



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS DESAIN ERGONOMIS TROTOAR
BAGI PEMAKAI KURSI RODA**

SKRIPSI

TEGUH S. UTOMO

0806338090

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS DESAIN ERGONOMIS TROTOAR
BAGI PEMAKAI KURSI RODA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik

TEGUH S. UTOMO

0806338090

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2012**

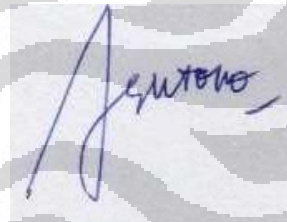
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah benar hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan benar**

Nama : Teguh S. Utomo

NPM : 0806338090

Tanda tangan :

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Teguh S. Utomo', is placed over a semi-transparent rectangular box. The signature is written in a cursive style.

Tanggal : Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Teguh S. Utomo

NPM : 0806338090


Program Studi : Teknik Industri

Judul Skripsi : Analisis Desain Ergonomis Trotoar bagi Pemakai Kursi Roda

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Arian Dhini, ST., MT. ()

Penguji : Dendi Prajadiana Ishak, MSIE ()

Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo Moch., MSIE. ()

Penguji : Ir. Hj. Erlinda Muslim, MEE. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puju syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena masih diberi karunia-Nya yang tak ada habisnya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Universitas Indonesia. Selama pengerjaan skripsi ini, dan selama masa perkuliahan di Fakultas Teknik, tentunya banyak bantuan telah saya dapatkan dan banyak kebersamaan dengan berbagai pihak. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Arian Dhini selaku pembimbing skripsi dan pembimbing akademis yang tiada habisnya membantu saya, dan kesedian untuk meluangkan waktu, memberikan saran dan masukan, serta kesabarannya dalam membimbing
2. Mas Taufan yang meng-*install*kan *software* Jack ke laptop, dan memudahkan proses pengerjaan skripsi
3. Orang tua (Agus R. Utomo dan Nur Rochmah), dan adik (Wiranita R. Utami) yang tiada habisnya mendukung, mendoakan, menghibur, dan menyemangati saya untuk mengerjakan dan menyelesaikan skripsi
4. Seluruh responden penelitian yang bersedia meluangkan waktu dan bekerjasama dalam pencarian data
5. Pak Boy Nurcahyo atas saran dan bantuan moral yang menaikkan semangat setelah seminar 2
6. Teman-teman skripsi ergonomi di Ergonomics centre. Terima kasih untuk segala bantuan dan kerjasamanya

Akhir kata, semoga kemurahan hati semua pihak yang telah membantu saya dibalas oleh Allah SWT. Saya juga menyadari terdapat banyak kekurangan dalam pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan lebih lanjut. Semoga skripsi ini dapat berguna bagi pengembangan ilmu di masa mendatang

Depok, Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Teguh S. Utomo

NPM : 0806338090

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

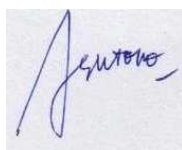
Analisis desain ergonomis trotoar bagi pemakai kursi roda

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juni 2012

Yang Menyatakan



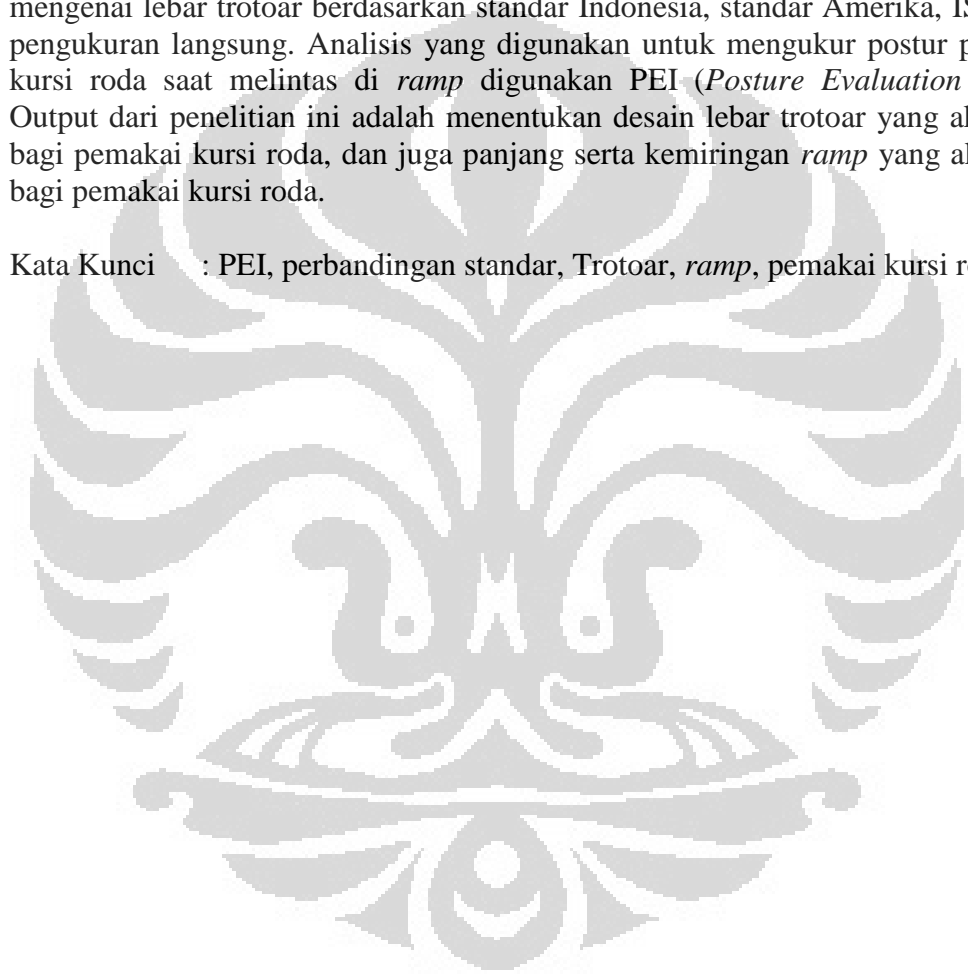
(Teguh S. Utomo)

ABSTRAK

Nama : Teguh S. Utomo
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Analisis desain ergonomis trotoar bagi pemakai kursi roda

Penelitian ini membahas tentang desain lebar trotoar yang ergonomis bagi pemakai kursi roda berdasarkan anthropometri pemakai kursi roda. Selain itu, juga dibahas mengenai desain kemiringan dan panjang *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda. Dengan melakukan perbandingan dengan standar yang ada mengenai lebar trotoar berdasarkan standar Indonesia, standar Amerika, ISO, dan pengukuran langsung. Analisis yang digunakan untuk mengukur postur pemakai kursi roda saat melintas di *ramp* digunakan PEI (*Posture Evaluation Index*). Output dari penelitian ini adalah menentukan desain lebar trotoar yang aksesibel bagi pemakai kursi roda, dan juga panjang serta kemiringan *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda.

Kata Kunci : PEI, perbandingan standar, Trotoar, *ramp*, pemakai kursi roda



ABSTRACT

Name : Teguh S. Utomo
Study Program : Industrial Engineering
Title :The analysis of Ergonomical Design of Sidewalk for Wheelchair Users

This research concerns about the ergonomical design of sidewalk width for wheelchair users based on the anthropometry of wheelchair users. Moreover there will be a discussion about the accessible tilt and length of ramp for wheelchair users. By making a benchmark between standards about the sidewalk width based on Indonesian standard, American standard, ISO, and a direct measurement. The analysis that is used to measure the wheelchair users posture when passing on the ramp is PEI (Posture Evaluation Index). The output of this research is the accessible sidewalk width design for wheelchair users and also the accessible ramp tilt for wheelchair users.

