

**PERANCANGAN FASILITAS BERDASARKAN ANALISIS POSTUR  
KERJA DENGAN METODE *RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT*  
(REBA) PADA PROSES *PICKING* DI LINI *PRESS PART*  
PT TOYOTA MOTOR MANUFACTURING INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Penyelesaian Program Diploma IV  
Program Studi Teknik Industri Otomotif pada  
Politeknik STMI Jakarta**

**OLEH :**

**NAMA : ULUL AZMI**

**NIM : 1112122**



**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA  
POLITEKNIK STMI JAKARTA**

**2016**

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA  
POLITEKNIK STMI JAKARTA**

**LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING**

JUDUL TUGAS AKHIR :

**“PERANCANGAN FASILITAS BERDASARKAN ANALISIS POSTUR  
KERJA DENGAN METODE *RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT*  
(REBA) PADA PROSES *PICKING* DI LINI *PRESS PART* PT TOYOTA  
MOTOR MANUFACTURING INDONESIA”**

DISUSUN OLEH :

NAMA : ULUL AZMI  
NIM : 1112122  
PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dalam Program Studi Teknik Industri Otomotif di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

Jakarta, November 2016

Dosen Pembimbing

**Indah Kurnia Mahasih Lianny, ST, M**

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI**  
**POLITEKNIK STMI JAKARTA**

**LEMBAR PENGESAHAN**

JUDUL TUGAS AKHIR :

“PERANCANGAN FASILITAS BERDASARKAN ANALISIS POSTUR  
KERJA DENGAN METODE *RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT* (REBA)  
PADA PROSES *PICKING* DI LINI *PRESS PART* PT TOYOTA MOTOR  
MANUFACTURING INDONESIA”

DISUSUN OLEH

NAMA : ULUL AZMI

NIM : 1112122

PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Ujian Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta  
pada hari Kamis tanggal 17 November .2017.

Jakarta, 17 November .2017

Dosen Penguji 1,

Dosen Penguji 2,

Juhari Masu’udi,SMI, MM.  
NIP : 19540410 198203 1 001

Indah Kurnia Mahasih Lianny, ST, MT.  
NIP : 19770803 200112 2 002

Dosen Penguji 3,

Dosen Penguji 4,

Irma Agustningsih Imdam, S,ST, MT  
NIP : 19720801 200312 2 002

Siti Aisyah, ST, MT  
NIP : 19771217 200212 2 003

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ulul Azmi

NIM : 1112122

Berstatus sebagai mahasiswa program studi Teknik Industri Otomotif di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI, dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang telah saya buat dengan judul

**“PERANCANGAN FASILITAS BERDASARKAN ANALISIS POSTUR KERJA DENGAN METODE *RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT* (REBA) PADA PROSES *PICKING* DI LINI *PRESS PART* PT TOYOTA MOTOR MANUFACTURING INDONESIA”**

- **Dibuat** dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, asistensi dengan dosen pembimbing dan buku-buku maupun jurnal-jurnal ilmiah yang menjadi bahan acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan hasil duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai sebelumnya untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada referensi karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan karya tulis hasil terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan diatas, maka saya bersedia menerima sanksi atas apa yang telah saya lakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jakarta, 3 November 2016

Yang Membuat Pernyataan

Ulul Azmi

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“PERANCANGAN FASILITAS BERDASARKAN ANALISIS POSTUR KERJA DENGAN METODE *RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT (REBA)* PADA PROSES *PICKING* DI LINI *PRESS PART* PT TOYOTA MOTOR MANUFACTURING INDONESIA”**.

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan pemenuhan akademis untuk menyelesaikan Program Studi D-IV di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, Jurusan Teknik Industri Otomotif.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada keluarga dan saudara-saudara penulis yang telah mendukung dan membantu penulis dalam bentuk moril maupun materil, serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan juga terutama pada :

- Bapak Dr. Mustofa, ST, MT. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.
- Bapak Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, MT selaku Pembantu Direktur I Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI.
- Bapak Muhamad Agus, ST, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Otomotif.
- Ibu Indah Kurnia Mahasih Lianny, ST, MT. selaku dosen pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
- Bapak Muhammad Ramdhani selaku *leader* di lini *press part* PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia yang telah menjadi pembimbing selama penulis melakukan penelitian dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
- Seluruh *staff* dan karyawan Divisi *Component Export Vanning* PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia yang telah banyak memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini.

- Sahabat-sahabat terbaik, Roro Ayu Andani, Nindia Aneksi Vinanti, Tri Angga Perkasa, M. Trimulya Taramdana, Feriandi, M. Agus Satriawan dan Baiq Delly Anggraeni atas semua suka duka, kebahagiaan, kebersamaan, kekeluargaan, doa, dukungan dan semangatnya.
- Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, semoga laporan ini kiranya dapat memberikan manfaat bagi para pembaca di kemudian hari. Amin.

Jakarta, November 2016

Penulis

## ABSTRAK

PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia (PT TMMIN) merupakan perusahaan industri otomotif. Salah satu aktivitasnya adalah mengekspor mobil *Completely Knock Down* (CKD). Dalam mengekspor CKD, setiap komponen kendaraan harus dilakukan proses pengemasan (*packing*). Salah satu aktivitas dalam proses pengemasan adalah mengambil dan mengumpulkan komponen (*picking*). Proses ini dilakukan secara manual, sehingga sangat rentan menimbulkan keluhan *muskuloskeletal*. Keluhan *muskuloskeletal* dapat disebabkan oleh fasilitas kerja yang tidak ergonomis, sehingga mengakibatkan postur kerja terlalu membungkuk. Berdasarkan hasil kuesioner *nordic body map* yang diberikan kepada 6 orang operator proses *picking* menunjukkan bahwa 83,33% operator mengalami sakit pada bagian punggung dan pinggang, 66,67% operator mengalami rasa sakit pada bagian bahu kanan. Hasil penilaian postur kerja operator dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) memiliki skor REBA sebesar 10, yang artinya postur kerja operator memiliki risiko yang sangat tinggi, sehingga perlu dilakukan tindakan perbaikan saat ini juga. Salah satu cara memperbaiki postur kerja adalah melakukan perancangan fasilitas kerja yang ergonomis berdasarkan pendekatan antropometri operator. Berdasarkan hasil simulasi dengan gambar 3D dan perhitungan dengan metode REBA, rak hasil rancangan dengan pendekatan antropometri dapat memberikan perbaikan pada postur kerja operator. Hasil skor REBA sebelum perancangan adalah 10, sedangkan setelah perancangan adalah 6, artinya memiliki level risiko sedang.

Kata kunci: *Packing Picking, Nordic Body Map, Anthropometri, Rapid Entire Body Assessment (REBA), Ergonomi, Picking, Muskuloskeletal.*

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL   |      |
| LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING                                   |      |
| LEMBAR PENGESAHAN   |      |
| LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR  |      |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN  |      |
| ABSTRAK   |      |
| KATA PENGANTAR .....  | i    |
| DAFTAR ISI.....   | iii  |
| DAFTAR TABEL.....   | vi   |
| DAFTAR GAMBAR .....   | vii  |
| DAFTAR LAMPIRAN.....  | viii |
| BAB I PENDAHULUAN.....  | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....   | 2    |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....   | 2    |
| 1.4 Batasan Masalah.....  | 3    |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....  | 3    |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                                       | 3    |
| BAB II LANDASAN TEORI.....  | 6    |
| 2.1 Ergonomi .....  | 6    |
| 2.2 <i>Nordic Body Map</i> .....                                      | 7    |
| 2.3 Keluhan <i>Muskuloskeletal</i> .....                              | 9    |
| 2.3.1 Faktor Penyebab Terjadinya Keluhan <i>Muskuloskeletal</i> ..... | 11   |
| 2.3.2 Langkah-Langkah Mengatasi Keluhan <i>Muskuloselektal</i> .....  | 12   |
| 2.4 <i>Manual Material Handling</i> .....                             | 13   |

|                                    |  |    |
|------------------------------------|--|----|
| 2.4.1                              | Rekomendasi Batas Beban yang Boleh Diangkat.....                                       | 13 |
| 2.4.2                              | Faktor – Faktor yang Mempengaruhi <i>Manual Material Handling</i> .....                | 15 |
| 2.4.3                              | Penanganan Risiko Kerja <i>Manual Material Handling</i> .....                          | 16 |
| 2.5                                | Rapid Entire Body Assessment (REBA).....   | 17 |
| 2.5.1                              | Tahap Pengambilan Data Postur Pekerja dengan Menggunakan Bantuan Video Atau Foto.....  | 18 |
| 2.5.2                              | Tahap Penentuan Sudut-Sudut Dari Bagian Tubuh Pekerja.....                             | 18 |
| 2.5.3                              | Tahap Penentuan Berat Benda yang Diangkat, <i>Coupling</i> dan Aktivitas Pekerja ..... | 23 |
| 2.5.4                              | Tahap Perhitungan Nilai REBA .....   | 24 |
| 2.6                                | Anthropometri.....   | 26 |
| 2.6.1                              | Dimensi Anthropometri.....   | 28 |
| 2.6.2                              | Aplikasi Distribusi Normal Dalam Anthropometri.....                                    | 30 |
| 2.6.3                              | Aplikasi Data Anthropometri Dalam Perancangan Produk .....                             | 33 |
| 2.6.4                              | Uji Statistik Data Anthropometri.....  | 34 |
| 2.7                                | Perancangan Rekayasa( <i>Engineering Design</i> ) .....                                | 37 |
| 2.7.1                              | Konsep Perancangan .....   | 37 |
| 2.7.2                              | Prosedur Perancangan.....  | 40 |
| 2.8                                | Pengukuran Waktu .....   | 40 |
| 2.8.1                              | Pengukuran Waktu Secara Tidak Langsung .....   | 41 |
| 2.8.2                              | Pengukuran Waktu dengan <i>Methods Time Measurement</i> (MTM).....                     | 42 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... |  | 49 |
| 3.1                                | Jenis Data .....   | 49 |
| 3.2                                | Sumber Data.....   | 50 |
| 3.3                                | Metode Pengumpulan Data .....  | 50 |
| 3.4                                | Teknik Analisis .....  | 50 |
| 3.4.1                              | Studi Lapangan.....  | 51 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.4.2 Studi Pustaka .....                                 | 51        |
| 3.4.3 Identifikasi dan Rumusan Masalah .....              | 51        |
| 3.4.4 Tujuan Penelitian.....                              | 51        |
| 3.4.5 Pengumpulan Data .....                              | 51        |
| 3.4.6 Pengolahan Data.....                                | 52        |
| 3.5 Analisis dan Pembahasan .....                         | 53        |
| 3.6 Kesimpulan dan Saran.....                             | 54        |
| 3.7 Kerangka Pemecahan Masalah .....                      | 54        |
| <b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>        | <b>57</b> |
| 4.1 Pengumpulan Data .....                                | 57        |
| 4.1.1 Sejarah Perusahaan.....                             | 57        |
| 4.1.2 Visi Misi Perusahaan.....                           | 58        |
| 4.1.2.1 Visi Perusahaan .....                             | 58        |
| 4.1.2.2 Misi Perusahaan.....                              | 59        |
| 4.1.3 Profil Perusahaan.....                              | 59        |
| 4.1.4 <i>Layout</i> Perusahaan.....                       | 60        |
| 4.1.5 Struktur Organisasi Perusahaan .....                | 60        |
| 4.1.6 Tenaga Kerja .....                                  | 60        |
| 4.1.7 Jam Kerja.....                                      | 60        |
| 4.1.8 Dokumentasi Postur Kerja .....                      | 61        |
| 4.1.9 Pengukuran Data Anthropometri .....                 | 62        |
| 4.1.10 Hasil Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> .....       | 63        |
| 4.1.11 Data Elemen Gerakan Sebelum Perbaikan.....         | 65        |
| 4.2 Pengolahan Data.....                                  | 67        |
| 4.2.1 Rekapitulasi Keluhan Operator .....                 | 67        |
| 4.2.2 Hasil Pengukuran Waktu Kerja Sebelum Perbaikan..... | 70        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.2.3 Penelitian Postur Kerja dengan Metode REBA .....                        | 72         |
| 4.2.3.1 Penilaian Aktivitas Mengangkat Part dari Rak.....                     | 73         |
| 4.2.3.2 Penilaian Aktivitas Menempatkan Part ke Palet.....                    | 78         |
| 4.2.4 Penentuan Ukuran Anthropometri .....                                    | 84         |
| 4.2.5 Uji Statistik.....  | 84         |
| 4.2.5.1 Uji Kenormalan Data .....   | 84         |
| 4.2.5.2 Uji Keseragaman Data .....  | 85         |
| 4.2.5.3 Uji Kecukupan Data .....  | 86         |
| 4.2.6 Perhitungan Persentil.....  | 87         |
| 4.3 Tahap Perancangan .....   | 89         |
| 4.3.1 Konsep Perancangan .....  | 89         |
| 4.3.2 Penentuan Spesifikasi Perancangan .....                                 | 90         |
| 4.4 Pemodelan Hasil Rancangan dengan Model 3 Dimensi .....                    | 94         |
| 4.5 Penilaian Postur Kerja Setelah Perancangan.....                           | 96         |
| 4.4 Hasil Pengukuran Waktu Proses Sesudah Perancangan.....                    | 101        |
| <b>BAB V ANALISIS MASALAH.....</b>  | <b>103</b> |
| 5.1 Analisis Hasil Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> .....                     | 103        |
| 5.2 Analisis Penilaian Sikap Kerja Awal Berdasarkan Metode REBA ...           | 104        |
| 5.3 Analisis Rancangan Fasilitas Kerja.....                                   | 105        |
| 5.3.1 Analisis Data Anthropometri dan Jenis Persentil yang<br>Digunakan ..... | 105        |
| 5.4 Analisis Kondisi Postur Kerja Setelah Perancangan.....                    | 107        |
| 5.5 Analisis Waktu Penyelesaian Proses Pengambilan Part .....                 | 108        |
| <b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                      | <b>112</b> |
| 6.1 Kesimpulan .....  | 112        |
| 6.2 Saran.....  | 113        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>   |            |
| <b>LAMPIRAN</b>   |            |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> .....  | 8  |
| Tabel 2.2 Tingkat Kesakitan Operator.....   | 9  |
| Tabel 2.3 Tindakan yg Harus Dilakukan Sesuai dengan Batas Angkat .....  | 14 |
| Tabel 2.5 Penentuan Sudut Tubuh Pekerja.....  | 18 |
| Tabel 2.6 Penentuan Sudut Leher Pekerja.....  | 19 |
| Tabel 2.7 Penentuan Sudut Pergerakan Kaki Pekerja .....   | 20 |
| Tabel 2.8 Penentuan Sudut Pergerakan Lengan Atas.....   | 20 |
| Tabel 2.9 Penentuan Sudut Pergerakan Lengan Bawah .....   | 21 |
| Tabel 2.10 Penentuan Sudut Pergelangan Tangan .....   | 22 |
| Tabel 2.11 Skor Grup A ( <i>Trunk, Neck, Legs</i> ).....  | 22 |
| Tabel 2.12 Skor Grup B ( <i>Upper Arms, Lower Arms, Wrists</i> ).....   | 23 |
| Tabel 2.13 <i>Grand Score</i> REBA .....  | 23 |
| Tabel 2.14 Skor berat beban yang diangkat.....  | 24 |
| Tabel 2.15 Skor <i>Coupling</i> .....   | 24 |
| Tabel 2.16 Tingkat Resiko yang Terjadi dan Tindakan .....   | 25 |
| Tabel 2.17 Peritungan Persentil.....  | 33 |
| Tabel 2.18 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Mejangkau ( <i>Reach</i> ).....                                 | 43 |
| Tabel 2.19 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Mengangkut ( <i>Move</i> ) .....                                | 44 |
| Tabel 2.20 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Memutar ( <i>Turn</i> ) .....                                   | 45 |
| Tabel 2.21 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Menekan( <i>Apply Pressure</i> ) .45                            |    |
| Tabel 2.22 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Memegang ( <i>Grasp</i> ) .....                                 | 46 |
| Tabel 2.23 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Mengarahkan ( <i>Position</i> ) ....                            | 47 |
| Tabel 2.24 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Melepas ( <i>Release</i> ).....                                 | 47 |
| Tabel 2.25 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Mata ( <i>Eye Moveement</i> ).....                              | 48 |
| Tabel 2.26 Waktu Gerakan Elemen Gerakan Anggota Badan, Kaki dan Telapak Kaki ( <i>Body, Leg, Foot</i> ) ..... | 48 |
| Tabel 4.1 Kepemilikan Saham PTTMMIN dan PTTAM.....  | 58 |
| Tabel 4.2 Profil Perusahaan PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia.....                                      | 59 |
| Tabel 4.3 Ketentuan Jam Kerja .....   | 61 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 4.4 Jam Kerja PT TMMIN .....   | 61  |
| Tabel 4.5 Dokumentasi Postur Kerja Operator .....                            | 62  |
| Tabel 4.6 Data Anthropometri Operator.....                                   | 63  |
| Tabel 4.7 Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> .....                             | 63  |
| Tabel 4.8 Hasil Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> .....                       | 64  |
| Tabel 4.9 Data Elemen Kerja Sebelum Perbaikan .....                          | 66  |
| Tabel 4.10 Rekapitulasi Keluhan Operator .....                               | 68  |
| Tabel 4.11 Prosentase Tingkat Keluhan Operator .....                         | 69  |
| Tabel 4.12 Hasil Pengukuran Waktu Kerja Seelum Perbaikan .....               | 70  |
| Tabel 4.13 Skor Grup A ( <i>Trunk, Neck, Legs</i> ).....                     | 74  |
| Tabel 4.14 Skor Grup B ( <i>Upper Arm, Lower Arm, Wrist</i> ) .....          | 76  |
| Tabel 4.15 Grand Score REBA .....  | 77  |
| Tabel 4.16 Skor Grup A ( <i>Trunk, Neck, Legs</i> ).....                     | 80  |
| Tabel 4.17 Skor Grup B ( <i>Upper Arm, Lower Arm, Wrist</i> ) .....          | 81  |
| Tabel 4.18 Grand Score REBA .....  | 82  |
| Tabel 4.19 Uji Kenormalan dengan <i>Kolmogorav-Smirnow</i> .....             | 85  |
| Tabel 4.20 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data dengan cara Manual .....         | 85  |
| Tabel 4.21 Rekapitulasi Uji Keseragaman Data Anthtopometri .....             | 86  |
| Tabel 4.22 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data .....                             | 87  |
| Tabel 4.23 Rekapitulasi Nilai Rata-rata dan Standar Deviasi .....            | 88  |
| Tabel 4.24 Rekapitulasi Hasil Perhiutngan Persentil Data Anthropometri ..... | 89  |
| Tabel 4.25 Keluhan Operator Terhadap Fasilitas Kerja .....                   | 89  |
| Tabel 4.26 Penjabaran Kebutuhan Perancangan.....                             | 90  |
| Tabel 4.27 Rekapitulasi Ukuran Perancangan Rak .....                         | 92  |
| Tabel 4.28 Pemodelan Hasil Perancangan.....                                  | 95  |
| Tabel 4.28 Skor Grup A ( <i>Trunk, Neck, Legs</i> ).....                     | 97  |
| Tabel 4.29 Skor Grup B ( <i>Upper Arm, Lower Arm, Wrist</i> ) .....          | 99  |
| Tabel 4.30 Grand Score <i>REBA</i> Setelah Perbaikan .....                   | 100 |
| Tabel 4.31 Hasil Pengukuran Waktu Setelah Perancangan.....                   | 101 |
| Tabel 5.1 Perbandingan Postur Kerja Sebelum dan Sesudah Perancangan.....     | 107 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 5.2 Perbandingan Waktu Penyelesaian..... | 109 |
|--|-----|

## DAFTAR GAMBAR

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 2.1 <i>Nordic Body Map</i> .....  | 8   |
| Gambar 2.2 Sudut Pergerakan Tubuh.....   | 19  |
| Gambar 2.3 Sudut Pergerakan Leher.....   | 19  |
| Gambar 2.4 Sudut Pergerakan Kaki .....   | 20  |
| Gambar 2.5 Sudut Pergerakan Lengan Atas.....   | 21  |
| Gambar 2.6 Sudut Pergerakan Lengan Bawah .....   | 21  |
| Gambar 2.7 Sudut Pergerakan Pergelangan Tangan .....   | 22  |
| Gambar 2.8 Langkah-langkah Perhitungan Total Skor Reba .....   | 25  |
| Gambar 2.9 Anthropometri untuk Perancangan Produk atau Fasilitas Kerja....                                       | 29  |
| Gambar 2.10 Ilustrasi Persentil.....   | 32  |
| Gambar 2.11 Distribusi Normal dengan Data Anthropometri.....   | 32  |
| Gambar 2.12 Peta Batas Kontrol .....   | 36  |
| Gambar 3.1 Kerangka Pemecahan Masalah .....  | 56  |
| Gambar 4.1 Sejarah Singkat PT TMMIN.....   | 58  |
| Gambar 4.2 Tata Letak Tempat Kerja Sebelum Perbaikan .....   | 66  |
| Gambar 4.3 Sudut Bagian Tubuh Operator Pada Aktivitas Mengangkat <i>Part</i> dari Rak .....                      | 73  |
| Gambar 4.4 Hasil Skor REBA.....  | 76  |
| Gambar 4.5 Sudut Bagian Tubuh Operator Pada Aktivitas Menempatkan <i>Part</i> ke Palet .....                     | 78  |
| Gambar 4.6 Hasil Skor REBA.....  | 83  |
| Gambar 4.7 Grafik Uji Keseragaman Data Anthropometri TBS Operator .....  | 86  |
| Gambar 4.9 Penerapan Perhitungan Ukuran Dimensi Arthropometri ke Dalam Perancangan .....                         | 93  |
| Gambar 4.10 Sudut Bagian Tubuh Operator Pada Aktivitas Mengangkat <i>Part</i> dari Rak Setelah Perancangan ..... | 96  |
| Gambar 4.11 Hasil Skor REBA.....   | 100 |

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A** : *Layout dan Struktur Organisasi PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia*
- Lampiran B** : *Hasil Kuesioner Nordic Body Map*
- Lampiran C** : *Key Performace Index dan Element Intruction Sheet*
- Lampiran D** : *Tabel Nilai Kritis Kolomogorov-smirnov*
- Lampiran E** : *Hasil Uji Statistik dan Persentil*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri saat ini semakin pesat, salah satunya adalah industri manufaktur. Setiap industri manufaktur pasti memiliki aktivitas produksi. Aktivitas produksi dapat berjalan dengan lancar, apabila faktor-faktor produksi tersedia dengan baik. Faktor-faktor produksi tersebut salah satunya adalah sumber daya manusia. Sumber daya manusia merupakan sumber tenaga kerja yang masih dominan dalam industri, terutama pada aktivitas manual. Aktivitas manual tersebut adalah pemindahan material secara manual (*manual material handling*). Akan tetapi aktivitas *manual material handling* (MMH) jika dilakukan dengan cara yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian bahkan kecelakaan kerja pada operator seperti keluhan *muskuloskeletal*. Dengan demikian perusahaan dituntut untuk mengatasi hal tersebut dengan memberikan jaminan keselamatan dan kesehatan kerja kepada setiap unsur yang terlibat di dalamnya, sehingga semua proses dapat berjalan dengan baik.

PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia (PT TMMIN) merupakan perusahaan industri manufaktur yang bergerak dalam industri otomotif. Salah satu aktivitas PT TMMIN adalah melakukan ekspor mobil dalam bentuk *Completely Build Up* (CBU) dan *Completely Knock Down* (CKD). Dalam mengekspor mobil dalam bentuk CKD, setiap komponen kendaraan harus dilakukan proses pengemasan. Proses pengemasan terdiri dari dua lini produksi yaitu lini *press part* dan *assy part*. Pada lini *press part* terdapat proses mengikat komponen, menyebarkan komponen, mengambil komponen (*picking*) dan menempatkan komponen di peti. Pada setiap proses, hampir seluruh kegiatan dilakukan secara manual, salah satunya adalah proses mengambil komponen yang dilakukan untuk memindahkan komponen dari rak ke palet untuk diteruskan ke proses penempatan di dalam peti. Karena setiap proses dilakukan secara manual dan berulang-ulang, maka proses ini berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja. Angka kecelakaan kerja yang dialami operator pada proses ini mencapai 7 kali kejadian (berdasarkan KPI *safety* tahun 2015 lini *press part*). Hal ini dikarenakan fasilitas kerja yang tidak ergonomis, sehingga mengakibatkan postur kerja terlalu membungkuk ketika mengangkat komponen. Aktivitas kerja yang terlalu membungkuk mengakibatkan keluhan *muskuloskeletal* pada operator yaitu sakit pada bagian punggung dan pinggang. Berdasarkan permasalahan yang dialami, maka perlu dilakukan analisis postur kerja dan perancangan fasilitas kerja yang ergonomis.

Salah satu metode analisis postur kerja yang dapat digunakan adalah metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA). Metode REBA adalah sebuah metode dalam bidang ergonomi yang digunakan untuk menilai postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, pinggang dan kaki operator. Dari hasil perhitungan REBA didapatkan tingkat risiko yang akan dihadapi operator dan tindakan yang harus dilakukan perusahaan. Tindakan ini digunakan untuk memperbaiki postur kerja operator. Salah satu cara yang digunakan untuk memperbaiki postur kerja

adalah melakukan perancangan fasilitas kerja yang ergonomis. Penggunaan metode REBA dan perancangan fasilitas kerja yang ergonomis diharapkan dapat mengurangi risiko *muskuloskeletal* pada operator, sehingga operator dapat bekerja secara aman, efektif dan efisien.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan pada latar belakang, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Apa jenis keluhan *muskuloskeletal* yang sering dialami oleh operator proses *picking*?
2. Berapakah hasil penilaian postur kerja operator dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*?
3. Bagaimanakah rancangan fasilitas kerja yang ergonomis untuk memperbaiki postur kerja operator?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi keluhan yang sering dialami operator berdasarkan kuesioner *nordic body map*.
2. Menilai postur kerja operator dengan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*.
3. Memberikan usulan rancangan fasilitas kerja yang ergonomis memperbaiki postur kerja operator.

## 1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya bidang penelitian, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia pada *Component Export Vanning Division* dekomponemen *Operation* lini *Press Komponen*.
2. Penelitian dilakukan pada operator proses pengambilan komponen periode bulan Februari sampai dengan Maret tahun 2016.
3. Penelitian ini mengabaikan kondisi lingkungan kerja, seperti tingkat pencahayaan, tingkat suhu dan tingkat kebisingan.
4. Perancangan fasilitas kerja pada penelitian ini menggunakan ukuran antropometri operator proses pengambilan komponen.

5. Pada penelitian ini pengukuran waktu kerja menggunakan *Methods Time Measuremen* (MTM).

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini antara lain:

#### 1. Bagi Perusahaan

- a. Memberikan masukan bagi perusahaan untuk memperhatikan faktor keselamatan operator.
- b. Perusahaan dapat mengetahui tingkat risiko yang akan dihadapi oleh operator.
- c. Meningkatkan kinerja operator.
- d. Meningkatkan kenyamanan dan keselamatan kerja operator.

#### 2. Bagi Peneliti

- a. Memberikan wawasan dan pengetahuan tentang keselamatan kerja pada aktivitas produksi.
- b. Dapat mengaplikasikan ilmu ergonomi dalam menganalisis postur kerja dengan metode *Rapid Entery Body Assesment* (REBA).

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan penelitian ini terdiri dari enam (6) bab dengan perincian sebagai berikut:

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan pokok permasalahan dan tujuan penelitian, seperti teori tentang ergonomi, *nordic body map*, keluhan *muskuloskeletal*, *manual material handling*, metode *Rapid Entery Body Assesment* (REBA), antropometri, perancangan fasilitas kerja, pengukuran waktu tidak langsung dan teori-teori lainnya yang mendukung proses penelitian ini.

#### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang langkah-langkah sistematis yang digunakan untuk memecahkan masalah agar penelitian yang dilakukan lebih terarah. Langkah-langkah tersebut terdiri dari studi pendahuluan, studi pustaka, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan

penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil, kesimpulan dan saran.

#### **BAB IV**

##### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini berisi tentang data-data hasil pengumpulan data yang diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara. Data yang diperoleh yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa data kuisioner keluhan operator, ukuran anthropometri operator, foto atau video proses pengambilan komponen, sedangkan data sekunder berupa data visi misi perusahaan, struktur organisasi perusahaan dan data umum perusahaan. Selain itu pada bab ini juga dilakukan pengolahan data dari hasil pengumpulan data.

#### **BAB V**

##### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang analisis terhadap data yang telah diolah pada bab sebelumnya, yaitu analisis mengenai postur kerja operator berdasarkan metode REBA dan analisis mengenai rancangan alat angkut.

#### **BAB IV**

##### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan analisis masalah. Serta memberikan saran-saran yang membangun sebagai perbaikan bagi perusahaan di masa yang akan datang.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### 2.1 Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Latin yaitu *ergon* yang berarti “kerja” dan *nomos* yang berarti “hukum alam”. Ergonomi dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan perancangan (Nurmianto, 1996). Menurut Sutaalaksana ergonomi ialah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, aman dan nyaman.

Secara umum tujuan dari penerapan ergonomi adalah (Tarwaka, 2004):

1. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
3. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Untuk mencapai tujuan ergonomi seperti yang telah dikemukakan, maka perlu keserasian antara pekerja dan pekerjaannya, sehingga manusia pekerja dapat bekerja sesuai dengan kemampuan, kebolehan dan keterbatasannya. Secara umum kemampuan, kebolehan dan keterbatasan manusia ditentukan oleh berbagai faktor yaitu umur, jenis kelamin, ras, antropometri, status kesehatan, gizi, kesegaran jasmani, pendidikan, keterampilan, budaya, tingkah laku, kebiasaan, dan kemampuan beradaptasi (Tarwaka, 2004).

*The International Ergonomics Association* (IEA) mengidentifikasi spesialisasi ergonomi menjadi beberapa kategori yaitu (Kuswana, 2014):

#### 1. Ergonomi Fisik

Ergonomi fisik berkaitan dengan anatomi manusia, seperti Anthropometri, karakteristik mekanik fisiologi dan biologi yang berkaitan dengan aktivitas fisik.

#### 2. Ergonomi Kognitif

Ergonomi kognitif berkaitan dengan proses mental, seperti persepsi, ingatan, penalaran dan respon motorik, karena hal itu, mempengaruhi interaksi manusia antara manusia dan bagian lain dari sistem. (Topik yang relevan meliputi beban kerja mental, pengambilan keputusan, kinerja terampil, interaksi manusia-komputer, keandalan manusia, stres kerja dan pelatihan seperti ini mungkin berhubungan dengan manusia-sistem dan desain interaksi manusia-komputer).

### 3. Ergonomi Organisasi

Ergonomi Organisasi berkaitan dengan optimasi sistem sosio-teknis, termasuk struktur organisasi mereka, kebijakan dan proses. (Topik yang relevan meliputi komunikasi, kru manajemen sumber daya, desain pekerjaan, sistem kerja, desain waktu kerja, kerjasama tim, desain partisipatif, ergonomi masyarakat, kerja kooperatif, program kerja baru, organisasi virtual, *telework*, dan manajemen mutu).

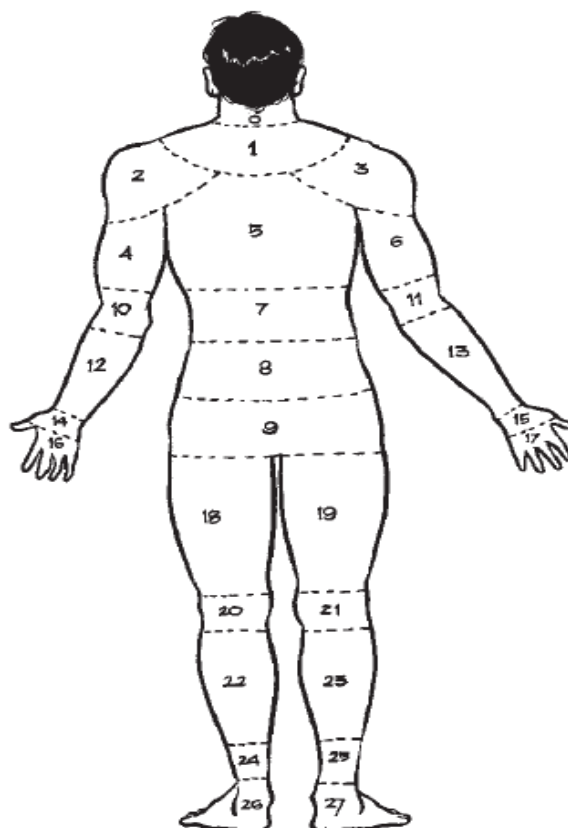
### 4. Ergonomi Lingkungan

Ergonomi Lingkungan berkaitan dengan interaksi manusia dengan lingkungan. Lingkungan fisik ditandai dengan iklim, suhu, tekanan, getaran dan cahaya.

## 2.2 Nordic Body Map

*Nordic body map* merupakan salah satu alat ukur subjektif berupa kuesioner yang digunakan untuk mengetahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai sangat sakit (Corlett, 1992 dalam Tarwaka, dkk. 2004). Kuesioner ini menggunakan gambar tubuh manusia yang

dibagi bagian tubuh bahu, atas, siku, bawah, dan tumit. bagian tubuh dirinci tubuh seperti



menjadi sembilan utama yaitu leher, punggung bagian punggung bagian pinggang, lutut. Dari sembilan tersebut kemudian menjadi 28 bagian pada Gambar 2.1.

### Gambar 2.1 *Nordic Body Map*

(Sumber: Corlett, 1992 dalam Tarwaka, dkk. 2004)

Adapun Tabel kuesioner *nordic body map* dan tabel tingkat kesakitan operator berdasarkan Gambar 2.1 dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Kuesioner *Nordic Body Map*

| No | Bagian Tubuh        | Tingkat Keluhan |   |   |
|----|---------------------|-----------------|---|---|
|    |                     | A               | B | C |
| 1  | Leher atas          |                 |   |   |
| 2  | Leher bawah         |                 |   |   |
| 3  | Bahu kiri           |                 |   |   |
| 4  | Bahu kanan          |                 |   |   |
| 5  | Lengan atas kiri    |                 |   |   |
| 6  | Punggung            |                 |   |   |
| 7  | Lengan atas kanan   |                 |   |   |
| 8  | Pinggang            |                 |   |   |
| 9  | Pantat              |                 |   |   |
| 10 | Bagian bawah pantat |                 |   |   |

Lanjutan....

Tabel 2.1 Kuesioner *Nordic Body Map* (lanjutan)

| No | Bagian Tubuh             | Tingkat Keluhan |   |   |
|----|--------------------------|-----------------|---|---|
|    |                          | A               | B | C |
| 11 | Siku kiri                |                 |   |   |
| 12 | Siku kanan               |                 |   |   |
| 13 | Lengan bawah kiri        |                 |   |   |
| 14 | Bawah kanan lengan       |                 |   |   |
| 15 | Pergelangan tangan kiri  |                 |   |   |
| 16 | Pergelangan tangan kanan |                 |   |   |
| 17 | Tangan kiri              |                 |   |   |
| 18 | Tangan kanan             |                 |   |   |
| 19 | Paha kiri                |                 |   |   |
| 20 | Paha kanan               |                 |   |   |

|    |                        |  |  |  |
|----|------------------------|--|--|--|
| 21 | Lutut kiri             |  |  |  |
| 22 | Lutut kanan            |  |  |  |
| 23 | Betis kiri             |  |  |  |
| 24 | Betis kanan            |  |  |  |
| 25 | Pergelangan kaki kiri  |  |  |  |
| 26 | Pergelangan kaki kanan |  |  |  |
| 27 | Kaki kiri              |  |  |  |
| 28 | Kaki kanan             |  |  |  |

(Sumber: Kroemer, 2011, dalam modul postur kerja U2, 2015)

Tabel 2.2 Tingkat Kesakitan Operator

| No | Tingkat Keluhan | Keterangan             |                    |
|----|-----------------|------------------------|--------------------|
| 1  | A               | <i>No Pain</i>         | Tidak terasa sakit |
| 2  | B               | <i>Moderately Pain</i> | Cukup Sakit        |
| 3  | C               | <i>Painful</i>         | Sakit              |

(Sumber: Kroemer, 2011, dalam modul postur kerja U2, 2015)

Pengolahan data dalam menggunakan *nordic body map questionnaire* ini adalah sebagai berikut:

- Mengisi *nordic body map* kuesioner dengan beberapa responden yang jenis pekerjaannya sama.
- Membuat persentase setiap indikator dari jawaban yang diberikan.
- Menganalisis persentase yang memiliki tingkat sangat dikeluhkan oleh pekerja.

### 2.3 Keluhan Muskuloskeletal

Keluhan *muskuloskeletal* adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya d2stilahkan dengan keluhan *muskuloskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem *muskuloskeletal* Tarwaka, dkk. 2004).

Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan, dan
- Keluhan menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

Studi tentang MSDs pada berbagai jenis industri telah banyak dilakukan dan hasil studi menunjukkan bahwa bagian otot yang sering dikeluhkan adalah otot rangka (*skeletal*) yang meliputi otot leher, bahu, lengan, tangan, jari, punggung, pinggang

dan otot-otot bagian bawah. Di antara keluhan otot *skeletal* tersebut, yang banyak dialami oleh pekerja adalah otot bagian pinggang (*low back pain =LBP*). Laporan dari *the Bureau of Labour Statistics* (LBS) Departemen Tenaga Kerja Amerika Serikat yang dipublikasikan pada tahun 1982 menunjukkan bahwa hampir 20 % dari semua kasus sakit akibat kerja dan 25 % biaya kompensasi yang dikeluarkan sehubungan dengan adanya keluhan/sakit pinggang. Besarnya biaya kompensasi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan secara pasti belum diketahui. Namun demikian, hasil estimasi yang dipublikasikan oleh NIOSH menunjukkan bahwa biaya kompensasi untuk keluhan otot *skeletal* sudah mencapai 13 milyar US dolar setiap tahun. Biaya tersebut merupakan yang terbesar bila dibandingkan dengan biaya kompensasi untuk keluhan atau sakit akibat kerja lainnya..

