tipe unit juga berbeda-beda. Adanya perbedaan beban karena kebutuhan *part* dari tiap tipe unit tidak sama dan mengikuti permintaan *customer*. Pada Tabel 1.1 menunjukkan beban tipe unit GEK N dan GEK T.

Tabel 1.1 Beban tipe Unit GEK N dan GEK T

Integrated refrigeration GEK	N 600	N 900	N 1200	N 1500	N 2000	N 3000	T 500	T 700	T 1000	T 1200	T 1500
H,W,S weight (kg)	60	68	71	72	104	110	62	76	96	100	117
D weight (kg)	79	85	90	91	123	133	79	86	113	114	134

Dari hasil pengamatan secara langsung, proses pengangkatan unit GEK sangat berisiko terhadap kesehatan operator. Proses pengangkatan unit GEK ditunjukkan pada Gambar 1.4. dimana proses tersebut berisiko karena beban unit GEK yang berlebih dan dapat menyebabkan cedera pada bagian tubuh operator. Proses pengangkatan unit GEK dilakukan dari pukul 07.00 WIB – 15.00 WIB. Proses pengangkatan dilakukan dengan mengangkat bagian depan dan belakang unit GEK. Selain itu aktivitas tersebut dilakukan secara berulang dalam 1 *shift*.



Gambar 1.4 Proses Pengangkatan Unit GEK
Sumber: PT. XYZ

Berdasarkan pengamatan langsung yang dilakukan di GEK, terdapat banyak kekurangan saat proses pemindahan unit GEK dari stasiun *electric assembling* ke *GEK testing*. Operator mengeluhkan penggunaan alat bantu meja *electric assembling* dan kereta GEK *testing* berada pada stasiun yang berbeda-beda dan harus selalu melakukan pemindahan material dari meja satu ke meja yang lain, sehingga memerlukan tenaga operator dalam proses pemindahannya. Aktivitas tersebut merupakan pekerjaan yang berat sehingga kemungkinan operator mengalami keluhan sakit dan ketidaknyamanan pada tubuh operator. Hal ini dibuktikan dengan hasil kuisioner *Nordic Body Map* (NBM) yang diberikan kepada operator pada bagian produksi unit GEK. Kuisioner NBM digunakan

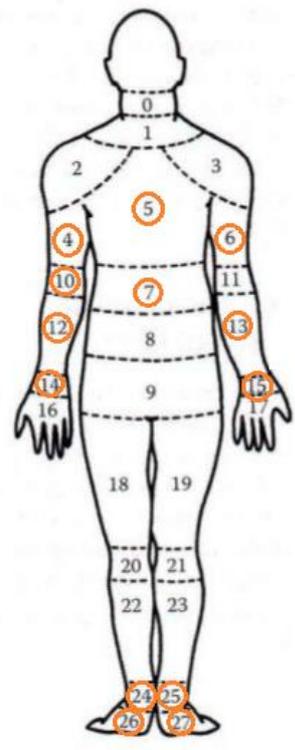
karena kuisioner tersebut mampu memetakan 28 segmen tubuh manusia sehingga dapat diketahui bagian - bagian mana saja dari otot pekerja yang mengalami keluhan (Corlet, 1992).

Terdapat 28 segmen tubuh yang akan menjadi acuan dalam mengisi kuisioner NBM. Pengisian data kuisioner *Nordic Nody map* (NBM) dilakukan oleh 7 operator yang merupakan populasi pekerja departemen produksi unit GEK. Dari tabel 1.2 tersebut dapat diketahui bahwa keluhan yang paling sering dirasakan operator pengangkat pendingin GEK dalam melakukan aktivitas berdasarkan nilai rata-rata paling besar yang ditunjukkan dengan keluhan dengan nilai diatas rata-rata 3. Tabel 1.2 menunjukkan 28 segmen tubuh yang ada pada kuisioner *Nordic Body map* (NBM).

Tabel 1.2 Data Keluhan Operator dengan 28 Segmen Tubuh pada Tabel NBM

No	Jenis Keluhan	Pekerja							Total	Rata-rata
		1	2	3	4	5	6	7		
0	Kaku di leher bagian atas	3	2	2	2	3	2	1	15	2.14
1	Kaku di bagian leher bagian bawah	2	3	3	3	2	3	1	17	2.43
2	Bahu kiri	1	3	4	2	1	3	1	15	2.14
3	Bahu kanan	1	3	4	3	1	3	1	16	2.29
4	Lengan atas kiri	3	4	4	4	3	4	4	26	3.71
5	Punggung	4	4	4	4	4	4	3	27	3.86
6	Lengan atas kanan	3	4	4	4	3	4	3	25	3.57
7	Pinggang	3	4	4	4	4	4	4	27	3.86
8	Pinggul	1	3	2	2	1	3	4	16	2.29
9	Pantat	1	2	1	2	1	2	2	11	1.57
10	Siku kiri	4	4	4	3	4	3	4	26	3.71
11	Siku kanan	1	4	4	3	1	4	1	18	2.57
12	Lengan bawah kiri	4	4	3	3	4	4	3	25	3.57
13	Lengan bawah kanan	4	4	3	4	4	4	3	26	3.71
14	Pergelangan tangan kiri	3	4	4	3	4	4	2	24	3.43
15	Pergelangan tangan kanan	4	4	4	3	3	4	3	25	3.57
16	Tangan kiri	1	4	4	3	1	4	1	18	2.57
17	Tangan kanan	1	4	4	2	1	4	1	17	2.43
18	Paha kiri	2	4	1	3	3	4	3	20	2.86
19	Paha kanan	2	4	1	2	3	4	3	19	2.71
20	Lutut kiri	3	4	2	2	3	4	1	19	2.71
21	Lutut kanan	3	4	2	2	3	4	1	19	2.71
22	Betis kiri	2	4	3	3	2	4	1	19	2.71
23	Betis kanan	1	4	3	3	1	4	1	17	2.43
24	Pergelangan kaki kiri	4	4	4	2	4	4	3	25	3.57
25	Pergelangan kaki kanan	3	4	4	4	3	4	4	26	3.71
26	Kaki kiri	2	4	4	3	4	4	3	24	3.43
27	Kaki kanan	2	4	4	4	3	4	4	25	3.57

Hasil pengisian kuisioner NBM terhadap 7 operator dapat diketahui bahwa tingkat keluhan sakit dan ketidaknyamanan yang paling tinggi adalah pada bagian lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, pinggang, siku kiri, lengan bawah kiri, lengan bawah kanan, pergelangan tangan kiri, pergelangan tangan kanan, pergelangan kaki kiri, pergelangan kaki kanan, kaki kiri, dan kaki kanan yang ditunjukkan pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Titik-Titik Keluhan berdasarkan Kuisioner *Nordic Body Map* (NBM)

Berdasarkan hasil uraian pada Gambar 1.5, maka perlu dilakukan perancangan ulang terhadap peralatan dan perlengkapan produksi unit GEK, khususnya pada bagian yang menjadi objek pengamatan sehingga mampu mengurangi penggunaan tenaga yang berlebihan dalam menyelesaikan pekerjaan dan memperbaiki postur kerja operator. Dalam hal ini perlu dirancang sebuah alat bantu manual untuk mengangkat dan memindahkan unit GEK dengan pendekatan ergonomi fisik untuk mengetahui tingkat beban kerja fisik yang dialami operator. Analisis beban kerja akan dilakukan dengan menggunakan metode *Cardiovascularload* (CVL) sedangkan analisis postur kerja akan dilakukan dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA).

REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) merupakan metode untuk menginvestigasi lingkungan kerja yang tidak ergonomis pada tubuh bagian leher, punggung, lengan, pergelangan tangan dan kaki seorang operator (McAtamney, 2000). Metode REBA adalah salah satu metode penilaian postur kerja operator pada saat melakukan kerja. Metode ini dipilih karena berdasarkan hasil kuisioner, keluhan yang dialami pekerja sebagian besar



terjadi pada anggota tubuh bagian atas dan lutut kaki serta mampu memperbaiki posisi kerja pekerja menjadi lebih ergonomis.

Selanjutnya untuk mengukur beban kerja fisik diukur dengan pengukuran denyut nadi selama bekerja. Metode ini digunakan untuk menilai *cardiovascular strain* pekerja (Manuaba, 1996, dalam Tarwaka, 2004:101). Metode analisis *cardiovascularload* (CVL), yaitu perbandingan peningkatan denyut nadi dengan denyut nadi maksimum. Ada tiga jenis denyut nadi untuk mengestimasi indeks beban kerja fisik, yaitu : denyut nadi istirahat, denyut nadi kerja, dan selisih antara denyut nadi istirahat dengan denyut nadi kerja (Widodo, 2008).

Berdasarkan hasil analisis REBA dan CVL yang ada maka dapat diketahui postur kerja dan beban kerja fisik yang dialami oleh operator tersebut. Data nilai postur kerja yang muncul akan dijadikan sebagai rekomendasi perbaikan, dimana dengan membuat desain perancangan berupa alat bantu yang berfungsi untuk mengurangi potensi cedera yang ada. Langkah selanjutnya peneliti akan melakukan analisis postur kerja operator dengan metode REBA saat menggunakan alat bantu. Perancangan alat bantu dan postur kerja menggunakan *software Computer Aided Three-dimensional Interactive Application* (CATIA) untuk melihat apakah desain alat bantu yang dibuat dapat mengurangi potensi cedera terhadap operatornya.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang ada pada penelitian ini adalah :

1. Risiko tugas operator pengangkat unit GEK lebih besar daripada kemampuan operator
2. Jarak pengangkatan unit GEK yaitu 3 meter – 6 meter menuju kereta *testing* dengan berat unit GEK sebesar 72-134 kg
3. Dari hasil kuisioner *Nordic Body Map* menunjukkan bahwa terdapat 13 titik keluhan sakit dan ketidaknyamanan yang dirasakan oleh operator pengangkat pendingin unit GEK
4. Operator pengangkat pendingin unit GEK masih menggunakan cara manual yaitu dengan pengangkatan unit pendingin GEK dengan tangan yang membutuhkan jarak, waktu lebih lama, dan risiko cedera yang lebih besar.

1.3 Perumusan Masalah

Dari identifikasi masalah yang telah dijabarkan, dirumuskan permasalahan yang akan menjadi topik pada penelitian ini, yaitu :



8

1. Bagaimana hasil analisis beban kerja dengan menggunakan metode *Cardiovascular load* (CVL) ?
2. Bagaimana hasil analisis postur kerja operator pengangkat unit GEK dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) ?
3. Bagaimana rekomendasi perancangan alat bantu yang dapat mengurangi beban kerja operator pengangkat unit GEK di PT. XYZ?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan alat bantu terhadap postur kerja operator pengangkat unit GEK dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) ?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Faktor psikologis dan sosiologis tidak diteliti
2. Objek pengamatan hanya pada stasiun kerja *Electric Assembling, GEK Testing*, dan *Packing*
3. Tidak mempertimbangkan pergerakan secara dinamis
4. Pada penelitian ini tidak membahas tentang produktifitas kerja
5. Pada penelitian ini perhitungan biaya hanya mencakup pada bahan baku atau material alat bantu, tidak mencakup proses produksi perancangan alat bantu
6. Pada penelitian ini tidak membahas pengaruh lingkungan kerja

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pengambilan gambar postur kerja dilakukan dengan cara 2 orang yang mensimulasikan
2. Dimensi desain alat bantu meja perakitan menggunakan dimensi meja perakitan yang sudah ada di perusahaan
3. Dimensi antropometri untuk meja *testing* dan *scissor lift table* menggunakan acuan dimensi antropometri orang Indonesia
4. Pekerja yang diamati adalah pekerja yang bekerja dalam kondisi normal serta sehat
5. Tidak ada perubahan metode kerja selama penelitian berlangsung.



1.6 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini adapun tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut :

1. Menganalisis beban kerja fisik yang diterima oleh operator pengangkat unit GEK PT. XYZ dengan menggunakan metode *Cardiovascularload (CVL)*
2. Menganalisis postur kerja operator pada bagian GEK PT. XYZ dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*
3. Memberikan rekomendasi alat bantu pengangkat unit GEK khususnya pada aliran *electric assembling, GEK testing, dan packing* untuk mengurangi beban kerja fisik operator pengangkat unit GEK PT. XYZ

1.7 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Memberikan hasil analisis keluhan otot rangka dan ketidaknyamanan dengan *Nordic Body Map (NBM)* dari proses produksi unit GEK pada bagian GEK PT. XYZ
2. Mengurangi beban kerja fisik yang dialami oleh operator pengangkat unit GEK PT. XYZ sesuai dengan hasil analisis metode *Cardiovascular load (CVL)*
3. Memperbaiki postur kerja operator pengangkat unit GEK PT. XYZ sesuai dengan hasil analisis metode *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam melakukan penelitian diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang dipermasalahkan dalam penelitian dan digunakan dalam analisis. Pada bab ini akan dijelaskan beberapa dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian yang menjadi referensi dari penelitian ini.

1. Norray (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis potensi cedera yang menyebabkan *musculoskeletal disorder* (MSDs). Untuk menganalisis potensi cedera peneliti menggunakan metode RULA, REBA dan *Liberty Mutual Tables*. Hasil analisis RULA sebelum dan sesudah menggunakan desain alat bantu, potensi cedera pada tubuh bagian atas mengalami penurunan, pada operator 1 aktivitas mengangkat diperoleh skor akhir RULA setelah menggunakan desain alat bantu diperoleh skor 4, adapun untuk skor akhir REBA didapatkan skor akhir 3 poin, semakin kecil skor akhir RULA dan REBA, maka semakin kecil pula potensi cedera yang dialami. Selanjutnya metode *Liberty Mutual Tables*, diperoleh persentase setelah menggunakan alat bantu meningkat menjadi 79%. Semakin tinggi persentase yang diperoleh, maka semakin besar pula tugas tersebut dapat diterima oleh populasi pekerjaanya.
2. Hima dan Umami (2011) melakukan penelitian *Cardiovascular load* (CVL) dan NASA-Task Load Index (NASA-TLX) pada operator mesin Departemen *Log and Veeneer Preparation* di PT.XYZ. Pada analisis %CVL, operator mesin *rotary* menerima beban kerja fisik terbesar yaitu 29,39%. Dari %CVL ini operator tersebut tidak perlu mendapatkan perbaikan karena tidak terjadi kelelahan. Nilai tersebut dapat dikatakan aman, tetapi perlu diwaspadai karena nilai tersebut mendekati angka 30%. Jika dibutuhkan perbaikan, maka perbaikan yang didapatkan berupa pemberian waktu istirahat tambahan di sela-sela jam kerja atau bisa juga dengan penambahan rekan kerja dengan kemampuan yang sama untuk mesin tersebut. Selain itu juga dapat diperbaiki dengan perbaikan metode kerja dan alat bantu.

3. Sunarso (2010) melakukan penelitian NBM, Antropometri dan REBA pada pekerja bagian pengisian air mineral menuju ke gudang dengan jarak 10 m. Pemindahan galon air mineral memiliki berat 19 kg dengan menggunakan fasilitas kerja berupa troli. Berdasarkan hasil simulasi dengan gambar 3D dan perhitungan dengan metode REBA, troli galon air mineral hasil rancangan dengan pendekatan antropometri dapat memberikan perbaikan pada postur kerja pekerja. Hasil skor REBA tertinggi sebelum perancangan adalah 11 artinya memiliki level resiko sangat tinggi, sedangkan hasil skor REBA tertinggi setelah perancangan adalah 5 artinya memiliki level resiko sedang.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu yang Menjadi Referensi Penelitian

Penulis	Objek	Metode	Hasil
Sunarso (2010)	Galon Air Mineral	<i>Nordic Body map</i> REBA Antropometri	Dari rancangan troli dapat diperoleh hasil postur kerja memiliki level risiko kecil dengan rekomendasi perbaikan. Penurunan level risiko terjadi karena adanya perubahan postur kerja yang disebabkan oleh desain troli galon air mineral yang ergonomis sehingga memungkinkan pekerja untuk dapat bekerja dengan postur kerja yang baik.
Hima dan Umami (2011)	Operator Mesin Departemen <i>Log and Veneer</i>	<i>Cardiovascular load</i> (CVL) dengan pengukuran denyut nadi/jantung	Pada analisis %CVL, operator mesin <i>rotary</i> menerima beban kerja fisik terbesar yaitu 29,39% sehingga tidak perlu diwaspadai, karena nilai tersebut mendekati angka 30%. Jika dibutuhkan perbaikan, maka dapat berupa pemberian waktu istirahat tambahan di sela-sela jam kerja atau penambahan rekan kerja dengan kemampuan yang sama untuk mesin tersebut.
Norray (2015)	Postur Kerja Operator PT. Jaykay Files Indonesia	RULA REBA <i>Liberty Mutual Tables</i>	Hasil analisis RULA sebelum dan sesudah menggunakan desain alat bantu, potensi cedera pada tubuh bagian atas mengalami penurunan, setelah menggunakan desain alat bantu diperoleh skor 4. Sedangkan untuk skor akhir REBA didapatkan skor akhir 3 poin, semakin kecil skor akhir RULA dan REBA, maka semakin kecil pula potensi cedera yang dialami. Hasil untuk metode <i>Liberty Mutual Tables</i> setelah menggunakan alat bantu persentase meningkat 79%. Semakin tinggi persentase yang diperoleh, maka semakin besar pula tugas tersebut dapat diterima oleh populasi pekerjaan.

2.2 Ergonomi

2.2.1 Pengertian Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu *Ergos* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering,

manajemen dan perancangan dan desain (Nurmianto, 1996). Sasaran penelitian ergonomi adalah manusia pada saat bekerja dan lingkungan pekerjaannya. Peralatan dan lingkungan kerja yang tidak ergonomis akan berdampak negatif bagi pekerja, disamping tidak aman dan tidak nyaman akan memungkinkan terjadi kecelakaan, menimbulkan penyakit akibat kerja dan rendahnya produktivitas kerja.

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (desain) ataupun rancang ulang (*re-desain*). Hal ini dapat meliputi perangkat keras seperti misalnya perkakas kerja (*tools*) bangku kerja (*benches*), platform, kursi, pegangan alat kerja (*workholders*), system pengendali (*controls*), alat peraga (*displays*), jalan/ lorong (*access way*), pintu (*doors*), jendela (*windows*), dan lain-lain.

2.2.2 Ruang Lingkup Ergonomi

Ergonomi merupakan suatu bidang ilmu yang multidisiplin. Ilmu ini terdiri dari perpaduan ilmu psikologi, anatomi dan kedokteran, fisiologi dan psikologi, serta fisika dan teknik. Fokus ergonomi ialah pada biomekanik, kinesiologi, fisiologi kerja, dan antropometri. Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari perilaku manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan mereka. Sasaran penelitian ergonomi adalah manusia pada saat bekerja dalam lingkungan. Secara singkat dapat dikatakan bahwa ergonomi adalah penyesuaian tugas pekerjaan dengan kondisi tubuh manusia yang ditujukan untuk menurunkan stress yang akan dihadapi. Upayanya antara lain berupa penyesuaian ukuran tempat kerja dengan dimensi tubuh agar tidak melelahkan, pengaturan suhu, cahaya dan kelembaban sesuai dengan kebutuhan tubuh manusia (Departemen Kesehatan RI, 2007).

Menurut Tarwaka (2007) Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyasrakan atau menyeimbangkan antara fasilitas (beraktivitas/istirahat) dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik/mental sehingga kualitas hidup menjadi lebih baik. *International Ergonomics Association* mendefinisikan ergonomi merupakan studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan desain perancangan untuk optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan di tempat kerja di rumah dan tempat rekreasi.

Tanpa ergonomi maka ketidaknyamanan dalam bekerja akan terasa, biaya tinggi, kecelakaan dan penyakit akibat kerja tinggi dan akan mengakibatkan pula rendahnya efisiensi dan daya kerja. Ergonomi dapat diterapkan dimana saja baik di lingkungan rumah, perjalanan, lingkungan sosial ataupun tempat kerja. Ergonomi harus dapat diterapkan di

lingkungan kerja atau dimanapun karena untuk mendapatkan kenyamanan, kesehatan, keselamatan dan produktifitas kerja yang optimal.