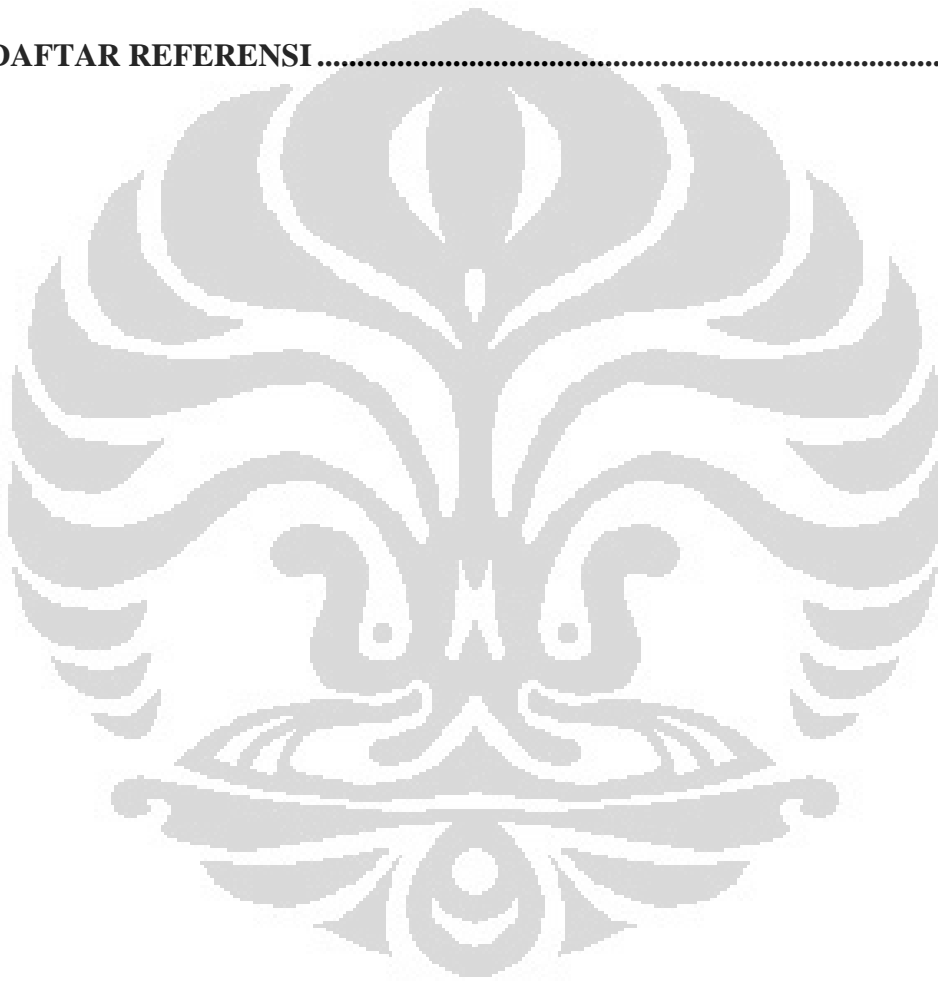
Keywords : PEI, standards benchmarking, sidewalk, ramp, wheelchair users.



DAFTAR ISI

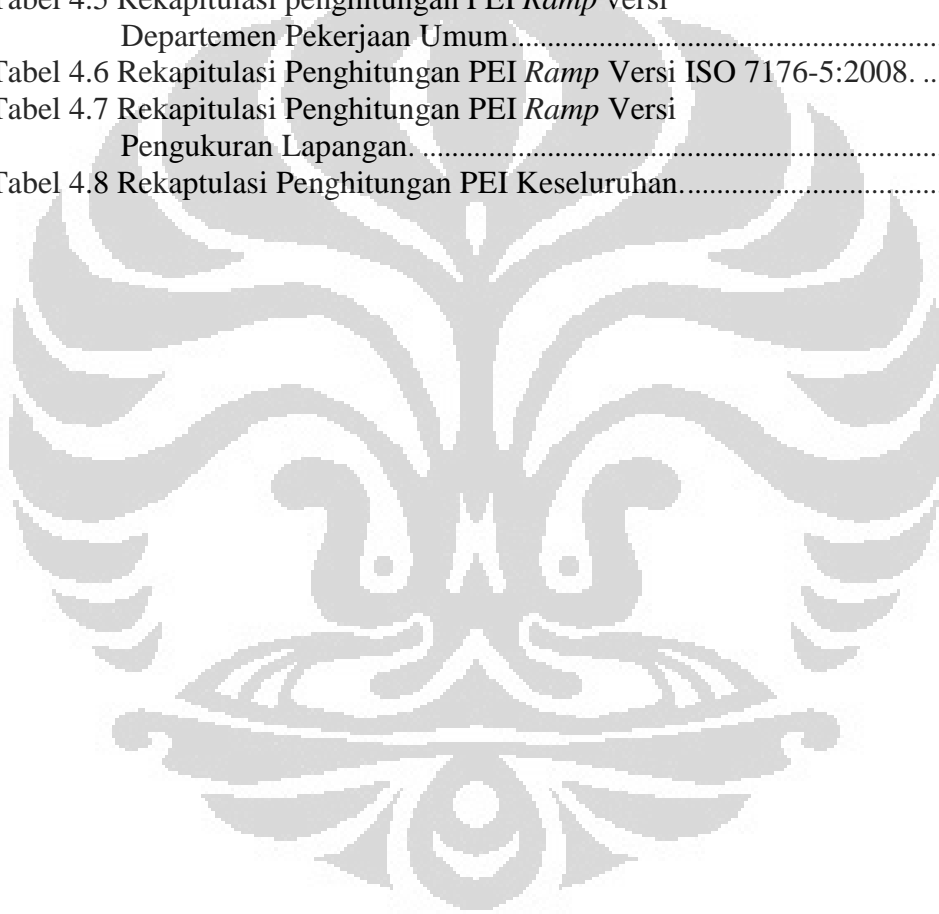
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
DAFTAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah	2
1.3 Rumusan Permasalahan	2
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Pembatasan Masalah.....	4
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
2. LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Ergonomi	9
2.2 Anthropometri.....	11
2.2.1 Persentil	16
2.3 Kursi Roda	17
2.4 Trotoar	19
2.5 Ramp (Jalur Penghubung).....	21
2.6 Anthropometri Pemakai Kursi Roda	22
2.7 <i>Software</i> Jack 6.1	24
2.8 <i>Posture Evaluation Index</i> (PEI).....	28
3. PENGUMPULAN DATA.....	31
3.1 Alur Pengumpulan dan Pengolahan Data	31
3.2 Data Anthropometri Pemakai Kursi Roda.....	31
3.3 Data Pengukuran Trotoar.....	35
3.4 Data Pengukuran <i>Ramp</i>	36
4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS	38
4.1 Lebar Trotoar	38
4.2 <i>Ramp</i>	40
4.2.1 Langkah-Langkah Permodelan dengan <i>Software</i> Jack.....	42
4.2.2 Penghitungan PEI pada Kemiringan <i>Ramp</i> Berdasarkan ADAAG (<i>American Disability Act Accessability Guidelines</i>)	44
4.2.3 Penghitungan PEI pada Kemiringan <i>Ramp</i> Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum	51

4.2.4 Penghitungan PEI pada Kemiringan <i>Ramp</i> Berdasarkan ISO 7176-5 Tahun 2008.....	52
4.2.5 Penghitungan PEI pada Kemiringan <i>Ramp</i> Berdasarkan Pengukuran di Lapangan.....	53
4.2.6 Analisis PEI pada Pengukuran Keempat <i>Ramp</i>	54
4.3 Rekomendasi Rancangan Trotoar dan Ramp yang Aksesibel Bagi Pemakai Kursi Roda.....	56
5. KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR REFERENSI	60