Keluhan otot *skeletal* pada umumnya terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat pemberian beban kerja yang terlalu berat dengan durasi pembebanan yang panjang. Sebaliknya, keluhan otot kemungkinan tidak terjadi apabila kontraksi otot hanya berkisar antara 15 - 20% dari kekuatan otot maksimum. Namun apabila kontraksi otot melebihi 20 %, maka peredaran darah ke otot berkurang menurut tingkat kontraksi yang dipengaruhi oleh besarnya tenaga yang diperlukan. Suplai oksigen ke otot menurun, proses metabolisme karbohidrat terhambat dan sebagai akibatnya terjadi penimbunan asam laktat yang menyebabkan timbulnya rasa nyeri otot (Tarwaka, dkk. 2004).

### **2.3.1 Faktor Penyebab Terjadinya Keluhan *Muskuloskeletal***

Peter Vi (2000) menjelaskan bahwa, terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keluhan otot *skeletal* yaitu (Tarwaka, dkk. 2004):

#### **1. Peregangan Otot yang Berlebihan**

Peregangan otot yang berlebihan (*over exertion*) pada umumnya sering dikeluhkan oleh pekerja di mana aktivitas kerjanya menuntut pengerahan tenaga yang besar seperti aktivitas mengangkat, mendorong, menarik dan menahan beban yang berat. Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi karena pengerahan tenaga yang diperlukan melampaui kekuatan optimum otot. Apabila hal serupa sering dilakukan, maka dapat mempertinggi risiko terjadinya keluhan otot, bahkan dapat menyebabkan terjadinya cedera otot *skeletal*.

#### **2. Aktivitas Berulang**

Aktivitas berulang adalah pekerjaan yang dilakukan secara terus menerus seperti pekerjaan mencangkul, membelah kayu besar, angkat-angkut dan sebagainya. Keluhan otot terjadi karena otot menerima tekanan akibat beban kerja secara terus menerus tanpa memperoleh kesempatan untuk relaksasi.

#### **3. Sikap Kerja Tidak Alami**

Sikap kerja tidak alamiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi bagian-bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alamiah, misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat dan sebagainya. Semakin jauh posisi bagian tubuh dari pusat gravitasi tubuh, maka semakin tinggi pula risiko terjadinya keluhan otot skeletal. Sikap kerja tidak alamiah ini pada umumnya karena karakteristik tuntutan tugas, alat kerja dan stasiun kerja tidak sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan pekerja (Tarwaka, dkk, 2004).

### **2.3.2 Langkah-langkah Mengatasi Keluhan Muskuloselektal**

Berdasarkan rekomendasi dari *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*, tindakan ergonomik untuk mencegah adanya sumber penyakit adalah melalui dua cara, yaitu rekayasa teknik (desain stasiun dan alat kerja) dan rekayasa manajemen (kriteria dan organisasi kerja). Langkah preventif ini dimaksudkan untuk mengeleminir *over exertion* dan mencegah adanya sikap kerja tidak alamiah (Tarwaka, dkk, 2004).

#### **1. Rekayasa Teknik**

Rekayasa teknik pada umumnya dilakukan melalui pemilihan beberapa alternatif sebagai berikut:

- a. Eliminasi, yaitu dengan menghilangkan sumber bahaya yang ada. Hal ini jarang bisa dilakukan mengingat kondisi dan tuntutan pekerjaan yang mengharuskan untuk menggunakan peralatan yang ada.
- b. Substitusi, yaitu mengganti alat/bahan lama dengan alat atau bahan baru yang aman, menyempurnakan proses produksi dan menyempurnakan prosedur penggunaan peralatan.
- c. Partisi, yaitu melakukan pemisahan antara sumber bahaya dengan pekerja, sebagai contoh, memisahkan ruang mesin yang bergetar dengan ruang kerja lainnya, pemasangan alat peredam getaran dan sebagainya.
- d. Ventilasi, yaitu dengan menambah ventilasi untuk mengurangi risiko sakit, misalnya akibat suhu udara yang terlalu panas.

#### **2. Rekayasa Manajemen**

Rekayasa manajemen dapat dilakukan melalui tindakan sebagai berikut :

##### **a. Pendidikan dan Pelatihan**

Melalui pendidikan dan pelatihan, pekerja menjadi lebih memahami lingkungan dan alat kerja sehingga diharapkan dapat melakukan penyesuaian dan inovatif dalam melakukan upaya-upaya pencegahan risiko sakit akibat kerja.

b. Pengaturan waktu kerja dan istirahat yang seimbang

Pengaturan waktu kerja dan istirahat yang seimbang, dalam arti disesuaikan dengan kondisi lingkungan kerja dan karakteristik pekerjaan, sehingga dapat mencegah paparan yang berlebihan terhadap sumber bahaya.

c. Pengawasan yang intensif

Melalui pengawasan yang intensif dapat dilakukan pencegahan secara lebih dini terhadap kemungkinan terjadinya risiko sakit akibat kerja.

## 2.4 Manual Material Handling

*Manual Material Handling* (MMH) dapat diartikan sebagai proses pemindahan barang, aliran material, produk akhir atau benda-benda lain yang menggunakan manusia sebagai sumber tenaga.

Selama ini pengertian MMH hanya sebatas pada kegiatan *lifting* dan *lowering* yang melihat aspek kekuatan vertikal. Padahal kegiatan MMH tidak terbatas pada kegiatan tersebut di atas, masih ada kegiatan *pushing* dan *pulling* di dalam kegiatan MMH. Kegiatan MMH menurut pendapat McCormick dan Sanders (1994) yang sering dilakukan oleh pekerja di dalam industri, yaitu:

1. Kegiatan pengangkatan benda (*lifting task*),
2. Kegiatan pengantaran benda (*caryying task*),
3. Kegiatan mendorong benda (*pushing task*),
4. Kegiatan menarik benda (*pulling task*).

Pemilihan manusia sebagai tenaga kerja dalam melakukan kegiatan penanganan material bukanlah tanpa sebab. Penanganan material secara manual memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut :

1. Fleksibel dalam gerakan sehingga memberikan kemudahan pemindahan beban pada ruang terbatas dan pekerjaan yang tidak beraturan.
2. Untuk beban ringan akan lebih murah bila dibandingkan menggunakan mesin.
3. Tidak semua material dapat dipindahkan dengan alat.

### 2.4.1 Rekomendasi Batas Beban yang Boleh Diangkat

Dalam rangka untuk menciptakan suasana kerja yang aman dan sehat maka perlu adanya suatu batasan angkat untuk operator. Berikut ini dijelaskan beberapa batasan angkat secara legal dari berbagai negara bagian benua Australia yang dipakai untuk industri. Batasan angkat ini dipakai sebagai batasan angkat secara internasional (Nurmianto, 1996). Batasan angkat tersebut, yaitu:

1. Batasan angkat secara legal (*legal limitations*),
  - a. Pria dibawah usia 16 tahun, maksimum angkat adalah 14 kg.
  - b. Pria usia 16 – 18 tahun, maksimum angkat 18 kg.
  - c. Pria usia lebih dari 18 tahun, tidak ada batasan angkat.
  - d. Wanita usia 16 – 18 tahun, maksimum angkat 11 kg.

- e. Wanita usia lebih dari 18 tahun, maksimum angkat 16 kg

Batasan angkat ini dapat membantu untuk mengurangi rasa nyeri, ngilu pada tulang belakang. Disamping itu akan mengurangi ketidaknyamanan kerja pada tulang belakang, terutama bagi operator untuk pekerjaan berat. Komisi keselamatan dan kesehatan kerja di Inggris, pada tahun 1982 juga telah mengeluarkan peraturan yang berkaitan dengan cara pengangkatan material/benda kerja yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tindakan yang Harus Dilakukan Sesuai dengan Batas Angkatnya

| Batasan Angkat (Kg) | Tindakan  |
|---------------------|---|
| Di bawah 16         | Tidak ada tindakan khusus yang perlu diadakan   |
| 16 - 34             | Prosedur administrasi dibutuhkan untuk mengidentifikasi ketidakmampuan seseorang dalam mengangkat beban tanpa menanggung risiko yang berbahaya kecuali dengan perantaraan alat bantu tertentu |
| 34 - 50             | Sebaiknya Operator yang terpilih dan terlatih. Menggunakan sistem pemindahan material secara terlatih. Harus dibawah pengawasan supervisor  |
| Diatas 50           | Harus memakai peralatan mekanis. Operator yang terlatih dan terpilih. Pernah mengikuti pelatihan kesehatan dan keselamatan kerja dalam industri. Harus dibawah pengawasan ketat               |

(Sumber : Komisi Keselamatan dan Kesehatan kerja di Inggris, 1992 dalam Nurmianto, 1996)

Berikutnya lembaga *the National Occupational Health and Safety Commission (Worksafe Australia)* pada bulan Desember 1986 membuat peraturan untuk pemindahan material secara aman yang dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Tindakan yang harus Dilakukan Sesuai dengan Batas Angkat

| No | Batas Angkat (Kg) | Tindakan  |
|----|-------------------|---|
| 1  | Di bawah 16       | Tidak diperlukan tindakan khusus                                      |
| 2  | 16 - 34           | Tidak diperlukan alat dalam mengangkat. Ditekankan pada metode angkat |
| 3  | 34 - 50           | Tidak diperlukan alat dalam mengangkat. Dipilih job redesign          |
| 4  | Diatas 50         | Harus dibantu dengan peralatan mekanis                                |

(Sumber : *Worksafe Australia*, 1986 dalam Nurmianto, 1996)

## 2. Batasan angkat secara fisiologi

Metode pengangkatan ini dengan mempertimbangkan rata-rata beban metabolisme dari aktivitas angkat yang berulang (*repetitive lifting*), sebagaimana dapat juga ditemukan jumlah konsumsi oksigen. Hal ini haruslah benar-benar diperhatikan terutama dalam rangka untuk menentukan batas angkat. Kelelahan kerja yang terjadi dari aktifitas yang berulang-ulang (*repetitive lifting*) akan meningkatkan risiko rasa nyeri pada tulang belakang (*back injures*). Menurut Stevenson, (1987, dalam Nurmianto, 1996) menyatakan bahwa *repetitive lifting* dapat menyebabkan *comulative trauma* atau *repetitive strain injures*.

### 3. Batasan angkat secara psiko-fisik

Metode ini berdasarkan pada sejumlah eksperimen yang berbahaya untuk mendapatkan berat pada berbagai keadaan dan ketinggian yang berbeda-beda.

Ada tiga kategori posisi angkat yang didapat, yaitu:

- a. Permukaan lantai ke ketinggian tangan ke ketinggian bahu (*shoulder height*).
- b. Ketinggian bahu ke maksimum jangkauan tangan (*vertikal*).
- c. Genggaman tangan (*knuckle height*).

#### 2.4.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi *Manual Material Handling*

Semua aktivitas *manual material handling* melibatkan faktor-faktor sebagai berikut:

1. Berat beban yang harus diangkat dan perbandingannya terhadap berat badan operator.
2. Jarak horizontal dari beban relatif terhadap operator.
3. Ukuran beban yang harus diangkat (beban yang berukuran besar) akan memiliki pusat massa (*centre of gravity*) yang letaknya jauh dari badan operator, hal tersebut juga akan menghalangi pandangan (*vision*) operator.
4. Ketinggian beban yang harus diangkat dan jarak perpindahan beban (mengangkat beban dari permukaan lantai akan relatif lebih sulit dari pada mengangkat beban dari ketinggian pada permukaan pinggang).
5. Beban puntir (*twisting load*) pada badan operator selama aktivitas angkat beban.
6. Prediksi terhadap berat beban yang akan diangkat. Hal ini adalah untuk mengantisipasi beban yang lebih berat dari yang diperkirakan .
7. Stabilitas beban yang akan diangkat.
8. Kemudahan untuk dijangkau oleh pekerja.
9. Berbagai macam rintangan yang menghalangi ataupun keterbatasan postur tubuh yang berada pada suatu tempat kerja.
10. Kondisi kerja yang meliputi: pencahayaan, suhu, kebisingan dan kelicinan lantai.
11. Frekuensi angkat yaitu banyaknya aktifitas angkat.
12. Metode angkat yang benar (tidak boleh mengangkut beban secara tiba-tiba).
13. Tidak terkordinasinya kelompok kerja (*lifting team*).

14. Diangkatnya suatu beban dalam suatu periode. Hal ini adalah sama dengan membawa beban pada jarak tertentu dan memberi tambahan pada *vertebral disc* (VD) dan *intervertebral disc* (ID) pada *vertebral column* di daerah punggung.

### 2.4.3 Penanganan Risiko Kerja *Manual Material Handling*

Kondisi berbahaya yang diakibatkan oleh sikap kerja *manual material handling* yang tidak tepat tentunya harus dicegah dan ditangani dengan baik. Penanganan dan pencegahan akan lebih mudah dilakukan setelah mengetahui faktor risiko dari *manual material handling* diatas. Menurut laporan NIOSH (1981) ada enam prosedur umum dalam menangani risiko kecelakaan akibat tindakan *manual material handling* yang tidak tepat, yaitu:

1. Identifikasi pekerjaan dengan kejadian yang menyebabkan cedera *musculoskeletal* tinggi dan rata-rata kepelikan tinggi dengan analisa statistik dari data medis.
2. Observasi pekerjaan yang dicurigai dan untuk tiap beban yang akan diangkat harus diketahui berat serta metode pengangkatan.
3. Mengembangkan pengendalian keteknikan dengan peralatan *manual handling*, mengemas ulang beban dalam berat yang lebih ringan, mengatur ulang area kerja.
4. Mengajukan pengendalian administratif. Hal yang dapat dilakukan adalah dengan menambah pekerja untuk mengurangi frekuensi pengangkatan, melakukan penjadwalan kerja, mengembangkan pelatihan untuk mensosialisasikan teknik pengangkatan yang tepat, serta meningkatkan prosedur seleksi dan penempatan pekerja dengan lebih baik.

### 2.5 Rapid Entire Body Assessment (REBA)

*Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dikembangkan oleh Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn McAtamney yang merupakan ergonom dari universitas di Nottingham (*University of Nottingham's Institute of Occupational Ergonomics*). Pertama kali dijelaskan dalam bentuk jurnal aplikasi ergonomi pada tahun 2000.

*Rapid Entire Body Assessment* adalah sebuah metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi dan dapat digunakan secara cepat untuk menilai posisi kerja atau postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki seorang operator. Selain itu metode ini juga dipengaruhi oleh faktor *coupling*, beban eksternal yang ditopang oleh tubuh serta aktivitas pekerja. Penilaian dengan menggunakan REBA tidak membutuhkan waktu lama untuk melengkapi dan melakukan *scoring general* pada daftar aktivitas yang mengindikasikan perlu adanya pengurangan risiko yang diakibatkan postur kerja operator (Stanton, dkk. 2005).

Penilaian menggunakan metode REBA yang telah dilakukan oleh Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn McAtamney melalui tahapan empat tahapan antara lain:

1. Tahap pengambilan data postur pekerja dengan menggunakan bantuan video atau foto.
2. Tahap penentuan sudut dari bagian tubuh pekerja.
3. Tahap penentuan berat benda yang diangkat, *coupling* dan aktivitas pekerja
4. Tahap perhitungan nilai REBA untuk postur yang bersangkutan.

### **2.5.1 Tahap Pengambilan Data Postur Pekerja dengan Menggunakan Bantuan Video atau Foto.**

Untuk mendapatkan gambaran sikap (postur) pekerja dari leher, punggung, lengan, pergelangan tangan hingga kaki secara terperinci dilakukan dengan merekam atau memotret postur tubuh pekerja. Hal ini dilakukan supaya peneliti mendapatkan data postur tubuh secara detail (valid), sehingga dari hasil rekaman dan hasil foto bisa didapatkan data akurat untuk tahap perhitungan serta analisis selanjutnya.

### **2.5.2 Tahap Penentuan Sudut-sudut dari Bagian Tubuh Pekerja**

Setelah didapatkan hasil rekaman dan foto postur tubuh dari pekerja dilakukan perhitungan besar sudut dari masing-masing segmen tubuh yang meliputi punggung (batang tubuh), leher, lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan dan kaki. Pada metode REBA segmen-segmen tubuh tersebut dibagi menjadi dua kelompok yaitu grup A dan grup B. Grup A meliputi punggung (batang tubuh), leher dan kaki. Sementara grup B meliputi lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Data sudut segmen tubuh pada masing-masing grup dapat diketahui skornya, kemudian dengan skor tersebut digunakan untuk melihat tabel A untuk grup A dan tabel B untuk grup B agar diperoleh skor untuk masing-masing tabel. Adapun skor pergerakan untuk masing-masing grup adalah sebagai berikut:

1. Punggung

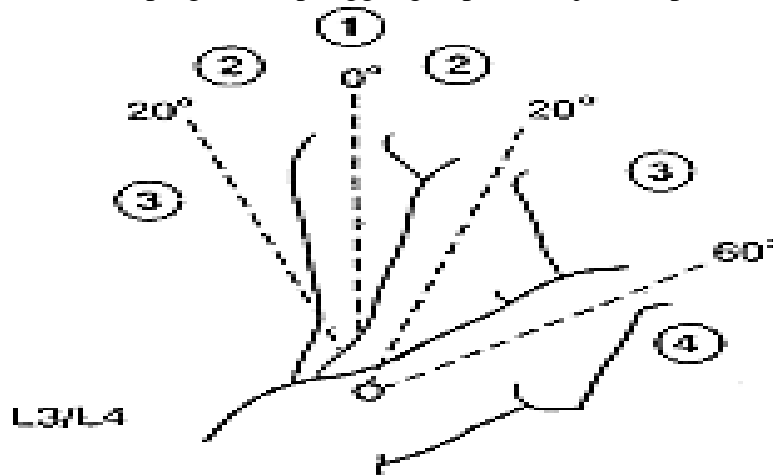
Skor pergerakan punggung (batang tubuh) dan *range* pergerakannya dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan Gambar 2.3.

Tabel 2.5 Penentuan Sudut Tubuh Pekerja

| Pergerakan                | Skor | Perubahan skor                          |
|---------------------------|------|---|
| Tegak/alamiah             | 1    | + 1 jika memutar atau miring ke samping |
| 0° - 20° <i>flexion</i>   | 2    |   |
| 0° - 20° <i>extension</i> |      |   |
| 20° - 60° <i>flexion</i>  | 3    |   |
| > 20° <i>extension</i>    |      |   |
| > 60° <i>flexion</i>      | 4    |   |

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Pada Tabel 2.5, pergerakan punggung dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sudut Pergerakan Tubuh  
(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

## 2. Leher

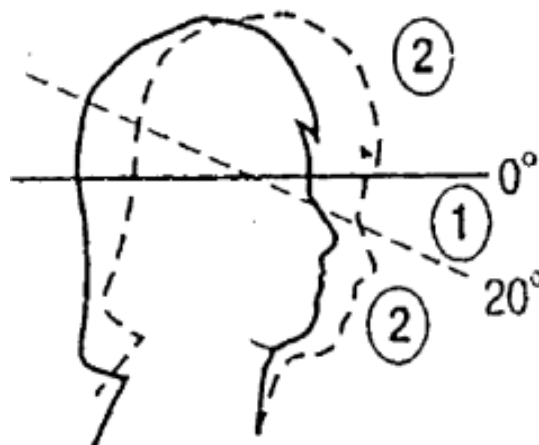
Skor pergerakan leher dan *range* pergerakannya dapat dilihat dalam Tabel 2.6 dan Gambar 2.4.

Tabel 2.6 Penentuan Sudut Leher Pekerja

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

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Pada Tabel 2.6, pergerakan punggung dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sudut Leher

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

### 3. Kaki

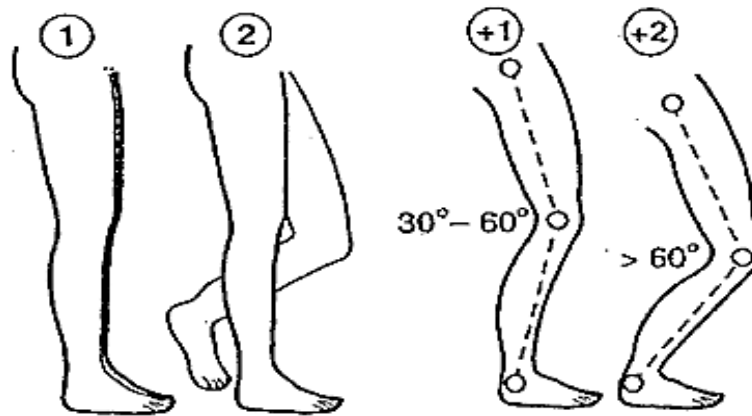
Skor pergerakan kaki dan *range* pergerakannya dapat dilihat dalam Tabel 2.7 dan Gambar 2.4.

Tabel 2.7 Penentuan Sudut Pergerakan Kaki Pekerja

| Pergerakan  | Skor | Perubahan skor  |
|---|------|---|
| Kaki tertopang, bobot tersebar merata, jalan atau duduk                 | 1    | + 1 jika memutar atau miring ke samping dan jika lutut $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$ <i>flexion</i> |
| Kaki tidak tertopang, bobot tidak tersebar merata, postur tidak stabil. | 2    | + 2 jika lutut $> 60^{\circ}$ <i>flexion</i> (tidak ketika duduk)                                 |

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Pada Tabel 2.7, pergerakan punggung dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4

Pergerakan Kaki  
(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

### 4. Lengan atas

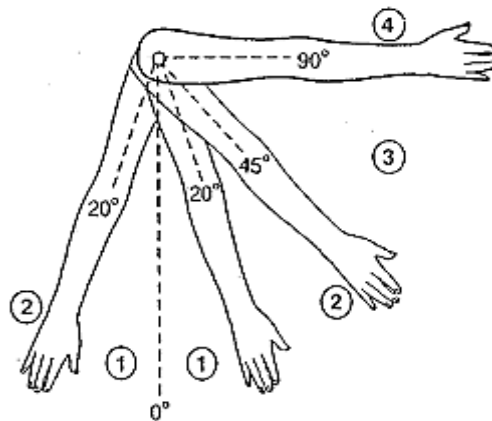
Skor pergerakan lengan atas dan *range* pergerakannya dapat dilihat dalam Tabel 2.8 dan Gambar 2.5 yang di bawah ini.

Tabel 2.8. Penentuan Sudut Pergerakan Lengan Atas

| Pergerakan   | Skor | Perubahan skor  |
|--|------|---|
| $20^{\circ}$ <i>extension</i> sampai $20^{\circ}$ <i>flexion</i> | 1    | + 1 jika posisi lengan :<br>- <i>abducted</i><br>- <i>rotated</i><br>+1 jika bahu ditinggikan<br>+1 jika bersandar, bobot lengan ditopang atau sesuai gravitasi |
| $> 20^{\circ}$ <i>extension</i>                                  | 2    |   |
| $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ <i>flexion</i>                       |      |   |
| $45^{\circ}$ - $90^{\circ}$ <i>flexion</i>                       | 3    |   |
| $> 90^{\circ}$ <i>flexion</i>                                    | 4    |   |

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Pada Tabel 2.8, pergerakan punggung dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sudut Pergerakan Lengan Atas  
(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

### 5. Lengan bawah

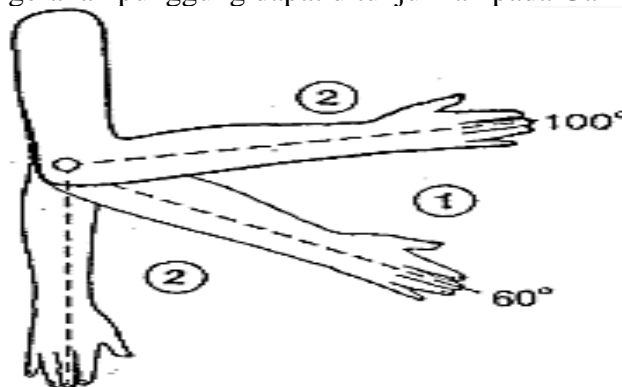
Skor pergerakan lengan bawah dan *range* pergerakannya dapat dilihat dalam Tabel 2.9 dan Gambar 2.6.

Tabel 2.9 Penentuan Sudut Pergerakan Lengan Bawah

| Pergerakan                                       | Skor |
|--|------|
| 60° - 100° <i>flexion</i>                        | 1    |
| <60° <i>flexion</i> atau > 100° <i>extension</i> | 2    |

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Pada Tabel 2.9, pergerakan punggung dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Sudut Pergerakan Lengan Bawah  
(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

### 6. Pergelangan Tangan

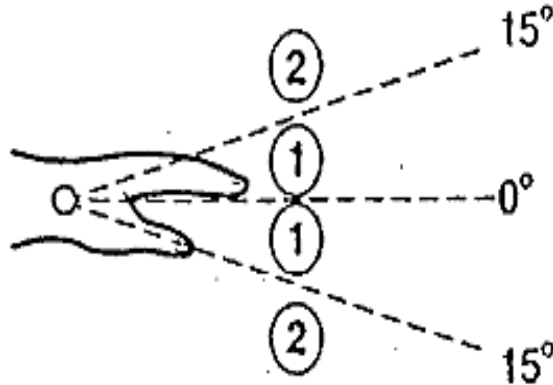
Skor pergerakan pergelangan tangan dan *range* pergerakannya dapat dilihat dalam Tabel 2.10 dan Gambar 2.7.

Tabel 2.10 Penentuan Sudut Pergelangan Tangan

| Pergerakan                                 | Skor | Perubahan Skor                                     |
|--|------|--|
| - 15° <i>flexion</i> atau <i>extension</i> |      | 1 jika pergelangan tangan menyimpang atau berputar |
| 15° <i>flexion</i> atau <i>extension</i>   |      |  |

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Pada Tabel 2.10, pergerakan punggung dapat ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sudut Pergerakan Pergelangan Tangan  
(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Setelah dilakukan pengukuran sudut-sudut segmen tubuh yang meliputi punggung (batang tubuh), leher dan kaki. Hasil pengukuran tersebut digunakan untuk menentukan skor grup A dengan menggunakan Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Skor Grup A (*Trunk, Neck, Legs*)

| Grup A                     | <i>Neck</i> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                            | 1           |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   |   |
| <i>Legs</i>                | 1           | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |   |
| <i>Trunk Posture score</i> | 1           | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|                            | 2           | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|                            | 3           | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|                            | 4           | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|                            | 5           | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Sementara grup B meliputi lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Hasil penilaian dari pergerakan lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan kemudian digunakan untuk menentukan skor B dengan menggunakan Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Skor Grup B (*Upper Arms, Lower Arms, Wrists*)

| Grup B                 | <i>Lower Arm</i> |   |   |   |   |   |   |
|------------------------|------------------|---|---|---|---|---|---|
|                        | 1                |   |   | 2 |   |   |   |
| <i>Wrist</i>           | 1                | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |   |
| <i>Upper Arm Score</i> | 1                | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
|                        | 2                | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
|                        | 3                | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
|                        | 4                | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
|                        | 5                | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
|                        | 6                | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Hasil skor yang diperoleh dari Tabel 2.11 (Grup )A dan Tabel 2.12 (Grup B) digunakan untuk melihat Tabel C sehingga didapatkan *Grand Score* REBA yang dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 *Grand Score* REBA

| Score A<br>(score from<br>Table A +<br>load/forcescore) | Table C                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | Score B, (table B value + coupling score) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|   | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 1   | 1   | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 7  |
| 2   | 1   | 2  | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  |
| 3   | 2   | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 8  |
| 4   | 3   | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  |
| 5   | 4   | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 6   | 6   | 6  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7   | 7   | 7  | 7  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8   | 8   | 8  | 8  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9   | 9   | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10  | 10  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11  | 11  | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12  | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

### 2.5.3 Tahap Penentuan Berat Benda yang Diangkat, *Coupling* dan Aktivitas Pekerja.

Selain *scoring* pada masing – masing segmen tubuh, faktor lain yang perlu disertakan adalah berat beban yang diangkat (Tabel 2.14), *coupling* (Tabel 2.15) dan aktivitas pekerjaanya yang masing – masing faktor tersebut mempunyai kategori skor.

#### a. Berat beban yang diangkat

Besarnya skor berat beban yang diangkat dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14. Skor berat beban yang diangkat

| Skor   |           |         | Perubahan Skor                                    |
|--------|-----------|---------|---|
| 0      | 1         | 2       | +1  |
| < 5 kg | 5 - 10 kg | > 10 kg | Penambahan beban yang tiba-tiba atau secara cepat |

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

#### b. *Coupling*

Besarnya skor *coupling* dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Skor *Coupling*

| Skor |   |   |   |
|------|---|---|---|
| 0    | 1 | 2 | 3 |

| Good  | Fair   | Poor  | Unacceptable  |
|---|--|---|---|
| Pegangan pas dan tepat ditengah, genggaman kuat | Pegangan tangan bisa diterima tapi tidak ideal atau <i>coupling</i> lebih sesuai digunakan oleh bagian lain dari tubuh | Pegangan tangan tidak bisa diterima walaupun memungkinkan | Dipaksakan genggaman yang tidak aman, tanpa pegangan <i>coupling</i> tidak sesuai digunakan oleh bagian lain dari tubuh |

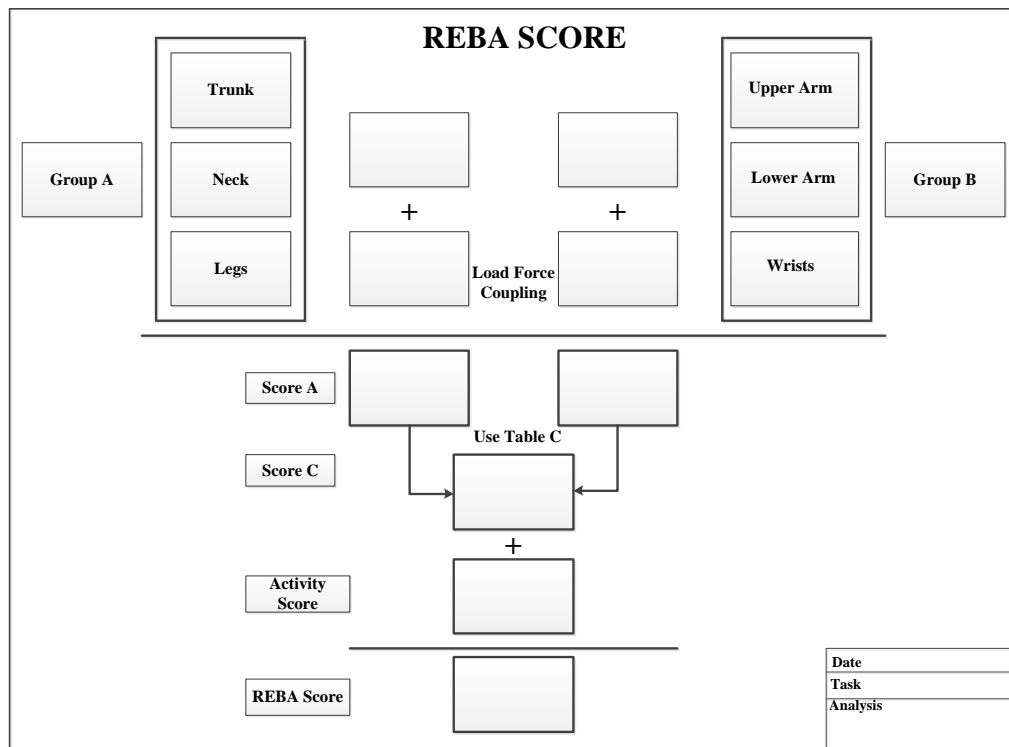
(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

c. *Activity score*

- + 1 jika 1 atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari 1 menit.
- + 1 jika pengulangan gerakan dalam rentang waktu singkat, diulang lebih dari 4 kali per menit (tidak termasuk berjalan)
- + 1 jika gerakan menyebabkan perubahan atau pergeseran postur yang cepat dari posisi awal.

**2.5.4 Tahap Perhitungan Nilai REBA untuk Postur yang Bersangkutan**

Perhitungan nilai REBA untuk postur yang bersangkutan setelah didapatkan skor dari tabel A kemudian dijumlahkan dengan skor untuk berat beban yang diangkat sehingga didapatkan nilai bagian A. Sementara skor dari tabel B dijumlahkan dengan skor dari tabel *coupling* sehingga didapatkan nilai bagian B. Dari nilai bagian A dan bagian B dapat digunakan untuk mencari nilai bagian C dari tabel C yang ada. Nilai REBA didapatkan dari hasil penjumlahan nilai bagian C dengan nilai aktivitas pekerja. Dari nilai REBA tersebut dapat diketahui level risiko pada *musculoskeletal* dan tindakan yang perlu dilakukan untuk mengurangi risiko serta perbaikan kerja. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan Tabel 2.16.



Gambar 2.8 Langkah-langkah Perhitungan Total Skor Reba

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Level risiko yang terjadi dapat diketahui berdasarkan nilai *grand score* REBA. Level risiko dan tindakan yang harus dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Tingkat Risiko yang Terjadi dan Tindakan

| Action Level | Skor REBA | Level Risiko   | Tindakan Perbaikan  |
|--------------|-----------|----------------|---------------------|
| 0            | 1         | Bisa diabaikan | Tidak perlu         |
| 1            | 2 – 3     | Rendah         | Mungkin perlu       |
| 2            | 4 – 7     | Sedang         | Perlu               |
| 3            | 8 – 10    | Tinggi         | Perlu segera        |
| 4            | 11 – 15   | Sangat Tinggi  | Perlu saat ini juga |

(Sumber : Stanton, dkk. 2005)

Pada Tabel 2.16 di atas merupakan tabel risiko untuk mengetahui level risiko yang terjadi dan perlu atau tidaknya tindakan dilakukan perbaikan. Perbaikan kerja yang mungkin dilakukan antara lain berupa perancangan peralatan kerja berdasarkan prinsip-prinsip ergonomi

## 2.6 Anthropometri

Menurut Wignjosoebroto (1995), salah satu bidang keilmuan ergonomi adalah istilah anthropometri yang berasal dari kata “*Anthro*” yang berarti manusia dan “*Metri*” yang berarti ukuran. Secara definitif anthropometri dinyatakan sebagai satu studi yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar, dan sebagainya) berat dan lain-lain yang berbeda satu dengan yang lainnya. Data anthropometri dapat diaplikasikan dalam beberapa hal, antara lain (Wignjosoebroto, 1995):

- a. Perancangan areal kerja
- b. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, perkakas dan sebagainya
- c. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi atau meja komputer, dan lain-lain
- d. Perancangan lingkungan kerja fisik

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data anthropometri akan menentukan bentuk dan ukuran yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang untuk manusia yang akan menggunakan produk tersebut. Data anthropometri dibagi atas dua bagian (Purnomo, 2013), yaitu:

1. Anthropometri Statis

Anthropometri statis adalah pengukuran tubuh manusia dalam posisi standar dan diam, dan linier pada permukaan tubuh.

2. Anthropometri Dinamis

Anthropometri dinamis adalah pengukuran dimensi tubuh yang diukur dalam kondisi kerja atau adanya pergerakan yang dibutuhkan dalam suatu kerja.

Manusia pada umumnya memiliki bentuk dan ukuran tubuh yang berbeda-beda. Perbedaan antara satu populasi dengan populasi yang lain adalah dikarenakan oleh faktor-faktor berikut (Nurmianto, 1996):

1. Keacakan atau random

2. Walaupun telah terdapat dalam satu kelompok populasi yang sudah jelas sama jenis kelamin, suku atau bangsa, kelompok usia dan pekerjaannya, namun masih akan ada perbedaan yang cukup signifikan antara berbagai macam masyarakat.

3. Jenis kelamin

Ada perbedaan signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Untuk kebanyakan dimensi pria dan wanita ada perbedaan signifikan di antara *mean* dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badannya daripada wanita sehingga data anthropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut selalu disajikan secara terpisah.

4. Suku bangsa

Variasi di antara beberapa kelompok suku bangsa telah menjadi hal yang tidak kalah pentingnya karena meningkatnya jumlah angka migrasi dari satu negara ke negara lain. Suatu contoh sederhana bahwa yaitu dengan

meningkatnya jumlah penduduk yang migrasi dari negara Vietnam ke Australia, untuk mengisi jumlah satuan angkatan kerja (*industrial workforce*), maka akan mempengaruhi anthropometri secara nasional.

5. Usia, digolongkan atas berbagai kelompok usia yaitu:

- a. Balita
- b. Anak-anak
- c. Remaja
- d. Dewasa (studi kasus pekerja buruh angkut pasar usia 24 sampai 36 tahun)
- e. Lanjut usia

Hal ini jelas berpengaruh terutama jika desain diaplikasikan untuk anthropometri anak-anak. Anthropometrinya cenderung terus meningkat sampai batas usia dewasa. Namun setelah menginjak usia dewasa, tinggi badan manusia mempunyai kecenderungan menurun yang disebabkan oleh berkurangnya elastisitas tulang belakang (*intervertebral discs*) dan berkurangnya dinamika gerakan tangan dan kaki.

6. Jenis Pekerjaan

Beberapa jenis pekerjaan tertentu menuntut adanya persyaratan dalam seleksi karyawannya, misalnya: buruh dermaga/pelabuhan harus mempunyai postur tubuh yang relatif lebih besar dibandingkan dengan karyawan perkantoran pada umumnya. Apalagi jika dibandingkan dengan jenis pekerjaan militer.

7. Pakaian

Hal ini juga merupakan sumber keragaman karena disebabkan oleh bervariasinya iklim/musim yang berbeda dari satu tempat ke tempat yang lainnya terutama untuk daerah dengan empat musim. Misalnya pada waktu musim dingin manusia akan memakai pakaian yang relatif lebih tebal dan ukuran yang relatif lebih besar. Ataupun untuk para pekerja di pertambangan, pengeboran lepas pantai, pengecoran logam. Bahkan para penerbang dan astronaut pun harus mempunyai pakaian khusus.