2.2.3 Klasifikasi Ergonomi

Menurut *International Ergonomics Association*, ergonomi diklasifikasikan menjadi tiga katagori, yaitu ergonomi fisik, ergonomi kognitif, dan ergonomi organisasi.

1. Ergonomi Fisik

Ergonomi fisik merupakan klasifikasi dari ergonomi yang berkaitan tentang anatomi manusia, antropometri, karakteristik fisiologis, dan biomekanik. Topik kajian ergonomi fisik ini meliputi pengukuran postur kerja, penanganan material (*material handling*), gerakan berulang (*repetitive movement*) yang berhubungan dengan *musculoskeletal*, tata letak ruang kerja, serta keselamatan dan kesehatan kerja.

2. Ergonomi Kognitif

Ergonomi kognitif berkaitan dengan proses mental pekerja, seperti persepsi, memori, penalaran, dan respon motorik yang mempengaruhi interaksi antara manusia dan elemen lainnya. Dalam hal ini topik kajian meliputi beban kerja, mental, pengambilan keputusan, kinerja, keterampilan, interaksi manusia-alat, stress kerja dan pelatihan.

3. Ergonomi Organisasi

Ergonomi organisasi berhubungan dengan optimasi sistem sosioteknik, termasuk struktur organisasi, kebijakan, desain kerja, desain waktu kerja, kerja sama tim, desain partisipatif, ergonomi masyarakat, kerja kooperatif, paradigma kerja baru, budaya organisasi, dan manajemen mutu.

2.3 Beban Kerja

2.3.1 Pengertian Beban Kerja

Beban kerja adalah sekumpulan atau sejumlah kegiatan yang harus diselesaikan oleh suatu unit organisasi atau pemegang jabatan dalam jangka waktu tertentu. Setiap beban kerja yang diterima seseorang harus sesuai dan seimbang terhadap kemampuan fisik maupun mental pekerja yang menerima beban kerja tersebut agar tidak terjadi kelelahan. Kondisi lingkungan kerja (panas, bising, debu, bau zat-zat kimia) merupakan beban tambahan terhadap pekerja yang secara sendiri atau bersamaan dapat menimbulkan gangguan atau penyakit akibat kerja. Beban kerja sendiri meliputi beban kerja fisik dan mental (Hart& Wickens, 1990:64).

Akibat dari beban kerja yang terlalu berat atau kemampuan fisik yang terlalu lemah, dapat mengakibatkan seorang pekerja menderita gangguan atau penyakit akibat kerja. Dari sudut pandang ergonomi, setiap beban kerja yang diterima oleh seseorang harus sesuai atau seimbang baik dalam kemampuan fisik, kognitif, maupun keterbatasan manusia yang menerima beban tersebut. Kemampuan kerja seorang tenaga kerja berbeda dari satu kepada yang lainnya dan sangat bergantung dari tingkat keterampilan, kesegaran jasmani, usia dan ukuran tubuh dari pekerja yang bersangkutan (Sama'mur, 1996:68).

2.3.2 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Beban Kerja

Menurut Rodhal (1989:249) bahwa secara umum hubungan antara beban kerja dan kapasitas kerja dipengaruhi oleh berbagai faktor yang sangat kompleks, baik faktor internal maupun faktor eksternal. Berikut ini faktor-faktor yang mempengaruhi beban kerja:

a. Beban kerja karena faktor eksternal

Faktor eksternal beban kerja adalah beban kerja yang berasal dari luar tubuh pekerja, meliputi:

1. Tugas-tugas

Meliputi tugas bersifat fisik seperti, stasiun kerja, tata ruang tempat kerja, kondisi lingkungan kerja, sikap kerja, cara angkut beban yang diangkat. Sedangkan tugas yang bersifat mental meliputi, tanggung jawab, kompleksitas pekerjaan, emosi pekerja dan sebagainya.

2. Organisasi Kerja

Organisasi kerja meliputi lamanya waktu kerja, waktu istirahat, shift kerja, sistem kerja dan sebagainya.

3. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja ini dapat memberikan beban tambahan yang meliputi, lingkungan kerja fisik, lingkungan kerja kimiawi, lingkungan kerja biologis dan lingkungan kerja psikologis.

b. Beban kerja karena faktor internal

Faktor internal beban kerja adalah faktor yang berasal dari dalam tubuh akibat adanya reaksi dari beban kerja eksternal yang berpotensi sebagai *stressor*, meliputi:

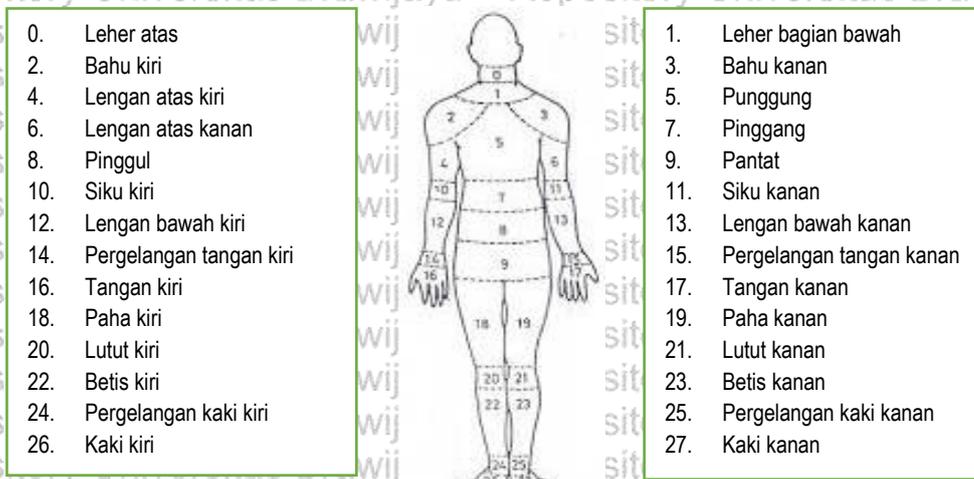
1. Faktor somatis (jenis kelamin, umur, ukuran tubuh, status gizi, kondisi kesehatan, dan sebagainya)

2. Faktor psikis (motivasi, persepsi, kepercayaan, keinginan, kepuasan, dan sebagainya).

2.4 Nordic Body Map (NBM)

NBM (*Nordic Body Map*) merupakan metode yang dilakukan dengan menganalisa peta tubuh yang ditujukan pada tiap bagian tubuh. Kuisisioner *Nordic Body Map* adalah kuisisioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan pada para pekerja karena sudah terstandarisasi dan tersusun rapi (Kroemer, 2001:339). Dengan melihat dan menganalisa peta tubuh (*Nordic Body Map*) akan dapat diestimasi jenis dan tingkat keluhan otot *skeletal* yang dirasakan oleh pekerja. Melalui *Nordic Body Map* dapat diketahui bagian – bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman atau agak sakit sampai tingkat yang sangat sakit (Tarwaka, 1985).

Metode ini dilakukan dengan memberikan penilaian objektif pada pekerja. Gambar 2.1 merupakan 28 bagian otot pada standar pembagian bagian tubuh *Nordic Body Map*.



Gambar 2.1 Bagian Otot pada Kuisisioner *Nordic Body Map*

Sumber : Tarwaka (2014)

2.5 Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Metode REBA diperkenalkan oleh Sue Hignett dan Lynn McAtamney dan diterbitkan dalam jurnal *Applied Ergonomics* tahun 2000. Metode REBA, memungkinkan dilakukan suatu analisa secara bersama dari posisi yang terjadi pada anggota tubuh bagian atas (lengan, lengan bawah, dan pergelangan tangan), badan, leher dan kaki. Metode REBA efektif digunakan untuk menilai postur tubuh pekerja, tenaga yang digunakan dan tipe dari pergerakan pekerja. Terdapat empat tahapan proses perhitungan yang dilalui yaitu :

- 1) Mengumpulkan data mengenai postur pekerja tiap kegiatan menggunakan video atau foto
- 2) Menentukan sudut pada postur tubuh saat bekerja pada bagian tubuh
- 3) Menentukan berat beban, pegangan (*coupling*) dan aktivitas kerja

4) Menentukan nilai REBA untuk postur yang relevan dan menghitung skor akhir dari kegiatan tersebut. Pada gambar postur kerja dapat dilihat kondisi anggota tubuh yang digunakan dalam perhitungan metode REBA.

REBA merupakan suatu metode penilaian ergonomis yang dikembangkan berdasarkan *range* posisi postur dalam konsep RULA, OWAS, dan NIOSH *Equation*. Metode REBA digunakan dalam mengidentifikasi resiko ergonomi pada pekerjaan yang melibatkan seluruh anggota tubuh, postur yang statis, dinamis, berubah dengan cepat atau tidak stabil, pekerjaan yang menangani beban atau tanpa beban secara terus menerus ataupun tidak, dan ketika melakukan pekerjaan.

Hasil penilaian REBA merupakan level tindakan yang perlu dilakukan, yaitu 1 (risiko dapat diabaikan, tidak perlu tindakan), 2-3 (risiko rendah, mungkin diperlukan tindakan), 4-7 (risiko sedang, perlu tindakan), 8-10 (risiko tinggi, tindakan secepatnya), 11-15 (risiko sangat tinggi, tindakan sesegera mungkin) (Stanton et al, 2005). *Worksheet* REBA dapat dilihat pada Gambar 2.2.

REBA Employee Assessment Worksheet

based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

 Step 1a: Adjust...
 If neck is twisted: -1
 If neck is side bending: -1

Step 2: Locate Trunk Position

 Step 2a: Adjust...
 If trunk is twisted: -1
 If trunk is side bending: -1

Step 3: Legs

 Adjust: 30-60°
 Add +1
 Add +2

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Step 5: Add Force/Load Score
 If load < 11 lbs: +0
 If load 11 to 22 lbs: +1
 If load > 22 lbs: +2
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Step 6: Score A. Find Row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Scoring:
 1 = negligible risk
 2 or 3 = low risk, change may be needed
 4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
 8 to 10 = high risk, investigate and implement change
 11+ = very high risk, implement change

SCORES

Table A		Neck		
		1	2	3
Legs		1	2	3
Trunk Posture Score		1	2	3
		4	5	6
		7	8	9
		0	0	0

Table B		Lower Arm		
		1	2	3
Wrist		1	2	3
Upper Arm Score		1	2	3
		4	5	6
		7	8	9
		0	0	0

Table C		Score B, (table B value x coupling score)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9	9
6	5	5	5	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10
8	7	7	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10
9	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11
10	9	9	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11
12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Step 7: Locate Upper Arm Position:

 Step 7a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Step 9: Locate Wrist Position:

 Step 9a: Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Step 11: Add Coupling Score
 Well fitting Handle and mid range power grip: good: +0
 Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part: fair: +1
 Hand hold not acceptable but possible: poor: +2
 No handles, awkward, unsafe with any body part: Enacceptable: +3

Step 12: Score B. Find Column in Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Step 13: Activity Score
 -1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 -1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
 -1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Task name: _____ Reviewer: _____ Date: _____

This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in REBA. © 2004 Heinen Consulting Inc. provided by Practical Ergonomics rbarker@ergosmart.com (816) 444-1667

Gambar 2.2 Worksheet REBA

Sumber : <https://ahlannet99.wordpress.com/2011/11/03/reba.jpg>

2.6 Cardiovascularload (CVL)

Peningkatan denyut nadi mempunyai peranan yang sangat penting di dalam peningkatan *cardiac output* dari istirahat sampai kerja maksimum. Ada tiga jenis denyut

nadi untuk mengestimasi indeks beban kerja fisik, yaitu : denyut nadi istirahat, denyut nadi kerja, dan selisih antara denyut nadi istirahat dengan denyut nadi kerja (Widodo, 2008).

Pengaturan laju detak jantung (*heart rate*) adalah aktivitas pengukuran yang paling sering diaplikasikan untuk mengukur berat atau ringannya kerja yang harus dilakukan oleh seorang pekerja (Wignjosoebroto, 2003:270). Pengukuran denyut nadi/jantung selama bekerja merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain* dengan metode 10 denyut. Dimana denyut nadi/jantung dapat dihitung dengan Persamaan (2-1):

$$\text{Denyut Nadi} = \frac{\text{waktu dalam 10 denyut}}{\text{waktu penghitungan (DNK)}} \times 60 \quad (2-1)$$

Sumber: Tarwaka (2014:119)

Dimana hasil dari denyut nadi/jantung dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat beban kerja yang dialami oleh pekerja (Christense, 1991:169) yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Kategori Beban Kerja berdasarkan Denyut Jantung

Kategori Beban Kerja	Denyut Jantung (denyut/min)
Sangat ringan	< 75
Ringan	75-100
Sedang	100-125
Berat	125-150
Sangat berat	150-175
Sangat berat sekali	>175

Sumber: Christense (1991:169),
Encyclopedia of Occupational Health and Safety

Terdapat 3 jenis denyut nadi/jantung yang digunakan untuk mengestimasi indeks beban kerja fisik yang terdiri dari beberapa jenis (Sastrowinoto, 1985:108), yaitu:

- a. Denyut Nadi Istirahat (DNI) adalah rata-rata denyut nadi sebelum pekerjaan dimulai.
- b. Denyut Nadi Kerja (DNK) adalah rata - rata denyut nadi selama bekerja.
- c. Nadi Kerja (NK) adalah selisih antara denyut nadi istirahat dengan denyut nadi kerja.

Denyut nadi/jantung mempunyai peranan yang sangat penting didalam peningkatan *cardiovascular output* dari istirahat sampai kerja maksimum. Untuk Denyut Nadi Maksimum (DNmax) adalah (220–umur) untuk laki-laki dan (200–umur) untuk perempuan. Manuaba (1996:157) dalam Tarwaka (2004:102) menentukan klasifikasi beban kerja yang dapat dilihat berdasarkan peningkatan denyut nadi/jantung karena beban kardiovaskular (*cardiovascular load* = %CVL). *Cardiovascular Strain* adalah suatu estimasi untuk menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi

kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-2):

$$\% \text{CVL} = \frac{\text{DNK} - \text{DNI}}{\text{DN}_{\text{Max}} - \text{DNI}} \times 100 \quad (2-2)$$

Sumber: Tarwaka (2014:120)

Dari perhitungan %CVL kemudian dibandingkan dengan klasifikasi tingkat beban kerja yang telah ditetapkan pada Tabel 2.3 sebagai berikut.

Tabel 2.3 Klasifikasi Beban Kerja berdasarkan %CVL

% CVL	Klasifikasi %CVL
< 30%	Tidak terjadi kelelahan
30% - 60%	Diperlukan perbaikan
60% - 80%	Kerja dalam waktu singkat
80% - 100%	Diperlukan tindakan segera
>100%	Tidak diperbolehkan beraktivitas

Sumber: Christense (1991:169),

Encyclopedia of Occupational Health and Safety

Kepekaan denyut nadi terhadap perubahan pembebanan yang diterima tubuh adalah cukup tinggi. Denyut nadi akan segera berubah seiring dengan perubahan pembebanan, baik yang berasal dari pembebanan mekanik, fisik maupun kimiawi (Sastrowinoto, 1985:105). Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi frekuensi denyut nadi/jantung yaitu jenis kelamin, usia, berat badan, keadaan emosi atau psikis, kondisi kesehatan, kebiasaan atau aktivitas sehari-hari, sikap tubuh saat di ukur denyut nadinya, suhu atau temperatur udara disekelilingnya, dan konsumsi obat.

Grandjean (1993) menjelaskan bahwa beban kerja fisik tidak hanya ditentukan oleh jumlah kalori yang dikonsumsi, tetapi juga ditentukan oleh jumlah otot yang terlibat dan beban statis yang diterima yang dapat meningkatkan denyut nadi. Dalam hal ini, aktivitas tinggi yang dilakukan oleh operator dan lingkungan kerja yang dingin menyebabkan peningkatan denyut nadi yaitu nilai %CVL > 30%.

2.7 Antropometri

Antropometri menurut Wignjosoebroto (2000) adalah studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Bidang antropometri meliputi berbagai ukuran tubuh manusia seperti berat badan, posisi ketika berdiri, ketika merentangkan tangan, lingkaran tubuh, dan sebagainya. Data antropometri digunakan untuk berbagai keperluan, seperti perancangan stasiun kerja, fasilitas kerja, dan desain produk agar diperoleh ukuran-ukuran yang sesuai dan layak dengan dimensi tubuh manusia yang akan menggunakannya.

Pada Tabel 2.4 merupakan data berkaitan dengan dimensi antropometri tubuh manusia beserta keterangan tentang pengukuran dimensi tersebut.

Tabel 2.4 Dimensi Antropometri

Dimensi	Keterangan	Dimensi	Keterangan
D1	Tinggi tubuh	D19	Lebar pinggul
D2	Tinggi mata	D20	Tebal dada
D3	Tinggi bahu	D21	Tebal perut
D4	Tinggi siku	D22	Panjang lengan atas
D5	Tinggi pinggul	D23	Panjang lengan bawah
D6	Tinggi tulang ruas	D24	Panjang rentan tangan ke depan
D7	Tinggi ujung jari	D25	Panjang bahu – genggam tangan ke depan
D8	Tinggi dalam posisi duduk	D26	Panjang kepala
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	D27	Lebar kepala
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	D28	Panjang tangan
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	D29	Lebar tangan
D12	Tebal paha	D30	Panjang kaki
D13	Panjang lutut	D31	Lebar kaki
D14	Panjang popliteal	D32	Panjang tangan ke samping
D15	Tinggi lutut	D33	Panjang rentang siku
D16	Tinggi popliteal	D34	Tinggi genggam tangan ke atas
D17	Lebar sisi bahu	D35	Tinggi genggam ke atas dalam posisi duduk
D18	Lebar bahu bagian atas	D36	Panjang tangan genggam tangan ke depan

Sumber: Anthropometriindonesia.com

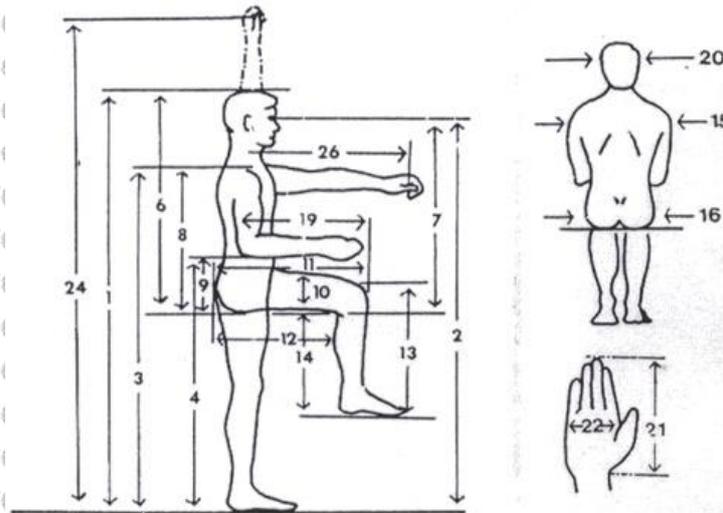
Selanjutnya perhitungan persentil juga menjadi bagian terpenting didalam antropometri karena memiliki kajian yang erat dengan jumlah populasi. Tabel 2.5 merupakan ketentuan dari perhitungan persentil didalam antropometri.

Tabel 2.5 Tabel Persentil

Persentil	Rumus
1	$x - 2,325 \text{ SD}$
2,5	$x - 1,960 \text{ SD}$
5	$x - 1,645 \text{ SD}$
10	$x - 1,280 \text{ SD}$
50	X
90	$x + 1,280 \text{ SD}$
95	$x + 1,645 \text{ SD}$
97,5	$x + 1,960 \text{ SD}$
99	$x + 2,325 \text{ SD}$
$X = \text{nilai rata-rata}$	$\text{SD} = \text{Standar Deviasi}$

Sumber : Nurmianto, 2003

Dalam pokok bahasan antropometri, 95 persentil menunjukkan tubuh berukuran besar, sedangkan 5 persentil menunjukkan tubuh berukuran kecil. Jika diinginkan dimensi untuk mengakomodasi 95% populasi maka 2,5 dan 97,5 persentil adalah batas rentang yang dapat dipakai dan ditunjukkan oleh Gambar 2.3.