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Ukuran Anthropometri Manusia.....	14
Tabel 2.2 Daftar Ukuran Anthropometri Pemakai Kursi Roda Statis.....	23
Tabel 3.2 Hasil Pengukuran Anthropometri Pemakai Kursi Roda Pria.....	34
Tabel 3.3 Hasil Pengukuran Anthropometri Pemakai Kursi Roda Wanita.....	34
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Standar Lebar Trotoar (cm).....	40
Tabel 4.2 Hasil SSP Simulasi Kemiringan <i>Ramp</i> dalam Posisi Menanjak.....	45
Tabel 4.3 Hasil SSP Simulasi Kemiringan <i>Ramp</i> dalam Posisi Menurun.....	48
Tabel 4.4 Rekapitulasi Penghitungan PEI <i>Ramp</i> Versi ADAAG.....	51
Tabel 4.5 Rekapitulasi penghitungan PEI <i>Ramp</i> versi Departemen Pekerjaan Umum.....	52
Tabel 4.6 Rekapitulasi Penghitungan PEI <i>Ramp</i> Versi ISO 7176-5:2008.....	53
Tabel 4.7 Rekapitulasi Penghitungan PEI <i>Ramp</i> Versi Pengukuran Lapangan.....	53
Tabel 4.8 Rekapitulasi Penghitungan PEI Keseluruhan.....	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram keterkaitan Masalah.....	3
Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	7
Gambar 2.1 Standar Postur Duduk	12
Gambar 2.2 Standar Postur Berdiri	14
Gambar 2.3 Ukuran Telapak Tangan dan Kaki	16
Gambar 2.4 Kurva Normal dan Titik Persentilnya	16
Gambar 2.5 Contoh Kursi Roda Manual dan Berpenggerak Motor	18
Gambar 2.6 Bagian-Bagian pada Kursi Roda	19
Gambar 2.7 Spesifikasi <i>Ramp</i>	22
Gambar 2.8 Pengukuran Anthropometri Pemakai Kursi Roda Statis	24
Gambar 3.1 Turning Diameter	32
Gambar 3.2 Alur Pengambilan dan Pengolahan Data.....	33
Gambar 3.3 Gambar Trotoar dan <i>Ramp</i> (Tampak Atas).....	35
Gambar 3.4 Lebar Trotoar dan Area Tanaman	36
Gambar 3.5 Gambar Trotoar dan <i>Ramp</i> (Tampak Depan).....	37
Gambar 4.1 Diagram Alir Pengolahan Data Lebar Trotoar.....	39
Gambar 4.2 Diagram Alir Pengolahan Data Kemiringan <i>Ramp</i>	41
Gambar 4.3 Variabel Pengukuran pada <i>Ramp</i>	42
Gambar 4.4 Langkah Pembuatan Virtual Human pada <i>Software Jack</i>	42
Gambar 4.5 Memasukkan Ukuran Manusia Virtual yang Diinginkan	43
Gambar 4.6 Hasil Manusia Virtual Persentil 95	43
Gambar 4.7 <i>Ramp</i> Berdasarkan ADAAG.....	44
Gambar 4.8 Wanita Persentil 5 dalam Posisi Menanjak <i>Ramp</i>	45
Gambar 4.9 Analisis LBA Wanita Persentil 5 Menanjak <i>Ramp</i> Versi ADAAG	46
Gambar 4.10 Analisis OWAS Persentil 5 Menanjak <i>Ramp</i> Versi ADAAG.....	46
Gambar 4.11 Analisis RULA Persentil 5 Menanjak <i>Ramp</i> Versi ADAAG	47
Gambar 4.12 Wanita Persentil 5 dalam Posisi Menuruni <i>Ramp</i>	48
Gambar 4.13 Analisis LBA Wanita Persentil 5 Menuruni <i>Ramp</i> Versi ADAAG	49
Gambar 4.14 Analisis OWAS Wanita Persentil 5 Menuruni <i>Ramp</i> Versi ADAAG	49
Gambar 4.15 Analisis RULA Persentil 5 Menuruni <i>Ramp</i> Versi ADAAG.....	50
Gambar 4.16 <i>Ramp</i> Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum	51
Gambar 4.17 <i>Ramp</i> Berdasarkan ISO 7176-5:2008	52
Gambar 4.18 <i>Ramp</i> Berdasarkan Pengukuran Lapangan	53
Gambar 4.19 Rekomendasi Trotoar dan <i>Ramp</i> (Tampak Atas).....	57
Gambar 4.20 Gambar Rekomendasi Trotoar dan <i>Ramp</i> (Tampak Samping)	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Aksesibilitas fasilitas publik bagi orang-orang dengan disabilitas di Indonesia saat ini masih merupakan barang langka. orang-orang dengan disabilitas sering kesulitan untuk mengakses fasilitas publik dikarenakan fasilitas tersebut hanya didesain bagi orang normal. Aksesibilitas fisik adalah lingkungan fisik yang oleh penyandang cacat dapat dihampiri, dimasuki atau dilewati, dan pengandang cacat itu dapat menggunakan wilayah dan fasilitas yang terdapat di dalamnya tanpa bantuan (Tarsidi, 2008). Hal ini juga tertuang dalam UU no. 4 tahun 1997 tentang penyandang cacat, Pasal 1, poin 4, Aksesibilitas adalah kemudahan yang disediakan bagi penyandang cacat guna mewujudkan kesamaan kesempatan dalam segala aspek kehidupan dan penghidupan. Pada UU no. 4 tahun 1997, dijelaskan pula pada Pasal 10, poin 2, bahwa penyediaan aksesibilitas bagi penyandang cacat adalah untuk menciptakan keadaan dan lingkungan yang lebih menunjang penyandang cacat dapat sepenuhnya hidup bermasyarakat. Pengadaan aksesibilitas bagi orang-orang dengan disabilitas diantaranya, sarana dan prasarana umum, serta informasi yang diperlukan bagi orang-orang dengan disabilitas untuk memperoleh kesamaan kesempatan.

Orang-orang dengan disabilitas sering mengalami hambatan atau gangguan arsitektural dalam mengakses bangunan-bangunan, atau fasilitas-fasilitas umum. Keberadaan fasilitas umum yang ada saat ini sering tidak memudahkan orang-orang dengan disabilitas untuk memanfaatkannya. Salah satu di antara fasilitas umum tersebut diantaranya adalah trotoar. Tujuan pembangunan trotoar adalah sebagai sarana bagi pejalan kaki, pemakai kursi roda dan kereta bayi agar dapat melintas dengan aman, nyaman, dan tidak mengganggu kelancaran lalu lintas kendaraan, serta menghindari kecelakaan. Keberadaan trotoar dijadikan salah satu penilaian keberhasilan pembangunan kota (Sutjana, 2008). Oleh karena itu, keberadaan trotoar sangat penting adanya.

Seperti yang sudah dijelaskan pada sebelumnya bahwa trotoar merupakan sarana pejalan kaki, pemakai kursi roda, dan kereta bayi agar dapat melintas tanpa mengganggu ataupun terganggu oleh kendaraan bermotor. Akan tetapi sering kali keberadaan trotoar sangat tidak nyaman, terutama bagi orang-orang dengan disabilitas, dalam hal ini para pemakai kursi roda. Trotoar yang ada saat ini sering mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh akar pohon yang menyembul keluar dari tanah. Gangguan lain yang didapat oleh pemakai kursi roda pada saat menggunakan trotoar yaitu trotoar yang terlalu tinggi, tidak adanya *ramp*, trotoar yang terlalu sempit, dan kemiringan *ramp* yang terlalu curam. Oleh karena itu diperlukan sebuah rancangan yang ergonomis bagi orang-orang dengan disabilitas agar dapat memanfaatkan fasilitas umum dengan baik. Hal ini dijelaskan juga pada UU no. 4 tahun 1997, Pasal 5 yaitu setiap penyandang cacat mempunyai hak dan kesempatan yang sama dalam segala aspek kehidupan dan penghidupan.