8. Faktor kehamilan pada wanita

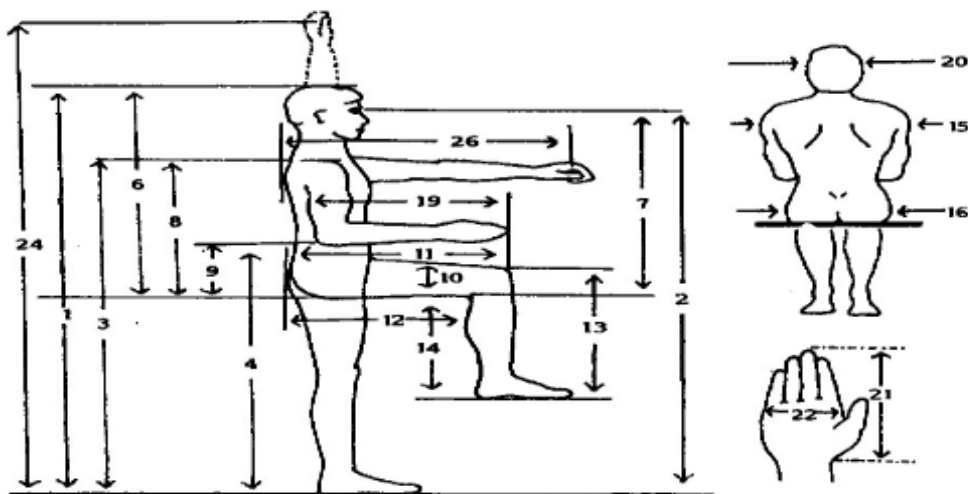
Faktor ini sudah jelas mempunyai pengaruh perbedaan yang berarti kalau dibandingkan dengan wanita yang tidak hamil, terutama yang berkaitan dengan analisis perancangan produk dan analisis perancangan kerja.

## 9. Cacat tubuh secara fisik

Suatu perkembangan yang menggembirakan pada dekade terakhir yaitu dengan diberikannya skala prioritas pada rancang bangun fasilitas akomodasi untuk para penderita cacat tubuh secara fisik sehingga mereka dapat ikut serta merasakan “kesamaan” dalam penggunaan jasa dari hasil ilmu ergonomi di dalam pelayanan untuk masyarakat. Masalah yang sering timbul misalnya: keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki (*knee space*) untuk desain meja kerja, lorong/jalur khusus untuk kursi roda, ruang khusus di dalam lavatory, jalur khusus untuk keluar masuk perkantoran, kampus, hotel, restoran, supermarket dan lain-lain.

### 2.6.1 Dimensi Anthropometri

Data anthropometri dapat dimanfaatkan untuk menetapkan ukuran produk yang akan dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang akan menggunakannya. Pengukuran dimensi struktur tubuh yang biasa diambil dalam perancangan produk maupun fasilitas dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Anthropometri untuk Perancangan Produk atau Fasilitas Kerja  
(Sumber: Wignjosoebroto, 1995)

Keterangan Gambar 2.9, yaitu:

1. Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai dengan ujung kepala).
2. Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak.
3. Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak.
4. Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus).

5. Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam gambar tidak ditunjukkan).
6. Tinggi tubuh dalam posisi duduk (di ukur dari alas tempat duduk pantat sampai dengan kepala).
7. Tinggi mata dalam posisi duduk.
8. Tinggi bahu dalam posisi duduk.
9. Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus).
10. Tebal atau lebar paha.
11. Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan. ujung lutut.
12. Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan bagian belakang dari lutut betis.
13. Tinggi lutut yang bisa di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.
14. Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang di ukur dari lantai sampai dengan paha.
15. Lebar dari bahu (bisa di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk).
16. Lebar pinggul ataupun pantat.
17. Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan dalam gambar).
18. Lebar perut.
19. Panjang siku yang di ukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus.
20. Lebar kepala.
21. Panjang tangan di ukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari.
22. Lebar telapak tangan.
23. Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar kesamping kiri kanan (tidak ditunjukkan dalam gambar).
24. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak.
25. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak.
26. Jarak jangkauan tangan yang terjulur kedepan di ukur dari bahu sampai dengan ujung jari tangan.

Data anthropometri dibuat sesuai dengan ukuran tubuh laki-laki dan perempuan, nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ), standar deviasi ( $\delta$ ) serta persentil tertentu (5-th, 95-th, dan sebagainya).

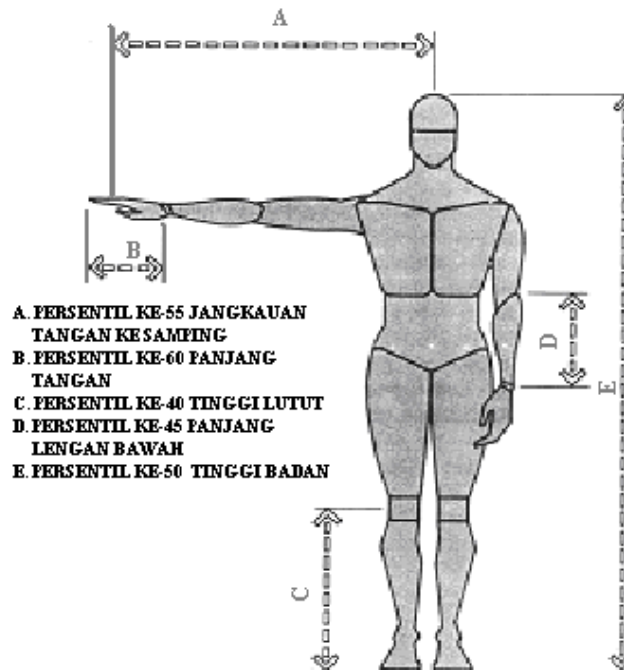
### 2.6.2 Aplikasi Distribusi Normal dalam Anthropometri

Penerapan data anthropometri bertujuan agar rancangan suatu produk bisa sesuai dengan orang yang akan mengopersikannya. Ukuran tubuh yang diperlukan pada hakikatnya tidak sulit diperoleh dari pengukuran secara individual, seperti halnya produk yang dijumpai untuk produk yang dibuat berdasarkan pesanan (*job order*). Penerapan data anthropometri, distribusi yang umum digunakan adalah distribusi normal (Nurmianto, 1996). Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan nilai rata-rata ( $x$ ) dan standar deviasi ( $\sigma$ ) dari data yang ada. Nilai rata-rata dan standar deviasi yang ada dapat ditentukan persentil sesuai tabel probabilitas distribusi normal.

Adanya berbagai variasi yang cukup luas pada ukuran tubuh manusia secara perorangan, maka besar nilai rata-rata menjadi tidak begitu penting bagi perancang. Hal yang justru harus diperhatikan adalah rentang nilai yang ada. Secara statistik sudah diketahui bahwa data pengukuran tubuh manusia pada berbagai populasi akan terdistribusi dalam grafik sedemikian rupa sehingga data-data yang bernilai kurang lebih sama akan terkumpul di bagian tengah grafik, sedangkan data-data dengan nilai penyimpangan ekstrim akan terletak di ujung-ujung grafik. Merancang untuk kepentingan keseluruhan populasi sekaligus merupakan hal yang tidak praktis. Berdasarkan uraian tersebut, maka kebanyakan data anthropometri disajikan dalam bentuk persentil

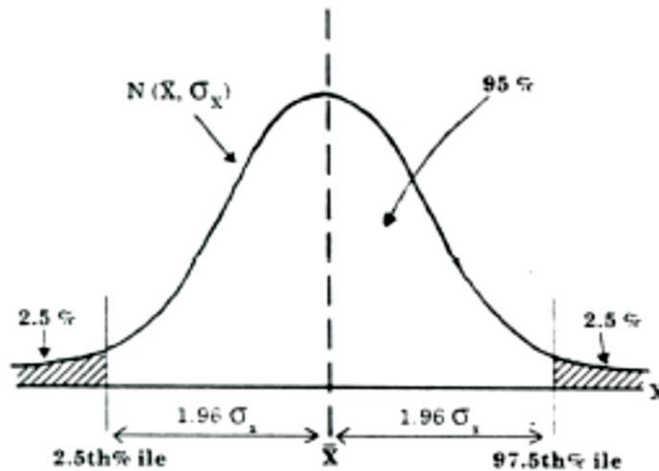
Persentil merupakan suatu nilai yang menyatakan bahwa prosentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut (Nurmianto, 1996). Misalnya 95% populasi adalah sama dengan atau lebih rendah dari 95 persentil, berarti 5% dari populasi berada sama dengan atau lebih rendah dari 5 persentil. *The Anthropometric Source Book* yang diterbitkan oleh Badan Administrasi Nasional Aeronotika dan penerbangan Luar Angkasa Amerika Serikat (NASA) merumuskan pengertian persentil yaitu persentil menunjukkan jumlah bagian per seratus orang dari suatu populasi yang memiliki ukuran tubuh tertentu (atau yang lebih kecil) atau nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut.

Ada dua hal penting yang harus selalu diingat bila menggunakan persentil. Pertama, suatu persentil Anthropometrik dari tiap individu hanya berlaku untuk satu data dimensi tubuh saja. Hal dapat merupakan data tinggi badan atau data tinggi duduk. Kedua, tidak dapat dikatakan seseorang memiliki persentil yang sama, ke-95 atau ke-90 atau ke-5, untuk keseluruhan dimensi tubuhnya. Hal ini hanya merupakan gambaran dari suatu makhluk dalam khayalan, karena seseorang dengan persentil ke-50 untuk data tinggi badannya, dapat saja memiliki persentil ke-40 untuk data tinggi lututnya, atau persentil ke-60 untuk data panjang lengannya seperti ilustrasi pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Ilustrasi Persentil  
 (Sumber: Panero dan Zelnik, 2003)

Pemakaian nilai-nilai persentil yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dijelaskan pada Gambar 2.11 dan dalam Tabel 2.17.



Gambar 2.11 Distribusi Normal dengan Data Anthropometri  
 (Sumber : Nurmianto, 1996)

Tabel 2. 17 Perhitungan Persentil

| No | Persentil | Rumus Perhitungan |
|----|-----------|-------------------|
|----|-----------|-------------------|

|   |                    |                           |
|---|--------------------|---------------------------|
| 1 | 1 <sup>st</sup>    | $\bar{X} - 2,325\sigma_x$ |
| 2 | 2,5 <sup>th</sup>  | $\bar{X} - 1,960\sigma_x$ |
| 3 | 5 <sup>th</sup>    | $\bar{X} - 1,645\sigma_x$ |
| 4 | 10 <sup>th</sup>   | $\bar{X} - 1,280\sigma_x$ |
| 5 | 50 <sup>th</sup>   | $\bar{X}$                 |
| 6 | 90 <sup>th</sup>   | $\bar{X} + 1,280\sigma_x$ |
| 7 | 95 <sup>th</sup>   | $\bar{X} + 1,645\sigma_x$ |
| 8 | 97,5 <sup>th</sup> | $\bar{X} + 1,960\sigma_x$ |
| 9 | 99 <sup>th</sup>   | $\bar{X} + 2.325\sigma_x$ |

(Sumber : Nurmianto, 1996)

### 2.6.3 Aplikasi Data Anthropometri dalam Perancangan Produk

Penggunaan data anthropometri dalam penentuan ukuran produk harus mempertimbangkan prinsip-prinsip di bawah ini agar produk yang dirancang bisa sesuai dengan ukuran tubuh pengguna (Wignjosoebroto, 1995) yaitu :

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 sasaran produk yaitu:
  - a. Sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim.
  - b. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada)
2. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu.

Produk dirancang dengan ukuran yang dapat diubah-ubah sehingga cukup fleksibel untuk dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh. Mendapatkan rancangan yang fleksibel semacam ini maka data anthropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai 5-th sampai dengan 95-th.

3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata produk dirancang berdasarkan pada ukuran rata-rata tubuh manusia atau dalam rentang 50-th persentil.

Berkaitan dengan aplikasi data anthropometri yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, beberapa rekomendasi yang bisa diberikan sesuai dengan langkah-langkah, sebagai berikut:

1. Pertama kali terlebih dahulu harus ditetapkan anggota tubuh yang mana yang nantinya difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut,

2. Tentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini juga perlu diperhatikan apakah harus menggunakan data *structural body dimension* ataukah *functional body dimension*.
3. Selanjutnya tentukan populasi terbesar yang harus diantisipasi, diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai rancangan produk tersebut.
4. Tetapkan prinsip ukuran yang harus diikuti semisal apakah rancangan rancangan tersebut untuk ukuran individual yang ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel atau ukuran rata-rata.
5. Pilih persentil populasi yang harus diikuti; ke-5, ke-50, ke-95 atau nilai persentil yang lain yang dikehendaki.
6. Setiap dimensi tubuh yang diidentifikasi selanjutnya pilih atau tetapkan nilai ukurannya dari tabel data anthropometri yang sesuai.

#### 2.6.4 Uji Statistik Data Anthropometri

Uji statistik pada penelitian ini terdiri dari uji kenormalan data, uji kecukupan data, dan uji keseragaman data.

##### 1. Uji Kenormalan Data

Uji kenormalan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang telah diperoleh dari hasil penelitian berdistribusi normal atau tidak. Uji kenormalan data ini dilakukan untuk seluruh sampel hasil pengukuran yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan. Sampel tersebut akan diuji apakah berhipotesis nol yang artinya bahwa sampel tersebut berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau sampel tersebut berasal dari populasi yang berdistribusi tidak normal. Untuk melaksanakan uji kenormalan data pada penelitian ini, dilakukan pengujian dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* dengan ketentuan, jika  $D_n < D_{tabel}$ , maka  $H_0$  diterima. Sebaliknya apabila tidak maka  $H_1$  diterima. Nilai  $D_{tabel}$  diperoleh dari tabel *critical for the Kolmogorov-smirnov test for normality*. Hasil output dari pengujian ini akan menentukan keputusan apakah sampel yang diperoleh tersebut berdistribusi normal atau sebaliknya.

##### 2. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data–data yang diperoleh masuk kedalam batas kontrol atau bahkan diluar batas kontrol dengan menggunakan Peta Kendali  $\bar{X}$ . Adapun langkah–langkah dalam melakukan pengujian keseragaman data sebagai berikut:

- a. Menentukan jumlah hasil data keseluruhan yang diperoleh dari pengumpulan data lapangan.
- b. Menentukan besarnya nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ) dengan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$$

- c. Menghitung standar deviasi ( $\delta x$ ) dari waktu sebenarnya dengan rumus:

$$\delta x = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

- d. Menghitung Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) dengan rumus batas kontrol sebagai berikut::

$$BKA = \bar{X} + k\delta x$$

$$BKB = \bar{X} - k\delta x$$

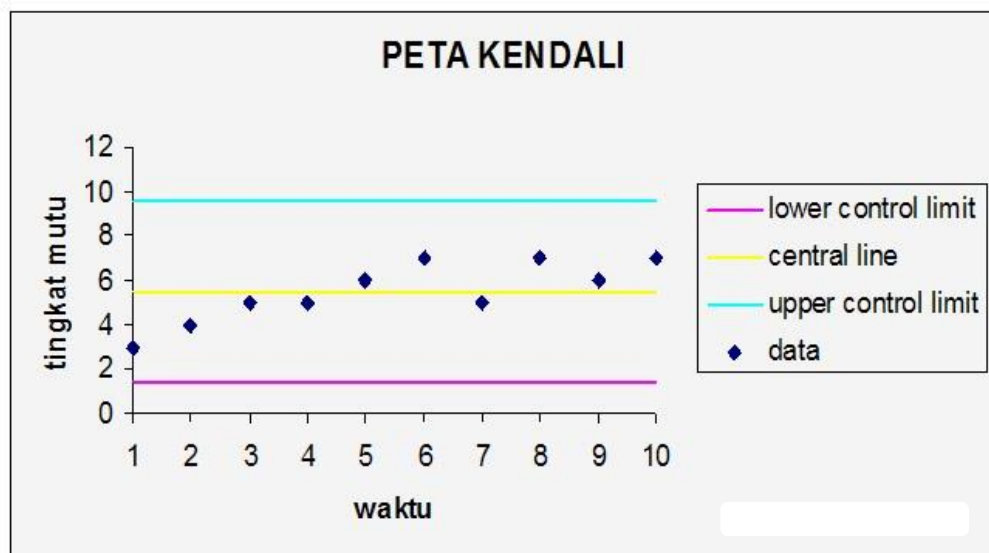
Keterangan:

$\bar{X}$  = Mean (rata-rata) hasil pengukuran

$\delta$  = Standar deviasi

k = Tingkat kepercayaan

- e. Memindahkan data-data yang telah diperoleh kedalam bentuk grafik dengan batas-batas kontrol yang telah ditetapkan, seperti yang terlihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Peta Batas Kontrol

(Sumber : Purnomo :2003)

Apabila berdasarkan grafik diperoleh data yang berada diluar batas kontrol, maka data tersebut harus dihilangkan dan dilakukan perhitungan kembali seperti

semula. Karena data yang berada diluar batas kontrol menyebabkan data tidak seragam.

### 3. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data ini dilakukan untuk mengetahui apakah data yang telah diambil dalam pengamatan kali ini sudah cukup atau belum. Jika setelah dilakukan perhitungan secara statistik ternyata data yang diperoleh belum mencukupi, maka harus dilakukan penambahan jumlah pengamatan. Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam melaksanakan perhitungan uji kecukupan data adalah sebagai berikut:

- a. Mencari nilai rata – rata dari data yang kita dapatkan dengan rumus berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \text{Mean (rata-rata) hasil pengukuran} \\ \sum Xi &= \text{Jumlah data hasil pengukuran} \\ N &= \text{Banyaknya data sampel} \end{aligned}$$

- b. Menguji kecukupan data dengan menghitung berapa besar nilai N' (dimana pada penelitian ini, tingkat kepercayaan yang digunakan yaitu 95% dan tingkat ketelitian sebesar 10%) menggunakan rumus berikut:

$$N' = \left[ \frac{\frac{Z\alpha}{a} \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} N' &= \text{Jumlah data yang sebenarnya} \\ N &= \text{Jumlah sampel} \\ \bar{X} &= \text{Mean (rata-rata) hasil pengukuran} \\ Xi &= \text{Data pengukuran yang ke-}i \end{aligned}$$

$Z \propto$  = Tingkat keyakinan

$a$  = Tingkat ketelitian

- c. Untuk mengetahui apakah data yang didapatkan sudah mencukupi atau belum. Dapat diketahui dengan cara membandingkan nilai N' dengan N dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jika  $N' < N$ : Data dinyatakan sudah cukup

- Jika  $N' > N$ : Data dinyatakan belum cukup, sehingga harus dilakukan penambahan jumlah pengamatan.

## 2.7 Engineering Design

### 2.7.1 Konsep Perancangan

Konsep perancangan sistem kerja tidak lepas dari konsep *engineering design*. Dimana perancangan sistem kerja, baik itu sederhana sampai bentuk sistem yang kompleks membutuhkan unsur rekayasa, sehingga segala aktivitas yang berhubungan dengan perancangan kerja dapat disesuaikan dengan manusia sebagai pengguna akhir (*end user*).

Morris (1970) mendefinisikan bahwa *engineering design* merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan pemenuhan kebutuhan manusia, khususnya yang dicapai dengan menggunakan faktor-faktor teknologi yang terdapat pada masyarakat (Svenson, 1976). Dari definisi tersebut jelas terdapat tiga hal yang menggaris bawahi *engineering design*, yaitu:

1. Kegiatan yang memiliki kegunaan tertentu
2. Ditujukan pada pemenuhan kebutuhan manusia
3. Didasarkan pada faktor-faktor teknologi

*Engineering design* haruslah merupakan satu kegiatan berguna, dalam arti mampu menyelesaikan permasalahan yang ada dengan mengaplikasikan prinsip-prinsip ilmiah. Penyelesaian masalah ini pun akan dirasakan berguna, bila berlangsung dalam jangka waktu tertentu, serta dapat memenuhi sejumlah syarat yang ditentukan.

*Engineering design* juga harus berorientasi pada pemenuhan kebutuhan manusia. Hal ini dapat menjadi pertimbangan yang mendasar dalam suatu proses perancangan. Kebutuhan manusia dapat bermacam-macam. Namun demikian kita haruslah menyadari bahwa perancangan yang dilakukan benar-benar dapat memenuhi kebutuhan dasar (pokok) yang ada.

*Engineering design* haruslah didasarkan pada faktor-faktor teknologi, yaitu *engineering design* dapat mengaplikasikan prinsip-prinsip ilmiah yang merupakan metode dasar dalam menyelesaikan suatu masalah.

Terdapat sejumlah karakteristik perancangan, dimana karakteristik ini mempunyai fungsi yang penting dalam memahami suatu perancangan (Svenson, 1976).

Adapun ciri-ciri atau sifat *engineering design* sebagai berikut:

1. Mengarah pada tujuan

Yang dimaksud mengarah pada tujuan disini, adalah perancangan mengarah pada tujuan pemenuhan kebutuhan. Pemenuhan kebutuhan dapat ditentukan apabila masalah perancangan telah didefinisikan dengan jelas. Kendala yang ada adalah terdapat keadaan dimana masalah yang ada belum terdefiniskan dengan jelas, sehingga mengakibatkan tujuan yang hendak dicapai tidak jelas

juga. Tujuan para perancanglah untuk mendefinisikan masalah yang sesungguhnya.

2. Bervariasi

Bahwa suatu masalah mempunyai solusi yang beragam. Demikian juga dengan masalah perancangan. Tugas para perancang untuk mengembangkan berbagai ide dalam menyelesaikan masalah tersebut, dan dapat memberikan solusi yang terbaik yang dianggap memadai dalam menyelesaikan suatu masalah.

3. Dibatasi kendala

Ide, alternatif pilihan yang ada, pada dasarnya telah dibatasi oleh kendala-kendala yang ada. Kendala tersebut harus dijadikan bahan pertimbangan bagi perancang, karena sering kali terdapat kendala yang tidak mungkin diubah batasannya. Sejumlah kendala yang timbul dalam perancangan antara lain adalah kendala ekonomi, legalitas, pertimbangan manusia, kemampuan produksi, dan kendala-kendala alam.

4. Evolusi

Perancangan kadang kala mengalami perbaikan dan perubahan, ini disebabkan karena munculnya informasi-informasi baru yang membutuhkan penyesuaian dalam perancangan.

5. Probabilistik

Pada perancangan sering didapat data yang dikumpulkan dan diolah memiliki ketidakpastian, sehingga perkiraan akhir yang dibuat tidak akurat. Dalam hal ini para perancang harus bisa meminimasi ketidakpastian tersebut sehingga tujuan yang hendak dipakai dapat dilaksanakan. Di lain pihak hal ini akan membuat produk hasil perancangan menjadi lebih mahal karena diperlukan penambahan material.

6. Dapat diperbandingkan

Pemilihan alternatif pada perancangan dan proses produksinya didasarkan pada perbandingan nilai secara relatif. Nilai (*value*) merupakan suatu

kuantiter yang bersifat realtif, sehingga memperbandingkan adalah suatu cara menilai.

#### 7. Kompromistis

Terdapat sejumlah kendala serta kepentingan yang bertentangan merupakan hal yang biasa dalam suatu perancangan. Untuk itu diperlukan suatu jalan tengah yang dapat memenuhi secara optimal. Dengan demikian perancang harus mampu mengidentifikasi dan menyederhanakan masalah, mampu mengembangkan fikirannya secara luas (kreatif) serta mampu menerima berbagai hal yang baru yang sesuai dengan perkembangan zaman.

#### **2.7.2 Prosedur Perancangan**

Gambaran mengenai sejumlah prosedur pokok yang dilalui dalam perancangan rekayasa (Svenson, 1976) adalah sebagai berikut:

##### 1. Kebutuhan

Adanya kebutuhan yang dinyatakan secara jelas yang didasarkan atas permasalahan pokok yang merupakan tahap prosedur perancangan.

##### 2. Ide atau alternatif

Dari kebutuhan tersebut dapat dikembangkan sejumlah ide maupun alternatif pemecahan masalah. Sebagaimana telah dikemukakan diatas bahwa alternatif maupun ide-ide tersebut haruslah berorientasi pada pemenuhan kebutuhan tersebut.

##### 3. Keputusan

Setelah sejumlah ide dan alternatif dikembangkan, maka melalui proses analisis yang cermat haruslah dipilih satu alternatif pemecahan masalah yang paling baik.

##### 4. Tindakan

Alternatif pemecahan masalah yang telah diputuskan sebelumnya. Kemudian diubah menjadi kenyataan melalui suatu produk tertentu. Dalam hal ini tindakan merupakan tahapan akhir dari prosedur perancangan.

## 2.8 Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu kerja menurut Wignjosoebroto (1995) adalah suatu aktivitas untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator terampil dalam melaksanakan sebuah kegiatan kerja, yang dilakukan dalam kondisi dan tempo kerja yang normal.

Menurut Wignjosoebroto (1995) teknik pengukuran waktu kerja dapat dibagi menjadi dua yaitu:

1. Pengukuran waktu kerja secara langsung, yaitu pengukuran dilakukan secara langsung di tempat dimana pekerjaan yang diukur sedang berlangsung;
2. Pengukuran kerja tidak langsung yaitu pengukuran kerja yang dilakukan dengan melakukan perhitungan waktu tanpa harus berada di lapangan, yaitu dengan membaca tabel-tabel yang tersedia.

### 2.8.1 Pengukuran Waktu Secara Tidak Langsung

Pengukuran kerja tidak langsung yaitu pengukuran kerja yang dilakukan dengan melakukan perhitungan waktu tanpa harus berada di tempat pekerjaan.

Pengukuran ini dilakukan dengan membaca tabel-tabel yang tersedia.

1. Data Waktu Baku (*Standard Data*)

Prinsip dasar dari pengukuran waktu dengan metode data waktu standar adalah pengukuran waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang telah diukur pada waktu tertentu (Wignjosoebroto, 1995). Keuntungan dari metode ini yaitu akan mengurangi aktifitas pengukuran kerja tertentu, mempercepat proses yang diperlukan untuk penetapan waktu baku yang dibutuhkan untuk penyelesaian pekerjaan.

2. Data Waktu Gerakan (*Predetermined Time System*)

Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung dengan data waktu gerakan yaitu pengukuran waktu tidak langsung berdasarkan elemen-elemen gerakannya.

Keuntungan dari data waktu gerakan dibandingkan dengan metode pengukuran kerja lainnya ialah sistem ini dapat dipakai untuk menetapkan waktu baku suatu operasi kerja bilamana pola gerakan kerja sudah diketahui (Wignjosoebroto, 1995).

Menetapkan waktu baku dengan pengukuran metode ini menggunakan data waktu gerakan yang terdiri atas sekumpulan data waktu dan prosedur sistematis yang dilakukan dengan menganalisa dan membagi setiap operasi kerja yang dilakukan secara manual kedalam gerakan-gerakan kerja, gerakan anggota tubuh atau gerakan manual lainnya. Data waktu gerakan ini terdiri dari sistem faktor kerja (*work factor system*), *maynard operation sequece time* (MOST) dan *methods-time measurement* (MTM).

### 2.8.2 Pengukuran Waktu dengan *Methods Time Measurement* (MTM)

Pengukuran waktu dengan *methods time measurmen* (MTM) adalah suatu sistem penetapan awal waktu baku yang dikembangkan berdasarkan studi gambar gerakan-gerakan kerja dari suatu operasi kerja industri yang direkam dalam film.

Sistem ini didefinisikan sebagai suatu prosedur untuk menganalisa setiap operasi atau metode kerja (*manual operation*) ke dalam gerakan-gerakan dasar yang diperlukan untuk melaksanakan kerja tersebut, kemudian menetapkan standar waktu dari masing-masing gerakan tersebut berdasarkan macam gerakan dan kondisi-kondisi kerja masing-masing yang ada (Wignjosoebroto, 1995). Pengukuran waktu dengan metode ini membagi gerakan-gerakan kerja atas elemen-elemen gerakan, seperti menjangkau (*reach*), membawa (*move*), memutar (*turn*) memegang (*grasp*), mengarahkan (*position*), melepaskan (*release*), melepas rakit (*diassemble*), gerakan mata (*eye movement*) dan beberapa gerakan anggota badan lainnya.

Diawali sekitar tahun 1963 untuk pertama kalinya diperkenalkan sistem pengukuran *methods time measurement* (MTM) yang disebut dengan *General Purpose Data* (MTM-GPD) dan pada saat yang bersamaan MTM-1 dipakai untuk merencanakan sistem metode MTM-GPD, MTM-2, MTM-3, MTM-V, MTM-m, MTM-C, dan 4M DATA akan menunjukkan waktu gerakan untuk setiap elemen-elemen gerakan. Unit waktu yang digunakan dalam tabel-tabel ini adalah sebesar perkalian 0,00001 jam dan unit satuan ini dikenal sebagai TMU (*Time Measurement Unit*). Disini 1 TMU adalah sama dengan 0,00001 jam atau 0,0006 menit. Gerakan-gerakan dasar tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 1. Menjangkau (*Reach*)

Menjangkau adalah elemen gerakan dasar yang digunakan bila maksud utama gerakan adalah untuk memindahkan tangan atau jari ke suatu tempat tujuan tertentu. Waktu yang dibutuhkannya berubah-ubah tergantung pada tujuan, panjang gerakan, dan menjangkau. Ada lima kelas menjangkau yaitu:

- ❖ Menjangkau kelas A : adalah gerakan menjangkau ke arah suatu objek di tempat yang pasti, atau ke suatu obyek di tangan lain.
- ❖ Menjangkau kelas B : adalah gerakan menjangkau ke arah suatu sasaran yang tempatnya berada pada jarak kira-kira tapi tertentu dan diketahui lokasinya.
- ❖ Menjangkau kelas C : adalah gerakan menjangkau ke arah suatu obyek yang bercampur aduk dengan banyak obyek lain.
- ❖ Menjangkau kelas D : adalah gerakan menjangkau ke arah suatu obyek yang sangat kecil sehingga diperlukan suatu pegangan (*grasping*) yang teliti.
- ❖ Menjangkau kelas E : adalah gerakan menjangkau ke arah suatu sasaran yang tempatnya tidak pasti (*indifinite location*).

Adapun besarnya waktu gerakan untuk setiap elemen-elemen gerakan dapat dilihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2.18 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Menjangkau (*Reach*)

| Distance Moved Inches | Time TMU |      |        |      | Hand in Motion |      | Case and Description  |
|-----------------------|----------|------|--------|------|----------------|------|---|
|                       | A        | B    | C or D | E    | A              | B    |   |
| ¾ or less             | 2.0      | 2.0  | 2.0    | 2.0  | 1.6            | 1.6  | A Reach to object in fixed location, or to object in other hand or on which other hand rests.         |
| 1                     | 2.5      | 2.5  | 3.6    | 2.4  | 2.3            | 2.3  |   |
| 2                     | 4.0      | 4.0  | 5.9    | 3.8  | 3.5            | 2.7  |   |
| 3                     | 5.3      | 5.3  | 7.3    | 5.3  | 4.5            | 3.6  | B Reach to single object in location which may vary slightly from cycle to cycle.                     |
| 4                     | 6.1      | 6.4  | 8.4    | 6.8  | 4.9            | 4.3  |   |
| 5                     | 6.5      | 7.8  | 9.4    | 7.4  | 5.3            | 5.0  |   |
| 6                     | 7.0      | 8.6  | 10.1   | 8.0  | 5.7            | 5.7  |   |
| 7                     | 7.4      | 9.3  | 10.8   | 8.7  | 6.1            | 6.5  | C Reach to object jumbled with other objects in a group so that search and select occur.              |
| 8                     | 7.9      | 10.1 | 11.5   | 9.3  | 6.5            | 7.2  |   |
| 9                     | 8.3      | 10.8 | 12.2   | 9.9  | 6.9            | 7.9  |   |
| 10                    | 8.7      | 11.5 | 12.9   | 10.5 | 7.3            | 8.6  |   |
| 12                    | 9.6      | 12.9 | 14.2   | 11.8 | 8.1            | 10.1 |   |
| 14                    | 10.5     | 14.4 | 15.6   | 13.0 | 8.9            | 11.5 | D Reach to a very small object or where accurate grasp is required.                                   |
| 16                    | 11.4     | 15.8 | 17.0   | 14.2 | 9.7            | 12.9 |   |
| 18                    | 12.3     | 17.2 | 18.4   | 15.5 | 10.5           | 14.4 |   |
| 20                    | 13.1     | 18.6 | 19.8   | 16.7 | 11.3           | 15.8 |   |
| 22                    | 14.0     | 20.1 | 21.2   | 18.0 | 12.1           | 17.3 | E Reach to indefinite location to get hand in position for body balance or next motion or out of way. |
| 24                    | 14.9     | 21.5 | 22.5   | 19.2 | 12.9           | 18.8 |   |
| 26                    | 15.8     | 22.9 | 23.9   | 20.4 | 13.7           | 20.2 |   |
| 28                    | 16.7     | 24.4 | 25.3   | 21.7 | 14.5           | 21.7 |   |
| 30                    | 17.5     | 25.8 | 26.7   | 22.9 | 15.3           | 23.2 |   |
| Additional            | 0.4      | 0.7  | 0.7    | 0.6  |                |      | TMU per inch over 30 inches   |

(Sumber : Barnes, 1980)

## 2. Mengangkut (*move*)

Mengangkut adalah elemen gerakan dasar yang dikerjakan dengan maksud utama untuk membawa suatu obyek ke suatu tujuan. Di sini terdapat tiga kelas mengangkut, yaitu:

- ❖ Mengangkut kelas A : adalah bila mengangkut merupakan pemindahan obyek dari satu tangan ke tangan yang lain atau berhenti karena suatu penahanan.
- ❖ Mengangkut kelas B : adalah bila mengangkut merupakan pemindahan obyek ke suatu sasaran yang letaknya tidak pasti.
- ❖ Mengangkut kelas C : adalah mengangkut merupakan pemindahan obyek ke suatu sasaran yang letaknya sudah pasti.

Waktu yang dibutuhkan oleh gerakan angkut dipengaruhi oleh keadaan, sasaran, jarak yang ditempuh, jenis angkut, dan berat objek yang dipindahkan. Pengaruh berat pada waktu gerak (terjadi bila lebih besar dar 2,5 lbs) bila ditambahkan pada waktu yang diperoleh dari tabel. Adapun besarnya waktu gerakan untuk setiap elemen-elemen gerakan dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Mengangkut (*Move*)

| Distance Moved Inches | Time TMU |      |      |                  | Wt. Allowance               |                |                     | Case and Description                                 |
|-----------------------|----------|------|------|------------------|-----------------------------|----------------|---------------------|--|
|                       | A        | B    | C    | Hand In Motion B | Wt. (lb.) Up to             | Dynamic Factor | Static Constant TMU |  |
| ¼ or less             | 2.0      | 2.0  | 2.0  | 1.7              |                             |                |                     | A Move object to other hand or against stop.         |
| 1                     | 2.5      | 2.9  | 3.4  | 2.3              | 2.5                         | 1.00           | 0                   |  |
| 2                     | 3.6      | 4.6  | 5.2  | 2.9              |                             |                |                     |  |
| 3                     | 4.9      | 5.7  | 6.7  | 3.6              | 7.5                         | 1.06           | 2.2                 |  |
| 4                     | 6.1      | 6.9  | 8.0  | 4.3              |                             |                |                     |  |
| 5                     | 7.3      | 8.0  | 9.2  | 5.0              | 12.5                        | 1.11           | 3.9                 |  |
| 6                     | 8.1      | 8.9  | 10.3 | 5.7              |                             |                |                     | B Move object to approximate or indefinite location. |
| 7                     | 8.9      | 9.7  | 11.1 | 6.5              | 17.5                        | 1.17           | 5.6                 |  |
| 8                     | 9.7      | 10.6 | 11.8 | 7.2              |                             |                |                     |  |
| 9                     | 10.5     | 11.5 | 12.7 | 7.9              | 22.5                        | 1.22           | 7.4                 |  |
| 10                    | 11.3     | 12.2 | 13.5 | 8.6              |                             |                |                     |  |
| 12                    | 12.9     | 13.4 | 15.2 | 10.0             | 27.5                        | 1.28           | 9.1                 |  |
| 14                    | 14.4     | 14.6 | 16.9 | 11.4             |                             |                |                     | C Move object to exact location.                     |
| 16                    | 16.0     | 15.8 | 18.7 | 12.8             | 32.5                        | 1.33           | 10.8                |  |
| 18                    | 17.6     | 17.0 | 20.4 | 14.2             |                             |                |                     |  |
| 20                    | 19.2     | 18.2 | 22.1 | 15.6             | 37.5                        | 1.39           | 12.5                |  |
| 22                    | 20.8     | 19.4 | 23.8 | 17.0             |                             |                |                     |  |
| 24                    | 22.4     | 20.6 | 25.5 | 18.4             | 42.5                        | 1.44           | 14.3                |  |
| 26                    | 24.0     | 21.8 | 27.3 | 19.8             |                             |                |                     | C Move object to exact location.                     |
| 28                    | 25.5     | 23.1 | 29.0 | 21.2             | 47.5                        | 1.50           | 16.0                |  |
| 30                    | 27.1     | 24.3 | 30.7 | 22.7             |                             |                |                     |  |
| Additional            | 0.8      | 0.6  | 0.85 |                  | TMU per inch over 30 inches |                |                     |  |

(Sumber : Barnes, 1980)

### 3. Memutar (*turn*)

Memutar adalah gerakan yang dilakukan untuk memutar tangan baik dalam keadaan kosong maupun tanpa beban. Waktu untuk memutar tergantung pada derajat pemutaran dan berat yang harus dipikul. Adapun besarnya waktu gerakan untuk setiap elemen-elemen gerakan dapat dilihat pada Tabel 2.20.

Tabel 2.20 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Memutar (*Turn*)

| Weight                  | Time TMU for Degrees Turned |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                         | 30°                         | 45°  | 60°  | 75°  | 90°  | 105° | 120° | 135° | 150° | 165° | 180° |
| Small—0 to 2 Pounds     | 2.8                         | 3.5  | 4.1  | 4.8  | 5.4  | 6.1  | 6.8  | 7.4  | 8.1  | 8.7  | 9.4  |
| Medium—2.1 to 10 Pounds | 4.4                         | 5.5  | 6.5  | 7.5  | 8.5  | 9.6  | 10.6 | 11.6 | 12.7 | 13.7 | 14.8 |
| Large—10.1 to 35 Pounds | 8.4                         | 10.5 | 12.3 | 14.4 | 16.2 | 18.3 | 20.4 | 22.2 | 24.3 | 26.1 | 28.2 |

(Sumber : Barnes, 1980)

### 4. Gerakan Menekan (*Apply Pressure*)

Gerakan menekan (*Apply Pressure*) ialah pemakaian tekanan pada waktu pergerakan. Gerakan yang termasuk dalam gerakan ini, misalnya mengencangkan sekrup dengan obeng. Adapun besarnya waktu gerakan untuk setiap elemen-elemen gerakan dapat dilihat pada Tabel 2.21.