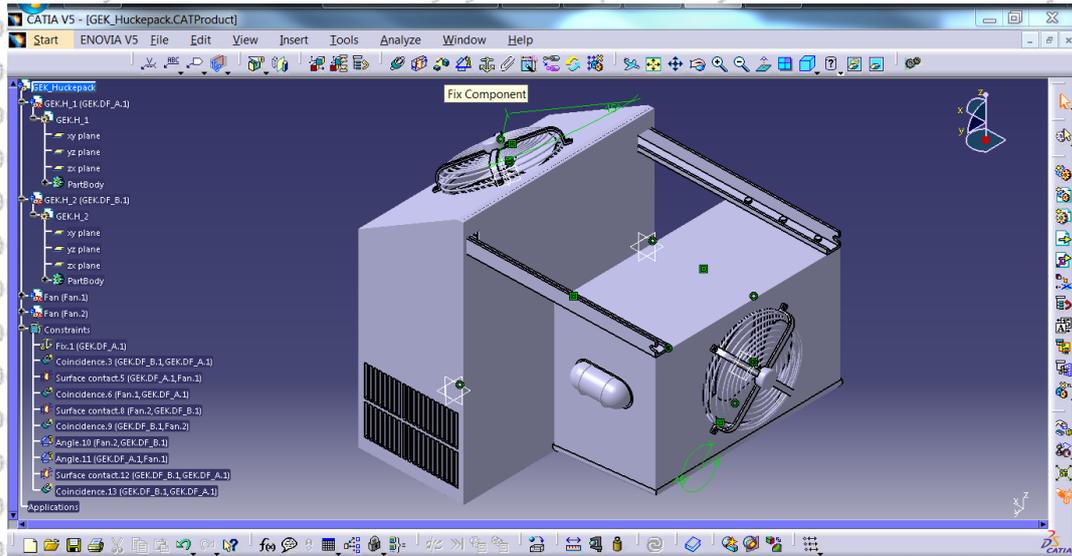


Gambar 2.3 Dimensi Antropometri Tubuh Manusia
Sumber : Tarwaka (2014)

2.8 Computer Aided Three - dimensional Interactive Application (CATIA)

Menurut Bernard (2003) CATIA merupakan sebuah *software* yang dikembangkan dari perusahaan pesawat milik Perancis yang bernama *Avions Marcel Dassault*. *Software* ini dulunya digunakan untuk melakukan perancangan pesawat untuk pengembangan mesin jet tempur, sejak saat itu *software* ini kemudian diadopsi oleh perusahaan otomotif, pembuatan kapal, dan industri lainnya. Awalnya *software* ini bernama *Conception Assistee Tridimensionnelle Interactif* (CATI) pada tahun 1977, kemudian berganti nama menjadi *Computer Aided Three-dimensional Interactive Application* (CATIA) pada tahun 1980. Kemudian pada tahun 1984 perusahaan Boeing memilih *software* ini sebagai alat perancangan tiga dimensi utamanya, dan perusahaan Boeing menjadi pelanggan terbesar yang menggunakan *software* CATIA ini.

Kemajuan dibidang komputer saat ini terus berkembang dan sangat membantu dalam proses penyelesaian analisis, khususnya analisis kekuatan struktur. Saat ini banyak tersedia berbagai jenis perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk analisis struktur, salah satunya adalah CATIA yang merupakan produk keluaran dari *Dassault System*. Penggunaan *software* CATIA dapat dipakai untuk analisis komponen baik itu kekuatan struktur dalam beban statis, analisis frekuensi bebas sampai simulasi perancangan dapat dilakukan. Kini banyak perusahaan yang bergerak dibidang industri, khususnya industri otomotif menggunakan *software* CATIA. Pada Gambar 2.4 merupakan contoh tampilan desain *software* Catia V5.



Gambar 2.4 Tampilan Desain Software Catia V5



BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam proses penelitian. Tahapan tersebut merupakan kerangka berfikir yang dijadikan acuan agar proses penelitian ini berjalan sistematis, terstruktur, terarah dan menjadi pedoman penelitian untuk tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif analisis. Penelitian kuantitatif analisis merupakan penelitian yang membuktikan teori dan pengambilan data sampel dari populasi. Selanjutnya dilakukan pengujian data sampel yang akan dianalisis berdasarkan output dari pengolahan data. Dengan *output* pengolahan data selanjutnya mencoba untuk memberikan solusi permasalahan yang ada supaya memperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya (McMillan dan Schumacher, 2001).

Penelitian ini berfokus pada analisis ergonomi dan dilihat dari aspek kuantitatif pada pengolahan data REBA (*Rapid Entired Body Assessment*) untuk mengetahui tingkat beban kerja fisik operator dan kemudian merancang alat kerja untuk membantu mengurangi beban kerja operator dan meningkatkan produktivitas departemen produksi PT. XYZ.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan pada bulan Februari 2015 sampai dengan Mei 2015. Tempat pengambilan data penelitian di Departemen Produksi GEK PT. XYZ, Pasuruan, Jawa Timur.

3.3 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1) Studi Lapangan

Studi lapangan merupakan suatu metode dimana peneliti secara langsung mencari dan mempelajari penelitian. Adapun langkah yang digunakan dalam metode penelitian lapangan adalah sebagai berikut :

a. Wawancara, yaitu suatu metode yang digunakan dalam mendapatkan data dengan jalan mengajukan pertanyaan secara langsung pada saat perusahaan melakukan proses produksi unit GEK

b. Observasi, yaitu suatu metode dalam memperoleh data, dengan melakukan pengamatan langsung terhadap suatu kegiatan yang sedang berlangsung di dalam perusahaan

c. Dokumentasi perusahaan

Dokumentasi perusahaan merupakan metode pengumpulan data yang berasal dari dokumen atau arsip perusahaan mengenai spesifikasi mesin, spesifikasi unit, dan *layout* lokasi penelitian. Dokumen ini digunakan sebagai data pendukung dalam penelitian.

2) Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan suatu metode yang digunakan untuk memperoleh data dengan studi literatur di perpustakaan atau membaca sumber-sumber data informasi lainnya yang berhubungan dengan pembahasan. Sehingga dengan penelitian kepustakaan ini dapat diperoleh teori mengenai permasalahan.

3) Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahapan awal pemahaman terhadap suatu permasalahan yang timbul untuk mencari solusi permasalahan tersebut. Tahapan awal dilakukan dengan penyebaran kuisisioner *Nordic Body Map* (NBM) kepada operator bagian departemen produksi unit GEK PT. XYZ.

4) Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan rincian dari permasalahan yang dikaji, serta menunjukkan tujuan dari persoalan yang dikemukakan.

5) Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Hal ini ditujukan agar mempermudah peneliti untuk menentukan batasan-batasan yang perlu dalam pengolahan dan analisis data selanjutnya.

6) Pengumpulan Data

Dalam tahap ini yang dilakukan adalah mengumpulkan data yang diperlukan selama proses penelitian berlangsung. Data yang dibutuhkan berupa data primer yang diperoleh melalui observasi secara langsung dan juga data sekunder yang diperoleh melalui perusahaan maupun literatur lainnya. Data yang diperlukan yaitu:



- a. Data umum perusahaan
- b. Semua data tentang GEK
- c. Mengumpulkan data mengenai alat pengangkat
- d. Dokumentasi foto operator saat melakukan proses pengangkat Unit GEK tipe H
- e. Pengambilan data dimensi alat bantu di perusahaan
- f. Wawancara kuisioner NBM (*Nordic Body Map*)
- g. Pengambilan data postur kerja REBA
- h. Pengambilan data denyut nadi operator pengangkat pendingin

7) Pengolahan data

Langkah-langkah dalam pengolahan data adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan rekapitulasi keluhan sakit dan ketidaknyamanan yang ditunjukkan tiap bagian tubuh dengan menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM)
- b. Melakukan perhitungan denyut nadi/jantung operator pengangkat unit GEK dengan menggunakan metode *Cardiovascularload* (CVL) untuk mengetahui ketidaksesuaian beban kerja dengan kemampuan operator
- c. Mengukur postur kerja dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) untuk mengetahui tingkat risiko postur kerja operator
- d. Melakukan pemilihan postur kerja yang memiliki nilai risiko cedera paling besar
- e. Pemberian rekomendasi perbaikan

8) Analisis hasil dan pembahasan

- a. Analisis hasil kuisioner *Nordic Body Map* (NBM)
- b. Analisis hasil *Cardiovascularload* (CVL)
- c. Analisis hasil penilaian postur kerja *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)
- d. Perbandingan hasil data analisis postur kerja operator sebelum dan sesudah usulan perbaikan

9) Kesimpulan dan Saran

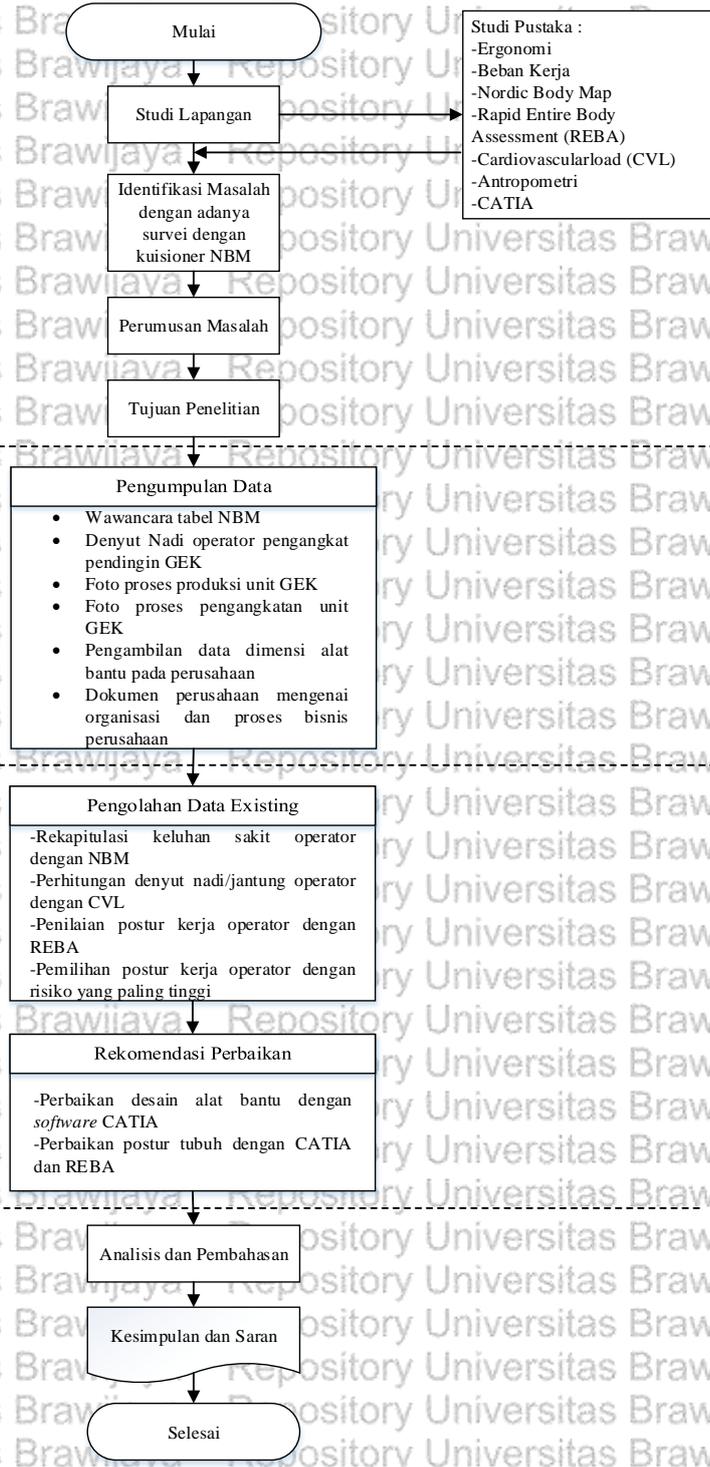
Kesimpulan dan saran dibuat berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data yang telah dilakukan sebelumnya. Kesimpulan diambil sesuai dengan tujuan penelitian yang ditetapkan. Sedangkan saran berisi tentang saran yang diberikan penulis untuk perusahaan maupun penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Di dalam bab ini memuat langkah-langkah yang dilaksanakan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada pada PT. XYZ yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Repository Universitas Brawijaya



Gambar 3.1 Flow Chart Prosedur Penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan bagaimana hasil serta pembahasan dari penelitian. Bab ini terdiri dari gambaran umum perusahaan yang menjadi tempat penelitian, penyajian dan pengolahan data, serta analisa dan pembahasan yang menjawab dari rumusan masalah dan tujuan penelitian.

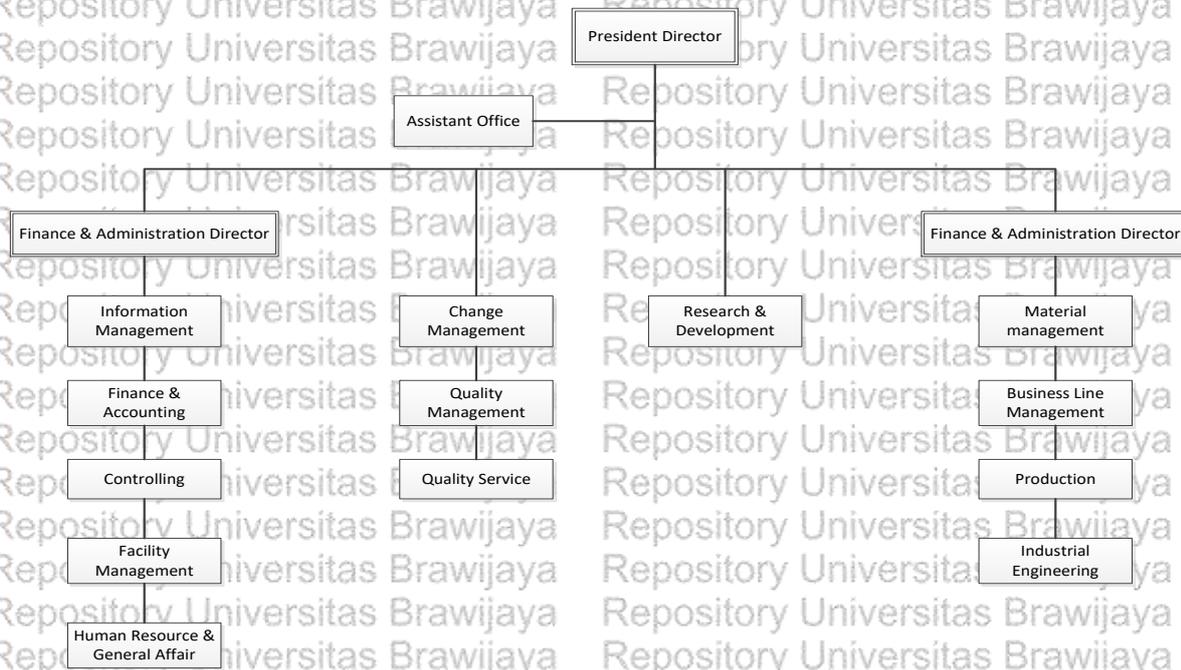
4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. XYZ merupakan perusahaan pembuat *Heat Exchanger* (pengubah suhu) yang berlokasi di Wonokoyo, Beji Pasuruan. PT. XYZ merupakan bagian dari XYZ Group yang berkedudukan di Jerman. Pada tahun 1931 di Munich, Jerman, Hans Güntner mendirikan layanan perbaikan yang mengkhususkan dalam peralatan pendingin. Setelah perang, selain menawarkan layanan perbaikan, perusahaan semakin berfokus memproduksi komponen sistem pendingin sendiri.

Pada tahun 1994, Güntner memutuskan untuk mendirikan PT. XYZ Indonesia yang berada di Pasuruan. Perusahaan baru selesai di bangun pada tahun 1996 dengan unit XYZ pertama yang diproduksi. Karena kapasitas produksi yang terlalu kecil, sehingga fasilitas produksinya diperluas pada tahun 1997. Saat ini, fasilitas produksi di Indonesia adalah fasilitas terbesar kedua dari Grup XYZ dengan 500 karyawan. Hampir seluruh produk portofolio XYZ diproduksi di Indonesia.

PT. XYZ adalah salah satu perusahaan *manufacturing* di Asia. XYZ mempunyai beberapa cabang di berbagai negara (7 negara). Negara-negara tersebut adalah Meksiko, Rusia, Swiss, Jerman, Hungaria, China, dan Brazil. Induk XYZ berada di Jerman dan XYZ terbesar ada di Hungaria dengan produksi khusus berupa *thermowave*. XYZ mempunyai standar sama di semua negara, sehingga produk buatan XYZ Indonesia akan mempunyai mutu yang sama pula dengan XYZ Jerman dan XYZ di negara lain. XYZ Indonesia mengcover produksi barang untuk wilayah ASEAN dan Asutralia. Fungsi XYZ yaitu memproduksi komponen (berupa evaporator dan kondensor) yang ada pada suatu unit produk. Jadi XYZ tidak memproduksi barang jadi, tapi memproduksi komponennya.

4.1.1 Struktur Organisasi



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT. XYZ

Sumber : Arsip PT. XYZ

Dalam menjalankan organisasi perusahaan, PT. XYZ mempunyai 11 departemen yang dipimpin oleh seorang manager departemen dan dibantu oleh deputy manager. Tiap departemen mempunyai lingkup pekerjaan yang berbeda tetapi saling terkait dengan departemen yang lain. PT. XYZ dipimpin oleh seorang *President Director* dan dibagi menjadi beberapa departemen sebagai berikut :

1. *Change Management*

Departemen ini bertugas untuk melakukan perubahan – perubahan terhadap semua bagian organisasi agar efektif dan efisien misalnya penerapan prinsip 5s, kompetisi Kaizen di organisasi

2. *Controlling*

Departemen ini bertugas untuk memperkuat perusahaan dalam menerapkan *Performance Management* agar efektif dan efisien

3. *Production*

Departemen ini bertugas untuk memproduksi produk yang menjadi pesanan para pelanggan.

4. *Business Line Management*

Departemen ini bertugas menjadi penghubung antar pelanggan dengan perusahaan, melayani kepentingan pelanggan

5. *Material Management*

Departemen ini bertugas menangani pengiriman, pembelian dan manajemen *warehouse*

6. *Finance and Accounting*

Departemen ini bertugas menangani keuangan, akuntansi, dan perpajakan perusahaan

7. *Industrial Engineering*

Departemen ini bertugas untuk melakukan penelitian untuk menambah kapasitas produksi perusahaan

8. *Information Technology*

Departemen ini bertugas menangani teknologi informasi yang dipakai perusahaan

9. *Human Resourch & General Affair*

Departemen ini bertugas menangani hal yang berhubungan dengan pelayanan terhadap karyawan, hubungan dengan masyarakat dan pemerintah

10. *Research & Development*

Departemen ini bertugas melakukan pengembangan produk sesuai kebutuhan pasar

11. *Quality Management*

Departemen ini bertugas mengontrol kualitas produk yang dihasilkan perusahaan agar sesuai kebutuhan pelanggan

12. *Competence Centre Team*

Melaksanakan, memonitor dan meningkatkan implementasi ERP, Menjaga kelengkapan dan kebenaran data master dalam Infor LN dan administrasi proyek penanganan dan dokumentasi. Mengembangkan komunikasi internal yang efektif dan mengelola pelaksanaan identitas perusahaan.

4.1.2 Visi dan Misi

Adapun visi dan misi perusahaan akan dijelaskan berikut ini:

1. Visi

PT. XYZ Indonesia akan menjadi perusahaan manufaktur *heat exchanger* yang paling efektif, efisien, dan inovatif didalam groupnya.