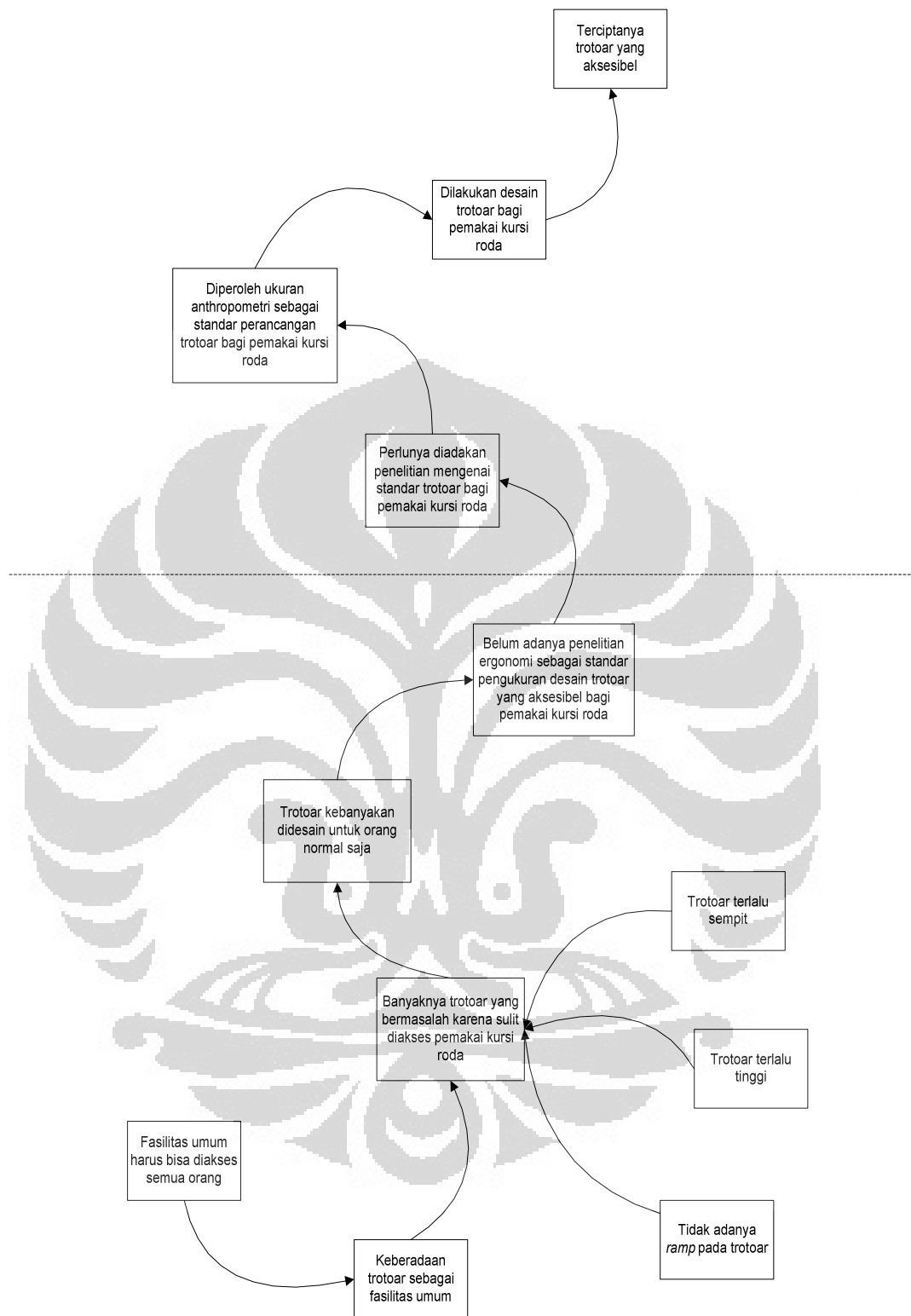
Oleh karena itu, agar dapat menciptakan rancangan yang baik mengenai trotoar, bagi pemakai kursi roda, maka faktor utama yang harus diperhatikan adalah desain tersebut harus ergonomis dan dapat menciptakan kenyamanan tidak hanya bagi orang-orang dengan disabilitas, tetapi orang-orang normal.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, dapat dibuat suatu diagram keterkaitan masalah seperti yang terlihat pada Gambar 1.2. Diagram keterkaitan masalah ini memberikan gambaran mengenai hubungan dan interaksi antara sub-sub masalah yang melandasi penelitian ini secara utuh dan detail mulai dari penyebab masalah hingga tujuan yang ingin dicapai.

1.3 Rumusan Permasalahan

Dengan melihat latar belakang dan keterkaitan masalah, maka dapat dirumuskan inti permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini. Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah banyaknya keberadaan trotoar yang tidak aksesibel bagi pemakai kursi roda yang disebabkan



Gambar 1.1 Diagram keterkaitan Masalah

oleh kurang lebarnya trotoar, trotoar yang terlalu tinggi dan tidak adanya *ramp* pada trotoar. Oleh karena itu, hal ini akan diangkat sebagai permasalahan utama dalam penelitian ini.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan usulan rancangan desain trotoar yang aksesibel bagi pemakai kursi roda melalui pendekatan ergonomi yang sesuai dengan dengan postur pemakai kursi roda.

1.5 Pembatasan Masalah

Agar pelaksanaan dan hasil yang akan diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian, maka penulis melakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Orang dengan disabilitas dibatasi pada pemakai kursi roda.
2. Fasilitas publik yang diteliti yaitu trotoar dan *ramp*.
3. Penelitian mengenai trotoar dan *ramp* dilakukan di wilayah Jakarta.
4. Pengumpulan data data dan informasi dalam penelitian ini didapatkan melalui hasil observasi, kuisisioner, dan wawancara yang dilakukan kepada pemakai kursi roda.
5. Pengumpulan data antropometri orang dengan disabilitas dilakukan dengan menggunakan anthropometer serta alat ukur lainnya dengan cara pengukuran langsung pada objek yang diteliti.
6. Pengumpulan data pengukuran trotoar menggunakan alat ukur manual berupa meteran
7. Model simulasi dan analisis ergonomi terhadap desain fasilitas publik yang ditentukan dilakukan dengan menggunakan *ergonomic tools* yang terdapat pada *Jack Analysis Toolkit*, JackTM 6.1
8. Pengolahan data dan analisis lebar trotoar dan kemiringan *ramp* dilakukan dengan dibandingkan dengan standar-standar yang berlaku mengenai trotoar dan kursi roda diantaranya Standar Indonesia (Pedoman Teknik Departemen Pekerjaan Umum No. 022/T/BM/1999), Standar Amerika (*American Disabilities Act Accessibility Guidelines/ADAAG*), ISO 7176-5 tahun 2008 mengenai dimensi massa dan ruang manuver pemakai kursi roda.

Universitas Indonesia

9. Penentuan ukuran beberapa bagian pada usulan desain didapatkan melalui standar baku yang ada, atau melalui literatur

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian pada skripsi ini dilakukan melalui tahapan-tahapan yang disusun secara sistematis. Berikut ini adalah rincian pelaksanaan penelitian mulai dari tahap persiapan penelitian hingga penelitian selesai dilaksanakan.

1. Tahap Persiapan Penelitian

Dalam tahap ini, pertama-tama dilakukan penentuan tema dan permasalahan yang ingin diteliti serta dianalisis lebih dalam. Penelitian kemudian dilanjutkan dengan mencari dasar teori yang menguatkan latar belakang penelitian. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan dasar teori dengan cara melakukan observasi serta wawancara untuk memberikan gambaran perlunya penelitian ini dilakukan. Penyusunan landasan teori penelitian juga dibuat pada tahapan ini.

2. Tahap Pengumpulan Data

Dalam tahapan ini, dilakukan identifikasi dan pengumpulan data-data yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian. Data yang dibutuhkan diantaranya adalah data antropometri orang dengan disabilitas, ukuran kursi roda, ukuran trotoar (tinggi, lebar, kemiringan ramp). Selain itu data gangguan fisik yang dialami orang dengan disabilitas selama menggunakan fasilitas tersebut juga dilakukan.

3. Tahap Pengolahan Data

Setelah semua data telah tercukupi, maka dilakukanlah pengolahan data dengan menggunakan bantuan *software* Jack 6.1 dan NX6. Tahapan pengolahan data ini diawali dengan membuat model konfigurasi fasilitas umum (trotoar) dengan menggunakan *software* NX6, lalu bentuk visual model yang telah dibuat tersebut diterjemahkan ke dalam *virtual environment* pada *software* Jack 6.1. Kemudian memodelkan data antropometri orang dengan disabilitas pada *software* Jack 6.1. dari model manusia ini kemudian disimulasikan postur bagi orang dengan disabilitas pada *virtual environment*

yang telah dibuat sebelumnya. Simulasi akan dilakukan pada setiap konfigurasi yang telah dirancang, untuk kemudian dianalisis lebih lanjut.

4. Tahap Analisis Data

Analisis dilakukan dengan melakukan pengolahan hasil simulasi yang dikeluarkan oleh *software* Jack sehingga diperoleh nilai *Posture Evaluation Index* (PEI). Nilai PEI ini digunakan untuk menilai kualitas ergonomi postur yang dihasilkan dari setiap konfigurasi, sehingga akan didapatkan usulan perbaikan yang paling ideal secara ergonomis untuk orang dengan disabilitas.