Tabel 2.21 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Menekan (*Apply Pressure*)

| Full Cycle |      |               | Components |     |                |
|------------|------|---------------|------------|-----|----------------|
| Symbol     | TMU  | Description   | Symbol     | TMU | Description    |
| APA        | 10.6 | AF + DM + RLF | AF         | 3.4 | Apply Force    |
|            |      |               | DM         | 4.2 | Dwell, Minimum |
| APB        | 16.2 | APA + G2      | RLF        | 3.0 | Release Force  |

(Sumber : Barnes, 1980)

### 5. Memegang (*grasp*)

Memegang adalah elemen dasar yang digerakkan dengan tujuan utama untuk menguasai sebuah atau beberapa obyek baik dengan jari-jari maupun dengan tangan untuk memungkinkan melakukan gerakan dasar berikutnya. Diantara hal-hal yang mempengaruhi lamanya gerakan ini adalah mudah/sulitnya obyek dipegang, bercampur tidaknya obyek dengan obyek lain, bentuk obyek, dan lain-lain. Adapun besarnya waktu gerakan untuk setiap elemen-elemen gerakan dapat dilihat pada Tabel 2.22.

Tabel 2.22 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Memegang (*Grasp*)

| Type of Grasp | Case | Time TMU              | Description   |  |
|---------------|------|-----------------------|---|--|
| Pick-up       | 1A   | 2.0                   | Any size object by itself, easily grasped               |  |
|               | 1B   | 3.5                   | Object very small or lying close against a flat surface |  |
|               | 1C1  | 7.3                   | Diameter larger than ½"                                 | Interference with Grasp on bottom and one side of nearly cylindrical object. |
|               | 1C2  | 8.7                   | Diameter ¼" to ½"                                       |  |
| 1C3           | 10.8 | Diameter less than ¼" |   |  |
| Regrasp       | 2    | 5.6                   | Change grasp without relinquishing control              |  |
| Transfer      | 3    | 5.6                   | Control transferred from one hand to the other.         |  |
| Select        | 4A   | 7.3                   | Larger than 1" x 1" x 1"                                | Object jumbled with other objects so that search and select occur.           |
|               | 4B   | 9.1                   | ¼" x ¼" x ⅛" to 1" x 1" x 1"                            |  |
|               | 4C   | 12.9                  | Smaller than ¼" x ¼" x ⅛"                               |  |
| Contact       | 5    | 0                     | Contact, Sliding, or Hook Grasp.                        |  |

(Sumber : Barnes, 1980)

## 6. Mengarahkan (*Position*)

Mengarahkan adalah elemen gerakan dasar yang dilaksanakan untuk menggabungkan, mengarahkan atau memasangkan satu obyek dengan obyek lainnya. Gerakan yang ada disini cukup sederhana sehingga tidak diklasifikasikan seperti elemen-elemen gerakan dasar yang lain. Waktu untuk gerakan mengarahkan dipengaruhi oleh derajat kesesuaian, bentuk simetris, dan kemudahan untuk ditangani (*handling*). Adapun besarnya waktu gerakan untuk setiap elemen-elemen gerakan dapat dilihat pada Tabel 2.23.

Tabel 2.23 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Mengarahkan (*Position*)

| Class of Fit                             |                         | Symmetry                          | Easy to Handle | Difficult to Handle |
|--|-------------------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|
| 1—Loose                                  | No pressure required    | S                                 | 5.6            | 11.2                |
|  |                         | SS                                | 9.1            | 14.7                |
|  |                         | NS                                | 10.4           | 16.0                |
| 2—Close                                  | Light pressure required | S                                 | 16.2           | 21.8                |
|  |                         | SS                                | 19.7           | 25.3                |
|  |                         | NS                                | 21.0           | 26.6                |
| 3—Exact                                  | Heavy pressure required | S                                 | 43.0           | 48.6                |
|  |                         | SS                                | 46.5           | 52.1                |
|  |                         | NS                                | 47.8           | 53.4                |
| Supplementary Rule for Surface Alignment |                         |                                   |                |                     |
| P1SE per alignment: $>1/16 \leq 1/4$ "   |                         | P2SE per alignment: $\leq 1/16$ " |                |                     |

(Sumber : Barnes, 1980)

### 7. Melepas (*Release*)

Melepas adalah elemen gerakan dasar untuk membebaskan kontrol atas suatu obyek oleh jari atau tangan. Ada dua klasifikasi gerakan melepas, yang pertama adalah gerakan melepas normal yaitu secara sederhana jari-jari tangan bergerak membuka dan kedua adalah gerakan melepas sentuhan yaitu dimulai dan diselesaikan penuh sesaat elemen gerakan menjangkau (*reach*) dimulai tanpa ada waktu *idle*. Adapun besarnya waktu gerakan untuk setiap elemen-elemen gerakan dapat dilihat pada Tabel 2.24.

Tabel 2.24 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Melepas (*Release*)

| Case | Time TMU | Description  |
|------|----------|--|
| 1    | 2.0      | Normal release performed by opening fingers as independent motion. |
| 2    | 0        | Contact Release  |

(Sumber : Barnes, 1980)

### 8. Gerakan Mata (*Eye Movement*)

Terdapat dua jenis gerakan mata yaitu seperti *eye focus time* dan *eye travel time*. *Eye focus time* (gerakan mata untuk fokus) akan memerlukan waktu untuk melakukan gerakan fokus pada suatu obyek dan melihatnya untuk waktu yang cukup lama guna menentukan karakteristik dari obyek tersebut (obyek dilihat tanpa mengangkat mata). Selanjutnya *eye travel time* (gerakan perpindahan mata) dipengaruhi oleh jarak di antara obyek-obyek yang harus dilihat dengan jalan menggerakkan mata. Adapun besarnya waktu gerakan untuk setiap elemen-elemen gerakan dapat dilihat pada Tabel 2.25.

Tabel 2.25 Waktu Gerakan untuk Elemen Gerakan Mata (*Eye Movement*)

Eye Travel Time =  $15.2 \times \frac{T}{D}$  TMU, with a maximum value of 20 TMU.

where T = the distance between points from and to which the eye travels.

D = the perpendicular distance from the eye to the line of travel T.

Eye Focus Time = 7.3 TMU.

Supplementary Information

—Area of Normal Vision = Circle 4" in Diameter 16" from Eyes

—Reading Formula = 5.05 N Where N = The Number of Words.

(Sumber : Barnes, 1980)

9. Gerakan Anggota Badan, Kaki, dan Telapak Kaki (*Body, Leg, Foot*)

Gerakan anggota badan lainnya adalah gerakan kaki, telapak kaki serta bagian-bagian tubuh lainnya lutut, pinggang, dan lain-lain.

Adapun besarnya waktu gerakan untuk setiap elemen-elemen gerakan dapat dilihat pada Tabel 2.25.

Tabel 2.25 Waktu Gerakan Elemen Gerakan Anggota Badan, Kaki, dan Telapak Kaki (*Body, Leg, Foot*)

| Type              | Symbol     | TMU            | Distance       | Description  |  |
|-------------------|------------|----------------|----------------|--|--|
| Leg-Foot Motion   | FM         | 8.5            | To 4"          | Hinged at ankle.   |  |
|                   | FMP        | 19.1           | To 4"          | With heavy pressure.   |  |
|                   | LM         | 7.1            | To 6"          | Hinged at knee or hip in any direction.                        |  |
|                   | 1.2        | Ea. add'l inch |                |  |  |
| Horizontal Motion | Side Step  | SS_C1          | *              | <12"   | Use Reach or Move time when less than 12". Complete when leading leg contacts floor. |
|                   |            |                | 17.0           | 12"  |  |
|                   |            | 0.6            | Ea. add'l inch |  |  |
|                   | SS_C2      | 34.1           | 12"            | Lagging leg must contact floor before next motion can be made. |  |
|                   |            | 1.1            | Ea. add'l inch |  |  |
|                   | Turn Body  | TBC1           | 18.6           | —  | Complete when leading leg contacts floor.  |
|                   |            | TBC2           | 37.2           | —  | Lagging leg must contact floor before next motion can be made.                       |
|                   | Walk       | W_FT           | 5.3            | Per Foot   | Unobstructed.  |
|                   |            | W_P            | 15.0           | Per Pace   | Unobstructed.  |
| W_PO              |            | 17.0           | Per Pace       | When obstructed or with weight.                                |  |
| Vertical Motion   | SIT        | 34.7           | —              | From standing position.  |  |
|                   | STD        | 43.4           | —              | From sitting position.   |  |
|                   | B,S,KOK    | 29.0           | —              | Bend, Stoop, Kneel on One Knee.                                |  |
|                   | AB,AS,AKOK | 31.9           | —              | Arise from Bend, Stoop, Kneel on One Knee.                     |  |
|                   | KBK        | 69.4           | —              | Kneel on Both Knees.   |  |
|                   | AKBK       | 76.7           | —              | Arise from Kneel on Both Knees.                                |  |

(Sumber : Barnes, 1980)

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini akan diuraikan langkah-langkah dalam penyelesaian masalah yang dihadapi agar mendapatkan suatu analisis yang baik. Langkah-langkah metodologi pemecahan masalah pada penelitian ini dimulai dari mengidentifikasi masalah pada perusahaan yang menjadi obyek penelitian, yaitu PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan penelitian untuk dilakukan pengolahan data. Kemudian dilakukan analisis data dan diakhiri dengan suatu kesimpulan dan saran-saran yang dapat diterapkan di perusahaan.

#### **2.1 Jenis Data**

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan sekunder. Data primer digunakan dalam pengolahan data sedangkan data sekunder digunakan sebagai pendukung data primer.

##### **1. Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan langsung terhadap objek penelitian di lapangan, yaitu kondisi aktual di lantai produksi seperti:

- a. Ukuran anthropometri operator,
- b. Keluhan-keluhan operator berdasarkan kuesioner *nordic body map*
- c. Ukuran sudut postur tubuh operator.
- d. Gambar proses pengambilan komponen.

##### **2. Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari objeknya, tetapi melalui sumber lain, baik lisan maupun tulis. Data yang dimaksud adalah data umum perusahaan yang meliputi:

- a. Latar belakang atau sejarah perusahaan.
- b. Visi dan misi perusahaan
- c. Profil perusahaan.
- d. Struktur organisasi.

#### **2.2 Sumber Data**

Data yang diperoleh dalam melakukan penelitian berasal dari:

1. Data primer berasal dari pengamatan langsung di lapangan yaitu di lini *press part* PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia.
2. Data sekunder berasal dari divisi *Component Export Vanning* yang mencakup data umum perusahaan PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia.

### 2.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung menyelesaikan permasalahan yang dihadapi perusahaan. Pengumpulan data didapat dengan melakukan penelitian di proses produksi dan data yang diberikan oleh perusahaan. Dalam melakukan pengumpulan data, terdapat beberapa metode yang digunakan adalah:

1. Pengamatan Secara Langsung (*Observasi*)

Suatu bentuk metode penelitian yang menggunakan proses pengamatan objek penelitian secara langsung di lapangan pada saat melakukan penelitian untuk memperoleh data dari perusahaan.

2. Studi Kepustakaan (*Library Research*)

Suatu bentuk metode pengumpulan data yang dilakukan dengan mencari bahan rujukan sebagai bahan perbandingan yang dapat dipakai sebagai landasan teori yang berkaitan dengan pokok suatu permasalahan.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan para karyawan dan operator yang terlibat langsung pada proses pengerjaan. Caranya adalah dengan mengajukan pertanyaan yang berhubungan dengan permasalahan yang diteliti kepada kepala bagian produksi dan staf divisi *Component Export Vanning*.

### 2.4 Teknik Analisis

Langkah-langkah dalam metodologi pemecahan masalah ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 2.4.1 Studi Lapangan

Studi lapangan dilaksanakan untuk memperoleh informasi mengenai masalah yang terjadi pada objek penelitian. Studi lapangan diawali dengan melakukan pengamatan langsung ke lapangan untuk mengetahui kondisi perusahaan dan disertai dengan wawancara langsung dengan pihak perusahaan (kepala kelompok dan operator) agar permasalahan yang ada pada perusahaan dapat diketahui dengan jelas.

## **2.4.2 Studi Pustaka**

Setelah melakukan studi lapangan tahap selanjutnya adalah studi pustaka. Studi pustaka digunakan sebagai landasan teori dari penelitian. Landasan teori yang digunakan harus dapat membantu penelitian dan permasalahan yang sedang dihadapi. Studi kepustakaan dalam tugas akhir ini berkaitan dengan perancangan fasilitas kerja berdasarkan analisis postur kerja dengan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), serta hal-hal lain yang dapat membantu penyelesaian tugas akhir ini.

## **2.4.3 Identifikasi dan Rumusan Masalah**

Setelah melakukan studi lapangan dan studi pustaka, maka tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi dan merumuskan masalah. Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui apa permasalahan yang sedang dihadapi oleh perusahaan. Untuk tahap ini, telah dijelaskan pada Bab I.

## **2.4.4 Tujuan Penelitian**

Setelah melakukan identifikasi dan rumusan masalah, maka langkah selanjutnya adalah menentukan tujuan dari penelitian ini. Tujuan penelitian ditetapkan agar penelitian yang dilakukan dapat menjawab dan menyelesaikan rumusan masalah yang dihadapi. Untuk tahap ini telah disebutkan pada Bab I.

## **2.4.5 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data diperlukan untuk memperoleh informasi-informasi yang berkaitan dengan objek yang akan diteliti. Informasi-informasi tersebut akan menjadi dasar dalam pengolahan data serta berguna untuk melakukan analisis dan pemecahan masalah.

## **2.4.6 Pengolahan Data**

Pada tahap ini dijelaskan tahap-tahap dalam mengolah data terhadap data yang telah diambil dari tahap pengumpulan data, dengan metode-metode yang dipilih guna memecahkan masalah secara baik dan terencana. Langkah-langkah dalam pengolahan data sebagai berikut:

### **1. Rekapitulasi Keluhan Operator Berdasarkan Kuesioner *Nordic Body Map***

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui bagian-bagian otot yang mengalami kelelahan dan mengetahui prosentase keluhan yang dialami oleh para operator pada saat melakukan proses *picking* (proses mengambil, mengumpulkan dan memberikan label pada komponen dari rak untuk ditempatkan di *pallet*).

### **2. Perhitungan Waktu Penyelesaian Proses Pengambilan Komponen**

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk mengambil komponen yang ada di rak. Perhitungannya dengan melakukan pengukuran kerja dengan menggunakan *methods time measurement* (MTM), sehingga diperoleh waktu yang dibutuhkan untuk mengambil komponen per palet.

### 3. Penilaian Postur Kerja dengan Metode REBA

Hasil pengambilan gambar digunakan untuk menentukan sudut-sudut dari posisi kerja operator, kemudian dilakukan penyusunan skor dengan menggunakan REBA *scoresheet* yang berupa diagram atau gambar postur kerja, kategori tingkat risiko dan tindakan perbaikan.

### 4. Penentuan Ukuran Anthropometri Operator dalam Perancangan

Berdasarkan penyusunan konsep perancangan sebelumnya, dimensi anthropometri akan digunakan sebagai acuan untuk menetapkan ukuran rancangan fasilitas kerja. Pengukuran dimensi anthropometri ini dimaksudkan agar rancangan yang dihasilkan dapat digunakan dengan baik dan disesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan penggunaannya.

### 5. Penilaian Postur Kerja Setelah Perbaikan

Pada tahapan ini juga dilakukan penilaian postur kerja dengan metode REBA pada gambar 3D setelah perancangan. Tujuannya untuk mengetahui apakah postur kerja operator setelah perancangan masih berpotensi menimbulkan cedera otot atau tidak.

### 6. Pengukuran Waktu Proses Sesudah Perancangan

Pengukuran waktu penyelesaian proses pengambilan *part* diperlukan untuk mengetahui apakah usulan perancangan ulang rak ini mampu mengurangi waktu penyelesaian pengambilan *part*.

## 2.5 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data sehingga dapat menjawab tujuan dari penelitian ini. Analisa yang dilakukan meliputi:

#### 1. Analisis Hasil Kuesioner *Nordic Body Map*

Analisis dilakukan pada postur kerja operator sebelum perancangan. Postur kerja operator sebelum rancangan adalah pada saat operator mengangkat komponen dari rak dan menempatkan komponen di palet. Hal ini bertujuan untuk mengetahui penyebab keluhan *muskuloskeletal* yang dialami oleh operator.

#### 2. Analisis Penilaian Sikap Kerja Awal Berdasarkan Metode REBA

Penilaian sikap kerja diawali dengan membagi operatoran yang dilakukan operator ke dalam fase-fase gerakan untuk memudahkan penilaian. Perbedaan fase gerakan menyebabkan penilaian sikap kerja menjadi berbeda.

### 3. Analisis Pemecahan Masalah Fasilitas Kerja

Penggunaan data anthropometri yang tepat sangat penting dalam perancangan sebuah produk. Penggunaan data anthropometri yang tidak tepat akan menghasilkan suatu rancangan produk yang tidak ergonomis. Pada sub bab ini akan dilakukan pemecahan masalah terhadap fasilitas kerja dengan melakukan perancangan kerja dengan menggunakan konsep persentil.

### 4. Analisis Kondisi Aktual dengan Kondisi Setelah Perbaikan

Analisis kondisi awal dan setelah perbaikan bertujuan untuk membandingkan postur kerja operator sebelum perancangan dan postur kerja sesudah perancangan. Proses pembandingannya dimulai dengan membuat gambar model operator dengan menggunakan *software Auto CAD*.

### 5. Analisis Waktu Penyelesaian Proses Pengambilan Komponen

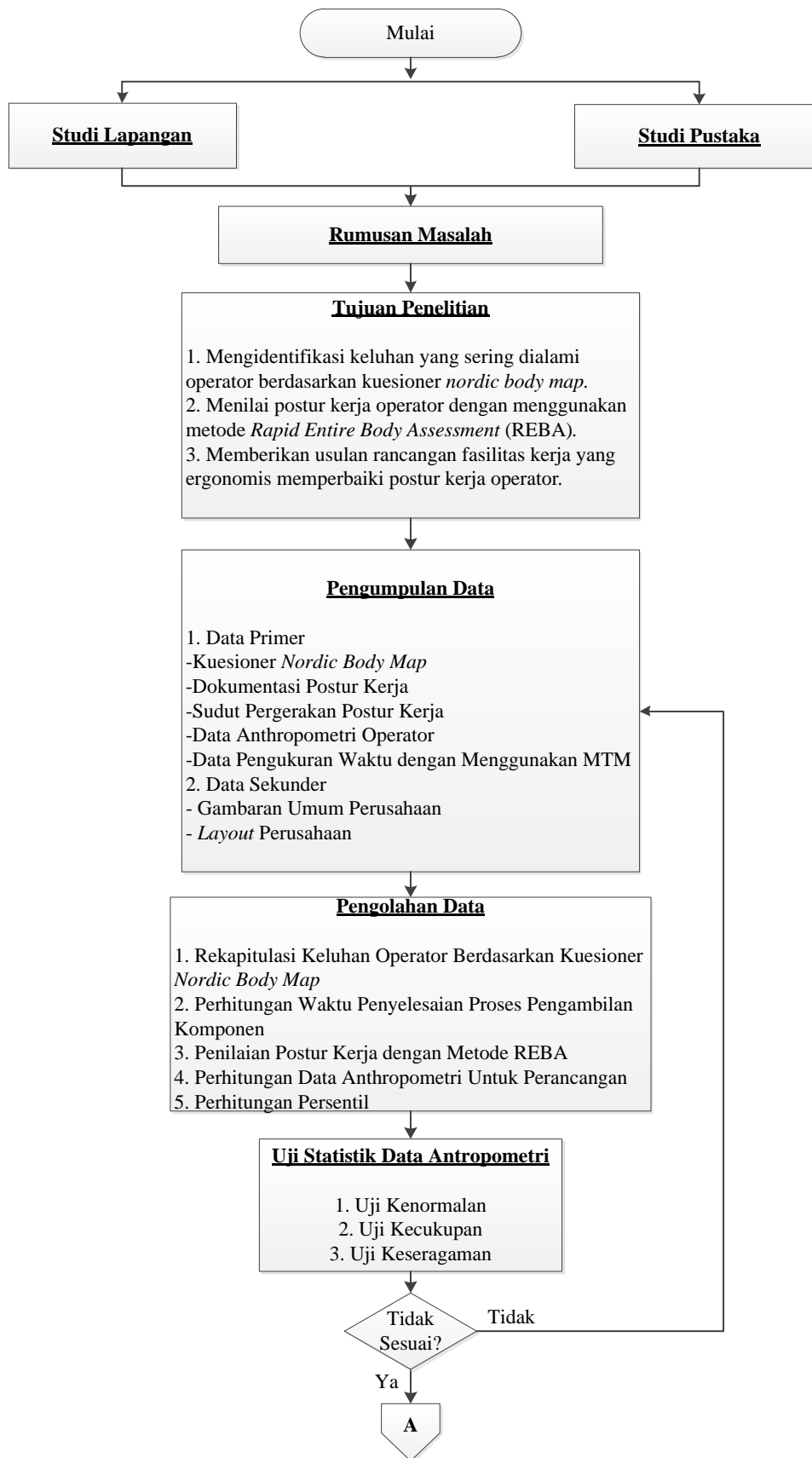
Analisis dilakukan terhadap waktu penyelesaian proses pengambilan komponen berdasarkan hasil pengukuran waktu kerja menggunakan *methods time measurement* (MTM). Pada tahap ini dapat ketahui apakah usulan perancangan ulang rak ini mampu mengurangi waktu penyelesaian pengambilan komponen atau tidak. Disamping itu dapat pula diidentifikasi jumlah produksi sebelum dan sesudah perbaikan dalam jam kerja efektif.

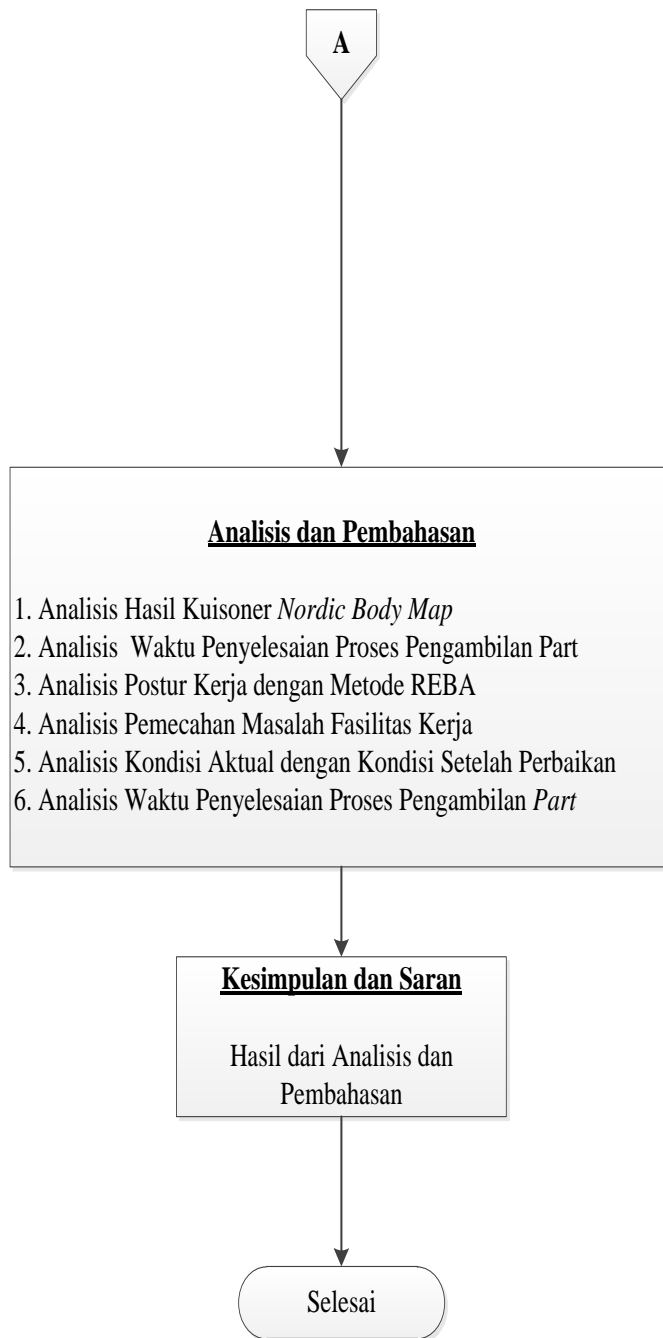
## 2.6 Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir dari penulisan Tugas Akhir ini adalah memberikan kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan analisis masalah. Serta memberikan saran-saran yang dapat membangun sebagai perbaikan bagi perusahaan dimasa yang akan datang.

## 2.7 Kerangka Pemecahan Masalah

Dari penjelasan teknik analisis data di atas dapat dibuat kerangka pemecahan masalah untuk memecahkan masalah yang telah disebutkan sebelumnya. Kerangka pemecahan masalah tersebut dapat dilihat pada Gambar III.1.





Gambar III.1 Kerangka Pemecahan Masalah  
(Sumber : Pengolahan Data)

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Pengumpulan Data

##### 4.1.1 Sejarah Perusahaan

PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia (TMMIN) merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang otomotif dengan produk yang diberi merek dagang Toyota. Di Indonesia PT TMMIN memiliki tiga pabrik yang berbeda lokasi, dua pabrik terletak di daerah Sunter Jakarta Utara dan satu pabrik di daerah Karawang Jawa Barat. PT TMMIN yang sebelumnya bernama PT Toyota-Astra Motor (TAM) berdiri pada tanggal 12 April 1971 hanya sebagai importer kendaraan Toyota, namun setahun kemudian beralih fungsi sebagai distributor kendaraan Toyota.

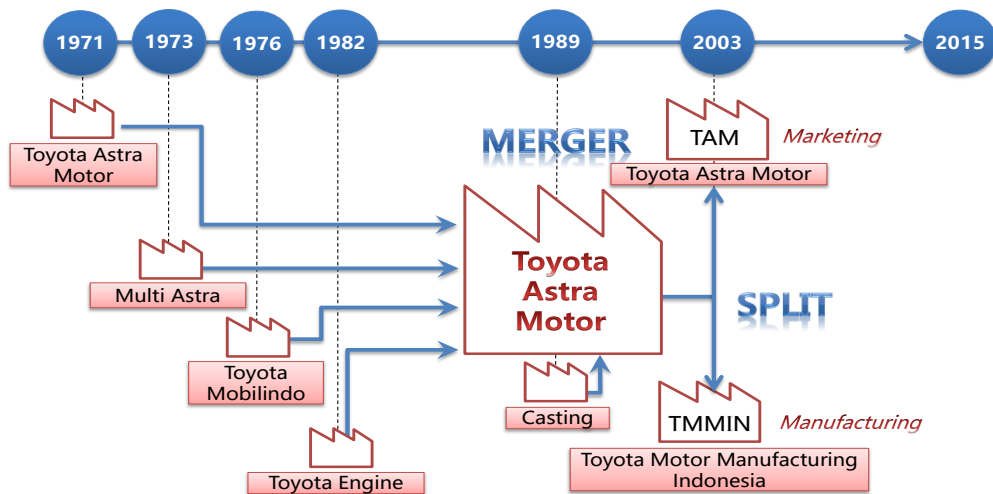
Pada bulan April 1973 berdiri PT Multi Astra yang mulai beroperasi pada bulan September 1973 sebagai pabrik perakitan. Pada bulan November 1976 didirikan PT Toyota Mobilindo dengan pembagian saham 43% dipegang oleh Astra Internasional (AI) dan 57% dipegang oleh Toyota Motor Corporation (TMC). Pada bulan Desember 1982 berdiri PT Toyota Engine Indonesia dengan pembagian saham 49% dipegang oleh AI dan 51% dipegang oleh TMC. Pada bulan Desember 1988 PT Multi Astra, PT Toyota Mobilindo dan PT Toyota Engine Indonesia bergabung dengan PT Toyota Astra Motor. Pada bulan April 1996 melakukan ekspor *Engine Assy* ke Taiwan dan Filipina. Pada bulan Mei 1996 dilakukan peletakan batu pertama pabrik perakitan di Karawang Jawa Barat. Pada bulan September 1997 dilakukan peresmian pabrik *Die Press Casting* dan pabrik pengepakan komponen untuk aktivitas ekspor dan melakukan ekspor kijing baru ke Malaysia secara terurai atau *Completely Knock Down (CKD)*. Pada bulan Agustus 2003 PT TAM melakukan reorganisasi dan terbentuk PT TMMIN dimana PT TAM sebagai distributor dan PT TMMIN sebagai manufaktur. PT TMMIN merupakan perusahaan yang sebagian besar investasinya berasal dari Toyota Motor Corporation (TMC), tepatnya 95% dari TMC dan 5% dari Astra Internasional. Pembagian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kepemilikan saham PT TMMIN dan PT TAM

| Nama  | Kepemilikan Saham     |                      |
|-------|-----------------------|----------------------|
|       | Sebelum               | Sesudah              |
| TAM   | 51 % (AI) : 49% (TMC) | 51% (AI) : 49% (TMC) |
| TMMIN | -                     | 5% (AI) : 95% (TMC)  |

Sumber : PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia

Adapun sejarah singkat PT TMMIN dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Sejarah Singkat PT TMMIN

Sumber: PT Toyota Manufacturing Indonesia

## 4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

### 4.1.2.1 Visi Perusahaan

Dengan komitmen untuk terus mengutamakan kepuasan pelanggan, PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia dan PT Toyota Astra Motor senantiasa terus-menerus menciptakan inovasi terbaiknya. Hal ini selaras dengan visi PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia yaitu:

- Untuk menjadi perusahaan manufaktur Toyota terbaik dan paling *fleksibel* se-Asia Pasifik.
- Untuk menjadi pemimpin pasar yang dominan di Indonesia dengan pangsa pasar  $\geq 40\%$  di semua segmen dan area
- Untuk memberi kepuasan terbaik kepada pelanggan (JD Power SSI & CSI)

### 4.1.2.2 Misi Perusahaan

Guna mewujudkan misi tersebut, maka PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia mencanangkan misi untuk:

- Menyediakan produk yang sesuai bagi pelanggan Indonesia
- Memberi pengalaman terbaik dalam memiliki produk Toyota
- Memperbaiki nilai-nilai TAM (bagi pemangku kepentingan) melalui kegiatan Kaizen di semua wilayah operasional; Mengembangkan tenaga trampil; komunikasi dan kolaborasi efektif antar pemasok, dealer utama dan dealer; serta biaya operasional yang efisien dan efektif
- Membuktikan komitmen kami terhadap tata kelola perusahaan yang baik (GCG) & tanggung jawab sosial perusahaan (CSR).

#### 4.1.3 Profil Perusahaan

Pada tanggal 15 Juli 2003, PT Toyota Astra Motor (TAM) berubah menjadi PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia (TMMIN) sebagai produsen mobil Toyota dan didirikan PT Toyota-Astra Motor (TAM) sebagai distributor. Adapun profil perusahaan setelah re-strukturisasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Profil Perusahaan PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia

|  |  |
|--|--|
| Nama Perusahaan  | PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia  |
| Alamat   | Jl. Yos Sudarso, Sunter II, Jakarta Utara, 14330   |
| Telepon  | (021) 651 5551 (hunting).<br>Fax. ( 021) 651 5360  |
| Tahun Pendirian  | 12 April 1971  |
| Jumlah Operator  | 8.802 orang per 2015   |
| Pemegang Saham   | Toyota Motor Corporation (95%)<br>PT Astra International Tbk. (5%)   |
| Presiden Direktur  | Mashihiro Nonami   |
| Fasilitas Produksi<br>Sunter I <i>Plant</i><br>Sunter II <i>Plant</i><br>Karawang <i>Plant</i> | <i>Machining Plant,</i><br><i>Packing Plant</i><br><i>Casting Plant,</i><br><i>Stamping Plant</i><br><i>Stamping Plant,</i><br><i>Welding Plant,</i><br><i>Painting Plant,</i><br><i>Assembly Plan</i> |

Sumber : PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia

#### 4.1.4 Layout Perusahaan

PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia memiliki 3 pabrik yang terdiri dari pabrik di Sunter I yang menangani mengenai proses *machining* dan *Export Vanning*, Sunter II yang menangani proses *stamping* dan *casting*, dan pabrik Karawang menangani proses *stamping*, *welding*, *assembling* dan *painting*. Namun pada laporan penelitian ini akan ditampilkan hanya *layout* pada pabrik yang terletak di Sunter I, tempat dimana penelitian ini dilakukan. Untuk lebih jelasnya mengenai *layout* PT TMMIN dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 4.1.5 Struktur Organisasi Perusahaan

PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia memiliki struktur organisasi yang berkembang setiap waktu. Saat ini PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia memiliki 7 Direktorat yang dipimpin oleh Direktur dan 24 Divisi yang dikepalai oleh seorang Kepala Divisi (*Divison Head*). Adapun struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 4.1.6 Tenaga Kerja

Pada saat ini PT TMMIN memiliki 8.802 karyawan yang tersebar di *plant* Sunter dan Karawang dengan posisi yang disesuaikan bidang keahliannya masing-masing. Latar belakang pendidikan karyawan rata-rata adalah lulusan SMA, SMK/STM, D3 dan Strata/Sarjana. Status karyawan dibedakan menjadi 2 yaitu:

a. Karyawan Tetap

Operator yang bekerja di perusahaan dan telah bekerja lebih dari 2 tahun maka akan diangkat menjadi karyawan tetap, dengan masa kerja kontrak sampai usia 55 tahun. Upah bulanan dihitung berdasarkan upah pokok bulanan, upah lembur, bonus akhir tahun dan tunjangan dari perusahaan.

b. Karyawan Kontrak

Operator di perusahaan dengan sistem kontrak selama 2 tahun. Operator ini tidak mendapatkan tunjangan dari perusahaan kecuali bonus akhir tahun.

**4.1.7 Jam Kerja**

Menurut ketentuan pemerintah jam kerja yang ada di PT TMMIN yaitu, sembilan jam untuk *shift* pagi dan delapan jam untuk *shift* malam dengan masing-masing satu jam untuk waktu istirahat dan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Ketentuan Jam Kerja

| No | Shift | Masuk | Pulang | Istirahat   |
|----|-------|-------|--------|-------------|
| 1  | Pagi  | 07.00 | 16.00  | 11.45-12.30 |
| 2  | Malam | 20.30 | 04.30  | 00.30–01.15 |

Sumber : PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia

Jika waktu yang telah ditentukan tidak dapat memenuhi target produksi maka akan dilakukan kerja lembur dengan maksimal kerja lembur 2,5 jam dalam satu hari kerja untuk tiap shift. Jika lembur dengan perpanjangan shift masih tidak mencukupi maka diadakan kerja lembur dengan penambahan hari kerja pada hari Sabtu dan Minggu. Jam kerja di PT MMIN dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Jam Kerja PT TMMIN

| Shift Pagi      |                 |               | Shift Malam      |                 |
|-----------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------|
| Senin s/d Kamis | Kegiatan        | Jum'at        | Senin s/d Jum'at | Kegiatan        |
| 07.00 – 07.10   | Senam           | 07.00 – 07.10 | 20.30 – 20.40    | Senam           |
| 07.10 – 07.15   | Breifing        | 07.10 – 07.15 | 20.40 – 20.45    | Breifing        |
| 07.15 - 09.30   | Aktivitas       | 07.15 - 09.30 | 20.45 – 22.15    | Aktivitas       |
| 09.30 - 09.40   | <i>Hot Time</i> | 09.30 - 09.40 | 22.15 - 22.25    | <i>Hot Time</i> |
| 09.40 - 11.45   | Aktivitas       | 09.40 - 11.45 | 22.25 – 00.30    | Aktivitas       |
| 11.45 - 12.30   | Istirahat       | 11.45 – 12.30 | 00.30 – 01.15    | Istirahat       |
| 12.30 - 14.00   | Aktivitas       | 12.30 – 14.30 | 01.15 – 02.50    | Aktivitas       |
| 14.00 - 14.10   | <i>Hot Time</i> | 14.30 – 14.40 | 02.50 – 03.00    | <i>Hot Time</i> |
| 14.10 - 16.00   | Aktivitas       | 14.40 – 16.30 | 03.00 – 04.30    | Aktivitas       |
| 16.00           | Pulang          | 16.30         | 04.30            | Pulang          |

Sumber : PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia

**4.1.8 Dimensi Fasilitas Kerja Aktual**

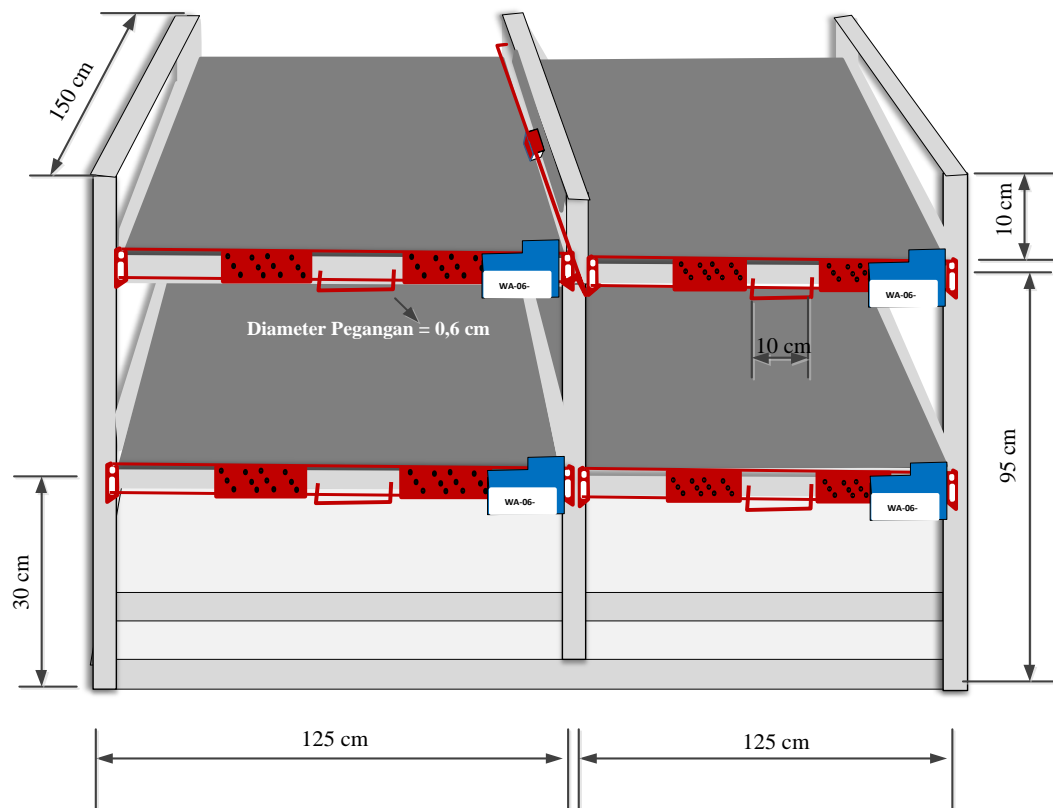
Dimensi fasilitas kerja digunakan untuk mengetahui ukuran dari fasilitas kerja yang digunakan oleh operator proses *picking*. Adapun ukuran fasilitas kerja yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Dimensi Fasilitas Kerja Aktual

| No | Bagian                 | Ukuran |
|----|------------------------|--------|
| 1  | Tinggi Layer Rak Atas  | 95 cm  |
| 2  | Tinggi Layer Rak Bawah | 30 cm  |
| 3  | Diameter Pegangan Rak  | 0,6 cm |
| 4  | Panjang Pegangan Rak   | 10 cm  |
| 5  | Lebar Rak              | 125 cm |
| 6  | Panjang Rak            | 150 cm |

Sumber : PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia

Untuk lebih jelasnya ukuran fasilitas kerja (rak) yang digunakan oleh operator proses *picking* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Ukuran Fasilitas Kerja

Sumber: Pengumpulan Data


Disamping dimensi ukuran rak yang telah disebutkan pada Tabel 4.5, perlu juga diketahui berat beban. Hal ini akan berpengaruh terhadap proses penilaian postur kerja dengan metode REBA. Semakin besar berat beban yang diangkat, maka semakin besar pula skor REBA yang akan diperoleh. Adapun rata-rata berat beban yang diangkat oleh operator proses *picking* adalah 0,8 kg/unit *part*. Sedangkan dalam satu kali mengambil *part* sebanyak 5 unit *part* (1 ikat), sehingga berat bebannya 4 kg.