2. Misi

Misi dari perusahaan adalah sebagai berikut :

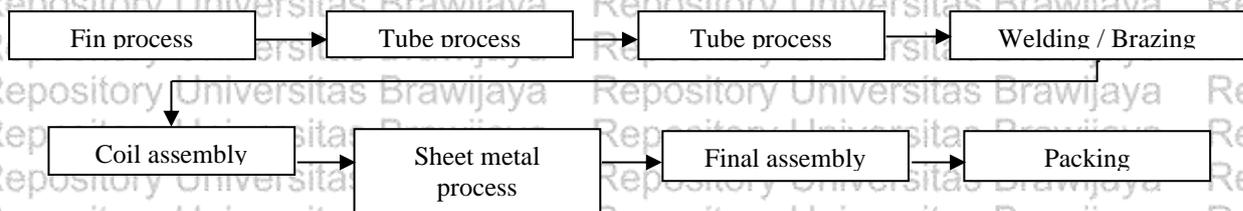
- a. Memberikan kepuasan pelanggan yang tertinggi
- b. Memberikan perhatian khusus terhadap karyawan
- c. Mempertahankan efisiensi biaya

- d. Membangun fasilitas produksi moderen dan menggunakan instrumen kontrol terdapan
- e. Selalu berusaha keras untuk mewujudkan perbaikan dan keefektifan proses
- f. Investasi dan kepemimpinan teknologi yang berkesinambungan, inovasi dan kesadaran biaya
- g. Berkonsentrasi pada kompetensi inti

4.1.3 Proses Produksi

Ada 2 hal produksi di XYZ Indonesia dengan keseluruhan luas *factory* sebesar 2,8 Ha. XYZ Indonesia menggunakan metode *straight line* untuk *line balancing*. Ada 2 *production line*, yaitu *industrial line* dan *commercial line*. Untuk tiap *line* dibedakan menjadi 2 yaitu *carbon steel line* dan *stainless steel line*. Tapi sebelum mengalami proses *line*, bahan produksi mengalami *Overview Production Process* dan *Flow Production Process*. Secara garis besar prosesnya adalah sebagai berikut :

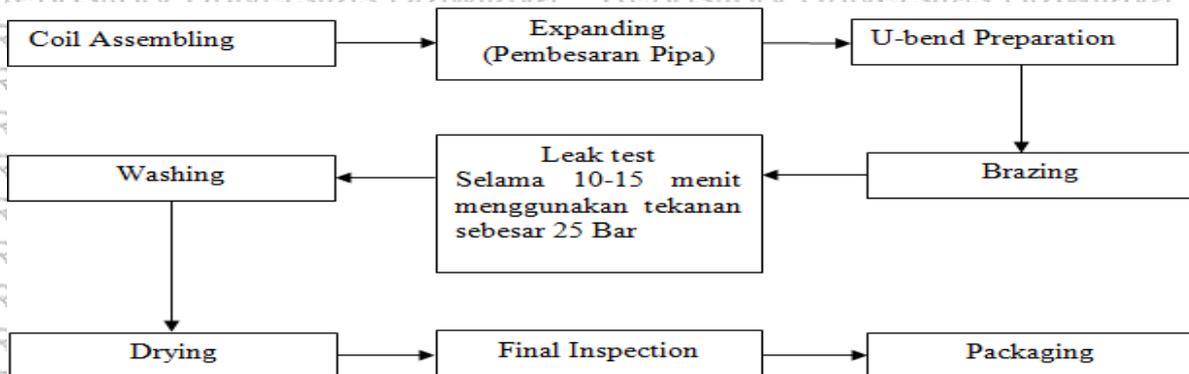
a. Overview Production Process



Gambar 4.2 Overview Production Process

b. Flow Production Process

Berikut alur atau langkah-langkah produksinya :



Gambar 4.3 Flow Production Process

c. Industrial Line

Berikut alur atau langkah-langkah produksinya :

1. *Coil Assembling*

Yaitu proses perakitan *Fin* (sirip), *Tube* (pipa) dan *Header* menjadi *Coil*. Kemudian pipa tersebut ditembak dengan besi panjang. Pipa disini difungsikan sebagai refrigan.

2. *Expand*

Pembesaran diameter pipa.

3. *U-Band*

Pemasangan pipa Pipa bentuk U ke *Tube*

4. *Brazing*

Penggabungan U-Band ke pipa dengan cara pengelasan.

5. *Leak Test*

Adalah tes tingkat kebocoran pipa dengan cara mencelupkan *coil* ke dalam bejana besar yang berisi air sabun dengan tekanan 35 bar. Proses ini dilakukan secara manual selama 10 menit. Penentuan lama pengujian yaitu 10 menit, didasarkan pada SOP dan hasil riset para *engineer* pusat.

6. *Washing*

Adalah proses pencucian untuk membersihkan *coil* dari kotoran.

7. *Drying*

Pengeringan produk dengan mesin pengering yang ada pada perusahaan

8. *Final Assembling*

Pemasangan *chasing*, *cable grommet*, *stick* and *label*.

9. *Electrical Process*

Proses pengujian dan penyetelan produk dengan energi listrik

10. *Packing*

Pembungkusan produk secara manual oleh operator.

d. Commercial Line

Keseluruhan proses pada *Commercial Line* hampir sama dengan *Industrial Line*. Bedanya hanyalah pada *coil* dan produk akhir yang ukuran/dimensi pada *Commercial Line* jauh lebih kecil dibandingkan dengan *Industrial Line*. Dan juga tujuan dan kegunaan dari produk akhir juga berbeda. PT. XYZ beroperasi berdasarkan permintaan/pesanan (*job order operation*). Jadi lama pengerjaan untuk satu produk tidak tentu. Oleh karena itu, meskipun proses pengerjaan suatu produk sudah mencapai 50% dan terdapat *order* baru,

maka order yang baru akan selesai dalam waktu yang lebih lama sebab orderan sebelumnya belum 100% selesai.

4.1.4 Proses Produksi GEK

Proses produksi unit GEK dilakukan setiap hari dengan beberapa proses yaitu *cable preparation*, *tube preparation*, *tube assembling*, *electric preparation*, *electric assembling*, *GEK testing*, dan *packing*. Berat unit GEK yaitu sebesar 72 kg sampai 134 kg dengan jumlah yang harus diangkat setiap hari sebanyak 20 unit. Berikut penjelasan beberapa tahapan proses produksi unit GEK :

1. *Cable preparation*

Proses persiapan kabel yang akan dipasangkan pada *fan* dan digunakan untuk menghubungkan arus di dalam unit pendingin. Persiapan kabel dilakukan untuk seluruh pemesanan unit pendingin di GEK tanpa menunggu proses perakitan unit dimulai.

2. *Tube Preparation*

Proses *tube preparation* merupakan proses persiapan pipa-pipa yang akan digunakan pada unit GEK. Pada proses ini pipa-pipa tersebut dibengkokkan sesuai dengan model unit GEK yang akan dirakit. Selain itu terdapat proses pengelasan pipa dimana pipa yang sudah dibengkokkan disatukan menjadi bentuk U atau disesuaikan dengan model unit yang akan dirakit. Gambar 4.4 menunjukkan proses *tube preparation* oleh operator GEK.



Gambar 4.4 *Tube Preparation Process*

3. *Tube Assembling*

Proses selanjutnya adalah *tube assembling* yaitu proses perakitan pipa-pipa yang sudah dibengkokkan dengan *coil condensor*. Pada proses ini juga dilakukan pemeriksaan dan pemilihan *coil* sesuai dengan kualitas yang sudah ditetapkan perusahaan. Berikut gambar proses *tube assembling* oleh operator GEK. Gambar 4.5 menunjukkan proses *tube assembling*.



Gambar 4.5 Tube Assembling Process

4. *Electric Preparation*

Proses *electric preparation* merupakan sebuah proses perakitan kipas yang akan dipasang pada unit GEK dan persiapan *part-part* yang akan dipasang pada proses *electric assembling*.

5. *Electric Assembling*

Proses *electric assembling* merupakan proses perakitan unit GEK. Pada proses tersebut dipasang *condensor, compressor, fan*, dan *part-part* lain menjadi satu unit GEK. Berikut gambar proses *electric assembling* unit GEK. Gambar 4.6 menunjukkan proses *electric assembling*.



Gambar 4.6 Electric Assembling Process

6. *GEK Testing*

Proses *GEK testing* merupakan proses pengujian unit GEK dimana proses pengujian dilakukan di dalam ruangan yang memiliki suhu tinggi untuk menguji apakah kualitas suhu pendingin sudah sesuai dengan spesifikasi unit GEK yang dipesan. Berikut gambar proses *GEK testing* yang dilakukan oleh operator GEK. Gambar 4.7 menunjukkan proses *GEK testing* oleh operator pada mesin *testing*.



Gambar 4.7. GEK Testing Process

7. Packing

Proses *packing* merupakan proses pengepakan unit GEK dan seluruh panduan penggunaan unit GEK ke dalam karton oleh operator unit GEK. Selanjutnya operator menempelkan stiker dan mengemas unit GEK dengan plastik karena unit GEK akan langsung dikirim ke konsumen. Berikut gambar proses *packing* unit GEK. Gambar 4.8 menunjukkan proses *packing* unit GEK oleh operator.



Gambar 4.8 Packing Process Unit GEK

4.1.5 Jenis Produk

Terdapat berbagai macam produk pendingin dan pemindah panas yang dihasilkan oleh PT. XYZ. Beberapa produk PT. XYZ diantaranya adalah *refrigerants*, *coolant*, *heat exchanger*, *accessories*, *refrigerants control*, dan produk-produk lain.



Gambar 4.9 Beberapa Produk yang Dihasilkan PT. XYZ

Sumber : Arsip PT. XYZ

Seluruh produk yang dihasilkan PT. XYZ digunakan sebagai pendingin ruangan, pendingin makanan, maupun pendingin bahan kimia yang ada di dalam pabrik. Setiap produk memiliki spesifikasi yang berbeda-beda disesuaikan dengan permintaan *customer*.

Unit pendingin GEK adalah unit yang langsung dikirim ke *customer* tanpa melalui pengiriman ke pabrik pusat di Jerman.

4.2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data berupa data keluhan kerja operator, data denyut nadi/jantung operator, data postur kerja operator, dan data dimensi antropometri operator. Pada pengamatan denyut nadi/ jantung operator dilakukan dengan menggunakan *Heart Rate Monitor* yang akan digunakan selama proses pekerjaan berlangsung. Cara penggunaan *Heart Rate Monitor* yaitu dengan melilitkan tali pengikat untuk memonitor denyut jantung pada bagian badan. Selanjutnya, operator atau pengamat dapat memantau denyut nadi/ jantung dari jam tangan yang ada pada tangan operator ataupun pengamat.

Pengumpulan data dilakukan selama bulan Februari – Mei 2015 dengan tujuan untuk memperoleh informasi awal di tempat penelitian. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data awal yaitu dengan kuisioner *Nordic Body Map* dan wawancara mengenai meja *electric assembling* dan kereta *testing* yang sudah ada.

4.2.1 Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi secara langsung dari operator *electric assembling*, *GEK testing* dan *packing*. Informasi yang didapatkan mengenai

keluhan yang dialami oleh operator selama melakukan pekerjaan pengangkatan unit pendingin GEK.

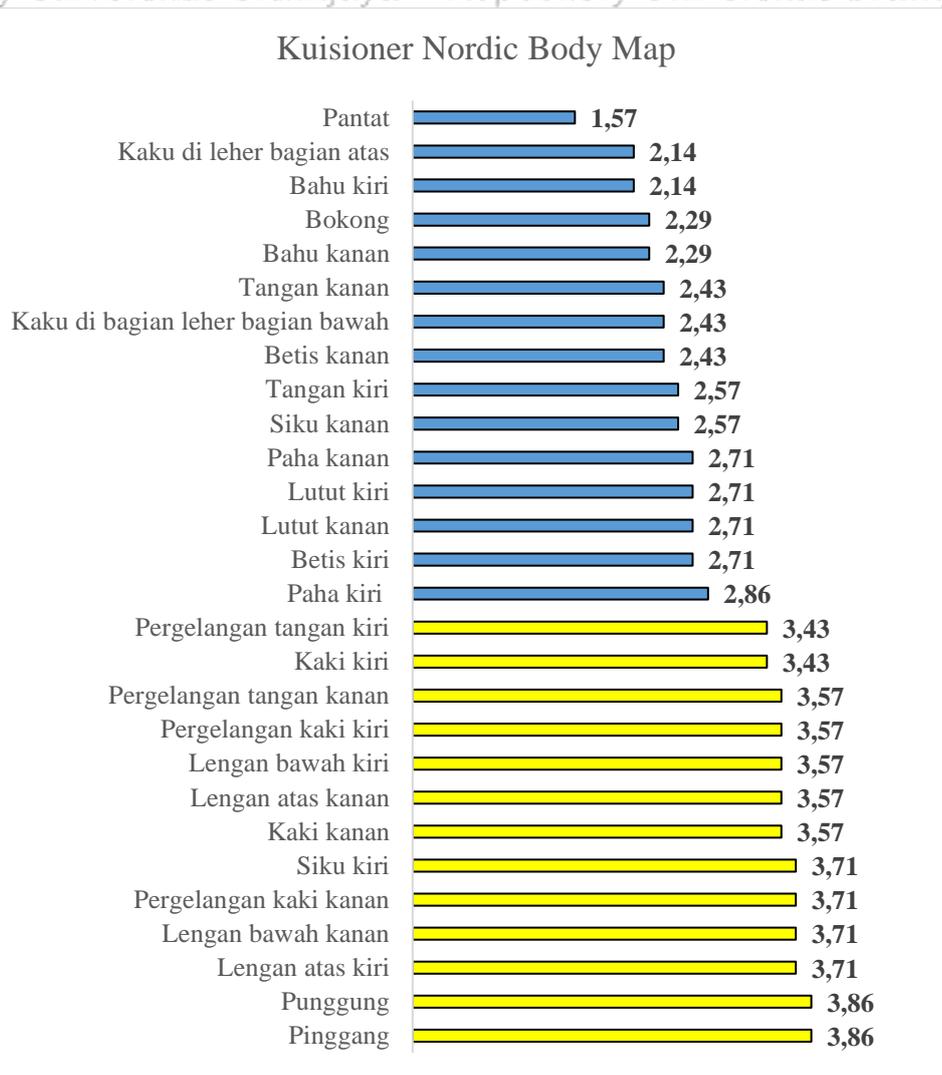
Wawancara dilakukan kepada 7 orang operator pada bagian pengangkatan unit pendingin GEK yang bertujuan untuk mengetahui keluhan yang dialami operator selama proses pengangkatan unit GEK. Berdasarkan hasil wawancara terhadap 7 operator, diketahui frekuensi aktivitas pemindahan unit pendingin GEK dari *electric assembling* ke GEK *testing* dan *packing* adalah ± 20 kali/hari dengan jarak 3 meter sampai 6 meter. Selain itu berdasarkan hasil wawancara juga dapat diketahui mengenai keluhan ketidaknyamanan dan kesulitan pada penggunaan *meja electric assembling* dan kereta *testing*.

4.2.2 Kuisisioner *Nordic Body Map*

Kuisisioner *Nordic Body Map* diberikan kepada 7 orang operator pada bagian pemindahan unit pendingin GEK di perusahaan *Hate Exchanger* dan pendingin PT. XYZ. Tujuan pengisian kuisisioner *Nordic Body Map* adalah mengetahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai sangat sakit pada operator. Pengisian kuisisioner *Nordic Body Map* dilakukan langsung oleh operator dengan cara memberikan tanda silang (X) pada bagian tubuh yang mengalami keluhan. Dalam kuisisioner *Nordic Body Map* yang ditunjukkan pada Lampiran 3, tingkat skala keluhan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- 1 : Tidak sakit
- 2 : Agak Sakit
- 3 : Sakit
- 4 : Sakit sekali

Hasil perhitungan terhadap data keluhan kerja pengangkat unit GEK dari 7 operator ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Kuisisioner *Nordic Body Map* (NBM)

4.2.3 Data Denyut Nadi/ Jantung

Pengukuran denyut jantung dilakukan dengan cara mengukur denyut jantung 7 operator pada bagian produksi unit GEK. Pengambilan data denyut nadi/jantung 7 operator pada 7 stasiun dilakukan untuk mengetahui tingkat persentase tertinggi dari seluruh proses produksi unit GEK. Denyut nadi/jantung (*heart rate*) digunakan untuk mengetahui tingkat beban kerja fisik berdasarkan analisis *Cardiovascular load* (CVL). Pengambilan Data denyut nadi/jantung dilakukan setiap 3 menit pada masing-masing operator di setiap stasiun kerja karena waktu proses pengangkatan unit GEK tidak membutuhkan waktu terlalu lama sehingga lebih cepat waktu pengambilan maka data denyut nadi/jantung akan semakin banyak sehingga data yang digunakan akan semakin valid. Dengan pengambilan data denyut nadi/jantung selama 5 jam kerja, maka jumlah data yang dibutuhkan sudah mencukupi sehingga dapat dilanjutkan pada proses analisis data. Dari data denyut

nadi/jantung yang ada, maka dilakukan perhitungan rata-rata denyut nadi kerja dan denyut nadi istirahat selama 5 jam waktu kerja. Pengambilan data dengan memantau alat bantu *heart rate monitor* berupa jam tangan yang digunakan oleh operator selama pengamatan berlangsung.

Operator yang menjadi objek penelitian keseluruhan adalah laki-laki yang memiliki usia dengan rentang 24 – 38 tahun dengan latar belakang pendidikan dari SMA. Pengambilan data denyut nadi/jantung dibagi menjadi dua yaitu Denyut Nadi Kerja (DNK) dan Denyut Nadi Istirahat (DNI) yang terdapat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2. Data Denyut Nadi Kerja (DNK) dan Denyut Nadi Istirahat (DNI) terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Rata-Rata DNK dan DNI Operator Pengangkat Unit GEK

Operator WS	1	2	3	4	5	6	7
DNK (denyut/min)	133	130	133	129	134	134	133
DNI (denyut/min)	77	77	77	78	80	78	79

Sumber: Arsip PT. XYZ

Dari Tabel 4.1 didapatkan bahwa operator WS 5 (*electric assembling*), operator WS 6 (*GEK testing*), dan operator WS 7 (*packing*) memiliki Denyut Nadi Kerja (DNK) dan Denyut Nadi Istirahat (DNI) tertinggi dibandingkan dengan operator pada *work station* lain. Hal ini menunjukkan bahwa beban kerja yang diterima operator *electric assembling*, operator *GEK testing*, dan operator *packing* lebih besar dibandingkan beban kerja yang diterima oleh operator 1 (*prepare kabel*), operator 2 (*prepare tube*), operator 3 (*tube assembling*), dan operator 4 (*prepare electric*).

Untuk menunjukkan tingkat beban kerja operator apakah termasuk kedalam kategori pekerjaan ringan ataupun berat, maka akan dilakukan analisis lebih lanjut dengan perhitungan persentase *Cardiovascularload* (%CVL).

4.2.4 Dokumentasi Postur Kerja

Setelah mengetahui proses produksi yang ada, selanjutnya adalah memberikan gambar posisi postur kerja pada saat melakukan aktivitas pengangkatan unit GEK. Pada Gambar 4.11, 4.12, dan 4.13 merupakan gambar operator melakukan aktivitas mengangkat, membawa dan meletakkan unit GEK dari meja perakitan ke kereta *testing*. Selanjutnya tahap analisis akan dilakukan dengan pengambilan postur kerja operator yang dilengkapi rincian aktivitas pengangkatan yang dijelaskan pada tahap pengolahan data.



Gambar 4.11 Operator Mulai Mengangkat Unit GEK

Pada Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa terdapat 2 operator yang sedang melakukan proses pengangkatan unit GEK dari meja perakitan setelah selesai melakukan proses *electric assembling*. Proses pengangkatan dilakukan oleh 2 orang karena terdapat bagian depan dan bagian belakang unit GEK dengan berat diatas 50 kg.