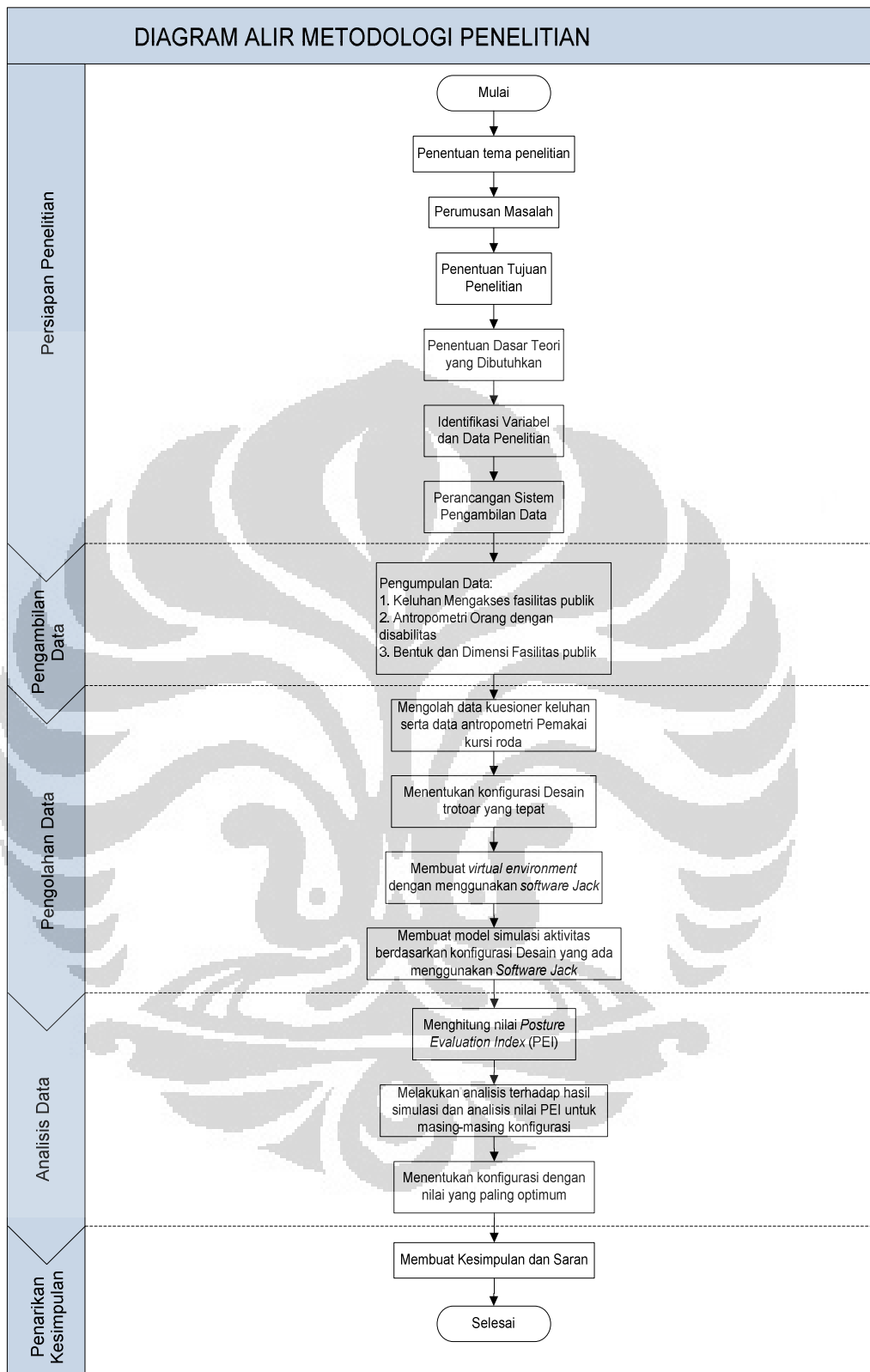
5. Tahap Penarikan Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dibuat dan model simulasi kerja yang telah dirancang, maka keseluruhan penelitian ini dapat disimpulkan untuk kemudian diberikan saran dan masukan yang berguna bagi pihak yang terkait dengan penelitian ini. Diagram alir metodologi penelitian ini digambarkan sebagai pada Gambar 1.2.

1.7 Sistematika Penulisan

Penyusunan penelitian ini dilakukan dengan mengikuti aturan sistematika penulisan yang baku sehingga memudahkan dalam proses penyusunannya. Laporan ini terdiri dari 5 bab yaitu pendahuluan, landasan teori, pengumpulan dan pengolahan data, analisis serta kesimpulan dan saran.

Bab 1 adalah bab pendahuluan yang menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini. Hal tersebut diperjelas dengan menguraikan tujuan yang ingin dicapai dari rumusan permasalahan maupun dari diagram keterkaitan masalah. Ruang lingkup yang membatasi penelitian ini dibuat untuk memperjelas tujuan penelitian. Selain itu juga dijelaskan mengenai metodologi penelitian, dan sistematika penulisan dengan tujuan memberikan gambaran awal tentang langkah-langkah dalam proses penyusunan penelitian.



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Bab 2 merupakan landasan teori yang menjelaskan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian dalam skripsi ini, yaitu mengenai teori ergonomi, antropometri, *software* Jack 6.1, *Posture Evaluation Index* (PEI) dan simulasi dengan menggunakan *virtual environment* dan *virtual human modeling* pada *software* Jack, kursi roda, *ramp*, dan trotoar.

Bab 3 adalah bab pengumpulan dan pengolahan data yang akan menjelaskan tentang proses pengumpulan data dan teknis pengambilan data yang telah dilakukan dalam penelitian ini, beserta pengolahan data dengan perbandingan hasil pengukuran dengan standar, lalu digunakan *software* Jack untuk menganalisis postur pemakai kursi roda. Jenis-jenis konfigurasi *ramp* dan cara pembuatan model kursi roda dan posisi pemakai kursi roda saat melintas di *ramp* dengan menggunakan model simulasi juga akan dijelaskan pada bab ini. Output nilai PEI sebagai gambaran nilai ergonomi setiap model juga akan diperoleh sebagai pertimbangan pemilihan konfigurasi model yang tepat.

Bab 4 adalah bab analisis. Bab ini menjelaskan tentang analisis dari data-data yang telah diolah pada bab sebelumnya, yakni dari berbagai konfigurasi model yang disimulasikan akan dianalisis pengaruhnya terhadap nilai PEI. Pada akhir bab akan diperoleh konfigurasi yang paling tepat dan optimal diantara semua model untuk kemudian diperoleh desain trotoar dan *ramp* yang tepat bagi pemakai kursi roda.

Bab 5 merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang telah dibuat dengan disertai dengan masukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Ergonomi

Ergonomi berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani yaitu *Ergos* yang berarti kerja dan *Nomos* yang berarti hukum atau asas. Pada dasarnya ergonomi dapat diartikan perancangan desain, sistem teknikal, dan kerja yang bertujuan untuk meningkatkan keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan performa manusia. Dalam bukunya yang berjudul *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics, and the Design of work*, Pheasant (2003) mendefinisikan ergonomi sebagai ilmu pengetahuan tentang kerja yang dilakukan oleh manusia yang melaksanakannya dengan cara tertentu, dengan menggunakan peralatan tertentu, di tempat tertentu dan aspek-aspek psikososial pada situasi kerja. Dalam definisi normal menurut IEA (*International Ergonomics Association*), Ergonomi adalah ilmu pengetahuan yang memperlihatkan interaksi antara manusia dengan elemen lainnya dalam sistem; serta profesi yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode menjadi suatu desain, untuk mengoptimalkan keberadaan manusia dan performa sistem secara keseluruhan.