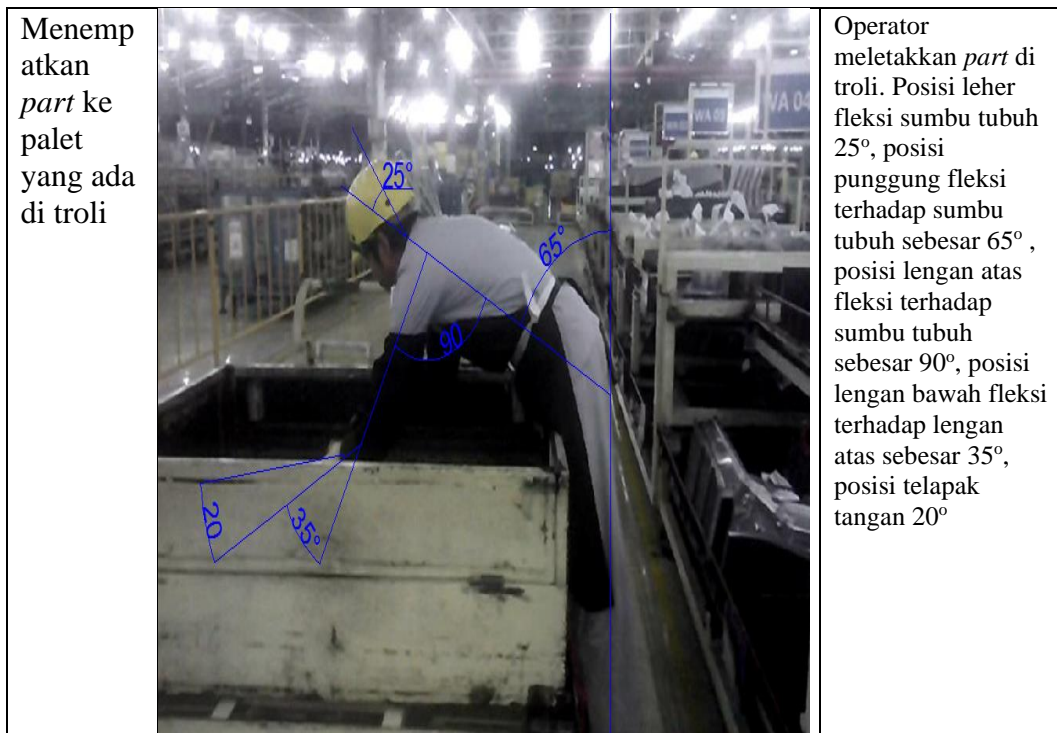
#### 4.1.9 Dokumentasi Postur Kerja

Pengamatan postur kerja operator pada proses *picking* dilakukan dengan mendokumentasikan menggunakan kamera. Pendokumentasian aktivitas operator

dilakukan saat operator mengangkat *part* dari rak membawa *part* ke palet. Data selanjutnya dibagi ke dalam fase-fase gerakan untuk memudahkan penilaian dengan metode REBA. Fase-fase gerakan operator ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Dokumentasi Postur Kerja Operator

| Aktivitas   | Gambar  | Keterangan  |
|---|---|---|
| <p>Mengangkat <i>part</i> dari rak untuk ditempatkan di palet</p> |  | <p>Operator mengangkat <i>part</i> untuk diletakkan ke troli. Posisi leher fleksi sumbu tubuh +20°, posisi punggung fleksi terhadap sumbu tubuh sebesar 78°, posisi kaki bertopang dengan bobot tersebar merata sebesar 15°, posisi lengan atas fleksi terhadap sumbu tubuh sebesar 53°, posisi lengan bawah fleksi terhadap lengan atas sebesar 60°, posisi telapak tangan 30°</p> |



Sumber : Pengumpulan Data

#### 4.1.10 Pengukuran Data Anthropometri

Dalam perancangan ini diperlukan data anthropometri yang digunakan untuk menetapkan ukuran rancangan rak. Hal ini dimaksudkan agar rancangan yang dihasilkan dapat digunakan dengan baik dan disesuaikan dengan karakteristik penggunaannya. Pengukuran data dimensi anthropometri meliputi tinggi siku berdiri (TSB), tinggi jangkauan maksimal (TJM), diameter lingkaran genggam (DLG) dan lebar telapak tangan (LTT). Adapun data hasil pengukuran anthropometri operator proses *picking* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Anthropometri Operator

| No | Nama             | Bagian Tubuh (cm) |      |     |     |
|----|------------------|-------------------|------|-----|-----|
|    |                  | TSB               | TJM  | DLG | LTT |
| 1  | Mesa             | 109,2             | 63,3 | 3,9 | 9,5 |
| 2  | Nanang Sofian    | 105,9             | 64,9 | 3,5 | 9   |
| 3  | Zami F           | 110,8             | 61,2 | 4,1 | 9,7 |
| 4  | Tommy Ferdian    | 105,4             | 65,9 | 3,6 | 8,9 |
| 5  | Fathurrokhman    | 107,9             | 63,8 | 3,7 | 9,8 |
| 6  | Didik Supriyanto | 107,3             | 64,1 | 3,7 | 9,3 |

Sumber : Pengumpulan Data

#### 4.1.11 Hasil Kuesioner Nordic Body Map

Kuesioner *nordic body map* diberikan kepada 6 orang operator pada proses *picking*. Tujuan pengisian kuesioner *nordic body map* adalah untuk mengetahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan, mulai dari rasa cukup sakit sampai

dengan merasa sakit berdasarkan *nordic body map* pada Gambar 2.1. Adapun kuesioner yang digunakan sesuai dengan Tabel 2.1 dapat dilihat pada Tabel 4.8. Tabel 4.8 Kuesioner *Nordic Body Map*

| No | Bagian Tubuh      | Tingkat Keluhan |   |   |
|----|-------------------|-----------------|---|---|
|    |                   | A               | B | C |
| 1  | Leher atas        |                 |   |   |
| 2  | Leher bawah       |                 |   |   |
| 3  | Bahu kiri         |                 |   |   |
| 4  | Bahu kanan        |                 |   |   |
| 5  | Lengan atas kiri  |                 |   |   |
| 6  | Punggung          |                 |   |   |
| 7  | Lengan atas kanan |                 |   |   |

Lanjutan.....

Tabel 4.8 Kuesioner *Nordic Body Map* (lanjutan)

| No | Bagian Tubuh             | Tingkat Keluhan |   |   |
|----|--------------------------|-----------------|---|---|
|    |                          | A               | B | C |
| 8  | Pinggang                 |                 |   |   |
| 9  | Pantat                   |                 |   |   |
| 10 | Bagian bawah pantat      |                 |   |   |
| 11 | Siku kiri                |                 |   |   |
| 12 | Siku kanan               |                 |   |   |
| 13 | Lengan bawah kiri        |                 |   |   |
| 14 | Bawah kanan lengan       |                 |   |   |
| 15 | Pergelangan tangan kiri  |                 |   |   |
| 16 | Pergelangan tangan kanan |                 |   |   |
| 17 | Tangan kiri              |                 |   |   |
| 18 | Tangan kanan             |                 |   |   |
| 19 | Paha kiri                |                 |   |   |
| 20 | Paha kanan               |                 |   |   |
| 21 | Lutut kiri               |                 |   |   |
| 22 | Lutut kanan              |                 |   |   |
| 23 | Betis kiri               |                 |   |   |
| 24 | Betis kanan              |                 |   |   |
| 25 | Pergelangan kaki kiri    |                 |   |   |
| 26 | Pergelangan kaki kanan   |                 |   |   |
| 27 | Kaki kiri                |                 |   |   |
| 28 | Kaki kanan               |                 |   |   |

(Sumber : Pengumpulan Data)

Pengisian kuesioner dilakukan dengan cara menyebarkan kuesioner kepada semua operator proses *picking* dengan ketentuan memberikan tandang centang (√) pada kolom A apabila operator merasakan tidak sakit pada bagian tubuh dan kolom B

apabila operator merasakan sakit, serta kolom C apabila operator merasakan sangat sakit.

Adapun data keluhan operator berdasarkan hasil kuesioner *nordic body map* yang telah diisi oleh operator dapat dilihat pada Lampiran B. Adapun sebagai contoh hasil kuesioner *nordic body map* adalah operator atas nama Zami P yang dapat dilihat Tabel 4.9.

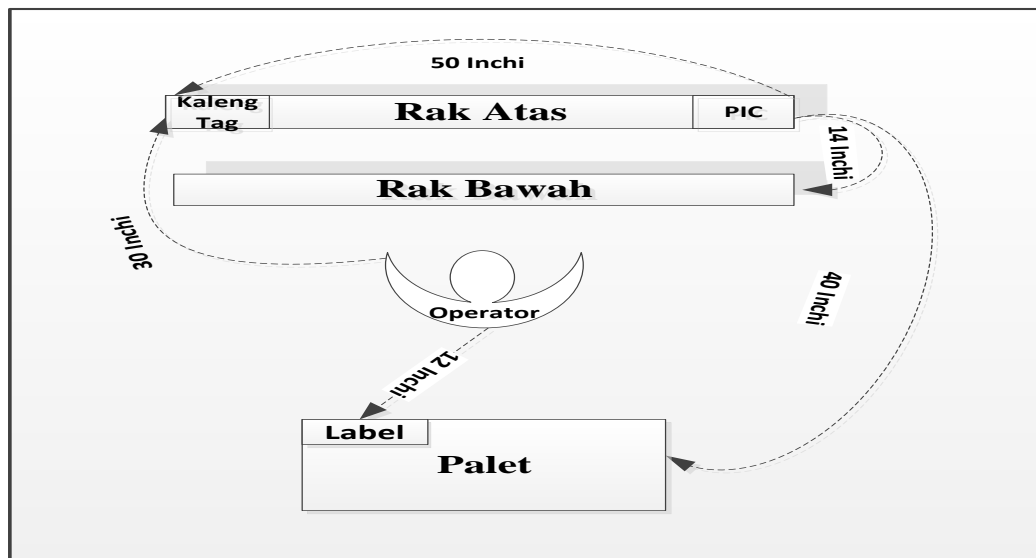
Tabel 4.9 Hasil Kuesioner *Nordic Body Map* Operator Zami P.

| No | Bagian Tubuh             | Tingkat Keluhan |   |   |
|----|--------------------------|-----------------|---|---|
|    |                          | A               | B | C |
| 1  | Leher atas               |                 |   |   |
| 2  | Leher bawah              |                 |   |   |
| 3  | Bahu kiri                |                 | √ |   |
| 4  | Bahu kanan               |                 |   | √ |
| 5  | Lengan atas kiri         |                 |   |   |
| 6  | Punggung                 |                 | √ |   |
| 7  | Lengan atas kanan        |                 |   |   |
| 8  | Pinggang                 |                 | √ |   |
| 9  | Pantat                   |                 |   |   |
| 10 | Bagian bawah pantat      |                 |   |   |
| 11 | Siku kiri                |                 |   |   |
| 12 | Siku kanan               |                 |   |   |
| 13 | Lengan bawah kiri        |                 |   |   |
| 14 | Bawah kanan lengan       |                 |   |   |
| 15 | Pergelangan tangan kiri  |                 |   |   |
| 16 | Pergelangan tangan kanan |                 |   |   |
| 17 | Tangan kiri              |                 | √ |   |
| 18 | Tangan kanan             |                 | √ |   |
| 19 | Paha kiri                |                 |   |   |
| 20 | Paha kanan               |                 |   |   |
| 21 | Lutut kiri               |                 |   |   |
| 22 | Lutut kanan              |                 |   |   |
| 23 | Betis kiri               |                 |   |   |
| 24 | Betis kanan              |                 |   |   |
| 25 | Pergelangan kaki kiri    |                 |   |   |
| 26 | Pergelangan kaki kanan   |                 |   |   |
| 27 | Kaki kiri                |                 |   |   |
| 28 | Kaki kanan               |                 |   |   |

(Sumber : Pengumpulan Data)

#### 4.1.12 Data Elemen Gerakan Sebelum Perbaikan

Elemen gerakan digunakan untuk melakukan pengukuran waktu dengan menggunakan *methods time measurement (MTM)*. Metode ini mem-*break down* proses menjadi beberapa gerakan dasar (berdasarkan *Element Intruction Sheet* pada Lampiran C) dan menggunakan tabel notasi gerakan MTM. Pada gambar di bawah ini menunjukkan bahwa operator tersebut telah melakukan sebuah gerakan mengambil *part* dari rak untuk ditempatkan pada palet dengan jarak posisi tubuh dari masing-masing fasilitas yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Tata Letak Tempat Kerja Proses Pengambilan Komponen  
(Sumber : Pengumpulan Data)

Adapun hasil pengumpulan data elemen kerja pada proses *picking* sebelum dilakukan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9 Data Elemen Kerja Sebelum Perbaikan

| No | Deskripsi Elemen Kerja  | Ket. |
|----|---|------|
| 1  | Menjangkau label sejauh 12 inchi                                |      |
| 2  | Memegang label  |      |
| 3  | Membawa label sejauh 12 inchi ke depan rak                      |      |
| 4  | Memutarakan badan 108°  |      |
| 5  | Melihat tujuan rak pada label                                   |      |
| 6  | Mencocokkan tujuan rak di label dengan tujuan rak di PIC        |      |
| 7  | Membawa label sejauh 30 inchi ke kaleng tag                     |      |
| 8  | Meletakkan label pada kaleng tag                                |      |
| 9  | Menjangkau PIC pada rak sejauh 30 inchi                         |      |
| 10 | Menggenggam PIC   |      |
| 11 | Membawa PIC dari rak sejauh 50 inchi ke kaleng tag              |      |
| 12 | Meletakkan PIC pada kaleng tag                                  |      |
| 13 | Cocokkan nomor <i>part</i> di label dengan nomor part di PIC    |      |
| 14 | Menjangkau kanban <i>supply</i> pada <i>part</i> sejauh 8 inchi |      |
| 15 | Memegang kanban <i>supply</i>                                   |      |

|    |   |  |
|----|---|--|
| 16 | Membawa kanban <i>supply</i> sejauh 40 inchi ke tempat sampah |  |
| 17 | Memutarakan badan 108°  |  |
| 18 | Melepas kanban <i>supply</i> ke tempat sampah                 |  |
| 19 | Memutarakan badan 108°  |  |

Lanjutan.....

Tabel 4.10 Data Elemen Kerja Sebelum Perbaikan (lanjutan)

| No | Deskripsi Elemen Kerja  | Ket.                                    |
|----|---|---|
| 20 | Menjangkau kaleng tag yang di rak sejauh 30 inchi                                       |   |
| 21 | Memegang kaleng tag   |   |
| 22 | Mencocokkan spesifikasi <i>part</i> dengan ilustrasi di PIC                             |   |
| 23 | Menjangkau part sejauh 8 inchi  | Proses ini dilakukan sebanyak tiga kali |
| 24 | Menghitung jumlah <i>part</i>   |   |
| 25 | Menjangkau label yang di kaleng tag sejauh 10 inchi                                     |   |
| 26 | Memegang label yang di kaleng tag   |   |
| 27 | Membawa label sejauh 10 inchi ke kawat <i>part</i>                                      |   |
| 28 | Memegang kawat <i>part</i>  |   |
| 29 | Meletakkan label di kawat <i>part</i>   |   |
| 30 | Menggenggam <i>part</i>   |   |
| 31 | Membawa part dengan beraat 10 pon dari rack sejauh 40 inchi untuk di tempatkan di palet |   |
| 32 | Memutarakan badan 108° sambil membawa part dengan berat 10 pon                          |   |
| 33 | Meletakkan <i>part</i> pada palet   |   |
| 34 | Melepaskan <i>part</i>  |   |
| 35 | Memutarakan badan 108°  |   |
| 36 | Menjangkau pegangan rak sejauh 12 inchi   |   |
| 37 | Memegang pegangan rak   |   |
| 38 | Mendorong rak sejauh 16 inchi   |   |
| 39 | Menjangkau <i>part</i> sejauh 14 inchi ke bawah   | Proses ini dilakukan sebanyak tiga kali |
| 40 | Badan membungkuk  |   |
| 41 | Memegang <i>part</i>  |   |
| 42 | Berdiri dari posisi membungkuk sambil membawa <i>part</i> t                             |   |
| 43 | Membawa part sejauh 40 inchi ke palet dengan berat 10 pon                               |   |
| 44 | Memutarakan badan 108° sambil membawa <i>part</i> dengan berat 10 pon                   |   |
| 45 | Badan membungkuk  |   |
| 45 | Badan membungkuk  |   |
| 46 | Meletakkan <i>part</i> pada palet   |   |
| 47 | Melepaskan <i>part</i>  |   |
| 48 | Badan berdiri tegak kembali dari posisi bungkuk   |   |
| 49 | Memutarakan badan 108°  |   |
| 50 | Menjangkau pegangan rak sejauh 28 inchi   |   |
| 51 | Memegang pegangan rak   |   |
| 52 | Menarik rak sejauh 16 inchi   |   |

(Sumber : Pengumpulan Data)

## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1 Rekapitulasi Keluhan Operator

Berdasarkan hasil pengumpulan data keluhan operator terhadap 6 orang operator dengan menggunakan kuesioner *nordic body map* pada Tabel 4.9, maka dapat dilihat rekapitulasi keluhan semua operator pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Keluhan Operator

| No                         | Nama            | Umur (Tahun) | Lama Bekerja | Tingkat Keluhan                         |
|----------------------------|-----------------|--------------|--------------|---|
| 1                          | Zami P.         | 35           | 8 Tahun      | Sakit pada bahu kiri                    |
|                            |                 |              |              | Sangat sakit pada bahu kanan            |
|                            |                 |              |              | Sakit pada tangan kanan                 |
|                            |                 |              |              | Sakit pada tangan kiri                  |
|                            |                 |              |              | Sakit pada betis kanan                  |
|                            |                 |              |              | Sakit pada punggung                     |
|                            |                 |              |              | Sakit pada pinggang                     |
| 2                          | Nanan Sopian    | 37           | 11 Tahun     | Sakit pada lengan bawah kanan           |
|                            |                 |              |              | Sakit pada paha kanan                   |
|                            |                 |              |              | Sakit pada paha kiri                    |
|                            |                 |              |              | Sakit pada bahu kiri                    |
|                            |                 |              |              | sakit pada bahu kanan                   |
|                            |                 |              |              | Sakit pada punggung                     |
| Sangat sakit pada pinggang |                 |              |              |   |
| 3                          | Mesa            | 29           | 13 Tahun     | Sakit pada bahu kiri                    |
|                            |                 |              |              | Sakit pada bahu kanan                   |
|                            |                 |              |              | Sakit pada lengan atas kanan            |
|                            |                 |              |              | Sakit pada punggung                     |
|                            |                 |              |              | Sakit pada pinggang                     |
| 4                          | Tomy Ferdian    | 23           | 3 Tahun      | Sakit pada bawah leher                  |
|                            |                 |              |              | Sakit pada telapak tangan kanan         |
|                            |                 |              |              | Sakit pada telapak tangan kiri          |
|                            |                 |              |              | Sakit pada kaki kanan                   |
|                            |                 |              |              | Sakit pada punggung                     |
| 5                          | Fathurokhan     | 33           | 12 Tahun     | Sakit pada pinggang                     |
|                            |                 |              |              | Sakit pada kaki kanan                   |
|                            |                 |              |              | Sakit pada kaki kiri                    |
|                            |                 |              |              | Sakit pada tangan kiri                  |
|                            |                 |              |              | Sakit pada tangan kanan                 |
| 6                          | Didik Supryanto | 30           | 5 Tahun      | Sakit pada cukup sakit pada bawah leher |

|  |  |  |  |                                       |
|--|--|--|--|---------------------------------------|
|  |  |  |  | Sakit pada bahu kanan                 |
|  |  |  |  | Sakit pada bahu kiri                  |
|  |  |  |  | Sakit pada pergelanangan tangan kanan |
|  |  |  |  | Sakit pada pinggang                   |
|  |  |  |  | Sakit pada punggung                   |

(Sumber : Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 4.11, maka dapat dihitung persentase keluhan yang dialami oleh operator proses *picking* berdasarkan tingkat keluhan yang dialaminya dengan menggunakan rumus:

$$\text{Persentase Tingkat Keluhan} = \frac{\text{Jumlah operator yang mengalami keluhan}}{\text{Jumlah Operator}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan rumus di atas, maka dapat dihitung prosentase tingkat keluhan yang dialami oleh operator. Misalnya dapat dilihat pada contoh keluhan pada bahu kiri di bawah ini.

$$\text{Persentase Keluhan} = \frac{\text{Jumlah operator yang mengalami keluhan pada bahu kiri}}{\text{Jumlah Operator}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase Tingkat Keluhan} &= \frac{3}{6} \times 100\% \\ &= 50\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka prosentase tingkat keluhan yang dialami operator dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Persentase Tingkat Keluhan Operator

| No | Jenis Keluhan                   | Jumlah Operator (orang) | Persentase Tingkat Keluhan (%) |
|----|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1  | Sakit pada bahu kiri            | 3                       | 50%                            |
| 2  | Sakit pada bahu kanan           | 4                       | 66,67%                         |
| 3  | Sakit pada tangan kanan         | 2                       | 33,33%                         |
| 4  | Sakit pada tangan kiri          | 2                       | 33,33%                         |
| 5  | Sakit pada betis kanan          | 1                       | 16,67%                         |
| 6  | Sakit pada lengan bawah kanan   | 1                       | 16,67%                         |
| 7  | Sakit pada paha kanan           | 2                       | 33,33%                         |
| 8  | Sakit pada paha kiri            | 1                       | 16,67%                         |
| 9  | Sakit pada lengan atas kanan    | 1                       | 16,67%                         |
| 10 | Sakit pada bawah leher          | 2                       | 33,33%                         |
| 11 | Sakit pada telapak tangan kanan | 2                       | 33,33%                         |
| 12 | Sakit pada telapak tangan kiri  | 1                       | 16,67%                         |
| 13 | Sakit pada kaki kanan           | 2                       | 33,33%                         |
| 14 | Sakit pada kaki kiri            | 1                       | 16,67%                         |
| 15 | Sakit pada punggung             | 5                       | 83,33%                         |
| 17 | Sakit pada pinggang             | 5                       | 83,33%                         |
| 18 | Sangat sakit pada pinggang      | 1                       | 16,67%                         |
| 19 | Sangat sakit pada bahu kanan    | 1                       | 16,67%                         |

(Sumber : Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 4.12 mengenai persentase keluhan pada tiap anggota tubuh operator pada proses *picking* dapat diketahui bahwa dari 6 operator, setiap operator mengalami keluhan yang berbeda di setiap bagian tubuhnya. Dapat diperoleh hasil tingkat keluhan terbesar yaitu berupa rasa sakit terjadi pada bagian pinggang dan punggung, yaitu sebesar 83,33%, dan sakit pada bagian bahu kanan sebesar 66,67%, sertanya hanya satu orang operator yang merasakan sangat sakit pada bagian tubuh pinggang dan bahu kanan. Dari hasil kuesioner *nordic body map*, untuk sikap kerja secara manual, dan sikap memindahkan beban dengan posisi membungkuk merupakan sikap kerja yang dapat menimbulkan kelelahan dan dapat menimbulkan cedera otot *muskuloskeletal*.

#### 4.2.2 Hasil Pengukuran Waktu Kerja Sebelum Perbaikan

Pengukuran waktu kerja pada proses ini menggunakan *methods time measurement (MTM)*. Metode ini *mem-break down* proses menjadi beberapa gerakan dasar yang sesuai pada tabel notasi gerakan MTM. Satuan waktu yang digunakan adalah *Time Measurement Unit (TMU)*. Hasil pengukuran waktu pada proses pengambilan *part* ini dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Pengukuran Waktu Kerja Sebelum Perbaikan

| No | Deskripsi Elemen Kerja                                       | Notasi Gerakan | TMU  | Ket. |
|----|--|----------------|------|------|
| 1  | Menjangkau label sejauh 12 inchi                             | R12B           | 12,9 |      |
| 2  | Memegang label   | G1A            | 2    |      |
| 3  | Membawa label sejauh 12 inchi ke depan rak                   | mM12B          | 13,4 |      |
| 4  | Memutar badan 108°   | TBC2           | 74,4 |      |
| 5  | Melihat tujuan rak pada label                                | EF             | 7,3  |      |
| 6  | Mencocokkan tujuan rak di label dengan tujuan rak di PIC     | ET45           | 12,8 |      |
| 7  | Membawa label sejauh 30 inchi ke kaleng tag                  | M30B           | 24,3 |      |
| 8  | Meletakkan label pada kaleng tag                             | P1SE           | 5,6  |      |
| 9  | Menjangkau PIC pada rak sejauh 30 inchi                      | mR30B          | 25,8 |      |
| 10 | Menggenggam PIC  | G1A            | 2    |      |
| 11 | Membawa PIC dari rak sejauh 50 inchi ke kaleng tag           | mM50B          | 36,3 |      |
| 12 | Meletakkan PIC pada kaleng tag                               | P1SE           | 5,6  |      |
| 13 | Cocokkan nomor <i>part</i> di label dengan nomor part di PIC | ET45           | 12,8 |      |

Lanjutan.....

Tabel 4.13 Hasil Pengukuran Waktu Kerja Sebelum Perbaikan (lanjutan)

| No | Deskripsi Elemen Kerja  | Notasi Gerakan | TMU  | Ket. |
|----|---|----------------|------|------|
| 14 | Menjangkau kanban <i>supply</i> pada <i>part</i> sejauh 8 inchi | R8B            | 10,1 |      |
| 15 | Memegang kanban <i>supply</i>                                   | G1A            | 2    |      |
| 16 | Membawa kanban <i>supply</i> sejauh 40 inchi ke tempat sampah   | M40B           | 30,3 |      |

|    |  |         |      |   |
|----|--|---------|------|---|
| 17 | Memutarakan badan 108°   | TBC2    | 74,4 |   |
| 18 | Melepas kanban <i>supply</i> ke tempat sampah  | RL1     | 2    |   |
| 19 | Memutarakan badan 108°   | TBC2    | 37,2 |   |
| 20 | Menjangkau kaleng tag yang di rak sejauh 30 inchi  | R30B    | 24,3 |   |
| 21 | Memegang kaleng tag  | G1A     | 2    |   |
| 22 | Mencocokkan spesifikasi <i>part</i> dengan ilustrasi di PIC                                    | EF      | 7,3  |   |
| 23 | Menjangkau <i>part</i> sejauh 8 inchi  | R8B     | 10,1 | Proses ini dilakukan sebanyak tiga kali |
| 24 | Menghitung jumlah <i>part</i>  | EF      | 7,3  |   |
| 25 | Menjangkau label yang di kaleng tag sejauh 10 inchi  | R10B    | 11,5 |   |
| 26 | Memegang label yang di kaleng tag  | G1A     | 2    |   |
| 27 | Membawa label sejauh 10 inchi ke kawat <i>part</i>   | mM10B   | 13,5 |   |
| 28 | Memegang kawat <i>part</i>   | G1C3    | 10,3 |   |
| 29 | Meletakkan label di kawat <i>part</i>  | P1SE    | 5,6  |   |
| 30 | Menggenggam <i>part</i>  | G1A     | 2    |   |
| 31 | Membawa <i>part</i> dengan beraat 10 pon dari rack sejauh 40 inchi untuk di tempatkan di palet | mM40B10 | 39,2 |   |
| 32 | Memutarakan badan 108° sambil membawa <i>part</i> dengan berat 10 pon                          | TBC2    | 74,4 |   |
| 33 | Meletakkan <i>part</i> pada palet  | P3NSD   | 53,4 |   |
| 34 | Melepaskan <i>part</i>   | RL1     | 2    |   |
| 35 | Memutarakan badan 108°   | TBC2    | 74,4 |   |
| 36 | Menjangkau pegangan rak sejauh 12 inchi  | R12B    | 12,9 |   |
| 37 | Memegang pegangan rak  | G1C3    | 10,3 |   |
| 38 | Mendorong rak sejauh 16 inchi  | mM16B   | 18,7 |   |
| 39 | Menjangkau <i>part</i> sejauh 14 inchi ke bawah  | R14B    | 14,4 | Proses ini dilakukan sebanyak tiga kali |
| 40 | Badan membungkuk   | B       | 29   |   |
| 41 | Memegang <i>part</i>   | G1A     | 2    |   |
| 42 | Berdiri dari posisi membungkuk sambil membawa <i>part</i> t                                    | AB      | 31,9 |   |
| 43 | Membawa <i>part</i> sejauh 40 inchi ke palet dengan berat 10 pon                               | mM40B10 | 30,3 |   |
| 44 | Memutarakan badan 108° sambil membawa <i>part</i> dengan berat 10 pon                          | TBC2    | 74,4 |   |

Lanjutan.....

Tabel 4.13 Hasil Pengukuran Waktu Kerja Sebelum Perbaikan (lanjutan)

| No | Deskripsi Elemen Kerja            | Notasi Gerakan | TMU  | Ket.                                    |
|----|-----------------------------------|----------------|------|---|
| 45 | Badan membungkuk                  | B              | 29   | Proses ini dilakukan sebanyak tiga kali |
| 46 | Meletakkan <i>part</i> pada palet | P3NSD          | 53,4 |   |
| 47 | Melepaskan <i>part</i>            | RL1            | 2    |   |

|       |   |      |        |      |
|-------|---|------|--------|------|
| 48    | Badan berdiri tegak kembali dari posisi bungkuk | AB   | 31,9   | kali |
| 49    | Memutarakan badan 108°                          | TBC2 | 74,4   |      |
| 50    | Menjangkau pegangan rak sejauh 28 inchi         | R28B | 23,1   |      |
| 51    | Memegang pegangan rak                           | G1C3 | 10,3   |      |
| 52    | Menarik rak sejauh 16 inchi                     | M16B | 18,7   |      |
| Total |   |      | 2428,3 |      |

(Sumber : Pengolahan Data)

Jadi berdasarkan hasil pengukuran waktu kerja dengan menggunakan MTM, maka besarnya waktu proses pengambilan *part* dari rak sebelum dilakukan perbaikan adalah sebesar 2428,3 TMU

### 4.2.3 Penilaian Postur Kerja dengan Metode REBA

Pada proses ini akan dilakukan penilaian postur kerja dengan metode REBA. Metode ini membagi bagian tubuh operator menjadi 2 grup yaitu grup A dan grup B. Grup A terdiri dari punggung (*trunk*), leher (*neck*), dan kaki (*legs*), sedangkan grup B terdiri dari lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*) dan telapak tangan (*wrist*). Metode REBA digunakan untuk mengetahui aman atau tidaknya postur kerja operator yang dilakukan berdasarkan aktivitasnya. Aktivitas yang dilakukan operator proses *picking* adalah proses mengangkat *part* dari rak dan menempatkan *part* ke palet yang ada di troli.

#### 4.2.3.1 Penilaian Aktivitas Mengangkat Part dari Rak

Penilaian dengan metode REBA dari postur kerja harus didasarkan pada sudut-sudut yang terbentuk oleh bagian tubuh seperti punggung (*trunk*), leher (*neck*), kaki (*legs*), lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*) dan telapak tangan (*wrist*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Sudut Bagian Tubuh Operator Pada Aktivitas Mengangkat *Part* dari Rak  
(Sumber : Pengumpulan Data)

Berdasarkan gambar di atas, maka didapatkan penilaian REBA dari postur kerja tersebut adalah sebagai berikut :

1. Grup A

a. Punggung (*Trunk*)

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa pergerakan punggung termasuk dalam posisi bungkuk dengan sudut  $78^{\circ}$ . Skor REBA untuk pergerakan punggung ini sesuai Tabel 2.5 adalah 4. Karena pada posisi ini operator membungkuk sambil memutar maka skor ditambah 1, sehingga skornya menjadi 5.

b. Leher (*neck*)

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa pergerakan leher dengan sudut sebesar  $28^{\circ}$ . Skor REBA untuk pergerakan leher ini sesuai Tabel 2.6 adalah 2.

c. Kaki (*Legs*)

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa kaki tertopang ketika berjalan dengan bobot tersebar secara merata diberi skor 1, karena lutut membentuk sudut  $15^{\circ}$  dan memutar sehingga terjadi penambahan skor 1, Sehingga skor REBA untuk pergerakan kaki ini sesuai Tabel 2.8 adalah 2.

Penentuan skor untuk grup A dilakukan dengan menggunakan tabel A pada REBA *worksheet*. Berdasarkan penilaian di atas maka didapatkan nilai REBA grup A dengan nilai dari masing-masing bagian adalah:

❖ Punggung (*trunk*) = 5

❖ Leher (*neck*) = 2

❖ Kaki (*legs*) = 2

Dari nilai REBA tersebut dapat ditentukan skor REBA untuk grup A dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- ✓ Pada kolom pertama, masukkan nilai untuk punggung (*trunk*) yaitu 5 kemudian tarik garis ke arah kanan
- ✓ Pada baris *neck*, masukkan nilai untuk leher yaitu 2 dan dilanjutkan ke baris *legs* dibawahnya, masukkan nilai pergerakan kaki yaitu 2. Selanjutnya tarik garis ke bawah sampai bertemu dengan nilai untuk *trunk*.
- ✓ Diketahui skor untuk grup A adalah 7

Berikut ini adalah hasil penentuan skor untuk grup A berdasarkan Tabel 2.14. Tabel 4.14 Skor Grup A (*Trunk, Neck, Legs*)

| Grup A                    | Neck |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                           |      | 1 |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   |
|                           | Legs | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Trunk<br>Posture<br>score | 1    | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|                           | 2    | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|                           | 3    | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|                           | 4    | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|                           | 5    | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

(Sumber : Pengolahan Data)

Setelah didapatkan skor untuk grup A, kemudian dijumlahkan dengan skor untuk berat beban yang diangkat dengan ketentuan seperti yang tercantum pada Tabel 2.14, operator mengangkat *part* yang beratnya di bawah 5 kg memiliki skor 0. Jadi skor total grup A setelah ditambah beban adalah:

- ✓ Nilai tabel A = 7
- ✓ Skor Berat beban = 0
- ✓ Total skor A = 7+0 = 7

## 2. Grup B

### a. Lengan atas (*upper arm*)

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa sudut pergerakan lengan atas ke depan (*flexion*) terhadap sumbu tubuh sebesar  $53^\circ$  termasuk dalam *range* pergerakan  $45^\circ - 90^\circ$  *flexion*, sehingga bernilai 3 karena badan akan memutar, maka terjadi perubahan skor +1 sehingga skornya  $3+1 = 4$ . Nilai REBA untuk pergerakan lengan atas ini sesuai Tabel 2.8 adalah 4.

### b. Lengan bawah (*lower arm*)

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa sudut pergerakan lengan bawah ke depan (*flexion*) terhadap lengan atas sebesar  $60^\circ$  termasuk dalam *range* pergerakan  $60^\circ - 100^\circ$  *Flexion*. Nilai REBA untuk pergerakan lengan bawah ini sesuai Tabel 2.9 adalah 1.

### c. Telapak tangan (*wrist*)

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa sudut pergerakan telapak tangan ke depan (*flexion*) sebesar  $30^\circ$  terhadap lengan bawah termasuk dalam *range* pergerakan  $>15^\circ$  *flexion*, sehingga nilai yang diperoleh adalah 2. Karena pada saat memegang *part* tangan harus menyesuaikan, maka skor ditambah 1. Skor REBA untuk pergerakan lengan bawah ini sesuai Tabel 2.10 adalah 3.