Gambar 4.12 Operator Memindahkan Unit GEK

Gambar 4.12 juga menunjukkan proses pengangkatan yang dilakukan oleh operator pengangkat unit GEK. Operator mengangkat unit GEK dan meletakkan diatas kereta *testing* untuk selanjutnya dibawa menuju stasiun kerja GEK *testing*.



Gambar 4.13 Operator Meletakkan Unit GEK di Kereta *Testing*

Pada Gambar 4.13 menunjukkan proses meletakkan unit GEK oleh operator pengangkat unit GEK. Dengan kondisi kereta *testing* yang tidak dapat dinaikkan atau diturunkan, dapat memberikan rasa tidak nyaman dan cedera kepada operator saat melakukan aktivitas tersebut.

4.2.5 Data Antropometri

Tahap selanjutnya adalah menentukan dimensi antropometri yang akan digunakan sebagai acuan untuk menetapkan ukuran rancangan. Tujuan penentuan dimensi antropometri yaitu agar rancangan sesuai dengan karakteristik penggunaannya. Oleh karena itu perancangan alat bantu pengangkat unit GEK didasarkan dengan data antropometri orang Indonesia. Data dimensi antropometri yang dibutuhkan dalam perancangan alat bantu terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Dimensi Antropometri yang Dibutuhkan

No	Dimensi Antropometri	Fungsi
1	Tinggi siku	Untuk menentukan tinggi pegangan alat bantu
2	Lebar bahu	Untuk menentukan lebar pegangan alat bantu
3	Lebar tangan	Untuk menentukan diameter pegangan alat bantu
4	Panjang kaki	Untuk menentukan panjang tuas hidrolik
5	Lebar kaki	Untuk menentukan lebar tuas hidrolik
6	Panjang tangan	Untuk menentukan jangkauan tangan ke depan

Data dimensi antropometri yang terdapat pada Tabel 4.2 merupakan dimensi tubuh manusia yang berhubungan langsung dengan alat bantu, sehingga data dimensi antropometri orang Indonesia dikaitkan dengan fungsi dari fitur alat bantu. Data antropometri yang diambil sesuai dengan variabel yang dibutuhkan dalam perancangan alat bantu pengangkat unit GEK.

4.3 Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data penelitian yang telah disajikan pada sub bab pengumpulan data. Pengolahan data berupa rekapitulasi keluhan kerja *Nordic Body Map* (NBM), perhitungan *Cardiovascularload* (CVL) dari data denyut nadi/jantung operator, penilaian postur kerja dengan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dan desain alat bantu pengangkat unit GEK.

4.3.1 Rekapitulasi Keluhan Kerja *Nordic Body Map* (NBM)

Penjelasan keluhan 28 segmen tubuh diidentifikasi dalam kuesioner *Nordic Body Map* yang terdapat pada Gambar 2.2. Setelah melakukan pengambilan data kuesioner *Nordic Body Map*, kemudian data tersebut diolah seperti pada contoh berikut :

Keluhan sakit kaku/ di lengan atas kiri bagian atas

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{jumlah nilai dari keluhan yang dirasakan pada keseluruhan sampel operator} \\ &= 4+4+4+4+4+4+3 \\ &= 27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \text{jumlah total / jumlah sampel operator} \\ &= 27/7 \\ &= 3,86 \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat diketahui bahwa keluhan yang paling sering dirasakan operator pengangkat unit GEK dalam melakukan aktivitas berdasarkan nilai rata-rata paling besar yang terdapat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Data Keluhan Terbesar berdasarkan *Nordic Body Map*

No.	Keluhan Paling Tinggi	Pekerja							Total	Rata-rata
		1	2	3	4	5	6	7		
1	Punggung	4	4	4	4	4	4	3	27	3.86
2	Pinggang	3	4	4	4	4	4	4	27	3.86
3	Lengan atas kiri	3	4	4	4	3	4	4	26	3.71
4	Siku kiri	4	4	4	3	4	3	4	26	3.71
5	Lengan bawah kanan	4	4	3	4	4	4	3	26	3.71
6	Pergelangan kaki kanan	3	4	4	4	3	4	4	26	3.71
7	Lengan atas kanan	3	4	4	4	3	4	3	25	3.57
8	Lengan bawah kiri	4	4	3	3	4	4	3	25	3.57
9	Pergelangan tangan kanan	4	4	4	3	3	4	3	25	3.57
10	Pergelangan kaki kiri	4	4	4	2	4	4	3	25	3.57
11	Kaki kanan	2	4	4	4	3	4	4	25	3.57
12	Pergelangan tangan kiri	3	4	4	3	4	4	2	24	3.43
13	Kaki kiri	2	4	4	3	4	4	3	24	3.43

Pengisian kuisioner NBM ini dilakukan kepada 7 operator. Dari hasil kuisioner NBM dapat diketahui bahwa tingkat keluhan sakit dan ketidaknyamanan yang paling tinggi terdapat pada 13 segmen tubuh. Bagian tersebut yaitu lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, pinggang, siku kiri, lengan bawah kiri, lengan bawah kanan, pergelangan tangan kiri, pergelangan tangan kanan, pergelangan kaki kiri, pergelangan kaki kanan, kaki kiri, dan kaki kanan. Keluhan sakit dan ketidaknyamanan yang dirasakan operator diakibatkan oleh faktor yaitu berat unit dan aktivitas. Berat unit GEK yang berada pada kisaran 72 kg – 134 kg mengakibatkan keluhan dan sakit yang dirasakan operator pada bagian punggung, pergelangan tangan, siku, lengan bawah, dan lengan atas. Aktivitas produksi yang mengharuskan pekerja berjalan dengan mengangkat benda yang berat mengakibatkan operator mengalami keluhan di bagian pinggang dan kaki.

4.3.2 Perhitungan Denyut Nadi/Jantung dengan *Cardiovascularload* (CVL)

Berdasarkan data pengamatan denyut nadi/jantung yang berupa Denyut Nadi Kerja (DNK) dan Denyut Nadi Istirahat (DNI) pada sub bab pengumpulan data, maka akan dilakukan perhitungan persentase *cardiovascularload* yang dapat dilihat pada Tabel 4.6

Berikut ini contoh perhitungan %CVL dari Operator *Electric Assembling* :

$$\begin{aligned} \% \text{ CVL} &= \frac{100 \times \text{DNK} - \text{DNI}}{\text{DN}_{\text{Max}} - \text{DNI}} \\ &= \frac{100 \times 133 - 77}{196 - 77} \\ &= 47\% \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil rekap perhitungan persentase *Cardiovascularload* pada operator pengangkat unit GEK PT. XYZ yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 dibawah ini.

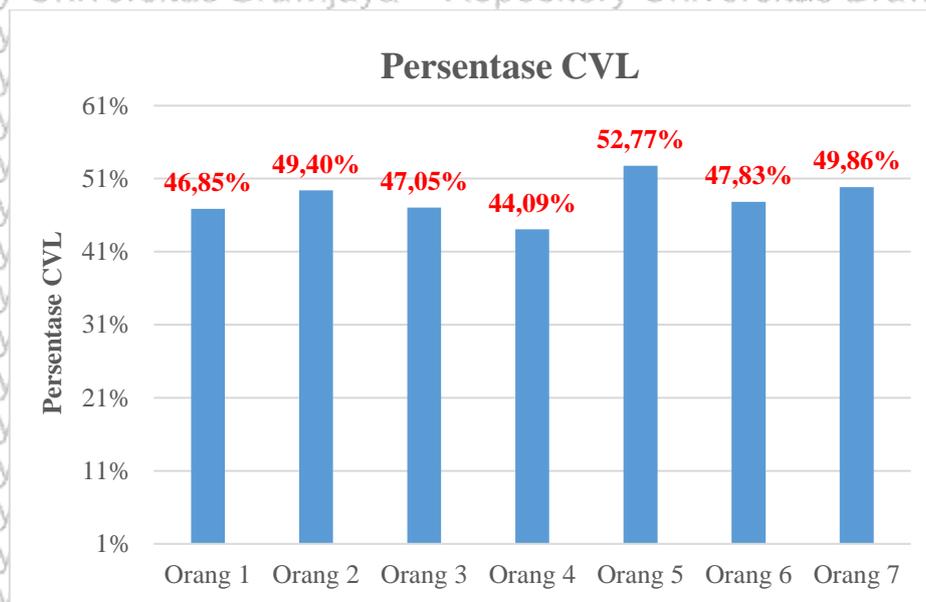
Tabel 4.4 Perhitungan Denyut Nadi dengan Metode *Cardiovascularload*

No.	Operator	Umur	DNK (denyut/min)	DNI (denyut/min)	Dnmax	CVL (%)	Keterangan
1	Orang 1	24	133	77	196	47	Diperlukan perbaikan
2	Orang 2	35	130	77	185	49	Diperlukan perbaikan
3	Orang 3	26	133	77	194	48	Diperlukan perbaikan
4	Orang 4	26	129	78	194	44	Diperlukan perbaikan
5	Orang 5	38	134	80	182	53	Diperlukan perbaikan
6	Orang 6	26	134	78	194	48	Diperlukan perbaikan
7	Orang 7	33	133	79	187	50	Diperlukan perbaikan

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa seluruh operator pengangkat unit GEK memiliki nilai persentase *cardiovascular load* (%CVL) > 30%. Dimana hal tersebut menunjukkan bahwa ketujuh operator tersebut mengalami kelelahan saat bekerja yang memerlukan perbaikan kerja.

Menurut Adiputra (2002) denyut nadi merupakan salah satu variabel fisiologis tubuh yang menggambarkan tubuh dalam keadaan statis atau dalam keadaan dinamis. Denyut nadi per menit menggambarkan aktivitas jantung dalam memompa darah ke luar masuk organ jantung. Hal ini sangat berhubungan dengan metabolisme tubuh. Semakin besar denyut jantung per menit berarti semakin tinggi aktivitas tubuh sehingga tingkat metabolisme tubuh pun semakin tinggi.

Berdasarkan hasil perhitungan persentase *cardiovascularload* (%CVL) yang telah dilakukan pada 7 orang operator departemen produksi PT. XYZ, maka didapatkan %CVL dari masing-masing operator yang terdapat pada Gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.14 Grafik Data Persentase *Cardiovascularload* (CVL)

Pada Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa terdapat 7 operator yang memiliki nilai persentase *cardiovascular load* (%CVL) > 30% yang berarti melebihi batas risiko kelelahan. Batas risiko kelelahan yang dimaksudkan adalah batas dari rentang waktu yang dibutuhkan operator untuk kembali ke denyut nadi normal atau kemampuan tubuh seseorang untuk melakukan pemulihan setelah melakukan aktivitas. Operator 1,2,3,4,5,6,7 mendapatkan nilai persentase *Cardiovascular load* (%CVL) > 30%. Sedangkan nilai persentase *cardiovascular load* paling tinggi yaitu pada WS 5 (operator *electric assembling*) dengan nilai CVL 52,77%. Nilai persentase *cardiovascular load* yang tinggi disebabkan karena beban kerja operator yang tinggi, sehingga kepekaan denyut nadi terhadap perubahan pembebanan yang diterima tubuh cukup tinggi.

Seluruh aktivitas operator memiliki beban kerja yang tinggi, oleh karena itu membutuhkan waktu lebih lama untuk melakukan pemulihan, dimana semakin berat beban kerja, maka semakin lambat denyut nadi untuk kembali normal (Sutalaksana, 2008). Hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas operator memiliki beban kerja tinggi, sehingga dibutuhkan rekomendasi perbaikan dengan memberikan rekomendasi *design* alat bantu pengangkat unit GEK, yang akan mengurangi proses pengangkatan unit GEK dan dapat mengurangi beban kerja operator khususnya pada stasiun *electric assembling*, *GEK testing*, dan *packing*.

4.3.3 Pengolahan Data dengan Metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

Metode REBA merupakan suatu alat analisa postural yang sangat sensitif terhadap pekerjaan yang melibatkan perubahan mendadak dalam posisi, biasanya sebagai akibat dari

penanganan container yang tidak stabil atau tidak terduga. Penerapan metode ini ditujukan untuk mencegah terjadinya risiko cedera yang berkaitan dengan posisi (Tarwaka, 2013). Oleh karena itu, metode ini dapat berguna sebagai peringatan bahwa terjadi kondisi kerja yang tidak tepat di tempat kerja. Terdapat 12 *step* yang terbagi atas 3 *Table Score* yaitu *Table A*, *Table B*, *Table C* pada metode REBA. *Table A* mencakup *step 1-6*, *Table B* mencakup *step 7-12*, *Table C* mencakup *Table A* dan *Table B*. Pada tahap ini dilakukan pemilihan postur kerja yang memiliki risiko cedera yang paling besar pada saat melakukan pengangkatan unit GEK pada 11 postur kerja.

Penilaian postur kerja dilakukan pada proses *electric assembling*, *GEK testing*, dan *packing*. Penilaian postur kerja dimulai dari proses pengangkatan unit GEK dari meja perakitan ke kereta *testing*. Proses pengangkatan dilakukan oleh operator perakitan unit GEK dengan rata-rata berat unit sebesar 106,60 kg. Setelah proses pengangkatan dilakukan, selanjutnya operator mendorong kereta *testing* ke mesin *testing chamber* dengan jarak 3 meter dari stasiun *electric assembling*. Selanjutnya dilakukan proses *testing* dimana suhu unit GEK akan diuji selama 15 menit sampai 20 menit.

Setelah unit GEK selesai diuji, unit GEK akan didorong oleh operator untuk melanjutkan ke proses *finishing*, tetapi jika hasil uji unit GEK tidak sesuai dengan ketentuan perusahaan, maka unit GEK akan kembali dibawa ke stasiun *electric assembling* dan dilakukan pemeriksaan dan perbaikan oleh operator. Setelah proses pemeriksaan dan perbaikan selesai, maka unit GEK kembali diuji ada stasiun *GEK testing* sesuai dengan waktu yang ditentukan.

Proses selanjutnya setelah operator melakukan proses *finishing* yaitu operator membawa unit ke stasiun *packing*. Pada stasiun *packing* operator sudah menyiapkan *pallet* dan *box* sebagai tempat penyimpanan unit GEK sebelum dibawa ke tempat penyimpanan. Pada stasiun *packing* operator melakukan pengangkatan unit GEK dari kereta *testing* kedalam *box* yang berada diatas *pallet*. Seluruh proses dari stasiun *electric assembling*, *GEK testing* dan *packing* terdapat pada Gambar 4.15 sebagai berikut.



Gambar 4.15 Tahapan Proses Pengangkatan Unit GEK
Sumber: PT. XYZ, Pasuruan

4.3.3.1 Perhitungan Postur Kerja dengan Metode REBA

Proses perhitungan dimulai dengan membuat sudut pada gambar 11 postur kerja proses pengangkatan unit GEK. Salah satu contoh seperti pada Gambar 4.16 yaitu proses pengangkatan unit GEK dari meja perakitan ke kereta *testing*. Sudut tersebut akan digunakan pada perhitungan dengan Tabel REBA. Pada analisis REBA dibawah ini, akan diketahui nilai risiko cedera paling besar yang bisa dialami oleh operator postur kerja pengangkatan unit GEK dari meja perakitan ke kereta *testing* yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.



Gambar 4.16 Postur Kerja Proses Pengangkatan Unit GEK dari Meja Perakitan ke Kereta *Testing*

Tabel 4.5 Analisis Postur Kerja Pengangkatan Unit GEK dengan Menggunakan Metode REBA

No.	Step	Score	Penjelasan
1.	Posisi leher	3	Terjadi pembentukan sudut pada leher operator sebesar 49,61°, maka skor bernilai 2 dan leher miring ke samping sehingga ada perubahan skor +1, sehingga skor REBA untuk leher adalah 3.
2.	Posisi Punggung	1	Posisi tubuh operator membentuk sudut sebesar 0°, maka diberikan skor bernilai 1. Punggung tidak memutar atau miring ke samping sehingga tidak ada perubahan skor.
3.	Posisi Kaki	3	Posisi kaki tertopang atau bobot tubuh tersebar merata sehingga diberi skor 1 dan sudut lutut sebesar 28,94° sehingga terjadi penambahan skor +2, sehingga skor REBA untuk kaki adalah 3.
4.	Posisi Lengan Atas	3	Posisi lengan atas operator membentuk sudut sebesar 20,56°, maka skor bernilai 2 dan posisi lengan terangkat sehingga terjadi penambahan skor +1, sehingga skor REBA menjadi 3.
5.	Posisi Lengan Bawah	1	Posisi lengan bawah operator ke depan sebesar 76,34°, maka skor bernilai 1.
6.	Posisi Pergelangan Tangan	3	Sudut pergelangan tangan terhadap lengan sebesar 64,84°, maka skor bernilai 2. Terjadi perputaran pergelangan tangan hingga titik tengah, maka terjadi penambahan skor +1. Hasil skor REBA menjadi 3.
7.	Pegangan (coupling)	2	Skor <i>coupling</i> dimana jenis <i>coupling</i> termasuk dalam kategori "poor" karena pegangan tangan <i>handle</i> tidak bisa diterima tapi memungkinkan untuk membawanya. Maka skor bernilai 2.
8.	Jenis Aktivitas	1	Karena dalam hal ini gerakan operator berulang cepat dan menyebabkan postur tidak stabil.
9.	Skor Akhir REBA	11	Dapat disimpulkan skor untuk REBA yang didapatkan sebesar 11. Yang artinya berisiko tinggi terhadap tubuh operator, perlunya investigasi dan implementasi perubahan.

Hasil penilaian dari *step* 1 sampai *step* 13 dapat dilihat pada Tabel REBA seperti pada gambar 4.17 berikut ini :

REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-207

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Score: **3**

SCORES

Table A: Neck												
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Score	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5

Score A: **3**

Step 2: Locate Trunk Position

Score: **1**

SCORES

Table B: Lower Arm											
Wrist	1	2	3	4	1	2	3				
Upper Arm	1	2	3	4	1	2	3				
Score	6	5	4	3	2	1	0				

Score B: **3**

Step 3: Legs

Score: **3**

SCORES

Table C: Coupling												
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8
3	2	3	3	4	5	6	7	7	8	8	9	9
4	3	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
5	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9	9
6	5	5	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	6	6	7	8	9	9	10	10	11	11	11	11
8	7	7	8	9	10	10	11	11	12	12	12	12
9	8	8	9	10	11	11	12	12	13	13	13	13
10	9	9	10	11	12	12	13	13	14	14	14	14
11	10	10	11	12	13	13	14	14	15	15	15	15
12	11	11	12	13	14	14	15	15	16	16	16	16

Score C: **10**

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A.
 Score: **5**

Step 5: Add Force/Load Score
 If load < 11 lbs: +0
 If load 11 to 22 lbs: +1
 If load > 22 lbs: +2
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1
 Score: **3**

Step 6: Score A. Find Row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.
 Score: **8**

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Score: **3**

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Score: **1**

Step 9: Locate Wrist Position:

Score: **3**

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B.
 Score: **5**

Step 11: Add Coupling Score
 Well fitting Handle and mid range power grip: good: +0
 Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part: fair: +1
 Hand hold not acceptable but possible: poor: +2
 No handles, awkward, unsafe with any body part: unacceptable: +3
 Score: **2**

Step 12: Score B. Find Column in Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.
 Score: **7**

Step 13: Activity Score
 -1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 +1 Repeated small range actions (more than 45 per minute)
 +1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base
 Score: **1**

Table C Score: **10** + Activity Score: **1** = Final REBA Score: **11**

Gambar 4.17 Hasil Penilaian dengan Menggunakan Tabel REBA

Dari analisis postur kerja dengan Tabel REBA, dibutuhkan perbaikan pada posisi leher dan dada. Pada posisi leher yaitu dengan mengurangi *twisted* yang bernilai 1 sehingga dari

score 3 pada leher menjadi 2. Sedangkan pada posisi punggung juga mengurangi *twisted* yang bernilai 1 sehingga dari *score* 4 pada punggung menjadi 3 dengan syarat sudut punggung bisa dikurangi dengan bantuan alat bantu.