Pengembangan ergonomi atau faktor manusia diawali pada akhir abad 19 dan awal abad 20. Hal ini tak lepas dari berkembangnya teknologi seiring dengan revolusi industri yang terjadi pada saat itu. Tokoh yang pada saat itu dapat dikatakan sebagai pelopor di bidang ergonomi adalah Frank dan Lillian Gilberth dengan penelitiannya mengenai *motion study* dan *shop management*. Akan tetapi penggunaan ergonomi pada saat itu tidak terlalu digunakan. Pada akhir perang dunia ke dua hingga 1960, mulailah bermunculan perkumpulan dan penelitian mengenai ergonomi di beberapa negara di dunia seperti laboratorium *engineering psychology* yang dibentuk oleh angkatan udara Amerika Serikat, hal yang sama juga dilakukan oleh dewan riset medis dan departemen ilmu pengetahuan dan riset industri di Inggris. Pada tahun 1949, pertama kali diterbitkan buku di bidang ergonomi oleh Chapanis, Garner, dan Morgan, yang berjudul "*Applied Experimental Psychology: Human Factors in Engineering Design*." Dan pada

tahun 1959, asosiasi ergonomi internasional telah dibentuk untuk menghubungkan perkumpulan ergonomi dan faktor manusia di beberapa negara di dunia. Pada akhir tahun 1960, ergonomi banyak digunakan pada bidang kemiliteran dan antariksa, hingga pada tahun 1980, ergonomi banyak digunakan di berbagai bidang di antaranya farmasi, komputer, otomotif, dan beberapa bidang *customer product* lain. Ergonomi terus berkembang hingga saat ini.

Terdapat dua tujuan utama dari ergonomi diantaranya untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari suatu kerja atau aktifitas yang dijalankan. Hal ini juga berguna diantaranya untuk meningkatkan kenyamanan penggunaan, mengurangi kesalahan, dan meningkatkan produktifitas. Tujuan lain dari ergonomi adalah untuk meningkatkan nilai-nilai tertentu yang diharapkan manusia. Nilai-nilai yang diharapkan ini diantaranya menaikkan tingkat kemanan, mengurangi tingkat *fatigue* (kelelahan) dan *stress*, meningkatkan kenyamanan, meningkatkan kepuasan kerja, dan meningkatkan kualitas hidup.

Ergonomi berfokus pada manusia dan interaksinya dengan produk, perlengkapan, fasilitas, prosedur, dan lingkungan yang digunakan di tempat kerja dan kehidupan sehari-hari. Hal ini kemudian berimplikasi pada pendekatan ergonomi yang berupa aplikasi sistematis terhadap informasi tentang kemampuan manusia, batasan-batasan kemampuan, karakteristik, perilaku, dan motivasi pada desain dan prosedur yang digunakan manusia serta lingkungan yang digunakan oleh manusia. Pendekatan ergonomi juga melibatkan evaluasi terhadap segala sesuatu yang didesain untuk memastikan bahwa manusia tersebut puas terhadap tujuan yang mereka harapkan.

Berdasarkan atas fokus dan pendekatan pada ergonomi, ergonomi dapat menjadi bagian integral dari desain, manufaktur, dan penggunaan-penggunaan alat-alat lain yang melibatkan manusia. Hal ini dikarenakan dalam ergonomi dipelajari mengenai anthropometri, postur, pergerakan yang berulang-ulang, dan desain area kerja.

2.2 Anthropometri

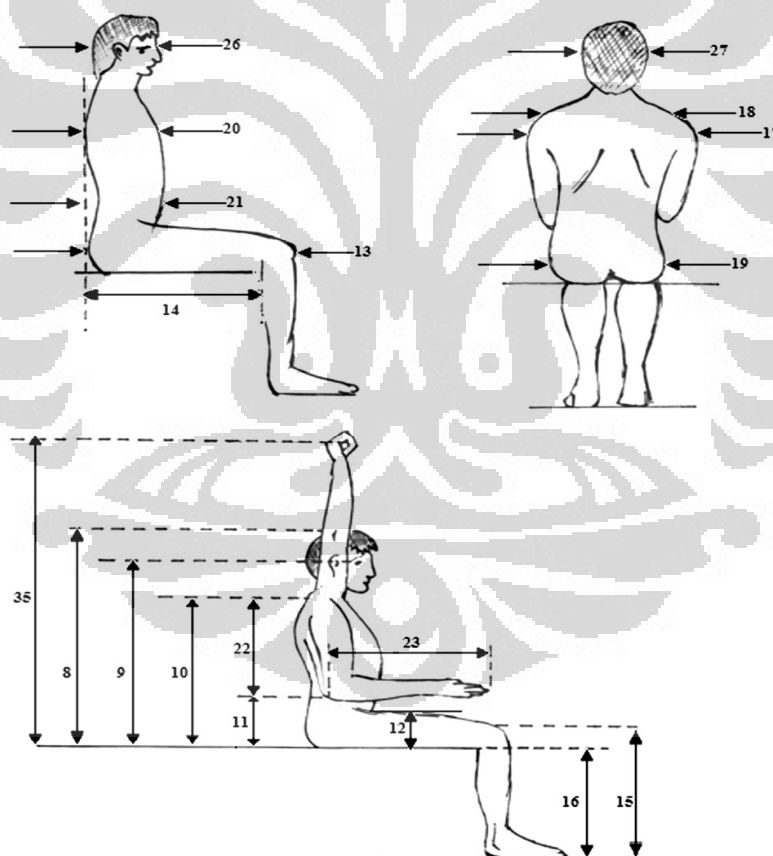
Anthropometri adalah bidang ilmu yang mengukur ukuran tubuh manusia dalam populasi. Anthropometri berasal dari bahasa Yunani *Anthropos* yang berarti manusia dan *Metron* yang berarti ukuran. Data-data anthropometri dapat dijadikan basis dalam melakukan perancangan tertentu seperti desain produk dan desain tempat kerja. Hal ini bertujuan untuk mengakomodasi kebutuhan manusia dalam bekerja atau menggunakan produk-produk tertentu karena manusia memiliki dimensi tubuh yang berbeda-beda. Data anthropometri juga bervariasi berdasarkan populasi regional. Sebagai contoh, populasi orang-orang Skandinavia memiliki kecenderungan lebih tinggi, sementara populasi orang Asia dan Italia memiliki kecenderungan lebih pendek. Selain itu, data anthropometri juga bervariasi pada usia, dan juga jenis kelamin.

Sanders dan McCormick (1993), dalam bukunya yang berjudul "*Human Factors in Engineering and Design*" membagi pengukuran anthropometri atas dua jenis, yaitu dimensi statis dan dimensi dinamis (fungsional). Dimensi statis adalah pengukuran yang dilakukan ketika tubuh dalam keadaan statis. Dimensi-dimensi yang diukur pada dimensi statis diantaranya dimensi skeletal atau rangka (diantara pusat sendi) atau dimensi kontur (dimensi permukaan kulit). Sementara dimensi dinamis merupakan pengukuran yang dilakukan pada tubuh yang melakukan aktivitas fisik. Dalam banyak aktivitas fisik, anggota tubuh seseorang bekerja secara beriringan. Sebagai contoh, batasan pada jangkauan tangan seseorang tidak hanya dipengaruhi oleh panjang dari lengan tersebut, akan tetapi juga dipengaruhi oleh pergerakan pundak, perputaran sebagian anggota tubuh, tingkat membungkuk punggung yang memungkinkan, dan fungsi yang dilakukan oleh lengan.

Pheasant (2003) menetapkan dimensi tubuh standar yang digunakan dalam pengukuran anthropometri dengan membaginya menjadi 36 dimensi. Ketigapuluhenam dimensi tersebut diukur dalam dua keadaan standar postur yaitu standar postur berdiri dan standar postur duduk. Berikut adalah dimensi-dimensi standar anthropometri berdasarkan Pheasant.

Pada standar postur berdiri, subjek berdiri tegak, menempatkan diri dalam posisi tinggi sepenuhnya seseorang dan melihat ke depan, dengan pundak yang dalam keadaan relaks, dan kedua tangannya bergantung dengan bebas di kedua sisi.