Penentuan skor untuk grup B dilakukan dengan menggunakan tabel B pada REBA *worksheet*. Berdasarkan penilaian di atas maka didapatkan nilai REBA grup B dengan nilai dari masing-masing bagian adalah:

- ❖ Lengan atas (*upper arm*) = 4
- ❖ Lengan bawah (*lower arm*) = 1
- ❖ Telapak tangan (*wrist*) = 3

Dari nilai REBA tersebut dapat ditentukan skor REBA untuk grup B dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- ✓ Pada kolom pertama, masukkan nilai untuk lengan atas (*upper arm*) yaitu 4 kemudian tarik garis ke arah kanan
- ✓ Pada baris *lower arm* masukkan nilai untuk *lower arm* yaitu 1 dan dilanjutkan ke baris *wrist* dibawahnya, masukkan nilai telapak kaki yaitu 3. Selanjutnya tarik garis ke bawah sampai bertemu dengan nilai untuk *upper arm*.
- ✓ Diketahui skor untuk grup B adalah 5.

Berikut ini adalah hasil penentuan skor untuk grup B berdasarkan Tabel 2.15. Tabel 4.15 Skor Grup B (*Upper Arm, Lower Arm, Wrist*)

| Grup B          | Lower Arm |   |   |   |   |   |   |
|-----------------|-----------|---|---|---|---|---|---|
|                 |           | 1 |   |   | 2 |   |   |
|                 | Wrist     | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Upper Arm Score | 1         | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
|                 | 2         | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
|                 | 3         | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
|                 | 4         | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
|                 | 5         | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
|                 | 6         | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

(Sumber : Pengolahan Data)

Setelah didapatkan skor untuk grup B, kemudian dijumlahkan dengan skor untuk *coupling* dengan ketentuan seperti yang tercantum pada Tabel 2.15, dimana ketika operator memegang *part*, operator harus menyesuaikan posisi telapak tangan,

sehingga skor couplingnya adalah 1. Jadi skor total grup A setelah ditambah dengan *coupling* adalah:

- ✓ Nilai tabel B = 5
- ✓ Nilai *coupling* = 1
- ✓ Total skor B = 5+1 = 6

Penentuan skor total REBA untuk aktivitas mengangkat *part* dari rak dilakukan dengan menggabungkan skor grup A dan grup B dengan menggunakan Tabel C. Pada kolom skor A masukkan nilai 7 dan tarik garis ke kanan. Kemudian pada baris skor B masukkan nilai 6 dan tarik ke bawah sampai bertemu nilai untuk skor A sehingga diketahui skor C. Adapun skor C dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 *Grand Score REBA*

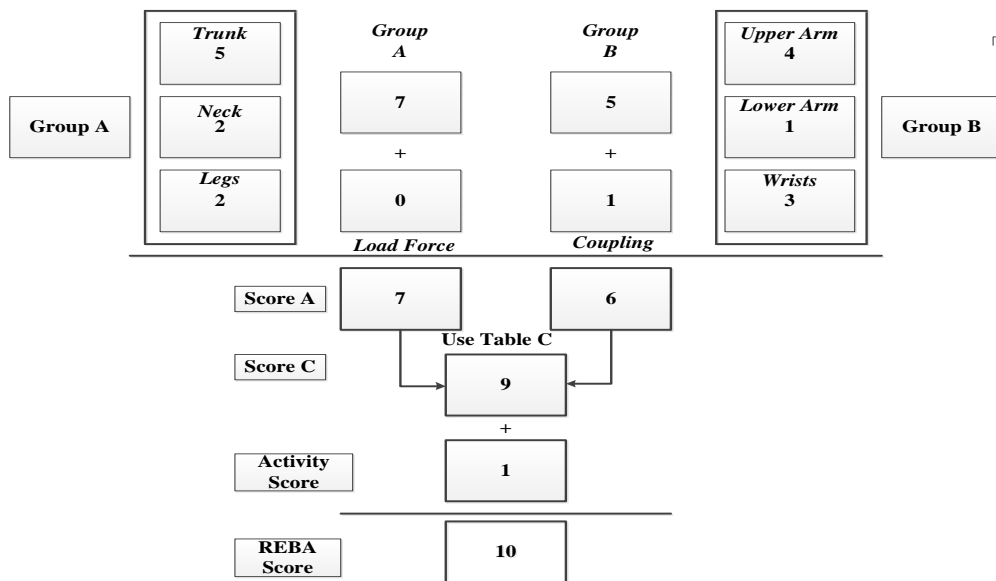
| Score A (score from Table A + load/force score) | Table C                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | Score B, (Table B value + coupling score) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|   | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 1   | 1   | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 7  |
| 2   | 1   | 2  | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  |
| 3   | 2   | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 8  |
| 4   | 3   | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  |
| 5   | 4   | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 6   | 6   | 6  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7   | 7   | 7  | 7  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8   | 8   | 8  | 8  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9   | 9   | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10  | 10  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11  | 11  | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12  | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

(Sumber : Pengolahan Data)

Nilai total REBA didapatkan dari hasil penjumlahan skor C dengan skor aktivitas operator . Dalam melakukan aktivitas, posisi tubuh operator mengalami pengulangan gerakan dalam waktu singkat (diulang lebih dari 4 kali per menit). Kegiatan tersebut memperoleh skor aktivitas sebesar 1.

$$\begin{aligned} \text{Skor REBA} &= \text{Skor C} + \text{skor aktivitas} \\ &= 9 + 1 = 10 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil penilaian total dapat dilihat pada Gambar 4.5.

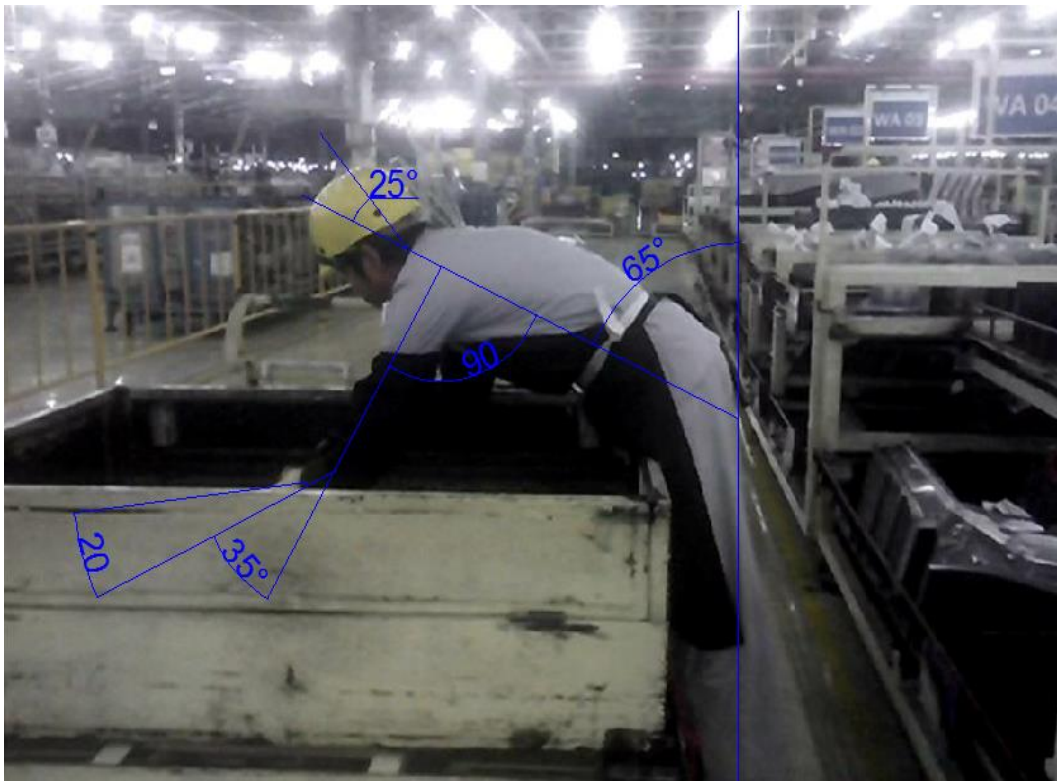


Gambar 4.5 Hasil Skor REBA  
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 2.16, jika skor REBA berada di antara kisaran 8-10, maka dapat diketahui level tindakannya adalah 3 dengan level risiko pada *muskuloskeletal* yaitu tinggi (*high*) dan perlu tindakan perbaikan segera untuk mengurangi risiko kerja. Dari hasil perhitungan total skor REBA didapatkan total skor REBA adalah 10, sehingga dapat disimpulkan bahwa aktivitas mengangkat *part* dari rak memiliki tingkat risiko yang tinggi dan perlu dilakukan tindakan perbaikan secepatnya untuk mengurangi risiko *muskuloskeletal* yang akan dialami oleh operator.

#### 4.2.3.2 Penilaian Aktivitas Menempatkan Part ke Palet

Penilaian dengan metode REBA dari postur kerja harus didasarkan pada sudut-sudut yang terbentuk oleh bagian tubuh seperti punggung (*trunk*), leher (*neck*), kaki (*legs*), lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*) dan telapak tangan (*wrist*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Sudut Bagian Tubuh Operator Pada Aktivitas Menempatkan *Part* ke Palet  
(Sumber : Pengumpulan Data)

Berdasarkan gambar di atas, maka didapatkan penilaian REBA dari postur kerja tersebut adalah sebagai berikut :

1. Grup A

a. Punggung (*Trunk*)

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa pergerakan punggung termasuk dalam posisi bungkuk dengan sudut  $65^{\circ}$ . Skor REBA untuk pergerakan punggung ini sesuai Tabel 2.5 adalah 4.

b. Leher (*neck*)

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa pergerakan leher dengan sudut sebesar  $28^{\circ}$ . Skor REBA untuk pergerakan leher sesuai Tabel 2.6 adalah 2.

c. Kaki (*Legs*)

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa kaki tertopang ketika berjalan dengan bobot tersebar secara merata, sehingga skor REBA untuk pergerakan kaki ini sesuai Tabel 2.8 adalah 1.

Penentuan skor untuk grup A dilakukan dengan menggunakan tabel A pada REBA *worksheet*. Berdasarkan penilaian di atas maka didapatkan nilai REBA grup A dengan nilai dari masing-masing bagian adalah:

- ❖ Punggung (*trunk*) = 4
- ❖ Leher (*neck*) = 2
- ❖ Kaki (*legs*) = 1

Dari nilai REBA tersebut dapat ditentukan skor REBA untuk grup A dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- ✓ Pada kolom pertama, masukkan nilai untuk punggung (*trunk*) yaitu 4 kemudian tarik garis ke arah kanan
- ✓ Pada baris *neck*, masukkan nilai untuk leher yaitu 2 dan dilanjutkan ke baris *legs* dibawahnya, masukkan nilai pergerakan kaki yaitu 1. Selanjutnya tarik garis ke bawah sampai bertemu dengan nilai untuk *trunk*.
- ✓ Diketahui skor untuk grup A adalah 5.

Berikut ini adalah hasil penentuan skor untuk grup A dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Skor Grup A (*Trunk, Neck, Legs*)

| Grup A              | Neck |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                     |      | 1 |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   |
|                     | Legs | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Trunk Posture score | 1    | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|                     | 2    | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|                     | 3    | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|                     | 4    | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|                     | 5    | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

(Sumber : Pengolahan Data)

Setelah didapatkan skor untuk grup A, kemudian dijumlahkan dengan skor untuk berat beban yang diangkat dengan ketentuan seperti yang tercantum pada Tabel II.14. Karena operator mengangkat *part* yang beratnya di bawah 5 kg memiliki skor 0. Jadi skor total grup A setelah ditambah beban adalah:

- ✓ Nilai tabel A = 5
- ✓ Skor Berat beban = 0
- ✓ Total skor A = 5+0 = 5

## 2. Grup B

### a. Lengan atas (*upper arm*)

Dari gambar 4.6 dapat diketahui bahwa sudut pergerakan lengan atas ke depan (*flexion*) terhadap sumbu tubuh sebesar  $90^\circ$  termasuk dalam *range* pergerakan  $45^\circ - 90^\circ$  *flexion*, sehingga nilai REBA untuk pergerakan lengan atas ini sesuai Tabel 2.8 adalah 3.

### b. Lengan bawah (*lower arm*)

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa sudut pergerakan lengan bawah ke depan (*flexion*) terhadap lengan atas sebesar  $35^\circ$  termasuk dalam *range* pergerakan dibawah  $60^\circ$  *flexion*, maka nilai REBA untuk pergerakan lengan bawah ini sesuai Tabel 2.9 adalah 2.

### c. Telapak tangan (*wrist*)

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa sudut pergerakan telapak tangan ke depan (*flexion*) sebesar  $20^\circ$  terhadap lengan bawah termasuk dalam *range* pergerakan  $>15^\circ$  *flexion*, sehingga nilai REBA untuk pergerakan lengan bawah ini sesuai Tabel 2.10 adalah 2.

Penentuan skor untuk grup B dilakukan dengan menggunakan tabel B pada REBA *worksheet*. Berdasarkan penilaian di atas maka didapatkan nilai REBA grup B dengan nilai dari masing-masing bagian adalah:

- ❖ Lengan atas (*upper arm*) = 3
- ❖ Lengan bawah (*lower arm*) = 2
- ❖ Telapak tangan (*wrist*) = 2

Dari nilai REBA tersebut dapat ditentukan skor REBA untuk grup B dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- ✓ Pada kolom pertama, masukkan nilai untuk lengan atas (*upper arm*) yaitu 3 kemudian tarik garis ke arah kanan
- ✓ Pada baris *lower arm* masukkan nilai untuk *lower arm* yaitu 2 dan dilanjutkan ke baris *wrist* dibawahnya, masukkan nilai telapak tangan yaitu 2. Selanjutnya tarik garis ke bawah sampai bertemu dengan nilai untuk *upper arm*.
- ✓ Diketahui skor untuk grup B adalah 5.

Berikut adalah hasil penentuan skor untuk grup B dapat dilihat pada Tabel 4.18. Tabel 4.18 Skor Grup B (*Upper Arm, Lower Arm, Wrist*)

| Grup B          | Lower Arm |   |   |   |   |   |   |
|-----------------|-----------|---|---|---|---|---|---|
|                 | Wrist     | 1 |   |   | 2 |   |   |
| Upper Arm Score | 1         | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
|                 | 2         | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
|                 | 3         | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
|                 | 4         | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
|                 | 5         | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
|                 | 6         | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

(Sumber : Pengolahan Data)

Setelah didapatkan skor untuk grup B, kemudian dijumlahkan dengan skor untuk *coupling* dengan ketentuan seperti yang tercantum pada Tabel 2.15, dimana ketika operator memegang *part*, operator harus menyesuaikan posisi telapak tangan, sehingga skor *coupling*nya adalah 1. Jadi skor total grup B setelah ditambah dengan *coupling* adalah:

- ✓ Nilai tabel B = 5
- ✓ Nilai *coupling* = 1
- ✓ Total skor B = 5+1 = 6

Penentuan skor total REBA untuk aktivitas mengangkat *part* dari rak dilakukan dengan menggabungkan skor grup A dan skor grup B dengan menggunakan Tabel C. Pada kolom skor A masukkan nilai 5 dan tarik garis ke kanan. Kemudian pada baris skor B masukkan nilai 6 dan tarik ke bawah sampai bertemu nilai untuk skor A sehingga diketahui skor C. Adapun hasil skor C dapat dilihat pada Tabel 4.19. Tabel 4.19 *Grand Score REBA*.

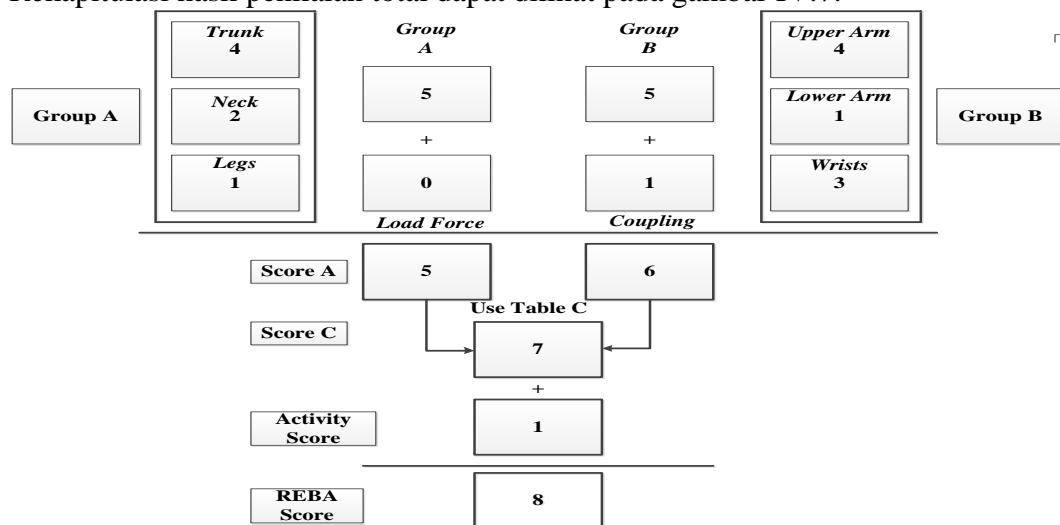
| Score A (score from Table A + load/force score) | Table C                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | Score B, (Table B value + coupling score) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|   | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 1   | 1   | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 7  |
| 2   | 1   | 2  | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  |
| 3   | 2   | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 8  |
| 4   | 3   | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  |
| 5   | 4   | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 6   | 6   | 6  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7   | 7   | 7  | 7  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8   | 8   | 8  | 8  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9   | 9   | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10  | 10  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11  | 11  | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12  | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

(Sumber : Pengolahan Data)

Nilai total REBA didapatkan dari hasil penjumlahan skor C dengan skor aktivitas operator . Dalam melakukan aktivitas, posisi tubuh operator mengalami pengulangan gerakan dalam waktu singkat (diulang lebih dari 4 kali per menit). Kegiatan tersebut memperoleh skor aktivitas sebesar 1.

$$\begin{aligned} \text{Skor REBA} &= \text{Skor C} + \text{skor aktivitas} \\ &= 7 + 1 = 8 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil penilaian total dapat dilihat pada gambar IV.7.



Gambar IV.7 Hasil Skor REBA  
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel II.16, jika skor REBA berada di antara kisaran 8-10, maka dapat diketahui level tindakannya berada pada posisi 3 dengan level risiko yang akan dialami yaitu tinggi (*high*) dan perlu segera dilakukan tindakan untuk mengurangi risiko kerja. Dari hasil perhitungan total skor REBA didapatkan total skor REBA adalah 8, sehingga dapat disimpulkan bahwa aktivitas menempatkan *part* ke palet memiliki tingkat risiko yang tinggi dan perlu segera dilakukan tindakan untuk mengurangi risiko *muskuloskeletal* pada operator.

Berdasarkan hasil penilaian postur kerja dengan metode REBA pada aktivitas proses *picking* di atas, maka aktivitas mengangkat *part* dari rak memiliki skor REBA terbesar dan mengalami tinggi terhadap risiko *muskuloskeletal*, sehingga perlu segera dilakukan tindakan perbaikan. Oleh karena itu, aktivitas mengangkat *part* dari rak dijadikan prioritas perbaikan pada penelitian ini. Hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi potensi risiko pada aktivitas ini adalah dengan melakukan perancangan fasilitas kerja yang ergonomis yaitu dengan merancang rak yang ergonomis yang sesuai dengan antropometri operator. Hal ini dimungkinkan untuk mengurangi terjadinya risiko *muskuloskeletal* pada operator, sehingga operator dapat bekerja dengan aman dan nyaman.

#### 4.2.4 Penentuan Ukuran Anthropometri Operator dalam Perancangan

Dalam perancangan rak ini diperlukan data antropometri yang digunakan untuk menetapkan ukuran rancangan. Hal ini dimaksudkan agar rancangan yang

dihasilkan dapat digunakan dengan baik dan disesuaikan atau paling tidak mendekati karakteristik operator pada proses *picking part*. Pengambilan data diperoleh dari hasil pengukuran anthropometri operator sebanyak 6 orang. Adapun data anthropometri yang dibutuhkan dalam perancangan, meliputi:

1. Tinggi siku berdiri (TSB) digunakan untuk menentukan ukuran tinggi layer rak paling atas dari permukaan lantai
2. Tinggi jangkauan maksimal (TJM) digunakan untuk menentukan ukuran tinggi layer rak paling bawah dari permukaan lantai
3. Diameter lingkaran genggam (DLG) digunakan untuk menentukan diameter pegangan layer pada rak yang digunakan
4. Lebar telapak tangan (LTT) digunakan untuk menentukan lebar pegangan layer rak

#### 4.2.5 Uji Statistik

Uji statistik pada penelitian ini terdiri dari uji kenormalan data, uji kecukupan data, dan uji keseragaman data.

##### 4.2.5.1 Uji Kenormalan Data

Uji kenormalan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang telah diperoleh dari hasil penelitian berdistribusi normal atau tidak. Uji kenormalan data pada penelitian ini menggunakan perhitungan manual di *Microsoft Excel*. Pada perhitungan manual ini tingkat ketelitian yang digunakan adalah 10% , dengan ketentuan apabila  $D_n < D_{crit}$ , maka data terdistribusi normal dan sebaliknya. Pada program *Minitab*, menggunakan *Minitab Normality Test* dengan Adapun hasil uji kenormalan data anthropometri operator bagian tinggi siku berdiri (TSB) dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Uji Kenormalan dengan *Kolmogorov-Smirnov*

| i     | $t_i$ | $\ln(t_i)$ | $(t_i - \bar{t})$ | $(t_i - \bar{t})^2$ | $z_i = (t_i - \bar{t})/s$ | $\Phi(z_i)$ | $D_1(i)$ | $D_2(i)$ |
|-------|-------|------------|-------------------|---------------------|---------------------------|-------------|----------|----------|
| 1     | 105,4 | 4,658      | -2,350            | 5,522               | -1,158                    | 0,123       | 0,123    | 0,020    |
| 2     | 105,9 | 4,662      | -1,850            | 3,422               | -0,912                    | 0,181       | 0,014    | 0,105    |
| 3     | 107,3 | 4,676      | -0,450            | 0,203               | -0,222                    | 0,412       | 0,079    | 0,016    |
| 4     | 107,9 | 4,681      | 0,150             | 0,023               | 0,074                     | 0,529       | 0,029    | 0,042    |
| 5     | 109,2 | 4,693      | 1,450             | 2,103               | 0,715                     | 0,763       | 0,096    | -0,048   |
| 6     | 110,8 | 4,708      | 3,050             | 9,302               | 1,504                     | 0,934       | 0,100    | -0,077   |
| Total | 646,5 |            |                   | 20,575              | 0,000                     |             |          |          |

(Sumber : Pengolahan Data)

Berdasarkan perhitungan uji kenormalan di atas, karena tingkat ketelitian yang digunakan adalah 10% dan jumlah data (n) sebanyak 6, maka nilai  $D_{crit}$

berdasarkan tabel nilai kritis *Kolmogorov-Smirnov* (Lampiran D) adalah 0,468. Besarnya  $D_n$  ( $D_n = \max \{D_1, D_2\}$ ) adalah 0,123. Jadi berdasarkan perhitungan tersebut, karena  $D_n < D_{crit}$  atau  $0,123 < 0,468$ , maka dapat disimpulkan data bagian tinggi siku berdiri (TSB) operator berdistribusi normal. Adapun perhitungan uji kenormalan data secara manual untuk semua data antropometri operator dapat dilihat pada Lampiran E dan rekapitulasi uji kenormalan data dengan cara manual dapat dilihat pada Tabel 4.21.

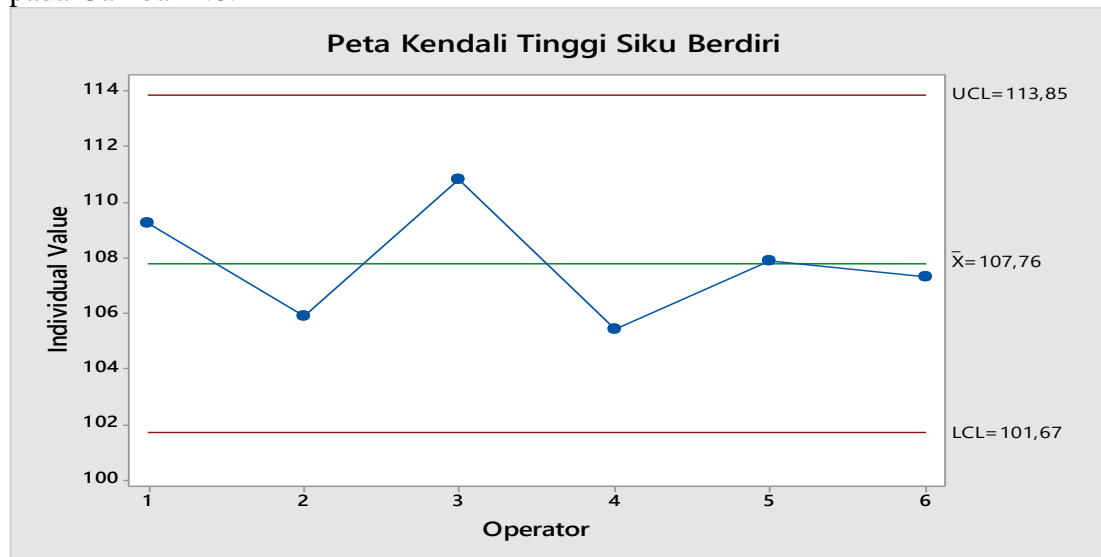
Tabel 4.21 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data dengan Cara Manual

| No. | Bagian Tubuh                     | $D_n$ | $D_{crit}$ | Keterangan |
|-----|----------------------------------|-------|------------|------------|
| 1   | Tinggi Siku Berdiri              | 0,123 | 0,468      | Normal     |
| 2   | Tinggi Jangkauan Maksimal (TJM)  | 0,223 | 0,468      | Normal     |
| 3   | Diameter lingkaran genggam (DLG) | 0,451 | 0,468      | Normal     |
| 4   | Lebar telapak tangan (LTT)       | 0,174 | 0,468      | Normal     |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

#### 4.2.5.2 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan terhadap data antropometri operator yang telah ditentukan sesuai dengan Tabel 4.7. Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data-data yang diperoleh berada di antara batas kontrol atau diluar batas kontrol. Uji keseragaman data pada penelitian ini menggunakan *software Minitab* dengan tingkat kepercayaan 95%. Adapun hasil uji keseragaman data antropometri operator pada bagian tinggi siku berdiri (TSB) dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Uji Keseragaman Data Anthropometri TSB Operator  
(Sumber : Pengolahan Data)

Dari Gambar IV.7 dapat dilihat bahwa semua data berada di antara *Upper Control Limit (UCL)* dan *Lower Control Limit (LCL)*, ini berarti data antropometri operator pada bagian tinggi siku berdiri (TSB) dinyatakan seragam.

Hasil uji keseragaman data untuk semua bagian tubuh operator berdasarkan dapat dilihat pada Lampiran E, sedangkan rekapitulasi hasil uji keseragaman data untuk semua bagian tubuh dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Rekapitulasi Hasil Uji Keseragaman Data Anthropometri

| No. | Bagian Tubuh                     | Rata-rata | LCL (cm) | UCL (cm) | Keterangan |
|-----|----------------------------------|-----------|----------|----------|------------|
| 1   | Tinggi siku berdiri              | 107,8 cm  | 101,67   | 113,85   | Seragam    |
| 2   | Tinggi jangkauan maksimal (TJM)  | 63,9 cm   | 59,1     | 68,64    | Seragam    |
| 3   | Diameter lingkaran genggam (DLG) | 3,8 cm    | 3,09     | 4,41     | Seragam    |
| 4   | Lebar telapak tangan (LTT)       | 9,4 cm    | 8,26     | 10,48    | Seragam    |

(Sumber : Pengolahan Data)

#### 4.2.5.3 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data ini dilakukan untuk mengetahui apakah data yang telah diambil dalam pengamatan ini sudah cukup atau belum dengan ketentuan, apabila  $N > N'$  maka data tersebut dinyatakan mencukupi. Perhitungan uji kecukupan data menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 10%. Adapun hasil uji kecukupan data anthropometri untuk tinggi siku berdiri (TSB) sebagai berikut.

$$N' = \left[ \frac{Z_{\alpha} \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{a} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{6(69687,5) - (418001,041)}}{646,53} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{123,977}}{646,53} \right]^2$$

$$N' = 0,12 \approx 1$$

Berdasarkan hasil perhitungan uji kecukupan data di atas dapat disimpulkan, bahwa data tersebut sudah mencukupi, karena  $N' = 0,53 < N = 6$ . Perhitungan uji kecukupan data lainnya dapat dilihat pada Lampiran E. Sedangkan hasil rekapitulasi uji kecukupan data dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data

| No | Bagian Tubuh                     | N' | N | Keterangan |
|----|----------------------------------|----|---|------------|
| 1  | Tinggi siku berdiri              | 1  | 6 | Cukup      |
| 2  | Tinggi jangkauan maksimal (TJM)  | 1  | 6 | Cukup      |
| 3  | Diameter lingkaran genggam (DLG) | 2  | 6 | Cukup      |
| 4  | Lebar telapak tangan (LTT)       | 1  | 6 | Cukup      |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

#### 4.2.6 Perhitungan Persentil

Perhitungan persentil dilakukan untuk mendapatkan batas ukuran yang diperlukan. Persentil yang digunakan yaitu persentil 5, 50 dan 95. Penentuan persentil ini ditentukan dengan pertimbangan bahwa persentil ini dapat mengakomodasi data persentil ke 5 atau 95. Persentil ini dapat dihitung berdasarkan rumus seperti pada Tabel 2.17. Sebelum menghitung persentil terlebih dahulu ditentukan nilai rata-rata dan standar deviasi dari masing-masing data antropometri pada Tabel 4.7. Adapun perhitungan rata-rata dan standar deviasi dari tinggi siku berdiri (TSB) data antropometri operator sebagai berikut:

a. Nilai Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{109,2 + 105,9 + 110,8 + 105,4 + 107,9 + 107,3}{6}$$

$$\bar{X} = 107,8$$

b. Standar Deviasi

$$\delta x = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$\delta x = \sqrt{\frac{(109,2 - 107,75)^2 + (105,9 - 107,75)^2 + (110,8 - 107,75)^2 + (105,4 - 107,75)^2 + (107,9 - 107,75)^2 + (107,3 - 107,75)^2}{6 - 1}}$$

$$\delta x = \sqrt{\frac{20,57}{5}}$$

$$\delta x = 2,03$$

Dengan cara yang sama maka perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi dari tubuh operator dapat dilihat pada Lampiran E, sedangkan rekapitulasi nilai rata-rata dan standar deviasi antropometri dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Rekapitulasi Nilai Rata-rata dan Standar Deviasi Anthropometri

| No. | Bagian Tubuh                     | Rata-rata | Standar Deviasi |
|-----|----------------------------------|-----------|-----------------|
| 1   | Tinggi siku berdiri              | 107,8 cm  | 2,03            |
| 2   | Tinggi jangkauan maksimal (TJM)  | 63,9 cm   | 1,59            |
| 3   | Diameter lingkaran genggam (DLG) | 3,8 cm    | 0,22            |
| 4   | Lebar telapak tangan (LTT)       | 9,4 cm    | 0,37            |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi di atas, maka dapat dihitung nilai yaitu:

➤  $P5 = 107,8 - (1,645 \times 2,03) = 104,4$

- P50 = 107,8
- P95 = 107,8 + (1,645 x 2,03) = 111,1

Berdasarkan perhitungan data tinggi siku berdiri nilai persentil 5 sebesar 104,4 cm, persentil 50 sebesar 107,8 cm, dan nilai persentil 95 sebesar 111,1 cm. Untuk perhitungan persentil dimensi anthropometri keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran E. Sedangkan rekapitulasinya dapat dilihat pada Tabel 4.25.

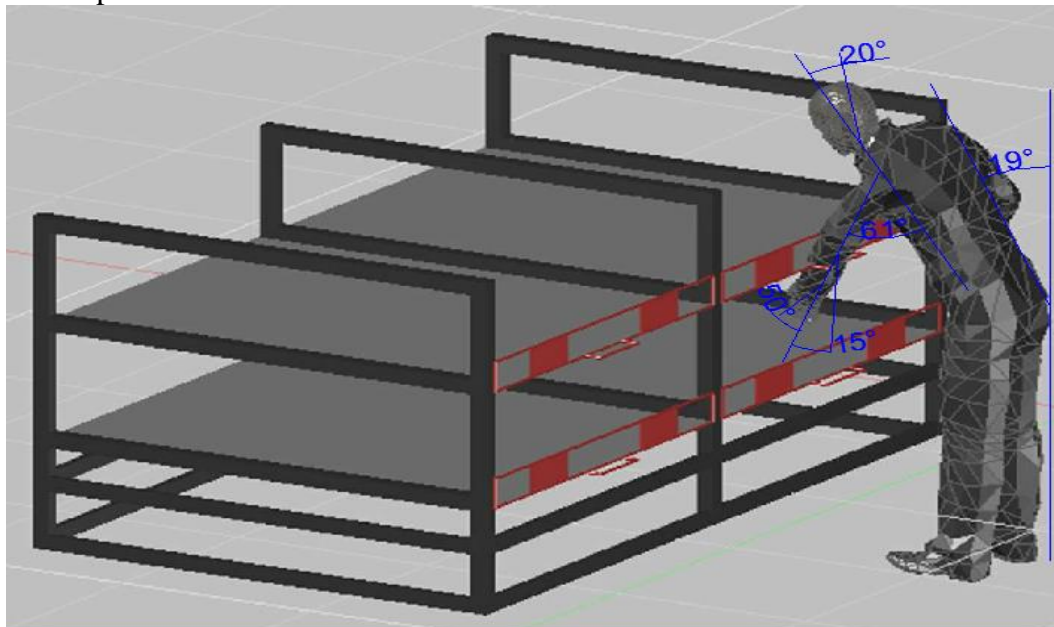
Tabel 4.25 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Persentil Data Anthropometri

| No. | Data yang Diukur                 | Rata-rata | SD   | P5     | P50    | P95   |
|-----|----------------------------------|-----------|------|--------|--------|-------|
| 1   | Tinggi siku berdiri (TSB)        | 107,8 cm  | 2,03 | 104,22 | 107,76 | 111,1 |
| 2   | Tinggi jangkauan maksimal (TJM)  | 63,9 cm   | 1,59 | 61,25  | 66,49  | 66,66 |
| 3   | Diameter lingkaran genggam (DLG) | 3,8 cm    | 0,22 | 3,38   | 3,75   | 4,11  |
| 4   | Lebar telapak tangan (LTT)       | 9,4 cm    | 0,37 | 8,76   | 9,37   | 9,97  |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### 4.3 Penilaian Postur Kerja Setelah Perancangan

Pada tahapan ini juga dilakukan penilaian postur kerja dengan metode REBA pada gambar 3D setelah perancangan. Tujuannya untuk mengetahui apakah postur kerja operator setelah perancangan masih berpotensi menimbulkan cedera otot atau tidak. Proses penilaian postur kerja untuk operator setelah perancangan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Sudut Bagian Tubuh Operator Pada Aktivitas Mengangkat *Part* dari Rak Setelah Perancangan

(Sumber : Pengolahan Data)

Berdasarkan gambar di atas, maka didapatkan penilaian REBA dari postur kerja tersebut adalah sebagai berikut :

1. Grup A

a. Punggung (*Trunk*)

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa pergerakan punggung termasuk dalam posisi sedikit membungkuk dengan sudut  $19^{\circ}$ . Skor REBA untuk pergerakan punggung ini sesuai Tabel II.5 adalah 2.

b. Leher (*neck*)

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa pergerakan leher dengan sudut sebesar  $20^{\circ}$ . Skor REBA untuk pergerakan leher sesuai Tabel II.6 adalah 1.

c. Kaki (*Legs*)

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa kaki berdiri lurus, tertopang ketika berjalan dengan bobot tersebar secara merata, sehingga skor REBA untuk pergerakan kaki ini sesuai Tabel II.8 adalah 1.

Penentuan skor untuk grup A dilakukan dengan menggunakan tabel A pada REBA *worksheet*. Berdasarkan penilaian di atas maka nilai REBA grup A dengan nilai dari masing-masing bagian adalah:

❖ Punggung (*trunk*) = 2

❖ Leher (*neck*) = 1

❖ Kaki (*legs*) = 1

Dari nilai REBA tersebut dapat ditentukan skor REBA untuk grup A dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- ✓ Pada kolom pertama, masukkan nilai untuk punggung (*trunk*) yaitu 2 kemudian tarik garis ke arah kanan
- ✓ Pada baris *neck*, masukkan nilai untuk leher yaitu 1 dan dilanjutkan ke baris *legs* dibawahnya, masukkan nilai pergerakan kaki yaitu 1. Selanjutnya tarik garis ke bawah sampai bertemu dengan nilai untuk *trunk*.
- ✓ Diketahui skor untuk grup A adalah 2

Berikut ini hasil penentuan skor untuk grup A dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Skor Grup A (*Trunk, Neck, Legs*)

| Grup A              | Neck |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                     |      | 1 |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   |   |
|                     | Legs | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Trunk Posture score | 1    | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|                     | 2    | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|                     | 3    | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|                     | 4    | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|                     | 5    | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |

(Sumber : Pengolahan Data)

Setelah didapatkan skor untuk grup A, kemudian dijumlahkan dengan skor untuk berat beban yang diangkat dengan ketentuan seperti yang tercantum pada Tabel 2.14, operator mengangkat *part* yang beratnya di bawah 5 kg memiliki skor 0 dan dilakukan berulang-ulang sehingga terjadi perubahan skor menjadi 1. Jadi skor total grup A setelah ditambah beban adalah:

- ✓ Nilai tabel A = 2
- ✓ Skor Berat beban = 1
- ✓ Total skor A = 2+1 = 3

## 2. Grup B

### a. Lengan atas (*upper arm*)

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa sudut pergerakan lengan atas ke depan (*flexion*) terhadap sumbu tubuh sebesar  $61^\circ$  termasuk dalam *range* pergerakan  $45^\circ - 90^\circ$  *flexion*, sehingga nilai REBA untuk pergerakan lengan atas ini sesuai tabel 2.8 adalah 3.