Jadi dengan perbaikan posisi kerja akan berpengaruh pada berkurangnya nilai di Tabel A dari nilai 7 menjadi 5. Selanjutnya untuk beban unit nilainya tetap sehingga hasil penjumlahan nilai Tabel A dan beban unit dari 10 menjadi 8.

4.3.3.2 Hasil *final REBA score*

Hasil *final REBA score* dari semua postur berada pada kisaran *score* 10 dan 11+ pada Tabel REBA. *Score* 10 berarti postur kerja risiko tinggi, membutuhkan investigasi lebih lanjut dan implementasi perubahan. Sedangkan *score* 11+ berarti postur kerja sangat berisiko tinggi dan membutuhkan implementasi perubahan. Diperlukan perbaikan secepatnya pada posisi postur kerja operator tersebut, karena posisi kerja yang dilakukan operator pada 3 stasiun kerja sangat berisiko tinggi terhadap cedera tulang belakang dan kelelahan dalam bekerja. Seluruh hasil perhitungan dengan *Table REBA* dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil Seluruh Perhitungan Postur Kerja Tabel REBA

Postur	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
Langkah	1	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	
	2	1	1	2	2	1	2	3	3	3	4	
	3	3	2	2	2	4	4	4	3	3	2	
	4	5	3	5	5	6	7	7	7	5	5	
	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	6	8	6	8	8	9	10	10	10	8	8	10
	7	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	3
	8	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2
	9	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3
	10	5	5	3	2	5	5	4	3	3	3	3
	11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
	12	7	7	5	5	7	7	6	5	5	5	4
Final REBA	13	11	10	10	11	12	12	12	12	11	11	

Berdasarkan analisis perhitungan postur kerja dengan metode REBA maka selanjutnya dilakukan pemilihan postur kerja yang memiliki skor akhir yang paling besar dari 11 postur kerja. Pada Tabel 4.6 menunjukkan 11 postur kerja yaitu P1 sampai P11 yang terbagi menjadi 3 fase gerakan, yaitu mengangkat, membawa, dan memindahkan. Untuk fase gerakan 1 yaitu P1 sampai dengan P4, *final REBA score* dari 4 postur kerja tidak sama, sehingga dapat dilakukan pemilihan terhadap *score* yang terbesar. Fase gerakan 2

yaitu P5 sampai dengan P6, *final REBA score* dari 2 postur kerja juga jumlahnya sama, sehingga pemilihan dapat dilakukan terhadap salah satu postur tersebut. Sedangkan fase gerakan 3 yaitu P7 sampai dengan P11, *final REBA score* dari 5 postur kerja tidak sama, sehingga dapat dilakukan pemilihan terhadap *score* yang terbesar.

4.3.3.3 Pemilihan dan Analisis Postur Kerja dengan metode REBA

Postur kerja yang terpilih dari 11 postur kerja yaitu postur kerja 4 dengan *score* 11, postur kerja 6 dengan *score* 11, dan postur kerja 7 dengan *score* 12 pada Tabel REBA. Dapat dilihat data dari masing – masing operator dibagai menjadi 2 aktivitas, pada setiap aktivitasnya terdapat kolom penilaian posisi, diantaranya : kolom 1 merupakan nilai untuk skor A (posisi leher, posisi tubuh, dan posisi kaki), kolom 2 merupakan penilaian nilai untuk skor B (posisi lengan bawah, posisi pergelangan tangan, dan posisi lengan atas). Data REBA dari 3 postur kerja dengan risiko cedera paling tinggi dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Table 4.7 Data REBA dengan Risiko Cedera Paling Tinggi

No	Kegiatan	Skor A	Skor B	Skor Akhir	Kesimpulan
1	Mengangkat dari meja perakitan ke kereta <i>testing</i>	8	5	11	Very High risk
2	Membawa unit dengan kereta <i>testing</i>	10	4	11	Very high risk
3	Memindahkan unit dari kereta <i>testing</i> ke <i>pallet box</i>	10	7	12	Very high risk

Hasil perhitungan dari ketiga postur kerja tersebut akan menjadi acuan untuk memberikan solusi perbaikan berupa desain alat bantu pengangkat unit GEK yang dapat mengurangi risiko cedera dan beban kerja pada operator saat melakukan proses produksi unit GEK.

4.3.4 Rekomendasi Perbaikan

Dari hasil pengolahan data yang dilakukan kepada operator pengangkat unit GEK maka didapatkan hasil yang tidak sesuai dengan beban kerja operator yang dapat dilihat dari hasil keluhan operator dan postur kerja operator. Semua aktivitas proses produksi unit GEK membutuhkan perbaikan baik dari segi operator ataupun dari segi peralatan yang digunakan oleh operator. Oleh karena itu dilakukan perbaikan postur kerja dengan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dan perbaikan desain ergonomi meja perakitan, meja *testing* dan *pallet box* yang menjadi objek pendukung operator dalam melakukan aktivitas pengangkatan unit GEK di departemen produksi PT. XYZ.

Untuk mengurangi potensi cedera, beban kerja dan keluhan pada operator terdapat beberapa cara, seperti perbaikan postur kerja operator, membuat perancangan alat bantu secara manual untuk mempermudah pekerjaan dan mengurangi potensi cedera pada operator. Dalam penelitian ini fokus perbaikan dan pencegahan potensi cedera, dengan cara perbaikan postur kerja dan perancangan alat bantu *manual material handling*. Untuk informasi mengenai biaya bahan baku atau material per unit alat bantu dapat dilihat pada Lampiran 4. Dengan mengetahui biaya bahan baku, perusahaan dapat mengestimasi biaya yang akan dikeluarkan dengan perancangan alat bantu.

4.3.4.1 Desain Alat Bantu

Untuk membuat suatu alat bantu, diperlukan pengukuran dimensi antropometri berdasarkan ukuran pengguna alat. Penentuan dimensi antropometri ini dimaksudkan agar rancangan sesuai dengan karakteristik penggunaannya seperti pada Tabel 4.8. Pada Tabel tersebut menunjukkan data dimensi tubuh operator pengangkat unit GEK yang akan digunakan untuk pengukuran dimensi perancangan alat bantu dalam penelitian ini. Beberapa dimensi yang diukur di dalamnya adalah dimensi tinggi siku operator, lebar bahu operator, lebar tangan operator, panjang kaki operator, lebar kaki operator, dan panjang tangan operator dengan mengacu pada desain antropometri orang Indonesia. Pada Tabel 4.8 dapat dilihat data antropometri untuk operator pengangkat unit GEK.

Tabel 4.8 Data Antropometri Untuk Operator Pengangkat Unit GEK

Nama	Dimensi	Keterangan	Percentil		
			5 th	50 th	95 th
Operator Pengangkat Unit GEK	D4	Tinggi siku	101,18	102,82	104,47
	D18	Lebar bahu	34,21	35,86	37,5
	D29	Lebar tangan	10,41	12,05	13,7
	D30	Panjang kaki	22,2	23,84	25,49
	D31	Lebar kaki	7,67	9,32	10,96
	D28	Panjang tangan	16,47	18,11	19,76

Tabel 4.8 menunjukkan pengukuran dimensi desain dari meja *testing*, dan *scissor lift table*, sedangkan meja perakitan mengacu pada dimensi meja perakitan yang sudah ada di dalam perusahaan. Pemberian ukuran pada tabel tersebut disesuaikan dengan data antropometri orang Indonesia untuk memudahkan agar alat bantu tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan operator pengangkat unit GEK.

1. Desain Ergonomi Meja Perakitan

Pada desain alat bantu meja perakitan, pengukuran untuk membuat desain alat bantu menggunakan dimensi meja perakitan yang sudah ada di dalam perusahaan, karena dianggap sudah sesuai dengan kebutuhan operator. Perbaikan alat bantu pada meja perakitan adalah dengan membuat lubang agar meja perakitan dan meja *testing* dapat menjadi satu saat proses perakitan berlangsung. Pada Gambar 4.18 menunjukkan kondisi *existing* alat bantu meja perakitan di perusahaan dan rekomendasi perbaikan desain ergonomi dengan tampilan dalam bentuk 3D meja perakitan unit GEK. Selanjutnya untuk gambar ukuran detail perbaikan meja perakitan dapat dilihat pada Lampiran 5.



Gambar 4.18 Kondisi *Existing* Meja Perakitan dan Rekomendasi Desain Ergonomi Meja Perakitan

Prinsip kerja alat bantu meja perakitan dengan meja perakitan *existing* tetap sama. Bahkan untuk membuat meja perakitan yang sesuai dengan desain perbaikan, dapat menggunakan meja perakitan yang sudah ada pada bagian divisi GEK.

2. Desain Ergonomi Meja *Testing*

Desain alat bantu yang kedua adalah desain meja *testing* yang berfungsi sebagai alat bantu pengangkat unit GEK. Pemberian ukuran pada desain meja *testing* tersebut disesuaikan dengan data antropometri orang Indonesia. Tabel 4.9 menunjukkan dimensi desain ergonomi meja *testing* berdasarkan antropometri orang Indonesia.

Tabel 4.9 Dimensi Desain Ergonomi Meja *Testing* Berdasarkan Antropometri Orang Indonesia

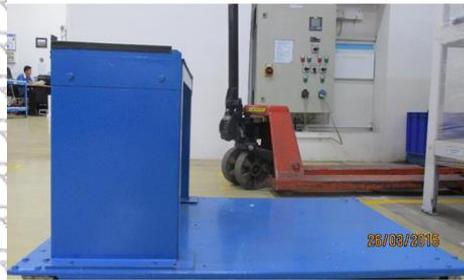
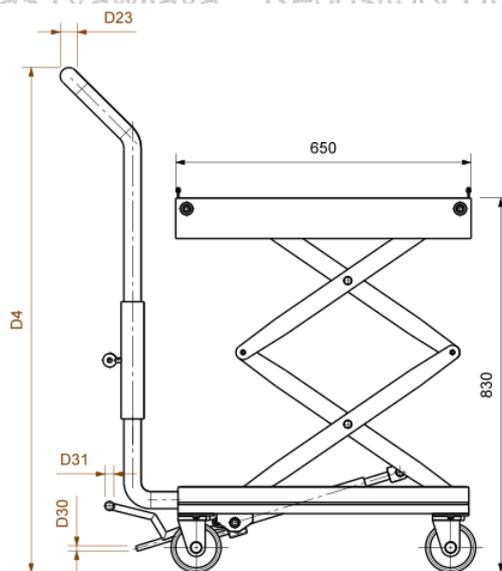
No	Dimensi tubuh	Penggunaan dimensi	Dimensi Benda	Persentil	Ukuran
1	D4	Tinggi siku	Tinggi pegangan alat bantu	P5	102 sampai dengan 105 cm
2	D18	Lebar bahu	Lebar pegangan alat bantu	P95	38 cm
3	D23	Lebar tangan	Diameter pegangan alat bantu	P95	14 cm
4	D28	Panjang tangan	Jarak operator dengan pegangan tangan	P5	20 cm
5	D30	Panjang kaki	Panjang tangkai tuas hidrolik untuk turun	P95	26 cm
6	D31	Lebar kaki	Lebar tuas hidrolik	P95	11 cm

Berdasarkan Table dapat diketahui beberapa keterangan sebagai berikut :

1. Tinggi siku (D4) menggunakan persentil 5th agar ukuran siku yang pendek dapat menjangkau pegangan alat bantu.
2. Lebar bahu (D18) menggunakan persentil 95th karena pemilihan persentil yang besar memungkinkan hampir semua populasi dapat menggunakannya.
3. Lebar tangan (D23) menggunakan persentil 95th agar memungkinkan hampir semua populasi dapat menggunakannya
4. Panjang tangan (D28) menggunakan persentil 5th agar memungkinkan jangkauan pegangan tangan yang pendek sehingga tidak menyulitkan operator dalam menjangkau pegangan ala bantu.
5. Panjang kaki (D30) menggunakan persentil 95th agar memungkinkan jangkauan kaki operator saat menurunkan alat bantu dan hampir semua populasi dapat menggunakannya.
6. Lebar kaki (D31) menggunakan persentil 95th agar memungkinkan kaki dapat dengan mudah menginjak tuas hidrolik dan hamper semua populasi dapat menggunakannya.

Meja *testing* berfungsi sebagai alat bantu pengangkatan unit GEK dari *work station electric assembling* ke *GEK testing*. Keunggulan konsep desain baru meja *testing* tidak lagi hanya menjadi meja pengangkat unit GEK saat proses pemindahan unit dari *electric testing* ke *GEK testing* tetapi juga menjadi dudukan unit GEK saat proses perakitan atau dengan kata lain bisa menjadi satu dengan meja perakitan. Selain itu meja *testing* menjadi alat bantu pada proses transfer unit GEK ke *scissor lift table* sehingga dapat mengurangi risiko cedera pada operator dengan membuat desain baru yang menggunakan prinsip *scissor lift* agar meja *testing* bisa dinaikkan atau diturunkan.

Pada Gambar 4.19 merupakan gambar *existing* alat bantu kereta *testing* dan tampilan rekomendasi desain ergonomi 3D meja *testing* pengangkat unit GEK. Sedangkan pada Gambar 4.20 menunjukkan keterangan dimensi antropometri yang digunakan dalam pembuatan desain alat bantu. Untuk gambar ukuran detail dari meja *testing* dapat dilihat pada Lampiran 6.

Alat Bantu Meja *Testing* Sebelum PerbaikanAlat Bantu Meja *Testing* Setelah PerbaikanGambar 4.19 Kondisi *Existing* Kereta *Testing* dan Rekomendasi Desain Meja *Testing*Gambar 4.20 Desain Meja *Testing* Beserta Keterangan Dimensi Antropometri

Melalui sistem kerja ini, meja *testing* Prinsip kerja meja *testing* yaitu dapat dinaikkan dan diturunkan untuk menyesuaikan pada tinggi tubuh operator. Selain itu, pada bagian bawah juga terdapat tuas pengungkit dan penurun yang akan menjadi pengontrol untuk menaikkan dan menurunkan meja *testing*.

3. Desain Ergonomi *Scissor Lift Table*

Setelah melakukan desain alat bantu meja perakitan dan meja *testing*, selanjutnya membuat desain ergonomi alat bantu *scissor lift table*. *Scissor lift table* adalah alat bantu

pengangkat unit GEK yang digunakan pada proses transfer unit GEK dari meja *testing* dan pada proses *packing* unit GEK.

Pemberian ukuran pada tabel tersebut disesuaikan dengan data antropometri orang Indonesia. Desain alat bantu yang kedua adalah desain *scissor lift table* yang berfungsi sebagai alat bantu pengangkat unit GEK setelah proses GEK *testing* dan selanjutnya melakukan proses *packing* sampai dengan memindahkan unit ke *pallet* ataupun ke tempat penyimpanan. Tabel 4.10 menunjukkan dimensi desain ergonomi *scissor lift table* berdasarkan dimensi antropometri orang Indonesia.

Tabel 4.10 Dimensi Desain Ergonomi *Scissor Lift Table* Berdasarkan Antropometri Orang Indonesia

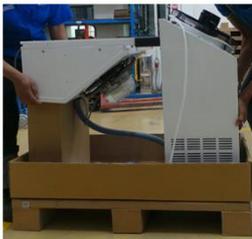
No	Dimensi tubuh	Penggunaan dimensi	Dimensi Benda	Persentil	Ukuran
1	D4	Tinggi siku	Tinggi pegangan alat bantu	P5	102 sampai dengan 105 cm
2	D18	Lebar bahu	Lebar pegangan alat bantu	P95	38 cm
3	D23	Lebar tangan	Diameter pegangan alat bantu	P95	14 cm
4	D28	Panjang tangan	Jarak operator dengan pegangan tangan	P5	20 cm
5	D30	Panjang kaki	Panjang tangkai tuas hidrolik untuk turun	P95	26 cm
6	D31	Lebar kaki	Lebar tuas hidrolik	P95	11 cm

Berdasarkan Table dapat diketahui beberapa keterangan sebagai berikut :

1. Tinggi siku (D4) menggunakan persentil 5th agar ukuran siku yang pendek dapat menjangkau pegangan alat bantu
2. Lebar bahu (D18) menggunakan persentil 95th karena pemilihan persentil yang besar memungkinkan hampir semua populasi dapat menggunakannya
3. Lebar tangan (D23) menggunakan persentil 95th agar memungkinkan hampir semua populasi dapat menggunakannya
4. Panjang tangan (D28) menggunakan persentil 5th agar memungkinkan jangkauan pegangan tangan yang pendek sehingga tidak menyulitkan operator dalam menjangkau pegangan ala bantu
5. Panjang kaki (D30) menggunakan persentil 95th agar memungkinkan jangkauan kaki operator saat menurunkan alat bantu dan hampir semua populasi dapat menggunakannya
6. Lebar kaki (D31) menggunakan persentil 95th agar memungkinkan kaki dapat dengan mudah menginjak tuas hidrolik dan hamper semua populasi dapat menggunakannya.

Setelah melakukan penentuan dimensi meja perakitan dengan menggunakan dimensi antropometri orang Indonesia, maka langkah selanjutnya adalah melakukan desain alat bantu. Alat bantu yang menjadi saran perbaikan diharapkan dapat memudahkan operator saat melakukan aktivitas perakitan unit GEK, mengurangi risiko cedera akibat postur kerja yang tidak sesuai dan mengurangi beban kerja operator. Perbaikan dengan konsep pengangkatan unit GEK dari kereta *testing* menuju *pallet box* pada *work station packing* menjadi *scissor lift table* yang bisa dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan operator. Selain itu dengan *scissor lift* ini operator tidak perlu menunggu *forklift* untuk proses pemindahan ke tempat penyimpanan, tetapi dengan *scissor lift table* ini operator dapat membawa unit GEK secara langsung ke tempat penyimpanan setelah menyelesaikan proses *packing*. Pada Gambar 4.21 merupakan gambar dari *scissor lift table* dengan tampilan 3D.

Alat Bantu *Pallet Box* Sebelum Perbaikan

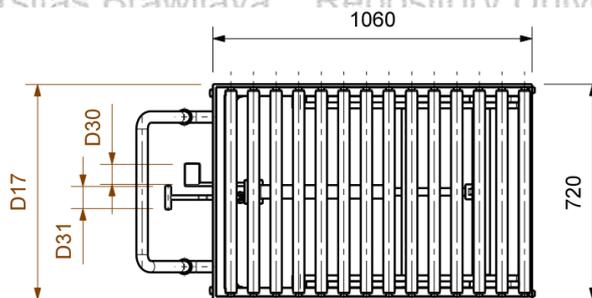


Alat Bantu *Scissor Lift Table* Setelah Perbaikan

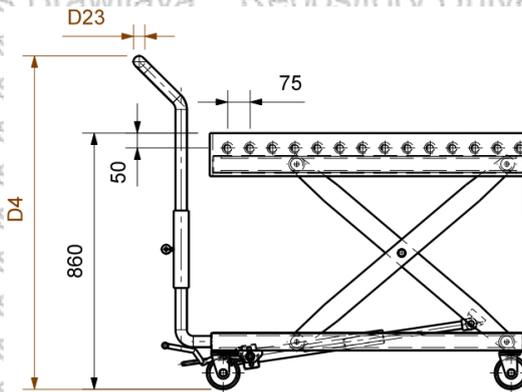


Gambar 4.21 Kondisi *Existing Pallet Box* dan Rekomendasi Desain Ergonomi *Scissor Lift Table*

Selanjutnya Gambar 4.22 tampak atas dan Gambar 4.23 tampak samping di bawah ini merupakan gambar yang menunjukkan keterangan antropometri yang digunakan pada *scissor lift table*. Sedangkan untuk gambar ukuran detail *scissor lift table* dapat dilihat pada Lampiran 7.