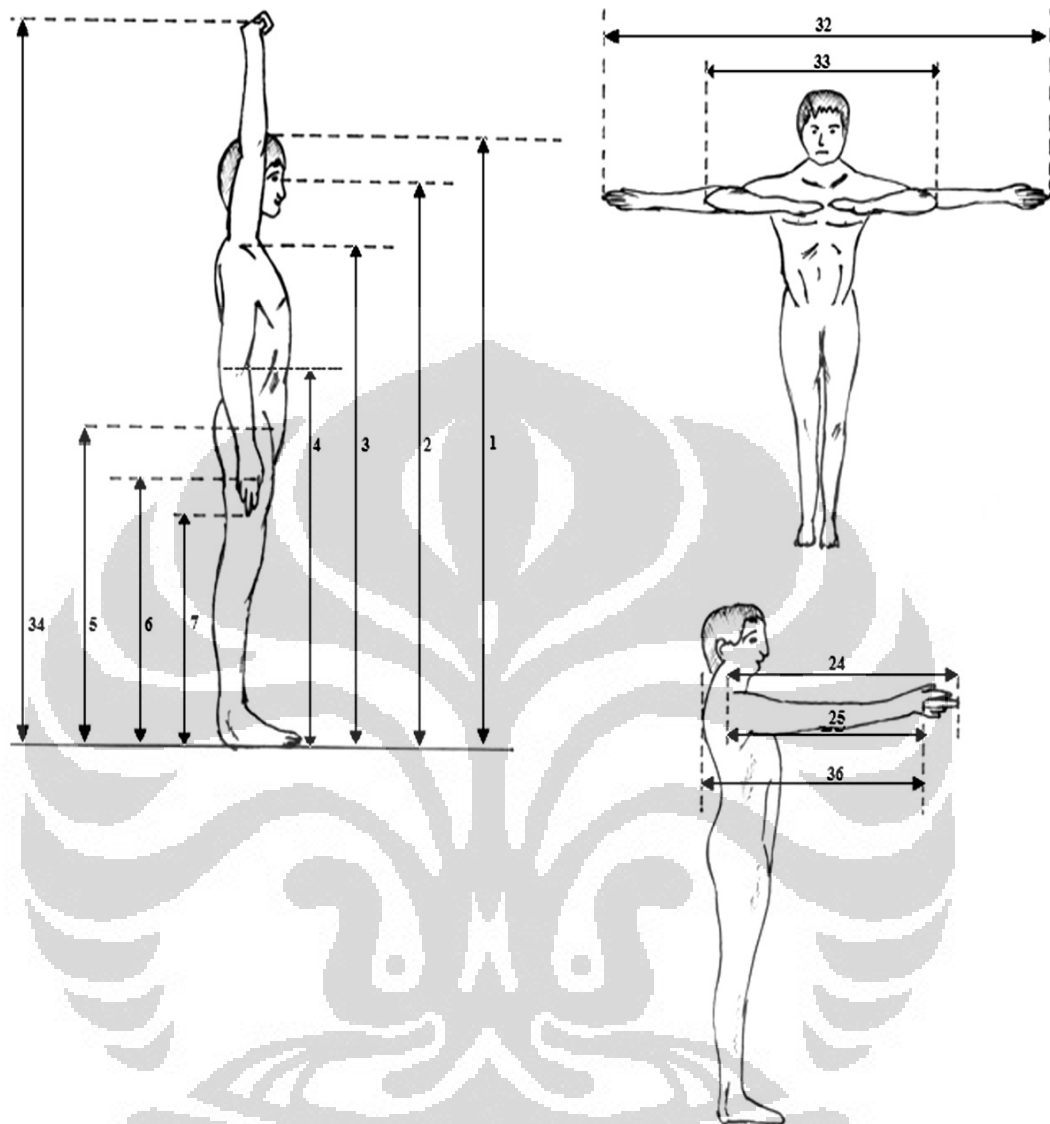
Pada Standar postur duduk, subjek duduk tegak pada permukaan datar dan horizontal, menempatkan diri dalam keadaan ketinggian sepenuhnya ketika duduk dan melihat lurus ke depan. Keadaan pundak relaks, dengan tangan bagian atas berada di kedua sisi dalam keadaan santai, dan lengan bagian bawah berada dalam keadaan horozontal. Ketinggian kursi disesuaikan hingga kedua paha dalam keadaan horizontal dan beris dalam keadaan vertikal.



Gambar 2.1 Standar Postur Duduk

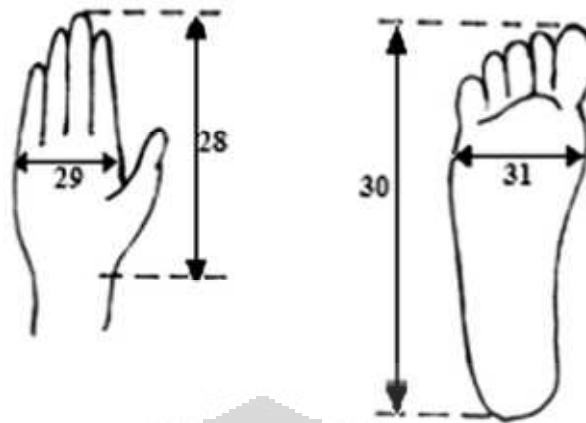
(Sumber: Chuan, Tan Kay, Hartono, markus, Kumar, Naresh, *Anthropometry of The Singaporean and Indonesian Populations*, *International Journal of Industrial Ergonomics* 40, 2010, 757-766)

Universitas Indonesia



Gambar 2.2 Standar Postur Berdiri

(Sumber: Chuan, Tan Kay, Hartono, markus, Kumar, Naresh, Anthropometry of The Singaporean and Indonesian Populations, *International Journal of Industrial Ergonomics* 40, 2010, 757-766)



Gambar 2.3 Ukuran Telapak Tangan dan Kaki

(Sumber: Chuan, Tan Kay, Hartono, markus, Kumar, Naresh, Anthropometry of The Singaporean and Indonesian Populations, *International Journal of Industrial Ergonomics* 40, 2010, 757-766)

Tabel 2.1 Daftar Ukuran Anthropometri Manusia

No.	Variabel
1	Tinggi Badan (<i>Stature</i>)
2	Tinggi Mata (<i>Eye Height</i>)
3	Tinggi Bahu (<i>Shoulder Height</i>)
4	Tinggi Siku (<i>Elbow Height</i>)
5	Tinggi Pinggul (<i>Hip Height</i>)
6	Tinggi Buku Jari Tangan (<i>Knuckle Height</i>)
7	Tinggi Ujung Jari Tangan (<i>Fingertip Height</i>)
8	Tinggi Duduk (<i>Sitting Height</i>)
9	Tinggi Mata saat Duduk (<i>Sitting Eye Height</i>)
10	Tinggi Bahu saat Duduk (<i>Sitting Shoulder Height</i>)
11	Tinggi Siku saat Duduk (<i>Sitting Elbow Height</i>)
12	Tebal Paha (<i>Thigh Thickness</i>)
13	Jarak Bokong Hingga Lutut (<i>Buttock-Knee Length</i>)
14	Jarak Bokong Hingga Belakang Lutut/Betis (<i>Buttock-Popliteal Length</i>)
15	Tinggi Lutut (<i>Knee Height</i>)

Tabel 2.1 (Sambungan)