### b. Lengan bawah (*lower arm*)

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa sudut pergerakan lengan bawah ke depan (*flexion*) terhadap lengan atas sebesar  $15^\circ$  termasuk dalam *range* pergerakan  $0^\circ - 50^\circ$  *Flexion*. Nilai REBA untuk pergerakan lengan bawah ini sesuai tabel 2.9 adalah 2.

### c. Telapak tangan (*wrist*)

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa sudut pergerakan telapak tangan ke depan (*flexion*) sebesar  $50^\circ$  terhadap lengan bawah termasuk dalam *range* pergerakan  $>15^\circ$  *flexion*, sehingga skor REBA untuk pergerakan lengan bawah ini sesuai Tabel II.10 adalah 2.

Penentuan skor untuk grup B dilakukan dengan menggunakan Tabel B pada REBA *worksheet*. Berdasarkan penilaian di atas maka didapatkan nilai REBA grup B dengan nilai dari masing-masing bagian adalah:

- ❖ Lengan atas (*upper arm*) = 3
- ❖ Lengan bawah (*lower arm*) = 2
- ❖ Telapak tangan (*wrist*) = 2

Dari nilai REBA tersebut dapat ditentukan skor REBA untuk grup B dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- ✓ Pada kolom pertama, masukkan nilai untuk lengan atas (*upper arm*) yaitu 3 kemudian tarik garis ke arah kanan
- ✓ Pada baris *lower arm* masukkan nilai untuk *lower arm* yaitu 2 dan dilanjutkan ke baris *wrist* dibawahnya, masukkan nilai telapak kaki yaitu 2. Selanjutnya tarik garis ke bawah sampai bertemu dengan nilai untuk *upper arm*.
- ✓ Diketahui skor untuk grup B adalah 5.

Berikut ini adalah hasil penentuan skor untuk grup B yang dapat dilihat pada Tabel 4.27

Tabel 4.27 Skor Grup B (*Upper Arm, Lower Arm, Wrist*)

| Grup B          | Lower Arm |   |   |   |   |   |   |
|-----------------|-----------|---|---|---|---|---|---|
|                 | Wrist     | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Upper Arm Score | 1         | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
|                 | 2         | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
|                 | 3         | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
|                 | 4         | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
|                 | 5         | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
|                 | 6         | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |

(Sumber : Pengolahan Data)

Setelah didapatkan skor untuk grup B, kemudian dijumlahkan dengan skor untuk *coupling* dengan ketentuan seperti yang tercantum pada Tabel 2.15, dimana ketika operator memegang *part*, operator harus menyesuaikan posisi telapak tangan, sehingga skor *coupling*nya adalah 1. Jadi skor total grup B setelah ditambah dengan *coupling* adalah:

- ✓ Nilai tabel B = 5
- ✓ Nilai *coupling* = 1
- ✓ Total skor B = 5+1 = 6

Penentuan skor total REBA untuk aktivitas mengangkat *part* dari rak dilakukan dengan menggabungkan skor grup A dan skor grup B dengan Tabel C. Pada kolom skor A masukkan nilai 3 dan tarik garis ke kanan. Kemudian pada baris skor B masukkan nilai 6 dan tarik ke bawah sampai bertemu nilai untuk skor A sehingga diketahui skor C. Adapun hasil skor C dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 *Grand Score REBA* Setelah Perbaikan

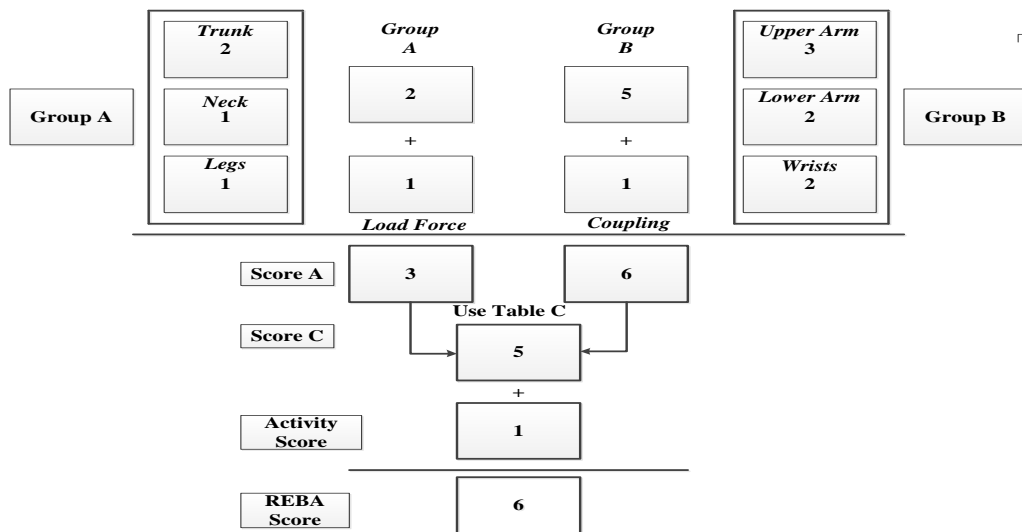
| Score A (score from Table A + load/force score) | Table C                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | Score B, (Table B value + coupling score) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|   | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 1   | 1   | 1  | 1  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 7  |
| 2   | 1   | 2  | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  |
| 3   | 2   | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 8  |
| 4   | 3   | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  |
| 5   | 4   | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 6   | 6   | 6  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7   | 7   | 7  | 7  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8   | 8   | 8  | 8  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9   | 9   | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10  | 10  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11  | 11  | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12  | 12  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

(Sumber : Pengolahan Data)

Nilai total REBA didapatkan dari hasil penjumlahan skor C dengan skor aktivitas operator . Dalam melakukan aktivitas, posisi tubuh operator mengalami pengulangan gerakan dalam waktu singkat (diulang lebih dari 4 kali per menit). Kegiatan tersebut memperoleh skor aktivitas sebesar 1.

$$\begin{aligned} \text{Skor REBA} &= \text{Skor C} + \text{skor aktivitas} \\ &= 5 + 1 = 6 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil penilaian total dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil Skor REBA  
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan fasilitas kerja usulan yang telah disimulasikan dengan *software Autocad*, yang kemudian dinilai dengan metode REBA, menghasilkan hasil analisa postur pada kategori level 2, dimana keluhan otot sudah bisa diabaikan/sedang sehingga operator hanya membutuhkan rotasi kerja, agar operator dalam memindahkan komponen tidak mengalami cedera otot yang lebih serius. Maka fasilitas kerja usulan dapat dikatakan sudah sesuai dengan postur kerja yang aman bagi operator.

#### 4.4 Hasil Pengukuran Waktu Proses Sesudah Perancangan

Pengukuran waktu penyelesaian proses pengambilan *part* diperlukan untuk mengetahui apakah usulan perancangan ulang rak ini mampu mengurangi waktu penyelesaian pengambilan *part*. Adapun hasil pengukuran waktu kerja setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Hasil Pengukuran Waktu Kerja Sesudah Perancangan

| No | Deskripsi Elemen Kerja                     | Notasi Gerakan | TMU  | Ket. |
|----|--|----------------|------|------|
| 1  | Menjangkau label sejauh 12 inchi           | R12B           | 12,9 |      |
| 2  | Memegang label                             | G1A            | 2    |      |
| 3  | Membawa label sejauh 12 inchi ke depan rak | mM12B          | 13,4 |      |
| 4  | Memutarakan badan 108°                     | TBC2           | 74,4 |      |

Lanjutan.....

Tabel 4.29 Hasil Pengukuran Waktu Kerja Sebelum Perbaikan (lanjutan)

| No | Deskripsi Elemen Kerja                               | Notasi Gerakan | TMU  | Ket. |
|----|--|----------------|------|------|
| 5  | Melihat tujuan rak pada label                        | EF             | 7,3  |      |
| 6  | Cocokan tujuan rak di label dengan tujuan rak di PIC | ET45           | 12,8 |      |
| 7  | Membawa label sejauh 30 inchi ke kaleng tag          | M30B           | 24,3 |      |
| 8  | Meletakkan label pada kaleng tag                     | P1SE           | 5,6  |      |

|    |  |         |      |   |
|----|--|---------|------|---|
| 9  | Menjangkau PIC pada rak sejauh 30 inchi  | mR30B   | 25,8 |   |
| 10 | Menggenggam PIC  | G1A     | 2    |   |
| 11 | Membawa PIC dari rak sejauh 50 inchi ke kaleng tag   | mM50B   | 36,3 |   |
| 12 | Meletakkan PIC pada kaleng tag   | P1SE    | 5,6  |   |
| 13 | Cocokkan nomor <i>part</i> di label dengan nomor <i>part</i> di PIC                            | ET45    | 12,8 |   |
| 14 | Menjangkau kanban <i>supply</i> pada <i>part</i> sejauh 8 inchi                                | R8B     | 10,1 |   |
| 15 | Memegang kanban <i>supply</i>  | G1A     | 2    |   |
| 16 | Membawa kanban <i>supply</i> sejauh 40 inchi ke tempat sampah                                  | M40B    | 30,3 |   |
| 17 | Memutarakan badan 108°   | TBC2    | 74,4 |   |
| 18 | Melepas kanban <i>supply</i> ke tempat sampah  | RL1     | 2    |   |
| 19 | Memutarakan badan 108°   | TBC2    | 37,2 |   |
| 20 | Menjangkau kaleng tag yang di rak sejauh 30 inchi  | R30B    | 24,3 |   |
| 21 | Memegang kaleng tag  | G1A     | 2    |   |
| 22 | Mencocokkan spesifikasi <i>part</i> dengan ilustrasi di PIC                                    | EF      | 7,3  |   |
| 23 | Menjangkau <i>part</i> sejauh 8 inchi  | R8B     | 10,1 | Proses ini dilakukan sebanyak tiga kali |
| 24 | Menghitung jumlah <i>part</i>  | EF      | 7,3  |   |
| 25 | Menjangkau label yang di kaleng tag sejauh 10 inchi  | R10B    | 11,5 |   |
| 26 | Memegang label yang di kaleng tag  | G1A     | 2    |   |
| 27 | Membawa label sejauh 10 inchi ke kawat <i>part</i>   | mM10B   | 13,5 |   |
| 28 | Memegang kawat <i>part</i>   | G1C3    | 10,3 |   |
| 29 | Meletakkan label di kawat <i>part</i>  | P1SE    | 5,6  |   |
| 30 | Menggenggam <i>part</i>  | G1A     | 2    |   |
| 31 | Membawa <i>part</i> dengan beraat 10 pon dari rack sejauh 40 inchi untuk di tempatkan di palet | mM40B10 | 39,2 |   |
| 32 | Memutarakan badan 108° sambil membawa <i>part</i> dengan berat 10 pon                          | TBC2    | 74,4 |   |
| 33 | Meletakkan <i>part</i> pada palet  | P3NSD   | 53,4 |   |
| 34 | Melepaskan <i>part</i>   | RL1     | 2    |   |
| 35 | Memutarakan badan 108°   | TBC2    | 74,4 |   |

Lanjutan.....

Tabel 4.29 Hasil Pengukuran Waktu Kerja Sebelum Perbaikan (lanjutan)

| No | Deskripsi Elemen Kerja                          | Notasi Gerakan | TMU  | Ket.   |
|----|---|----------------|------|--------|
| 36 | Menjangkau pegangan rak sejauh 12 inchi         | R12B           | 12,9 |        |
| 37 | Memegang pegangan rak                           | G1C3           | 10,3 |        |
| 38 | Mendorong rak sejauh 16 inchi                   | mM16B          | 18,7 |        |
| 39 | Menjangkau <i>part</i> sejauh 14 inchi ke bawah | R14B           | 14,4 | Proses |

|       |  |         |        |                                  |
|-------|--|---------|--------|----------------------------------|
| 40    | Memegang <i>part</i>   | G1A     | 2      | ini dilakukan sebanyak tiga kali |
| 41    | Membawa part sejauh 40 inchi ke palet dengan berat 10 pon            | mM40B10 | 30,3   |                                  |
| 42    | Memutarkan badan 108° sambil membawa <i>part</i> dengan berat 10 pon | TBC2    | 74,4   |                                  |
| 43    | Meletakkan <i>part</i> pada palet                                    | P3NSD   | 53,4   |                                  |
| 44    | Melepaskan <i>part</i>   | RL1     | 2      |                                  |
| 45    | Badan berdiri tegak kembali dari posisi bungkuk                      | AB      | 31,9   |                                  |
| 46    | Memutarkan badan 108°  | TBC2    | 74,4   |                                  |
| 47    | Menjangkau pegangan rak sejauh 28 inchi                              | R28B    | 23,1   |                                  |
| 48    | Memegang pegangan rak  | G1C3    | 10,3   |                                  |
| 49    | Menarik rak sejauh 16 inchi  | M16B    | 18,7   |                                  |
| Total |  |         | 2158,6 |                                  |

(Sumber: Pengolahan Data)

## BAB V

### ANALISIS MASALAH

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data, maka pada bab ini akan dilakukan analisis dan pembahasan mengenai perancangan fasilitas kerja berdasarkan analisis postur kerja pada proses *picking* (mengambil komponen). Adapun analisis dan pembahasan dimulai dari:

#### 4.1 Analisis Hasil Kuesioner *Nordic Body Map*

Berdasarkan hasil kuesioner *nordic body map* yang telah diperoleh melalui penyebaran kuesioner terhadap 6 orang operator yang telah bekerja minimal satu tahun pada bagian pengemasan komponen yang bertugas pada proses *picking*, menunjukkan bahwa keluhan yang paling banyak dirasakan oleh operator akibat postur kerja yang membungkuk adalah sebagai berikut:

- a. Terdapat 50% operator merasakan keluhan sakit pada bahu kiri pada saat melakukan proses *picking*. Hal ini dikarenakan postur kerja yang membungkuk dalam jangka waktu yang relatif lama dan proses tersebut dilakukan secara berulang-ulang, sehingga dapat menimbulkan keluhan rasa sakit. Jika hal ini terus dibiarkan oleh perusahaan, maka akan sangat berpengaruh terhadap produktivitas dan kesehatan operator.
- b. Keluhan yang rasa sakit juga dialami oleh 66,67% operator pada tubuh bagian bahu kanan. Hal tersebut dikarenakan operator mengangkat beban yang relatif berat dalam waktu yang lama dan dilakukan secara berulang-ulang serta dengan postur kerja yang tidak tepat (membungkuk), sehingga mengakibatkan kontraksi otot yang berlebihan. Jika hal ini terus terjadi, maka operator akan sangat rentan dengan bahaya *muskuleskeletal*.
- c. Sakit pada bagian punggung yang dirasakan oleh 5 orang operator dengan tingkat keluhan sebesar 83,33%. Rasa sakit pada punggung ini dikarenakan gerakan yang sama (membungkuk) terjadi dalam waktu yang lama dan berlangsung secara berulang, serta adanya postur kerja tidak alamiah yang dilakukan oleh operator yaitu sikap operator yang menyebabkan posisi bagian-bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alamiah, seperti punggung terlalu membungkuk. Hal ini akan berisiko terhadap timbulnya cedera otot yang akan dialami oleh operator.

- d. Rasa sakit pada bagian pinggang dialami oleh operator yaitu sebanyak 5 orang (83,33%). Rasa sakit pada bagian pinggang ini dikarenakan jangkauan normal operator tidak cukup untuk menjangkau part yang ada di rak paling bawah, sehingga harus menyesuaikan postur tubuhnya dengan cara membungkuk agar bisa menjangkau *part*.

Berdasarkan hasil kuesioner *nordic body map*, keluhan rasa sakit pada bagian tubuh yang dirasakan oleh operator bagian pengemasan komponen yang bertugas dalam mengambil komponen sangat dipengaruhi oleh fasilitas kerja yang tidak ergonomis dan frekuensi pengambilan komponen yang dilakukan secara berulang dalam waktu yang lama.

#### 4.2 Analisis Penilaian Sikap Kerja Awal Berdasarkan Metode REBA

Penilaian sikap kerja diawali dengan membagi aktivitas operator ke dalam fase-fase gerakan untuk memudahkan penilaian. Perbedaan fase gerakan menyebabkan penilaian sikap kerja menjadi berbeda. Penilaian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan besar sudut dari masing-masing segmen tubuh. Meliputi grup A yang terdiri dari punggung, leher dan kaki. Sedangkan grup B meliputi lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Hasil perhitungan sudut ini akan memberikan nilai total untuk skor REBA yang akan menghasilkan kategori level tindakan yang berbeda-beda sesuai dengan postur kerja operator yang diteliti. Berdasarkan penilaian sikap kerja menggunakan metode REBA pada aktivitas mengangkat *part* dari rak diperoleh nilai REBA dari masing-masing grup dapat dilihat pada Tabel 5.1.

| Aktivitas                               | Grup | Sudut Tubuh                        | Nilai REBA | Penambahan Skor | Skor REBA   |   |
|---|------|------------------------------------|------------|-----------------|---|---|
| Mengan-<br>gkat <i>part</i><br>dari rak | A    | <i>Trunk</i><br>(punggung)         | 78°        | 4               | +1, karena<br>membungkuk<br>sambil memutar              | 5 |
|   |      | <i>Neck</i> (leher)                | 28°        | 2               | -   | 2 |
|   |      | <i>Legs</i> (kaki)                 | 15°        | 1               | +1, karena kaki<br>memutar                              | 2 |
|   | B    | <i>Upper arm</i><br>(lengan atas)  | 53°        | 3               | +1, karena badan<br>memutar                             | 4 |
|   |      | <i>Lower arm</i><br>(lengan bawah) | 60°        | 1               | -   | 1 |
|   |      | <i>Wrist</i> (telapak<br>tangan)   | 30°        | 1               | +1, karena saat<br>memegang <i>part</i><br>tangan harus | 2 |

|                           |   |                          |     |   |                     |   |
|---------------------------|---|--------------------------|-----|---|---------------------|---|
|                           |   |                          |     |   | menyesuaikan        |   |
| Menempatkan part ke palet | A | Trunk (punggung)         | 65° | 4 | -                   | 4 |
|                           |   | Neck (leher)             | 28° | 2 | -                   | 2 |
|                           |   | Legs (kaki)              | -   | 1 | Karena kaki memutar | 1 |
|                           | B | Upper arm (lengan atas)  | 90° | 3 | -                   | 4 |
|                           |   | Lower arm (lengan bawah) | 60° | 1 | -                   | 1 |
|                           |   | Wrist (telapak tangan)   | 20° | 2 | -                   | 2 |

(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan skor REBA dari masing-masing sub grup, maka dapat ditentukan skor REBA untuk grup A, B dan C dari setiap aktivitas yang ada pada Tabel 5.1. Besarnya skor pada aktivitas mengangkat part dari rak untuk grup A adalah 7 dan tidak memiliki pengaruh terhadap beban yang diangkat, sedangkan skor untuk grup B adalah 5, namun karena pengaruh posisi telapak tangan yang harus menyesuaikan ketika akan memegang part, maka skor grup B ditambah 1, sehingga menjadi 6. Setelah mengetahui nilai skor grup A dan B, selanjutnya menentukan total skor REBA dengan Tabel C. Total skor REBA berdasarkan Tabel C adalah 9, namun karena operator melakukan pengulangan gerakan dalam waktu singkat (diulang lebih dari 4 kali per menit), maka skornya ditambah 1, sehingga menjadi 10. Besarnya skor pada aktivitas menempatkan part ke palet untuk grup A adalah 5 dan tidak memiliki pengaruh terhadap beban yang diangkat, sedangkan skor untuk grup B adalah 5, namun karena pengaruh posisi telapak tangan yang harus menyesuaikan ketika akan memegang part, maka skor grup B ditambah 1, sehingga menjadi 6. Setelah mengetahui nilai skor grup A dan B, selanjutnya menentukan total skor REBA dengan Tabel C. Total skor REBA berdasarkan Tabel C adalah 7, namun karena operator melakukan pengulangan gerakan dalam waktu singkat (diulang lebih dari 4 kali per menit), maka skornya ditambah 1, sehingga menjadi 8.

Berdasarkan total skor REBA dari masing-masing aktivitas menunjukkan bahwa postur kerja operator memiliki risiko yang tinggi terhadap keluhan *musculoskeletal* yaitu berupa rasa sakit pada bagian pinggang, punggung, leher, kaki dan tangan. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan sesegera mungkin. Sikap kerja yang tidak aman ini dikarenakan adanya sikap kerja tidak alamiah pada bagian punggung, pinggang, leher, lengan atas, lengan bawah, kaki dan pergelangan tangan.

Sikap kerja tidak alamiah misalnya pada proses mengangkat komponen dari rak sesuai Gambar 4.2 dapat dilihat yaitu saat posisi lengan atas fleksi 53°, lengan bawah fleksi 60°, bagian leher fleksi 28° dalam keadaan miring. Sikap tidak alamiah juga ditunjukkan pada punggung yang membungkuk dengan sudut 78° dan miring. Sikap ini mengakibatkan beban tidak tersebar merata pada seluruh garis tulang punggung sehingga menyebabkan timbulnya cedera pada tulang belakang.

### 4.3 Analisis Pemecahan Masalah Fasilitas Kerja

Berdasarkan keluhan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka perlu dilakukannya perancangan fasilitas kerja yaitu berupa rak. Dalam proses perbaikan terhadap rak, maka penggunaan data antropometri yang tepat sangat penting dalam perancangan sebuah produk. Penggunaan data antropometri yang tidak tepat akan menghasilkan suatu rancangan produk yang tidak ergonomis. Disamping itu dalam penggunaan data antropometri menggunakan konsep persentil.

#### 4.3.1 Analisis Perancangan Rak dengan Persentil yang Digunakan

Pemilihan data antropometri yang tepat sangat penting dalam perancangan sebuah produk. Pemilihan data antropometri yang tidak tepat akan menghasilkan suatu rancangan produk yang tidak ergonomis. Adapun desain rancangan yang dilakukan terhadap rak kerja tersebut sebagai berikut:

##### 1. Ukuran Lebar Rak

Ukuran lebar rak adalah dengan menggunakan ukuran yang telah ditetapkan oleh pabrik yaitu 125 cm. Hal ini didasarkan atas ukuran panjang tiap-tiap *part* yang berbeda dan ukuran *part* terpanjang yang ada saat ini adalah 105 cm. Namun untuk mempermudah dalam proses pengambilan *part*, maka diberikan *allowance* sebesar 8%, sehingga dengan lebar rak 125 cm semua *part* dapat ditempatkan pada rak tersebut.

##### 2. Ukuran Panjang Rak

Ukuran panjang rak yang digunakan adalah ukuran yang telah ditetapkan oleh pabrik yaitu 150 cm. Hal ini dikarenakan agar lebar *part* terbesar adalah 72 cm, sehingga dengan lebar *part* 150 cm, *part* dapat disusun dua baris dan rak mampu menampung lebih banyak *part*.

##### 3. Tinggi Layer Rak Atas

Data antropometri yang digunakan sebagai acuan dalam merancang ketinggian layer rak atas adalah tinggi pinggang, maka dalam desain rancangan tinggi layer rak atas akan disesuaikan dengan tinggi siku berdiri (TSB). Untuk melakukan usulan terhadap tinggi layer rak atas digunakan data antropometri yang dibuat berdasarkan persentil ke-5 ( $P_5$ ). Penggunaan persentil ke-5 dimaksudkan agar operator yang memiliki tinggi siku berdiri yang lebih pendek dapat menjangkau layer rak atas dengan nyaman, dan operator yang memiliki tinggi siku berdiri lebih tinggi juga dapat menjangkau layer rak dengan mudah. Perhitungan tinggi layer rak atas, sebagai berikut:

$$\diamond P_5 = \bar{x} - 1,645\sigma_x$$

$$\diamond \text{Tinggi Layer Rak Atas } (P_5) = 107,75 - (1,645 \times 2,03)$$

$$= 104,4 \text{ cm} \approx 104 \text{ cm}$$

Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan ukuran ketinggian layer rak atas dari permukaan lantai adalah 104 cm. Ukuran ini berarti dapat mengakomodasi operator yang memiliki tinggi siku berdiri dibawah rata-rata siku berdiri para operator lain.

##### 4. Tinggi Layer Rak Bawah

Data anthropometri yang digunakan untuk menentukan ukuran tinggi layer rak bawah dari permukaan lantai adalah tinggi jangkauan maksimal (TJM). Persentil yang digunakan adalah persentil ke-5. Penggunaan persentil 5 dimaksudkan agar operator yang memiliki tinggi jangkauan maksimal yang lebih pendek dapat menjangkau layer bawah dengan nyaman, sehingga tidak membungkuk dan operator yang memiliki tinggi jangkauan maksimal lebih tinggi juga dapat menjangkau layer rak dengan mudah.

Perhitungan tinggi layer rak bawah, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \diamond P_5 &= \bar{x} - 1,645\sigma_x \\ \diamond \text{Tinggi Layer Rak Bawah (P}_5) &= 63,87 - (1,645 \times 1,59) \\ &= 61,25 \text{ cm} \approx 61 \text{ cm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan ukuran ketinggian layer rak bawah dari permukaan lantai adalah 61 cm. Hal ini berarti postur kerja operator tidak terlalu membungkuk, karena masih dapat dijangkau oleh operator dengan kemiringan tubuh antara 0°-20° yang masih dalam kategori normal.

#### 5. Diameter Pegangan Rak

Data anthropometri yang digunakan untuk menentukan diameter pegangan layer adalah diameter lingkaran genggam (DLG) dengan persentil ke-5. Penggunaan persentil 5 dimaksudkan agar operator yang memiliki diameter genggam lebih besar maupun yang lebih kecil dapat memegang pegangan layer dengan nyaman. Perhitungan diameter pegangan layer, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \diamond P_5 &= \bar{x} - 1,645\sigma_x \\ \diamond \text{Diameter Pegangan Rak (P}_5) &= 3,75 - (1,645 \times 0,22) \\ &= 3,38 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

Pada kondisi aktual diameter pegangan rak adalah 0,6 cm, hal ini membuat operator tidak nyaman ketika menarik layer rak karena pegangan terlalu kecil. Oleh karena itu, berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan ukuran diameter pegangan rak adalah 3 cm.

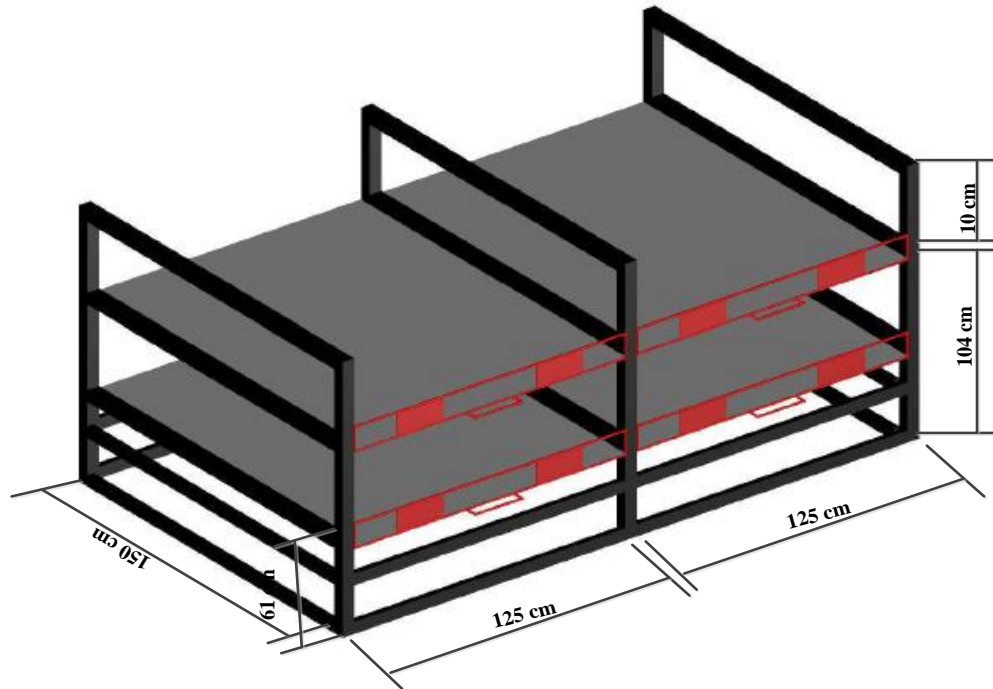
#### 6. Panjang Pegangan Layer

Data anthropometri yang dibutuhkan untuk menentukan panjang pegangan layer adalah lebar telapak tangan (LTT) dengan persentil ke-95. Penggunaan persentil 95 dimaksudkan agar operator yang memiliki diameter genggam lebih besar maupun yang lebih kecil dapat memegang pegangan layer dengan nyaman. Perhitungan panjang pegangan layer, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \diamond P_{95} &= \bar{x} + 1,645\sigma_x \\ \diamond \text{Panjang Pegangan Layer (P}_{95}) &= 9,37 + (1,645 \times 0,37) \\ &= 9,97 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

Agar tangan operator lebih leluasa dalam memegang pegangan layer rak, maka ukuran panjang pegangan rak diberikan *allowance* sebesar 50% dari ukuran sebenarnya, sehingga panjang pegangan rak menjadi 15 cm.

Dari hasil pengukuran di atas, maka dapat dirancang suatu rak kerja dengan ukuran yang mampu mewakili dimensi tubuh operator. adapun rak usulan dapat dilihat pada Gambar 5.1.



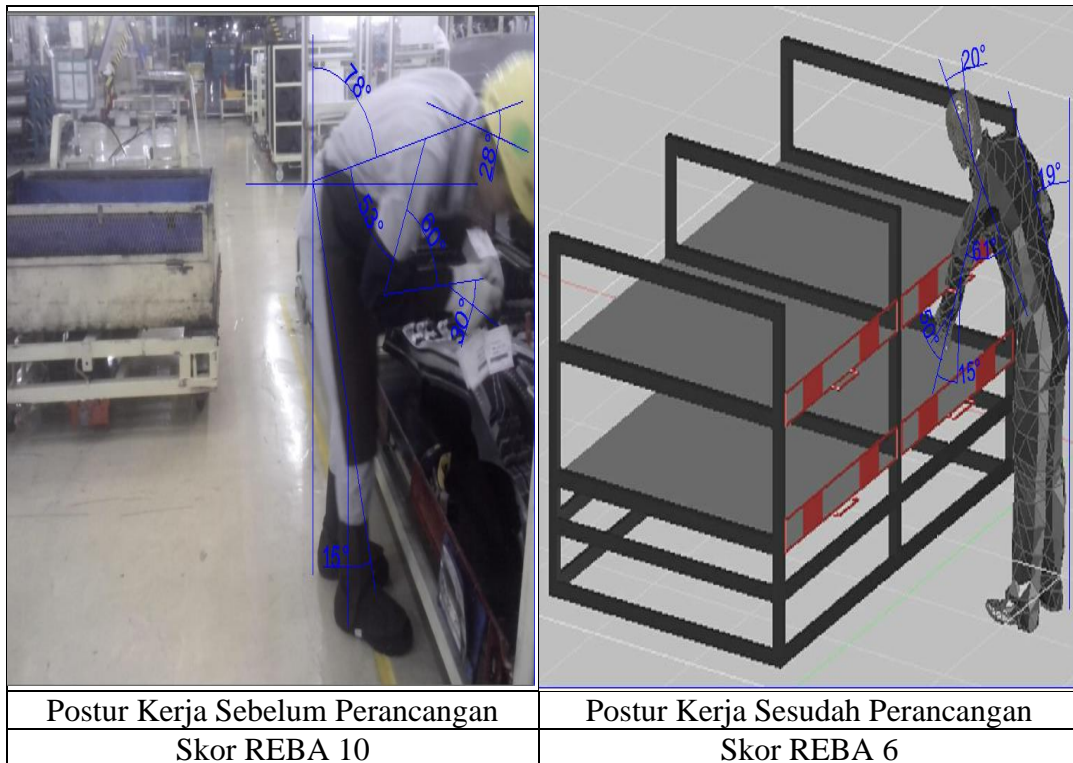
Gambar 5.1 Model Usulan Rak Kerja untuk Proses *Picking*  
(Sumber: Pengolahan Data)

#### 4.4 Analisis Kondisi Aktual dengan Kondisi Setelah Perbaikan

Berdasarkan penilaian sikap kerja menggunakan metode REBA setelah dilakukan perancangan diperoleh hasil bahwa sikap kerja operator pada proses pengambilan komponen memiliki risiko yang sedang terhadap sistem *musculoskeletal*. Skor REBA yang dihasilkan dari fase gerakan mengangkat komponen dari rak adalah 6 dan perlu (*necessary*) dilakukan tindakan untuk mengurangi risiko kerja. Hal ini dikarenakan masih adanya sikap kerja yang tidak aman ini dikarenakan adanya sikap kerja tidak alamiah pada lengan atas dan pergelangan tangan dimana pada posisi ini sudut yang terbentuk masih sama dengan sudut sebelum perbaikan. Perbandingan penilaian postur kerja dengan metode REBA sebelum dan sesudah perancangan dapat dilihat pada Tabel V.1.

Tabel V.1 Perbandingan Postur Kerja Sebelum dan Sesudah Perancangan

|  |
|--|
| Aktivitas Mengangkat Komponen dari Rak |
|--|



(Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan hasil perancangan fasilitas kerja yang telah dirancang dengan *software Autocad*, maka fasilitas kerja setelah perbaikan dapat dikatakan sudah mendekati sesuai dengan postur kerja yang aman bagi operator, hal ini terlihat dari penurunan skor REBA setelah dilakukan perancangan fasilitas kerja. Hasil analisis postur berada pada kategori level 2, dimana keluhan otot sudah berada pada tingkat sedang, sehingga untuk mengatasi hal tersebut operator hanya membutuhkan rotasi kerja, agar operator dalam memindahkan komponen tidak mengalami cedera otot yang lebih serius.

#### 4.5 Analisis Waktu Penyelesaian Proses Pengambilan *Part*

Analisis dilakukan terhadap waktu penyelesaian proses pengambilan *part* berdasarkan hasil pengukuran waktu kerja menggunakan *methods time measurement* (MTM). Metode ini mem-*break down* proses menjadi menjadi beberapa gerakan dasar dan menggunakan tabel notasi gerakan MTM, yang menunjukkan bahwa operator tersebut telah melakukan sebuah gerakan tertentu. Waktu pada MTM menunjukkan waktu normal karena operator yang digunakan sebagai sampel merupakan operator yang terampil dan besarnya *allowance* adalah 15% (ketentuan yang telah ditetapkan perusahaan). Berikut ini adalah analisis pembahasan dari hasil perhitungan waktu penyelesaiannya:

##### 1. Perhitungan Waktu Penyelesaian Pengambilan *Part* Sebelum Perbaikan

Berdasarkan Tabel IV.12 didapatkan hasil pengukuran waktu kerja proses pengambilan komponen sebelum perbaikan didapatkan *total time measurement unit* (TMU) sebesar 2428,3 TMU. Kemudian total TMU ini dikonversikan ke dalam jam/menit dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Total Waktu} = \text{TMU} \times 0,00001 = 2428,3 \times 0,00001 = 0,024 \text{ jam} = 1,46 \text{ menit}$$

Jadi besarnya waktu penyelesaian proses pengambilan *part* adalah 1,46 menit/palet. Namun karena waktu penyelesaian ini masih dalam bentuk waktu normal, maka perlu dilakukan penentuan waktu standar, sehingga besarnya waktu standar adalah:

$$\text{Waktu Standar} = \text{Waktu normal} \times (1 + \text{Allowance})$$

$$\text{Waktu Standar} = 1,46 \times (1 + 0,15)$$

$$\text{Waktu Standar} = 1,46 \times 1,15 = 1,68 \text{ menit/palet}$$

## 2. Perhitungan Waktu Penyelesaian Pengambilan *Part* Sesudah Perbaikan

Berdasarkan Tabel IV.29 waktu penyelesaian pengambilan *part* sesudah perbaikan diperoleh *total time measurement unit* (TMU) sebesar 2158,6 TMU. Kemudian total nilai TMU ini dikonversikan ke dalam jam/menit dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Total Waktu} = \text{TMU} \times 0,00001 = 2158,6 \times 0,00001 = 0,022 \text{ jam} = 1,29 \text{ menit}$$

Jadi besarnya waktu penyelesaian proses pengambilan *part* setelah dilakukan perancangan ulang terhadap fasilitas kerja adalah 1,29 menit.

Karena waktu penyelesaian ini masih dalam bentuk waktu normal, maka perlu dilakukan penentuan waktu standar, sehingga besarnya waktu standar adalah:

$$\text{Waktu Standar} = \text{Waktu normal} \times (1 + \text{Allowance})$$

$$\text{Waktu Standar} = 1,29 \times (1 + 0,15)$$

$$\text{Waktu Standar} = 1,29 \times 1,15 = 1,48 \text{ menit/palet}$$

Berdasarkan hasil perhitungan waktu penyelesaian pengambilan *part* dapat dilihat perbandingan waktu penyelesaian pengambilan *part* sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan terhadap fasilitas kerj yang ada pada Tabel V.2.

Tabel V.2 Perbandingan Waktu Penyelesaian

| Pernyataan                 | Waktu Penyelesaian Sebelum Perbaikan | Waktu Penyelesaian Sesudah Perbaikan |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Total Waktu (TMU)          | 2428,3                               | 2158,6                               |
| Total Waktu Normal (Jam)   | 0,024                                | 0,022                                |
| Total Waktu Normal (Menit) | 1,46                                 | 1,29                                 |
| Waktu Standar (Menit)      | 1,68                                 | 1,48                                 |
| Analisis Hasil             | Waktu penyelesaian lebih lama        | Waktu penyelesaian lebih cepat       |

(Sumber: Pengolahan Data)

Setelah diketahui waktu penyelesaian proses pengambilan *part*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan *output* produksinya, karena pada proses ini yang menyatakan waktu penyelesaian sebagai *takt time* bukan waktu baku sehingga tidak diperhitungkan *rating factor* dan kelonggaran (*Allowance*), maka perhitungan jumlah *output* produksi dari proses pengambilan *part* ini dapat dianalisis sebagai berikut:

### 1. Perhitungan Jumlah *Output* Produksi Sebelum Perbaikan

Dari perhitungan sebelumnya diketahui waktu penyelesaian sebelum perbaikan sebesar 1,46 menit/palet, sedangkan jam kerja efektif adalah 460 menit, maka besarnya *output* produksi untuk satu orang operator sebagai berikut:

$$\text{Output produksi} = \frac{\text{Jam Kerja Efektif}}{\text{Total Waktu Penyelesaian}}$$

$$\text{Output produksi} = \frac{460}{1,68 \text{ menit/palet}} = 273,8 \approx 274 \text{ palet}$$

Karena 274 palet diselesaikan oleh satu orang operator, maka *output* produksi untuk 6 orang operator adalah:

$$\text{Total Output produksi} = 274 \text{ palet} \times 6 \text{ orang} = 1644 \text{ palet}$$

Jadi total *output* produksi yang dihasilkan sebelum perbaikan adalah 1644 palet.