Gambar 4.22 Tampak Atas Desain *Scissor Lift Table* Beserta Keterangan Dimensi Antropometri



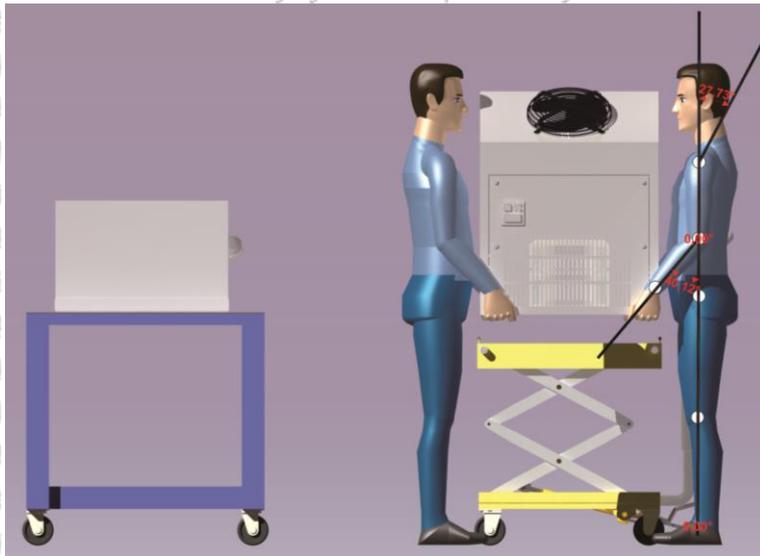
Gambar 4.23 Desain Scissor Lift Table Beserta Keterangan Dimensi Antropometri

Melalui sistem kerja *scissor lift table* yang dapat dinaikkan dan diturunkan, *table* dapat memudahkan operator saat melakukan proses *packing* dan membawa unit ke bagian penyimpanan unit GEK. Selain itu terdapat tuas pengungkit dan penurun untuk membantu mengontrol naik atau turunnya *scissor lift table*. Sedangkan untuk bagian meja atau dudukan unit, terdapat roll yang berfungsi untuk membantu operator saat akan melakukan proses pemindahan unit GEK.

4.3.4.2 Perbaikan Postur Kerja

Setelah melakukan perbaikan desain alat bantu, selanjutnya dijelaskan hasil perbaikan postur kerja yang sesuai dengan desain ergonomi alat bantu. Dari hasil analisis pemilihan postur kerja dengan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) terdapat 3 postur kerja yang memiliki nilai risiko cedera paling tinggi yaitu pada postur 4 dengan proses pengangkatan unit GEK, postur 6 dengan proses membawa unit GEK ke GEK *testing*, dan postur 3 dengan proses pengangkatan unit GEK dari meja *testing* ke *pallet box*.

Hasil perbaikan postur kerja dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dapat dilihat pada Gambar 4.24 yaitu hasil perbaikan postur kerja pengangkatan unit GEK dari meja perakitan ke kereta *testing*, Gambar 4.25 yaitu hasil perbaikan postur kerja operator saat melakukan aktivitas membawa unit ke GEK *testing*, dan Gambar 4.26 yaitu hasil perbaikan postur kerja operator saat melakukan aktivitas pengangkatan unit GEK dari kereta *testing* ke *pallet box* oleh operator departemen produksi GEK.



Gambar 4.24 Hasil Perbaikan Postur Kerja Operator Pengangkat Unit GEK dengan Metode REBA

Dari hasil analisis perbaikan postur kerja dengan Tabel REBA, maka didapatkan hasil *score* yang ada pada Tabel 4.11 dengan menggunakan Tabel REBA sebagai berikut :

Tabel 4.11 Analisis Perbaikan Postur Kerja Pengangkatan Unit GEK

No.	Step	Score	Penjelasan
1.	Posisi leher	1	Posisi leher dengan sudut 0° yang sudah tidak menunduk dan tidak memutar maka diberikan <i>score</i> bernilai 1.
2.	Posisi Punggung	1	Posisi tubuh operator membentuk sudut sebesar 0° , maka diberikan skor bernilai 1. Punggung tidak memutar atau miring ke samping sehingga tidak ada perubahan skor.
3.	Posisi Kaki	1	Posisi kaki tertopang atau bobot tubuh tersebar merata sehingga diberi skor 1 dan sudut lutut sebesar 0° sehingga tidak terjadi penambahan skor. <i>Score</i> yang diberikan bernilai 1.
4.	Posisi Lengan Atas	1	Posisi lengan atas operator membentuk sudut sebesar 0° , maka skor bernilai 1 dan posisi lengan tidak menjauhi massa tubuh sehingga tidak terjadi penambahan skor, sehingga skor REBA menjadi 1.
5.	Posisi Lengan Bawah	2	Posisi lengan bawah operator ke depan sebesar $40,12^\circ$, maka skor bernilai 2.
6.	Posisi Pergelangan Tangan	1	Sudut pergelangan tangan terhadap lengan sebesar 28° , maka skor bernilai 2. Terjadi perputaran pergelangan tangan hingga titik tengah, maka terjadi penambahan skor +1. Hasil skor REBA menjadi 3.
7.	Pegangan (<i>coupling</i>)	2	Skor <i>coupling</i> dimana jenis <i>coupling</i> termasuk dalam kategori "poor" karena pegangan tangan <i>handle</i> tidak bisa diterima tapi memungkinkan untuk membawanya. Maka skor bernilai 2.
8.	Jenis Aktivitas	1	Karena dalam hal ini gerakan operator berulang cepat dan menyebabkan postur tidak stabil.
9.	Skor Akhir REBA	6	Dapat disimpulkan skor untuk REBA yang didapatkan sebesar 10. Yang artinya berisiko tinggi terhadap tubuh operator, perlunya investigasi dan implementasi perubahan.

Dari analisis perbaikan postur kerja dengan Tabel REBA, maka dihasilkan *score* Tabel A bernilai 4 dan *score* Tabel B bernilai 3 pada Tabel REBA, maka *score* akhir pada Tabel REBA bernilai 6. Pada Tabel REBA *final score* 6 menunjukkan bahwa postur tersebut

masuk kedalam batas risiko menengah, membutuhkan penyelidikan lebih lanjut, dan perubahan.

Setelah melakukan perbaikan pada postur kerja operator pengangkat unit GEK dari meja perakitan ke meja *testing* dengan menyatukan meja perakitan dan meja *testing*, maka selanjutnya dilakukan analisis perbaikan pada postur kerja operator saat membawa unit GEK ke GEK *testing*. Pada Gambar 4.25 dapat dilihat gambar dari perbaikan postur kerja tersebut.



Gambar 4.25 Hasil Perbaikan Postur Kerja Operator Saat Membawa Unit GEK ke GEK *Testing*

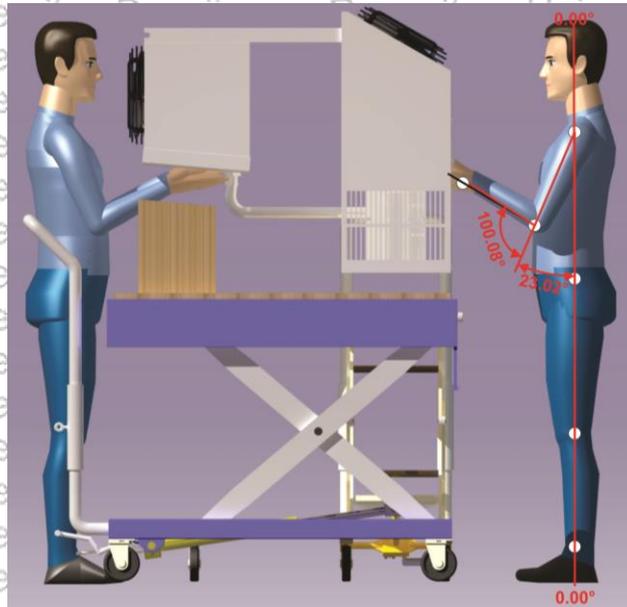
Dari hasil analisis perbaikan postur kerja dengan Tabel REBA, maka didapatkan hasil *score* yang ada pada Tabel 4.12 dengan menggunakan Tabel REBA sebagai berikut.

Tabel 4.12 Analisis Perbaikan Postur Kerja Membawa Unit GEK

No.	Step	Score	Penjelasan
1.	Posisi leher	1	Posisi leher dengan sudut 0° yang sudah tidak menunduk dan tidak memutar maka diberikan <i>score</i> bernilai 1.
2.	Posisi Punggung	1	Posisi tubuh operator membentuk sudut sebesar 0° , maka diberikan skor bernilai 1. Punggung tidak memutar atau miring ke samping sehingga tidak ada perubahan skor.
3.	Posisi Kaki	1	Posisi kaki tertopang atau bobot tubuh tersebar merata sehingga diberi skor 1 dan sudut lutut sebesar 0° sehingga tidak terjadi penambahan skor. <i>Score</i> yang diberikan bernilai 1.
4.	Posisi Lengan Atas	1	Posisi lengan atas operator membentuk sudut sebesar $13,39^\circ$, maka skor bernilai 1 dan posisi lengan tidak menjauhi massa tubuh sehingga tidak terjadi penambahan skor, sehingga skor REBA menjadi 1.
5.	Posisi Lengan Bawah	2	Posisi lengan bawah operator ke depan sebesar $40,12^\circ$, maka skor bernilai 2.
6.	Posisi Pergelangan Tangan	1	Sudut pergelangan tangan terhadap lengan sebesar $80,85^\circ$, maka skor bernilai 1 dengan sudut ideal 90° . Tidak terjadi perputaran pergelangan tangan hingga titik tengah, maka tidak terjadi penambahan skor. Hasil skor REBA menjadi 1.
7.	Pegangan (<i>coupling</i>)	0	Skor <i>coupling</i> dimana jenis <i>coupling</i> termasuk dalam kategori "good" karena pegangan tangan <i>handle</i> bisa diterima dan pegangan <i>handle</i> kuat maka skor bernilai 0.
8.	Jenis Aktivitas	1	Karena dalam hal ini gerakan operator berulang cepat dan menyebabkan postur tidak stabil.
9.	Skor Akhir REBA	4	Dapat disimpulkan skor untuk REBA yang didapatkan sebesar 3. Yang artinya berisiko tinggi terhadap tubuh operator, perlunya investigasi dan implementasi perubahan.

Dari analisis perbaikan postur kerja dengan Tabel REBA, maka dihasilkan *score* Tabel A bernilai 4 dan *score* Tabel B bernilai 1 pada Tabel REBA, maka *score* akhir pada Tabel REBA bernilai 3. Dengan jrnis aktivitas yang dilakukan secara berulang dan menyebabkan postur kerja tidak stabil, maka dilakukan penambahan +1 untuk jenis aktivitas, sehingga nilai pada Tabel REBA menjadi 4. Pada Tabel REBA *final score* 4 menunjukkan bahwa postur tersebut masuk kedalam batas risiko rendah, perubahan mungkin diperlukan.

Setelah melakukan analisis postur kerja membawa unit GEK dengan alat bantu meja *testing*, maka selanjutnya analisis postur kerja proses transfer unit GEK dari meja *testing* ke *scissor lift table*. Pada proses ini dilakukan oleh 2 operator dengan mengangkat unit GEK dari meja *testing* ke *scissor lift table* yang sudah siap dengan *box* unit GEK untuk selanjutnya dilakukan proses *packing* unit GEK oleh 1 operator. Dengan desain alat bantu yang lebih ergonomis diharapkan dapat mengurangi risiko cedera pada bagian tubuh operator saat melakukan pengangkatan unit GEK. Dapat dilihat pada Gambar 4.26 postur kerja operator saat melakukan pengangkatan unit GEK dari meja *testing* ke *scissor lift table*. Pada Gambar tersebut menunjukkan postur kerja pengangkatan yang tidak menyulitkan operator saat melakukan proses pengangkatan.



Gambar 4.26 Postur Kerja Operator Pengangkatan Unit GEK Dari Meja *Testing* ke *Scissor Lift Table*

Dari hasil analisis perbaikan postur kerja dengan Tabel REBA, maka didapatkan hasil *score* yang ada pada Tabel 4.13 dengan menggunakan Tabel REBA sebagai berikut :

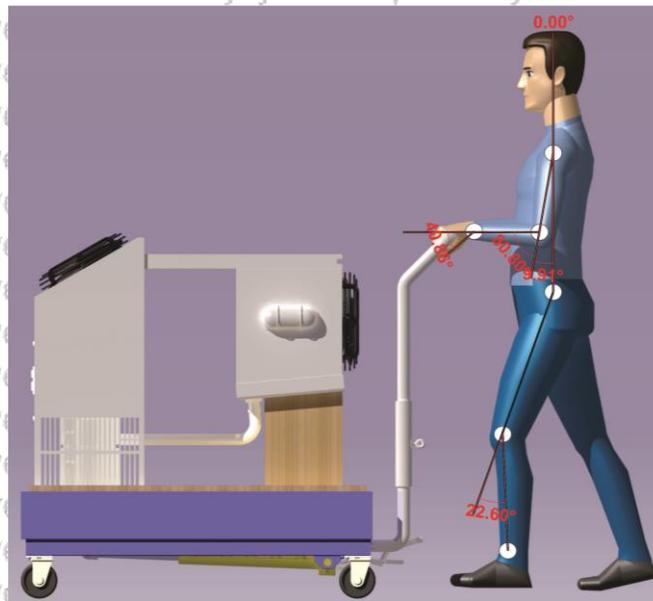
Tabel 4.13 Analisis Perbaikan Postur Kerja Membawa Unit GEK

No.	Step	Score	Penjelasan
1.	Posisi leher	1	Posisi leher dengan sudut 0° yang sudah tidak menunduk dan tidak memutar maka diberikan <i>score</i> bernilai 1.
2.	Posisi Punggung	1	Posisi tubuh operator membentuk sudut sebesar 0° , maka diberikan skor bernilai 1. Punggung tidak memutar atau miring ke samping sehingga tidak ada perubahan skor.
3.	Posisi Kaki	1	Posisi kaki tertopang atau bobot tubuh tersebar merata sehingga diberi skor 1 dan sudut lutut sebesar 0° sehingga tidak terjadi penambahan skor. <i>Score</i> yang diberikan bernilai 1.
4.	Posisi Lengan Atas	3	Posisi lengan atas operator membentuk sudut sebesar $23,02^{\circ}$, maka skor bernilai 2 dan posisi lengan dalam keadaan mengangkat sehingga terjadi penambahan skor 1. Maka <i>score</i> yang diberikan bernilai 3.
5.	Posisi Lengan Bawah	2	Posisi lengan bawah operator ke depan sebesar $100,08^{\circ}$, maka skor bernilai 2.
6.	Posisi Pergelangan Tangan	3	Sudut pergelangan tangan terhadap lengan sebesar $41,61^{\circ}$, maka skor bernilai 2. Terjadi perputaran pergelangan tangan hingga titik tengah, maka ada penambahan skor 1. Hasil skor REBA menjadi 3.
7.	Pegangan (<i>coupling</i>)	2	Skor <i>coupling</i> dimana jenis <i>coupling</i> termasuk dalam kategori "good" karena pegangan tangan <i>handle</i> tidak bisa diterima dan pegangan maka skor bernilai 2.
8.	Jenis Aktivitas	1	Karena dalam hal ini gerakan operator berulang cepat dan menyebabkan postur tidak stabil.
9.	Skor Akhir REBA	7	Dapat disimpulkan skor untuk REBA yang didapatkan sebesar 7. Yang artinya berisiko sedang terhadap tubuh operator, perlunya investigasi lebih lanjut dan perbaikan segera.

Dari analisis perbaikan postur kerja dengan Tabel REBA, maka dihasilkan *score* Tabel A bernilai 4 dan *score* Tabel B bernilai 7 pada Tabel REBA, maka *score* akhir pada Tabel REBA bernilai 7. Pada Tabel REBA *final score* 7 menunjukkan bahwa risiko sedang, membutuhkan investigasi lebih lanjut dan perbaikan dengan segera.

Terjadi perbedaan yang antara proses pengangkatan sebelum perbaikan dan setelah perbaikan karena dengan perbaikan menggunakan alat bantu *scissor lift table* yang dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai ukuran tubuh operator, sehingga operator tidak perlu membungkuk lagi saat melakukan pengangkatan unit GEK.

Setelah melakukan analisis perbaikan postur kerja operator pada proses transfer unit GEK dari meja *testing* ke *scissor lift table*, maka melanjutkan analisis perbaikan postur kerja pada operator yang membawa unit GEK dari proses *packing* ke tempat penyimpanan dengan menggunakan *scissor lift table*. Pada Gambar 4.27 menunjukkan postur kerja operator saat membawa unit GEK dengan menggunakan alat bantu *scissor lift table*.



Gambar 4.27 Postur Kerja Operator Saat Membawa Unit GEK ke Tempat Penyimpanan

Dari hasil analisis perbaikan postur kerja dengan Tabel REBA, maka didapatkan hasil *score* yang ada pada Tabel 4. 14 dengan menggunakan Tabel REBA sebagai berikut :

Tabel 4.14 Analisis Perbaikan Postur Kerja Operator Saat Membawa Unit GEK dengan *Scissor Lift Table*

No.	Step	Score	Penjelasan
1.	Posisi leher	1	Posisi leher dengan sudut 0° yang sudah tidak menunduk dan tidak memutar maka diberikan <i>score</i> bernilai 1.
2.	Posisi Punggung	1	Posisi tubuh operator membentuk sudut sebesar 0° , maka diberikan skor bernilai 1. Punggung tidak memutar atau miring ke samping sehingga tidak ada perubahan skor.
3.	Posisi Kaki	4	Posisi kaki tidak tertopang atau bobot tubuh tidak tersebar merata sehingga diberi skor 2 dan sudut lutut sebesar $22,60^{\circ}$ sehingga terjadi penambahan <i>score</i> 2. <i>Score</i> yang diberikan bernilai 4.
4.	Posisi Lengan Atas	1	Posisi lengan atas operator membentuk sudut sebesar $9,91^{\circ}$, maka skor bernilai 1 dan posisi lengan tidak menjauhi massa tubuh sehingga tidak terjadi penambahan skor, sehingga skor REBA menjadi 1.
5.	Posisi Lengan Bawah	1	Posisi lengan bawah operator sebesar $80,809^{\circ}$, maka skor bernilai 1.
6.	Posisi Pergelangan Tangan	1	Sudut pergelangan tangan terhadap lengan sebesar $40,86^{\circ}$, maka skor bernilai 2. Tidak terjadi perputaran pergelangan tangan hingga titik tengah, maka tidak terjadi penambahan skor. Hasil skor REBA menjadi 2.
7.	Pegangan (<i>coupling</i>)	0	Skor <i>coupling</i> dimana jenis <i>coupling</i> termasuk dalam kategori "good" karena pegangan tangan <i>handle</i> bisa diterima dan pegangan <i>handle</i> kuat maka skor bernilai 0.
8.	Jenis Aktivitas	1	Karena dalam hal ini gerakan operator berulang cepat dan menyebabkan postur tidak stabil.
9.	Skor Akhir REBA	7	Dapat disimpulkan skor untuk REBA yang didapatkan sebesar 7. Yang artinya berisiko sedang terhadap tubuh operator, perlunya investigasi lebih lanjut dan perbaikan segera.

Dari analisis perbaikan postur kerja dengan Tabel REBA, maka dihasilkan *score* Tabel A bernilai 7 dan *score* Tabel B bernilai 1 pada Tabel REBA, maka *score* akhir pada Tabel REBA bernilai 7. Pada Tabel REBA *final score* 7 menunjukkan bahwa postur tersebut

masuk kedalam batas risiko menengah, membutuhkan penyelidikan lebih lanjut, dan perubahan.

Hasil analisis perbaikan postur kerja dapat dilihat pada Tabel 4.15 dengan 4 postur kerja yang mengacu dari hasil analisis postur kerja sebelum perbaikan. Hasil *score* REBA perbaikan postur kerja pengangkatan unit GEK dengan alat bantu meja *testing* yang menjadi satu dengan meja perakitan yaitu bernilai 5 menunjukkan bahwa postur tersebut masuk kedalam batas risiko menengah, membutuhkan penyelidikan lebih lanjut, dan perubahan dengan segera.