## 2. Perhitungan Jumlah *Output* Produksi Sesudah Perbaikan

Berdasarkan hasil perhitungan waktu penyelesaian sesudah perbaikan didapatkan waktu penyelesaian sebesar 1,48 menit/palet, sedangkan jam kerja efektif adalah 460 menit, maka besarnya *output* produksi untuk satu orang operator sebagai berikut:

$$\text{Output produksi} = \frac{\text{Jam Kerja Efektif}}{\text{Total Waktu Penyelesaian}}$$

$$\text{Output produksi} = \frac{460}{1,48 \text{ menit/palet}} = 310,8 \approx 311 \text{ palet}$$

Karena 311 palet diselesaikan oleh satu orang operator, maka *output* produksi untuk 6 orang operator adalah:

$$\text{Total Output produksi} = 311 \text{ palet} \times 6 \text{ orang} = 1866 \text{ palet}$$

Jadi total *output* produksi yang dihasilkan sesudah adanya perbaikan terhadap fasilitas kerja adalah sebesar 1866 palet.

Berdasarkan perhitungan jumlah *output* produksi, maka ada peningkatan *output* produksi setelah dilakukan perbaikan terhadap fasilitas kerja yaitu sebesar 6 palet dari 1644 palet menjadi 1866 palet. Berdasarkan peningkatan *output* produksi setelah perbaikan ini, maka dapat dihitung persentase peningkatan jumlah *output* produksi pada proses pengambilan *part* yaitu:

$$\text{Persentase peningkatan output produksi} = \frac{\text{Output produksi setelah perbaikan} - \text{output produksi sebelum perbaikan}}{\text{Target produksi}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase peningkatan output produksi} = \frac{1866 - 1644}{1866} \times 100\%$$

$$\text{Persentase peningkatan output produksi} = 11,9\%$$

Jadi berdasarkan persentase peningkatan jumlah *output* produksi adalah sebesar 11,9%.

## BAB II

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Keluhan-keluhan yang sering dialami oleh operator pada saat melakukan proses *picking* yaitu 50% operator merasakan keluhan sakit pada bahu kiri, 66,67% operator merasakan sakit pada tubuh bagian bahu kanan, dan 83,33% operator mengalami rasa sakit pada bagian punggung dan pinggang.
2. Penilaian sikap kerja operator menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) menunjukkan bahwa postur kerja operator untuk Grup A (tubuh, leher, dan kaki) memiliki skor REBA sebesar 7 dan Grup B (lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan) memiliki skor 6, dan skor REBA untuk Tabel C adalah 9 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga total skor REBA yang diperoleh pada proses pengambilan *part* adalah 10. Hal berarti sikap kerja operator tersebut memiliki level risiko sangat tinggi terhadap keluhan *musculoskeletal*, sehingga perlu dilakukan tindakan perbaikan saat ini juga. Sedangkan aktivitas menempatkan *part* ke palet memiliki skor REBA untuk masing-masing grup A dan B adalah 5 dan 6, serta skor Tabel C 7, sehingga total Skor REBA yang diperoleh setelah ditambah dengan skor aktivitas adalah 8, ini artinya perlu dilakukan perbaikan dan operator memiliki risiko terhadap sistem *musculoskeletal*, yaitu berupa rasa sakit pada bagian punggung, pinggang, leher, lengan atas, lengan bawah, kaki dan pergelangan tangan.
3. Usulan perbaikan fasilitas kerja pada proses *picking* adalah berupa rak yang perancangannya berdasarkan pendekatan antropometri operator, dengan ukuran dimensi rak sebagai berikut:
  - ❖ Panjang Rak = 150 cm
  - ❖ Lebar Rak = 125 cm
  - ❖ Tinggi Layer Rak Atas = 104 cm

- ❖ Tinggi Layer Rak Bawah= 61 cm
- ❖ Diameter Pegangan Rak = 3 cm
- ❖ Panjang Pegangan Rak = 15 cm

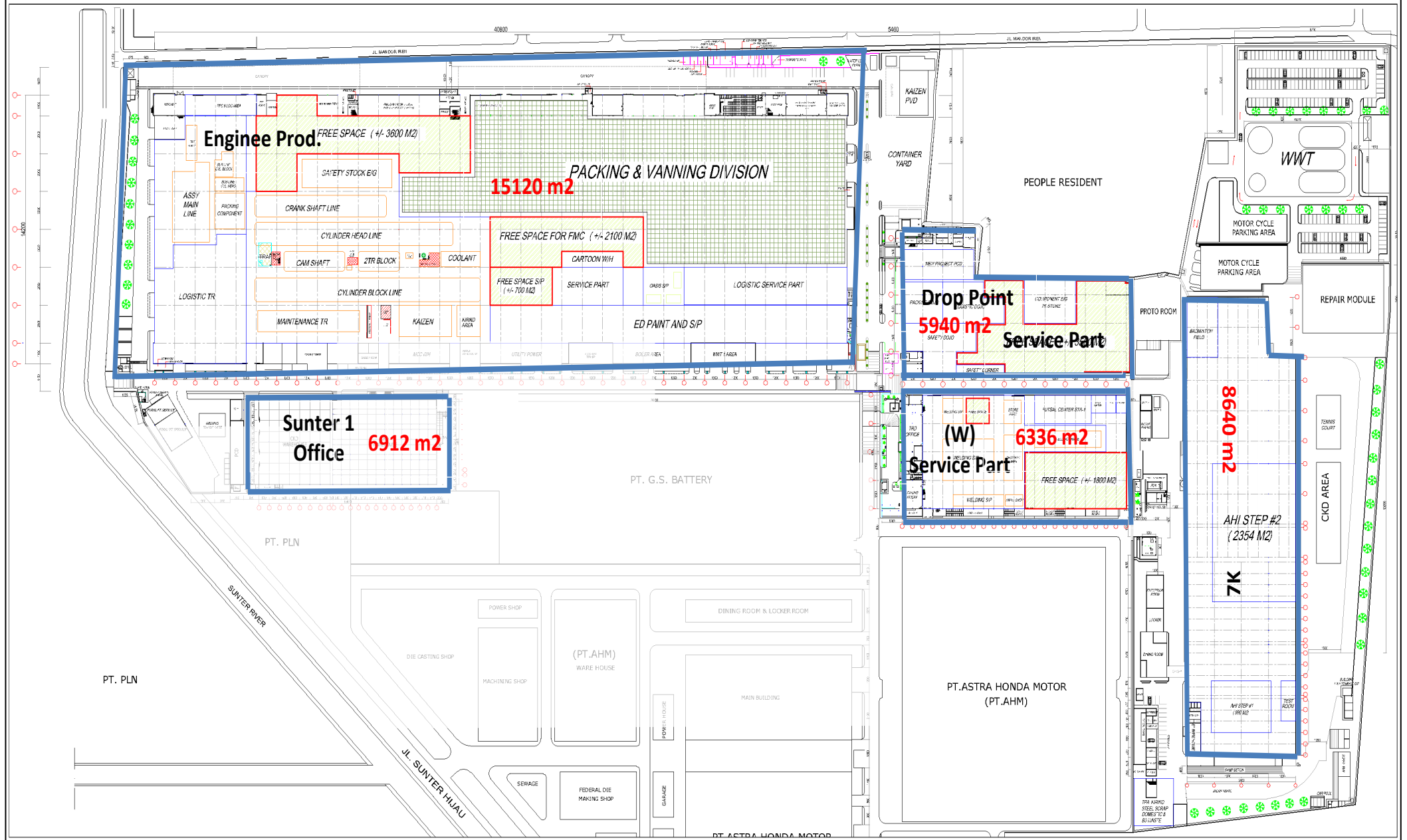
## 1.2 Saran

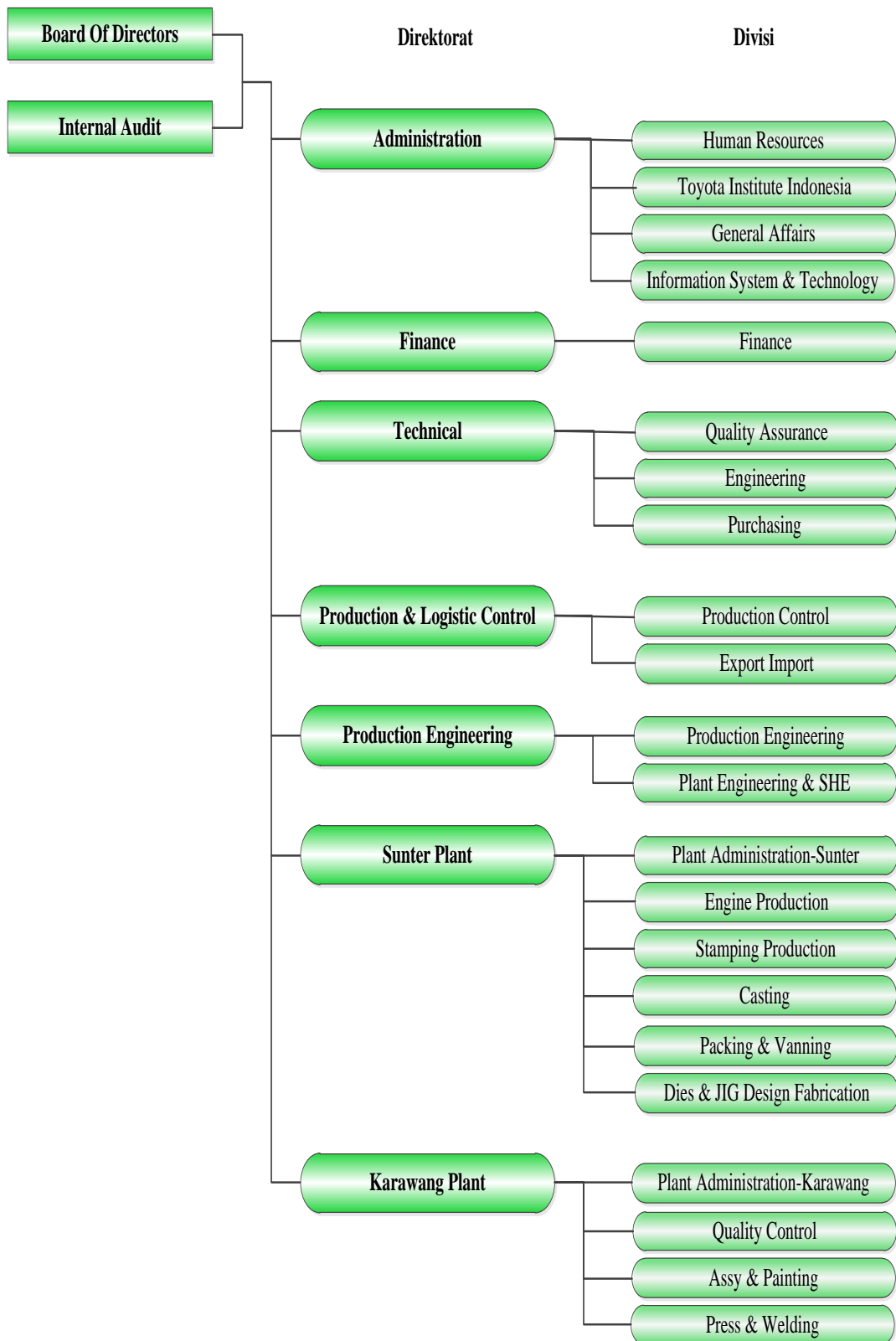
Untuk membantu mengurangi terjadi keluhan *musculoskeletal* pada operator, maka saran yang diberikan kepada perusahaan sebagai berikut:

1. Perusahaan perlu mengadakan rotasi kerja untuk semua operator pada lini *press part*, agar tugas operator tidak terlalu fokus pada satu jenis pekerjaan, sehingga hal ini dapat mengurangi potensi keluhan rasa sakit pada bagian tubuh seperti leher, kaki, pinggang, punggung, dan tangan.
2. Agar keselamatan operator tetap terjamin, sebaiknya perusahaan selalu mengevaluasi fasilitas kerja terutama pada aktivitas *manual material handling*.
3. Sebaiknya perusahaan melakukan perbaikan terhadap fasilitas kerja yang ada untuk mengurangi terjadinya keluhan *musculoskeletal* pada operator.

**LAMPIRAN A**  
***LAYOUT***  
**DAN**  
**STRUKTUR ORGANISASI**  
**PT TOYOTA MOTOR**  
**MANUFACTURING INDONESIA**

# LAYOUT OF SUNTER-1



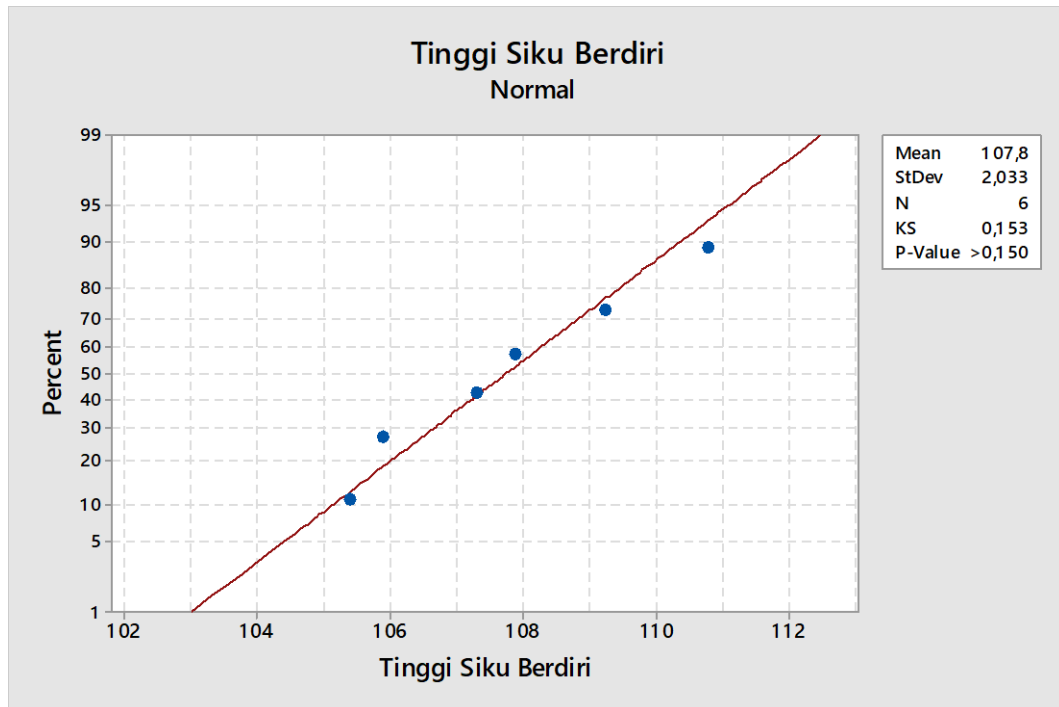


**LAMPIRAN B**  
**HASIL KUISIONER**  
***NORDIC BODY MAP***

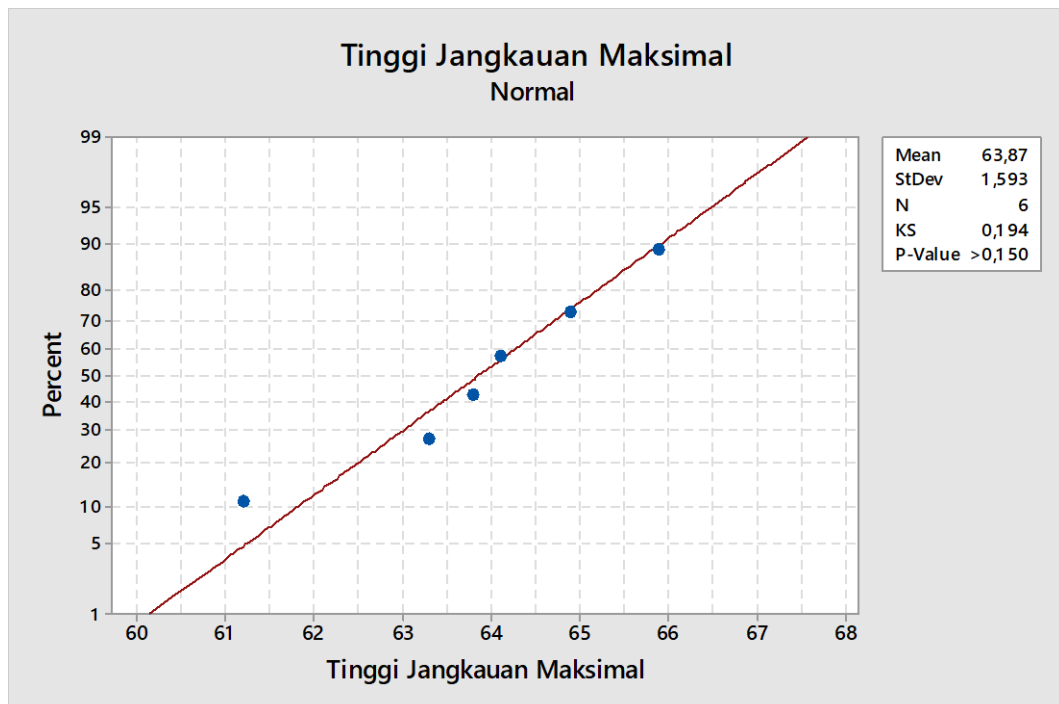
**LAMPIRAN C**  
**UJI STATISTIK**  
**DAN**  
**PERHITUNGAN PERSENTIL**

# UJI KENORMALAN DATA

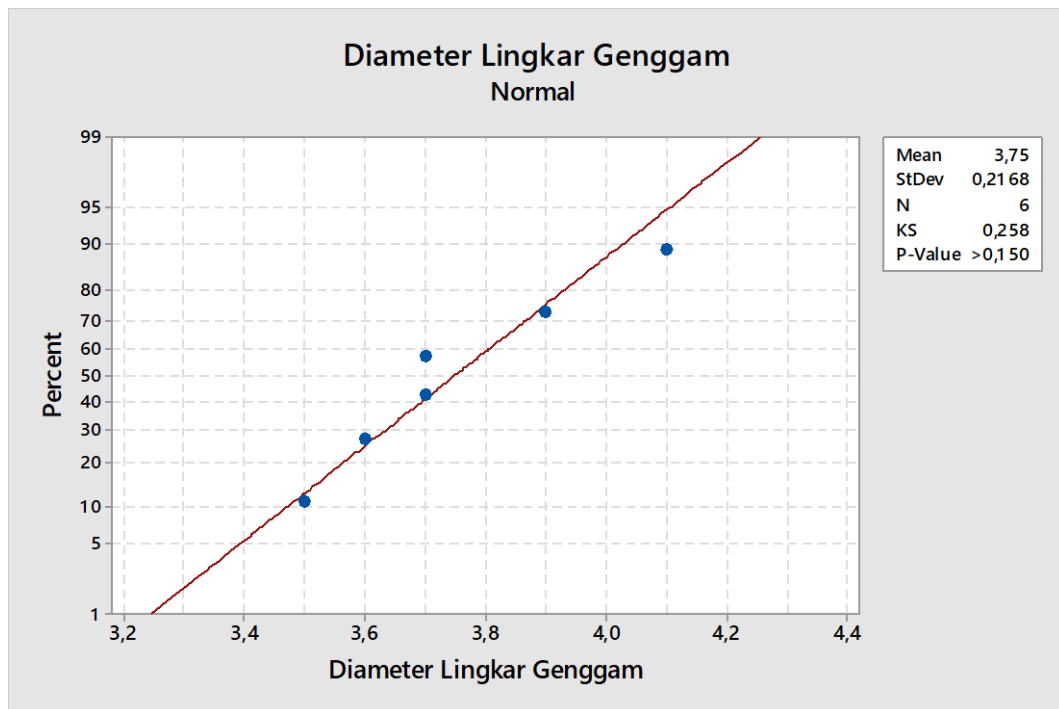
## 1. Tinggi Siku Berdiri (TSB)



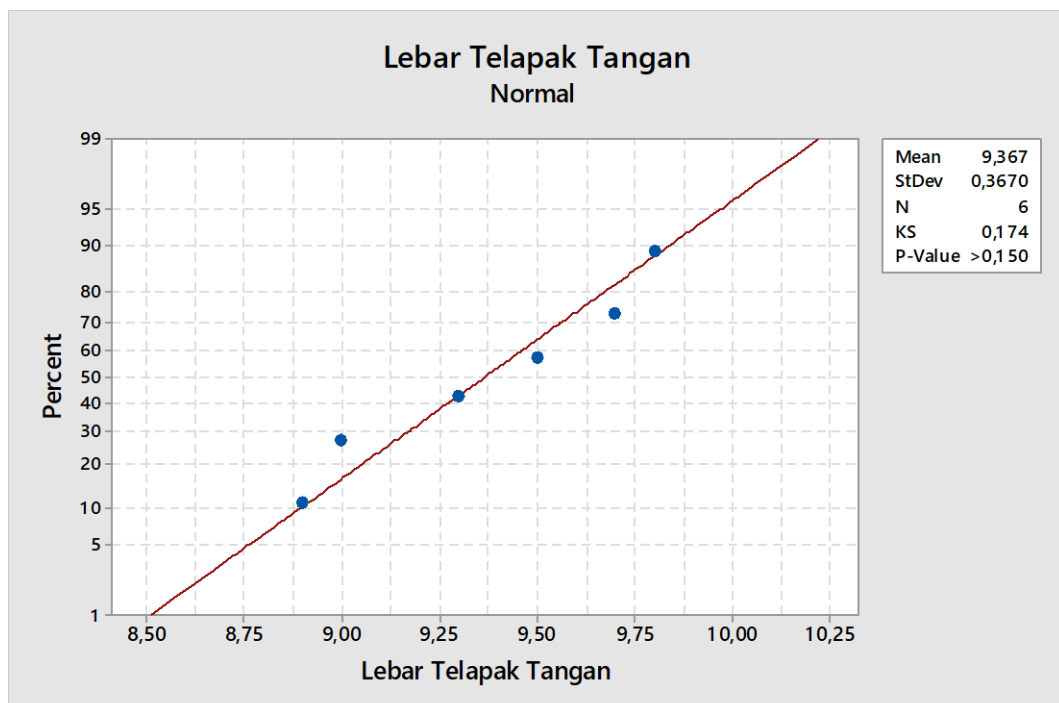
## 2. Tinggi Jangkauan Maksimal (TJM)



### 3. Diameter Lingkar Genggam (DLG)

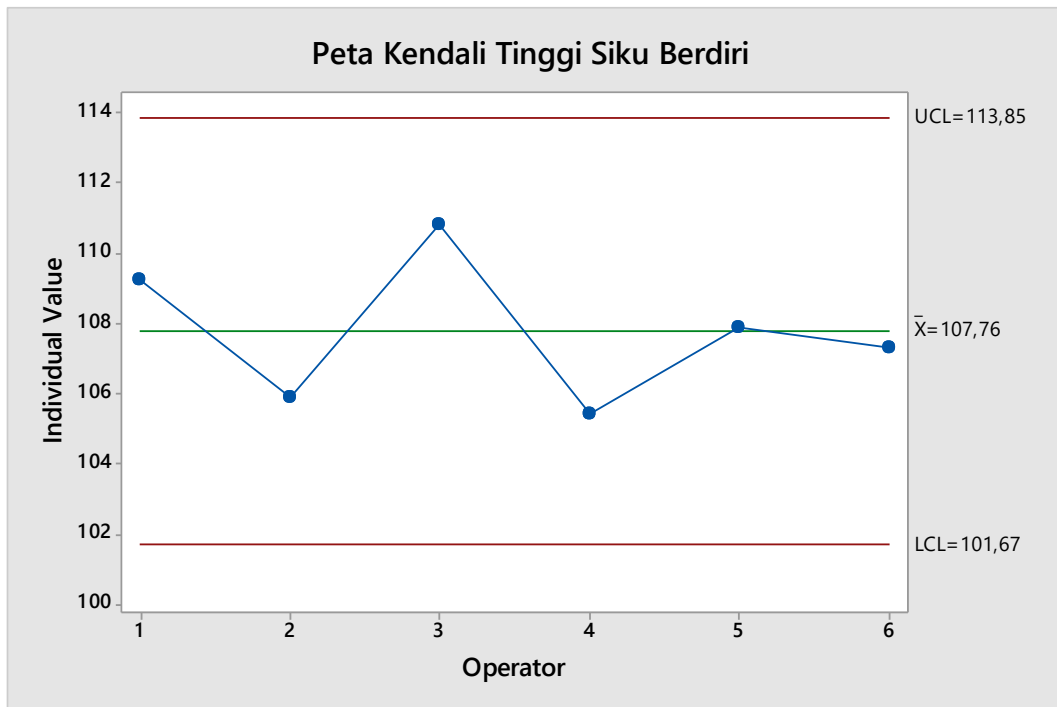


### 4. Lebar Telapak Tangan (LTT)

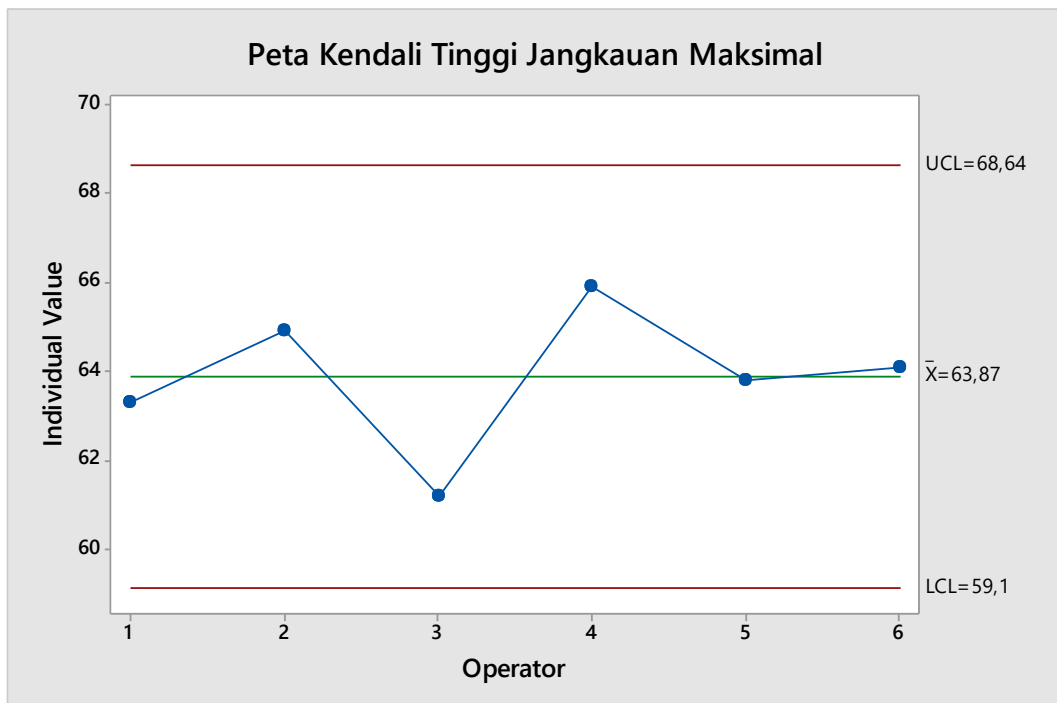


**UJI KESERAGAMAN DATA**

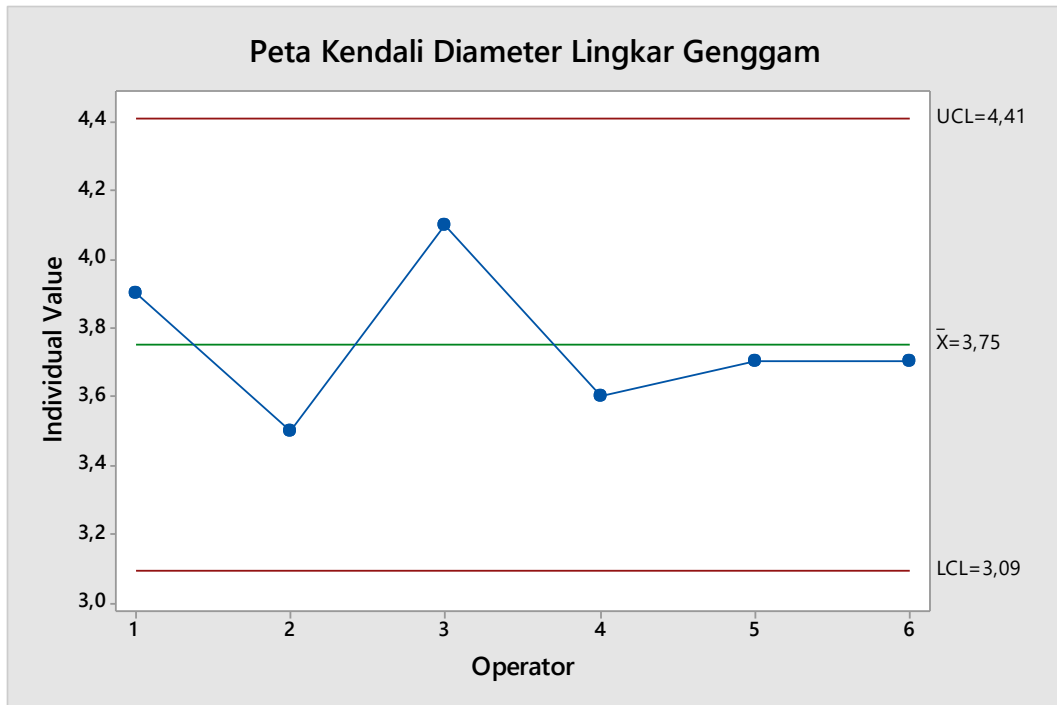
### 1. Tinggi Siku Berdiri (TSB)



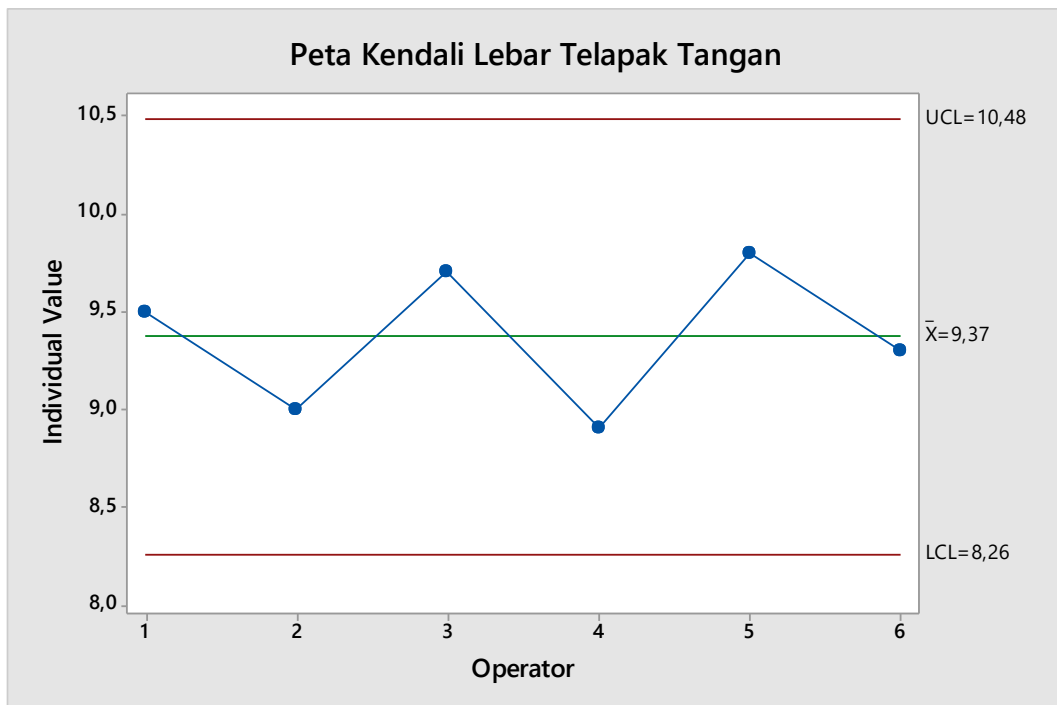
### 2. Tinggi Jangkauan Maksimal (TJM)



### 3. Diameter Lingkar Genggam (DLG)



#### 4. Lebar Telapak Tangan (LTT)



## UJI KECUKUPAN DATA

#### 5. Tinggi siku berdiri (TSB)

$$N' = \left[ \frac{\frac{Z_{\infty}}{a} \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{6(69687,5) - (418001,041)}}{646,53} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{123,977}}{646,53} \right]^2$$

$$N' = 0,12 \approx 1$$

#### 6. Tinggi Jangkauan Maksimal (TJM)

$$N' = \left[ \frac{\frac{Z_{\infty}}{a} \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{6(24486,4) - (146842,24)}}{383,2} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{76,16}}{383,2} \right]^2$$

$$N' = 0,21 \approx 1$$

#### 7. Diameter Lingkar Genggam (DLG)

$$N' = \left[ \frac{\frac{Z_{\infty}}{a} \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20\sqrt{6(84,61) - (506,25)}}{22,5} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20\sqrt{1,41}}{22,5} \right]^2$$

$$N' = 1,11 \approx 2$$

### 8. Lebar Telapak Tangan (LTT)

$$N' = \left[ \frac{\frac{Z_{\alpha}}{a} \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20\sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20\sqrt{6(527,08) - (3158,44)}}{56,2} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{20\sqrt{4,04}}{56,2} \right]^2$$

$$N' = 0,51 \approx 1$$

## NILAI RATA-RATA DAN STANDAR DEVIASI

### 1. Tinggi Siku Berdiri

a. Nilai Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{109,2 + 105,9 + 110,8 + 105,4 + 107,9 + 107,3}{6}$$

$$\bar{X} = \frac{646,5}{6}$$

$$\bar{X} = 107,75$$

b. Standar Deviasi

$$\delta x = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$\delta x = \sqrt{\frac{(109,2 - 107,75)^2 + (105,9 - 107,75)^2 + (110,8 - 107,75)^2 + (105,4 - 107,75)^2 + (107,9 - 107,75)^2 + (107,3 - 107,75)^2}{6 - 1}}$$

$$\delta x = \sqrt{\frac{20,57}{5}}$$

$$\delta x = 2,03$$

### 2. Tinggi Jangkauan Maksimal

a. Nilai Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{63,3 + 64,9 + 61,2 + 65,9 + 63,8 + 64,1}{6}$$

$$\bar{X} = \frac{383,2}{6}$$

$$\bar{X} = 63,87$$

b. Standar Deviasi

$$\delta x = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$\delta x = \sqrt{\frac{(63,3 - 63,83)^2 + (64,9 - 63,83)^2 + (61,2 - 63,83)^2 + (65,9 - 63,83)^2 + (63,8 - 63,83)^2 + (64,1 - 63,83)^2}{6 - 1}}$$

$$\delta x = \sqrt{\frac{12,69}{5}}$$

$$\delta x = 1,59$$

### 3. Diameter Lingkar Genggam

a. Nilai Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{3,9 + 3,5 + 4,1 + 3,6 + 3,7 + 3,7}{6}$$

$$\bar{X} = \frac{22,5}{6}$$

$$\bar{X} = 3,75$$

b. Standar Deviasi

$$\delta x = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$\delta x = \sqrt{\frac{(3,9 - 3,75)^2 + (3,5 - 3,75)^2 + (4,1 - 3,75)^2 + (3,6 - 3,75)^2 + (3,7 - 3,75)^2 + (3,7 - 3,75)^2}{6 - 1}}$$

$$\delta x = \sqrt{\frac{0,24}{5}}$$

$$\delta x = 0,22$$

### 4. Lebar Telapak Tangan

a. Nilai Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{9,5 + 9,0 + 9,7 + 8,9 + 9,8 + 9,3}{6}$$

$$\bar{X} = \frac{56,2}{6}$$

$$\bar{X} = 9,37$$

b. Standar Deviasi

$$\delta x = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$\delta x = \sqrt{\frac{(9,5 - 9,37)^2 + (9,0 - 9,37)^2 + (9,7 - 9,37)^2 + (8,9 - 9,37)^2 + (9,8 - 9,37)^2 + (9,3 - 9,37)^2}{6 - 1}}$$

$$\delta x = \sqrt{\frac{0,67}{5}}$$

$$\delta x = 0,37$$

## PERHITUNGAN PERSENTIL

### 1. Tinggi Siku Berdiri

- $P5 = 107,75 - (1,645 \times 2,03) = 104,41$
- $P50 = 107,75$
- $P95 = 107,75 + (1,645 \times 2,03) = 111,08$

### 2. Tinggi Jangkauan Maksimal

- $P5 = 63,87 - (1,645 \times 1,59) = 61,25$
- $P50 = 63,87$
- $P95 = 63,87 + (1,645 \times 1,59) = 66,49$

### 3. Diameter Lengan Genggam

- $P5 = 3,75 - (1,645 \times 0,22) = 3,38$
- $P50 = 3,75$
- $P95 = 3,75 + (1,645 \times 0,22) = 4,11$

### 4. Lebar Telapak Tangan

- $P5 = 9,37 - (1,645 \times 0,37) = 8,76$
- $P50 = 9,37$
- $P95 = 9,37 + (1,645 \times 0,37) = 9,97$

**LAMPIRAN D**  
***Key Performance Index (KPI)***  
**DAN**  
***Element Intruction Sheet***