Selanjutnya hasil *score* REBA perbaikan postur kerja pada saat operator membawa unit GEK ke GEK *testing* dengan alat bantu meja *testing* sebagai ganti dari kereta *testing* yaitu bernilai 3 menunjukkan bahwa postur tersebut masuk kedalam batas risiko rendah, perubahan mungkin diperlukan.

Setelah unit GEK melakukan pengujian, maka akan dilanjutkan pada proses *packing* unit GEK. Sebelum proses *packing*, maka dilakukan proses pengangkatan unit GEK dari meja *testing* ke *scissor lift table* oleh operator GEK *testing*. Perbaikan yang dilakukan mengacu pada proses pengangkatan unit GEK dengan menggunakan kereta *testing* ke *pallet box* yang berada pada proses *packing*. Terjadi perbedaan pada hasil perbaikan postur kerja yaitu nilai *score* REBA menjadi 7 menunjukkan bahwa risiko sedang, membutuhkan investigasi lebih lanjut dan perbaikan dengan segera.

Proses akhir yang dilakukan operator yaitu melakukan pemindahan unit GEK dari *work station packing* ke tempat penyimpanan dengan menggunakan alat bantu *scissor lift table* yang sebelumnya juga menjadi alat bantu saat proses *packing*. Hasil *score* REBA perbaikan postur kerja saat operator melakukan pemindahan unit GEK tersebut yaitu bernilai 7 menunjukkan bahwa postur tersebut masuk kedalam batas risiko menengah, membutuhkan penyelidikan lebih lanjut, dan perubahan dengan segera.

Seluruh hasil *final score* Tabel REBA perbaikan postur kerja tidak berada pada tingkat risiko cedera yang tinggi, sehingga dengan hasil tersebut akan mengurangi risiko cedera dan beban kerja pada operator saat melakukan aktivitas proses produksi unit GEK. Hasil analisis data dengan menggunakan metode REBA dapat dilihat pada Tabel 4.15. Pada table tersebut terdapat 4 fase gerakan dimana 3 fase sama dengan fase gerakan sebelum perbaikan. 1 fase merupakan gerakan tambahan karena sebelum perbaikan, operator memindahkan unit dari stasiun kerja *packing* dengan menunggu *forklift* yang akan mengangkat *pallet box*. Sedangkan rekomendasi perbaikan postur kerja, operator dapat membawa langsung unit GEK ke tempat penyimpanan setelah melakukan proses *packing*.

Table 4.15 Data REBA dengan Risiko Cedera Paling Tinggi

No	Kegiatan	Skor A	Skor B	Skor Akhir	Kesimpulan
1.	Mengangkat unit ke meja <i>testing</i>	4	3	6	Medium risk
2.	Membawa unit dengan meja <i>testing</i>	4	1	4	Low risk
3.	Memindahkan unit dari meja <i>testing</i> ke <i>scissor lift table</i>	4	7	7	Medium risk
4.	Membawa unit GEK ke tempat penyimpanan dengan <i>scissor lift table</i>	7	1	7	Medium risk

4.4 Analisis Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengolahan data operator pengangkat unit GEK dapat dilihat bahwa sistem yang dilakukan belum baik, banyak yang perlu dilakukan untuk perbaikan dalam kegiatan pengangkatan unit GEK secara manual. Tingginya keluhan operator yang dapat dilihat dari hasil kuisioner *Nordic Body Map* menjadi salah satu tolak ukur sehingga dilakukan analisa beban kerja dengan menggunakan metode *Cardiovascular load* (CVL) dan perbaikan postur kerja dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA).

4.4.1 Analisis NBM

Analisis kuisioner *Nordic Body Map* sesuai Tabel 4.5 dilakukan untuk mengetahui penyebab keluhan sakit dan ketidaknyamanan yang dirasakan oleh operator pengangkat unit GEK berdasarkan 28 segmen tubuh pada *Nordic Body Map*. Berikut merupakan penjelasan keluhan tertinggi dari kuisioner *Nordic Body Map* :

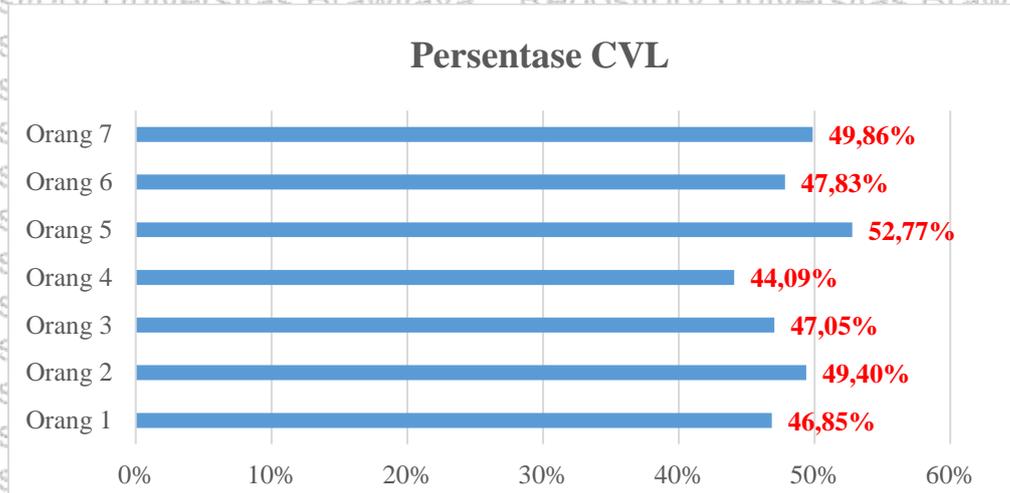
1. Lengan atas kiri, mengalami keluhan karena selama proses berlangsung operator tidak hanya mengangkat beban dari berat unit GEK tetapi operator juga melakukan perakitan yang membuat posisi lengan tergantung sampai proses perakitan selesai. Selain itu lengan atas menjadi tumpuan gaya pada lengan bawah.
2. Punggung, mengalami keluhan karena beban yang diangkat ditumpu pada punggung dan postur kerja yang tidak sesuai menyebabkan operator sering mengalami keluhan pada bagian punggung.
3. Lengan atas kanan, mengalami keluhan karena selama proses berlangsung operator tidak hanya mengangkat beban dari berat unit GEK tetapi operator juga melakukan perakitan yang membuat posisi lengan tergantung sampai proses perakitan selesai. Selain itu lengan atas menjadi tumpuan gaya pada lengan bawah.
4. Pinggang, mengalami keluhan karena selama proses kerja berlangsung, operator melakukan gerakan membungkuk dengan aktivitas pengangkatan unit yang melebihi kemampuan operator.

5. Siku kiri, mengalami keluhan karena menjadi tumpuan dari gaya momen yang dirasakan tangan dan pergelangan tangan.
6. Lengan bawah kiri, mengalami keluhan karena menjadi tumpuan tangan dan pergelangan tangan saat melakukan aktivitas pengangkatan unit GEK. Selain itu selama proses perakitan berlangsung posisi lengan bawah tergantung yang menyebabkan operator mengalami keluhan sakit.
7. Lengan bawah kanan, mengalami keluhan karena menjadi tumpuan tangan dan pergelangan tangan saat melakukan aktivitas pengangkatan unit GEK. Selain itu selama proses perakitan berlangsung posisi lengan bawah tergantung yang menyebabkan operator mengalami keluhan sakit.
8. Pergelangan tangan kiri, mengalami keluhan karena operator tidak hanya mengangkat beban dari berat unit GEK tetapi juga melakukan perakitan unit GEK dalam waktu yang cukup lama.
9. Pergelangan tangan kanan, mengalami keluhan karena operator tidak hanya mengangkat beban dari berat unit GEK tetapi juga melakukan perakitan unit GEK dalam waktu yang cukup lama.
10. Pergelangan kaki kiri, mengalami keluhan karena saat melakukan proses pengangkatan unit GEK postur kaki menekuk dan tumpuan gaya dan momen dirasakan pekerja dari kaki kiri.
11. Pergelangan kaki kanan, mengalami keluhan karena saat melakukan proses pengangkatan unit GEK postur kaki menekuk dan tumpuan gaya dan momen dirasakan pekerja dari kaki kanan.
12. Kaki kiri, mengalami keluhan karena tumpuan dari gaya dan momen yang dirasakan pergelangan kaki dan kaki. Selain itu jarak pengangkatan unit GEK yang memiliki beban unit melebihi kemampuan angkat operator tidak selalu dekat.
13. Kaki kanan, mengalami keluhan karena tumpuan dari gaya dan momen yang dirasakan pergelangan kaki dan kaki. Selain itu jarak pengangkatan unit GEK yang memiliki beban unit melebihi kemampuan angkat operator tidak selalu dekat.

Dari hasil analisis *Nordic Body Map* (NBM) maka dapat diketahui bahwa dari aktivitas operator pada proses produksi unit GEK mengalami banyak keluhan sakit dan ketidaknyamanan. Oleh karena itu dibutuhkan perbaikan yang dapat mengurangi keluhan sakit dan efek yang lebih berbahaya ketika tidak dilakukan perbaikan pada proses tersebut.

4.4.2 Analisis CVL

Setelah melakukan analisis keluhan dengan *Nordic Body Map* selanjutnya dilakukan perhitungan persentase *Cardiovascular load* (CVL). Berdasarkan hasil perhitungan persentase yang telah dilakukan pada 7 orang operator departemen produksi PT. XYZ, maka didapatkan %CVL dari masing-masing operator yang terdapat pada Gambar 4.28 sebagai berikut.



Gambar 4.28 Nilai persentase *Cardiovascularload* (CVL) 7 operator

Pada Gambar 4.28 dapat dilihat bahwa seluruh hasil persentase nilai persentase *cardiovascular load* (%CVL) terhadap 7 operator lebih besar dari 30% yang berarti melebihi batas risiko kelelahan. Dari gambar persentase CVL juga menunjukkan bahwa pada WS 5 dengan nilai 57,77%, WS 6 dengan nilai 47,83%, dan WS 7 dengan 49,86% yang menjadi fokus penelitian memiliki nilai persentase lebih dari 30% yang berarti bahwa aktivitas WS 5, WS 6, dan WS 7 melebihi beban kerja operator. Dari hasil pengolahan persentase *Cardiovascular load* (CVL) didapatkan bahwa seluruh kegiatan proses produksi unit GEK lebih dari 30%. Dengan beban kerja operator yang cukup tinggi, maka dibutuhkan perbaikan alat bantu *manual material handling* untuk dapat mengurangi beban kerja sehingga operator bisa bekerja dengan maksimal dan menghasilkan produk yang sesuai dengan keinginan konsumen. Selanjutnya dilakukan analisis postur kerja dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) untuk menguatkan hasil analisis beban kerja yang lebih dari 30% pada perhitungan *Cardiovascularload* (CVL) atau dengan kata lain melebihi beban kerja operator.

4.4.3 Analisis REBA

Hasil analisis metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) menunjukkan bahwa 11 postur kerja memiliki nilai risiko cedera yang sangat tinggi dan membutuhkan perbaikan. Dari 11 postur kerja tersebut dilakukan pemilihan terhadap postur kerja dengan nilai risiko paling tinggi yaitu postur kerja 4 pada aktivitas pengangkatan unit GEK dari meja perakitan ke kereta *testing* dengan *score* 11, postur kerja 6 pada aktivitas membawa unit ke mesin *testing* dengan *score* 11, dan postur kerja 7 pada aktivitas pengangkatan unit dari kereta *testing* ke *pallet box* pada proses *packing* dengan *score* 12 pada Tabel REBA.

Dari hasil analisis postur kerja dengan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) maka dilakukan perbaikan postur kerja dan desain alat bantu untuk mengurangi risiko cedera, sedangkan dari hasil analisis beban kerja dengan metode *Cardiovascular load* (CVL) juga diberikan analisis perbaikan desain alat bantu untuk mengurangi beban kerja operator.

4.4.4 Perbandingan Hasil Data Analisis Postur Kerja Operator

Setelah melakukan analisis data sebelum menggunakan alat bantu dan analisis sesudah menggunakan desain alat bantu dengan bantuan *software* CATIA, langkah selanjutnya melakukan perbandingan data sebelum dan sesudah menggunakan desain alat bantu. Pada Tabel 4.16 merupakan perbandingan data REBA sebelum dan sesudah perbaikan desain alat bantu *manual material handling*.

Tabel 4.16 Perbandingan Data REBA Sebelum dan Sesudah Perbaikan Desain Alat Bantu

REBA						
No.	Data sebelum perbaikan dan penggunaan alat bantu			Data setelah perbaikan dan penggunaan alat bantu		
	Jenis kegiatan	Hasil score	Keterangan	Jenis kegiatan	Hasil score	Keterangan
1	Mengangkat	11	Very high risk	Mengangkat	5	Medium risk
2	Membawa	11	Very high risk	Membawa	3	Low risk
3	Memindahkan	12	Very high risk	Memindahkan	7	Medium risk

Dari perbandingan hasil data sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat bahwa sebelum menggunakan rekomendasi desain alat bantu *manual material handling*, *score* akhir proses pengangkatan 11, proses membawa 11, dan proses memindahkan 12. Seluruh proses tersebut berada pada tingkat risiko sangat tinggi dan perlu implementasi perubahan. Setelah rekomendasi desain alat bantu *score* tersebut mengalami penurunan, seperti yang dapat dilihat pada tabel diatas *score* pengangkatan menjadi 5, membawa menjadi 3, dan memindahkan menjadi 7. Seluruh proses perbaikan tersebut berada pada tingkat risiko *low*

risk dan *medium risk* yang berarti mengurangi risiko cedera dan beban kerja pada operator saat melakukan proses produksi unit GEK.

Hasil analisis perbaikan postur kerja dengan 3 postur kerja yang mengacu dari hasil analisis postur kerja sebelum perbaikan. Hasil *score* REBA perbaikan postur kerja pengangkatan unit GEK dengan alat bantu meja *testing* yang menjadi satu dengan meja perakitan yaitu bernilai 5 menunjukkan bahwa postur tersebut masuk kedalam batas risiko menengah, membutuhkan penyelidikan lebih lanjut, dan perubahan dengan segera.

Selanjutnya hasil *score* REBA perbaikan postur kerja pada saat operator membawa unit GEK ke GEK *testing* dengan alat bantu meja *testing* sebagai ganti dari kereta *testing* yaitu bernilai 3 menunjukkan bahwa postur tersebut masuk kedalam batas risiko rendah, perubahan mungkin diperlukan.

Setelah unit GEK melakukan pengujian, maka akan dilanjutkan pada proses *packing* unit GEK. Sebelum proses *packing*, maka dilakukan proses pengangkatan unit GEK dari meja *testing* ke *scissor lift table* oleh operator GEK *testing*. Perbaikan yang dilakukan mengacu pada proses pengangkatan unit GEK dengan menggunakan kereta *testing* ke *pallet box* yang berada pada proses *packing*. Terjadi perbedaan pada hasil perbaikan postur kerja yaitu nilai *score* REBA menjadi 7 menunjukkan bahwa risiko sedang, membutuhkan investigasi lebih lanjut dan perbaikan dengan segera.

Seluruh hasil *final score* Tabel REBA perbaikan postur kerja tidak berada pada tingkat risiko cedera yang tinggi, sehingga dengan hasil tersebut akan mengurangi risiko cedera dan beban kerja pada operator saat melakukan aktivitas proses produksi unit GEK.



BAB V PENUTUP

Pada bab ini akan dijelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang dilakukan. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian yang telah dirumuskan. Sedangkan saran berguna untuk memberikan masukan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian dilakukan analisis beban kerja dengan menggunakan metode *Cardiovascularload* (CVL). Pengambilan data CVL dilakukan kepada 7 orang operator bagian produksi unit GEK. Nilai persentase (%CVL) pada operator *prepare cable* sebesar 46,85%, operator *tube preparation* sebesar 49,40%, operator *tube assembly* sebesar 47,05%, operator *electric preparation* sebesar 44,09%, operator *electric assembly* sebesar 52,77%, operator *GEK testing* sebesar 47,83%, dan operator *packing* sebesar 49,86%. Hasil analisis beban kerja dengan CVL yaitu 7 operator memiliki persentase *Cardiovascularload* (CVL) > 30% yang berarti pekerjaan operator tersebut menyebabkan kelelahan selama bekerja, sehingga diperlukan perbaikan desain alat bantu meja perakitan, kereta *testing*, dan *pallet box* pada saat proses *packing*.
2. Pada penelitian dilakukan analisis potensi cedera dengan menggunakan metode REBA. Pengambilan nilai REBA dilakukan kepada operator bagian produksi unit GEK dengan aktivitas mengangkat, membawa, dan memindahkan. Penilaian postur kerja dilakukan terhadap 11 postur kerja operator pada *work station electric assembling*, *GEK testing*, dan *packing*. Dari 11 postur kerja selanjutnya dilakukan pemilihan terhadap postur kerja yang memiliki nilai risiko cedera paling tinggi untuk 3 fase gerakan. Postur kerja yang terpilih dari 11 postur kerja yaitu postur kerja 4 dengan *score* 11, postur kerja 6 dengan *score* 11, dan postur kerja 7 dengan *score* 12 pada *final score* Tabel REBA. Hasil analisis REBA yaitu seluruh postur kerja operator berada pada tingkat risiko cedera yang tinggi dan memerlukan implementasi perbaikan.

3. Pada penelitian ini, peneliti membuat suatu rekomendasi desain alat bantu *manual material handling* yang berfungsi untuk memudahkan pekerjaan operator, mengurangi beban kerja operator, dan mengurangi potensi cedera operator saat melakukan proses produksi unit GEK. Alat bantu tersebut berupa meja perakitan, meja *testing*, dan *scissor lift table* yang disesuaikan dengan kebutuhan operator. Kelebihan alat bantu meja *testing* dan *scissor lift table* yaitu sistem kerjanya dapat dinaikkan dan diturunkan sehingga dapat menyesuaikan tinggi hingga 1 meter dan dapat merendah dengan *pneumatic lift system* dengan mekanisme kerja gunting. Dengan lebar meja *testing* 350 mm, panjang 650 mm, sedangkan lebar *scissor lift table* 720 mm, panjang 1060 mm dan jangkauan maksimum tinggi meja mencapai 1000 mm. Untuk *scissor lift table* menggunakan besi plat datar yang dapat menjaga agar unit GEK tetap diam selama berada di atas *scissor lift table*. Dengan rekomendasi desain alat bantu selanjutnya dilakukan pengujian dengan metode REBA. Dari hasil pengujian postur kerja dengan *software* CATIA terjadi penurunan level risiko, yaitu skor akhir REBA untuk aktivitas pengangkatan unit GEK dari meja perakitan ke meja *testing* bernilai 11 menjadi 5. Kemudian skor akhir REBA untuk aktivitas membawa unit GEK dengan meja *testing* menuju *work station* GEK *testing* bernilai 11 menjadi 3. Selanjutnya skor akhir REBA dengan aktivitas memindahkan unit GEK dari meja *testing* ke *scissor lift table* pada *work station packing* bernilai 12 menjadi 7. Penurunan level risiko ini karena adanya perubahan postur kerja yang disebabkan oleh desain meja perakitan, meja *testing*, dan *scissor lift table* yang lebih ergonomis sehingga memungkinkan pekerja dapat bekerja dengan postur tubuh yang baik dan tidak berbahaya bagi operator.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan peneliti dapat melakukan perhitungan secara mekanik pada rekomendasi desain alat bantu ini, karena fokus penelitian ini berfokus pada analisis beban kerja dan postur tubuh saja.
2. Peneliti dapat mempertimbangkan untuk melakukan perhitungan biaya rekomendasi alat bantu untuk selanjutnya diaplikasikan.
3. Diharapkan peneliti dapat melakukan simulasi desain alat bantu atau membuat *prototype* desain alat bantu.
4. Untuk penelitian selanjutnya, desain alat bantu dapat mempertimbangkan aspek mekanis dan teknis.