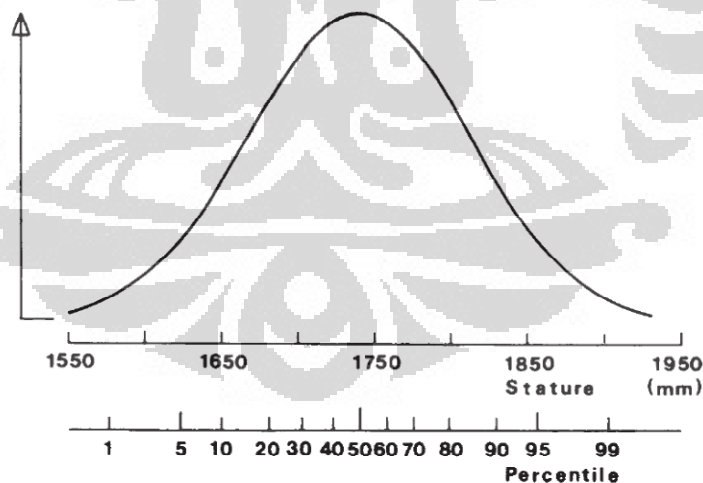
16	Tinggi dari Tanah Hingga Belakang Lutut/Betis (<i>Popliteal Height</i>)
17	Lebar Bahu Bideltoid (<i>Shoulder Breadth Bideltoid</i>)
18	Lebar Bahu Biacrominal (<i>Shoulder Breadth Biacrominal</i>)
19	Lebar Pinggul (<i>Hip Breadth</i>)
20	Tebal Dada (<i>Chest Breadth</i>)
21	Tebal Perut (<i>Abdominal Depth</i>)
22	Jarak Bahu Hingga Siku (<i>Shoulde-Elbow Length</i>)
23	Jarak Siku Hingga Ujung Jari (<i>Elbow-Fingertip Length</i>)
24	Panjang Lengan Bagian Atas (<i>Upper Limb Length</i>)
25	Jarak Bahu Hingga Genggaman Tangan (<i>Shoulder-Grip Length</i>)
26	Tebal Kepala (<i>Head Length</i>)
27	Lebar Kepala (<i>Head Breadth</i>)
28	Panjang Telapak Tangan (<i>Hand Length</i>)
29	Lebar Telapak Tangan (<i>Hand Breadth</i>)
30	Panjang Telapak Kaki (<i>Foot Length</i>)
31	Lebar Telapak Kaki (<i>Foot Breadth</i>)
32	Jarak Jangkauan Kedua Tangan (<i>Span</i>)
33	Jarank Jangkauan Siku (<i>Elbow Span</i>)
34	Tinggi Genggaman Tangan Vertikal - Posisi Berdiri (<i>Vertical Grip Reach-Standing</i>)
35	Tinggi Genggaman Tangan Vertikal - Posisi Duduk (<i>Vertical Grip Reach-Sitting</i>)
36	Jarak Jangkauan Tangan ke Depan (<i>Forward Grip Reach</i>)
37	Masa Tubuh (<i>Body Weight</i>)

(Sumber: Pheasant, Stephent, Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and The Design of Work, Second Edition, Taylor & Francis, 2003)

2.2.1 Persentil

Dalam sebuah pengukuran anthropometri pada sebuah populasi manusia, tentunya terjadi keberagaman ukuran manusia yang diukur tersebut. Maka dari itu, dibutuhkan suatu konsep statistik yang digunakan untuk mendeskripsikan variabilitas pada dimensi tubuh manusia. Konsep tersebut dikenal dengan persentil. Persentil digunakan untuk memeringkatkan dimensi anthropometri pada sebuah populasi. Kroemer (2006) menjelaskan bahwa kebanyakan dimensi tubuh terdistribusi secara normal. Alur pengukuran seseorang berada dalam *bell curve*, hanya sebagian orang yang lebih pendek, atau lebih tinggi, tetapi banyak kelompok berada pada pusat distribusi, mean.

Data anthropometri umumnya terbagi atas tiga kelompok persentil, persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Persentil 5 merepresentasikan ukuran minimum pada populasi, persentil 50 merepresentasikan mean pada populasi tersebut, dan persentil 95 merepresentasikan ukuran maksimum dari populasi. Berikut adalah contoh pembagian visualisasi persentil pada kurva normal dalam hal ini pada tinggi badan manusia.



Gambar 2.4 Kurva Normal dan Titik Persentilnya

(Sumber: Pheasant, Stephent, Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and The Design of Work, Second Edition, Taylor & Francis, 2003, p.16)

Pada kurva, bagian puncak menunjukkan mean atau rata-rata. Hal ini menunjukkan bahwa 50% populasi memiliki tinggi badan di bawah rata-rata, dan 50% populasi memiliki tinggi badan di atas rata-rata. Dengan kata lain mean pada distribusi ini menunjukkan persentil 50. Kemudian, di sisi kiri pada kurva terdapat titik yang disebut persentil 5, atau dengan kata lain terdapat 5% populasi memiliki tinggi badan lebih pendek. Dan di sisi kanan terdapat titik yang disebut persentil 95, yang menunjukkan bahwa 5% dari populasi memiliki tinggi badan yang lebih tinggi dibanding yang lain. Berarti 90% populasi memiliki tinggi badan antara persentil 5 dan persentil 95.

2.3 Kursi Roda

Kursi roda adalah alat atau media yang digunakan oleh orang yang mengalami disabilitas terutama di bagian kaki untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lain, baik di tempat datar maupun dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Sering juga dimaksudkan, bahwa kursi roda digunakan untuk meningkatkan kemampuan mobilitas bagi orang yang memiliki kekurangan seperti: orang yang cacat fisik (khususnya penyandang cacat kaki), pasien rumah sakit yang tidak diperbolehkan untuk melakukan aktivitas fisik, orang tua (manula), dan orang-orang yang memiliki resiko tinggi untuk terluka bila berjalan sendiri (Batan, 2006).

Terdapat dua jenis kursi roda yaitu kursi roda manual atau konvensional, dan kursi roda berpengerak motor. Jenis kursi roda manual terbagi atas dua jenis pula yaitu standar dan *sport wheelchair*. Sedangkan kursi roda berpengerak motor terbagi atas beberapa model diantaranya tradisional, *platform*, dan *round based model*.

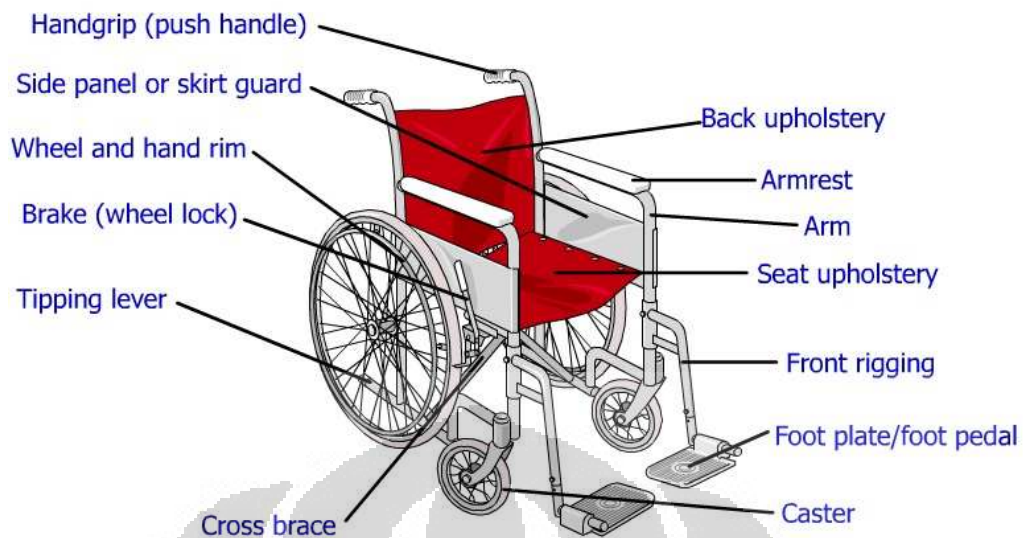


Gambar 2.5 Contoh kursi roda manual dan berpengerak motor

(Sumber: Batan, I Made Londen, Pengembangan kursi roda sebagai upaya peningkatan ruang gerak penderita cacat kaki, Jurnal Teknik Industri Vol. 8, 2006, p.98)

Bagian-bagian yang terdapat pada kursi roda di antaranya:

1. Gagang Pendorong (*Hand Grip*)
2. Sandaran (*Back Upholstery*)
3. Sandaran Tangan (*Armrest*)
4. *Arm*
5. Alas Duduk (*Seat Upholstery*)
6. Roda Belakang dan Kemudi (*Wheel and Hand Rim*)
7. Rem/Pengunci (*Brake/Whee Lock*)
8. Panel Samping/*Skit Guard* (*Side Panel/Skit Guard*)
9. *Cross Brace*
10. *Front Rigging*
11. Alas Kaki (*Foot Plate/Foot Pedal*)
12. *Tipping Lever*
13. Roda Depan (*Caster*)



Gambar 2.6 Bagian-Bagian pada Kursi Roda

(Sumber: Holz, Patricia, The Parts of a Wheelchair, wisc-online.com, 2003)

2.4 Trotoar

Trotoar adalah fasilitas umum yang dibangun dengan tujuan untuk memberikan kenyamanan, keamanan, kelancaran bagi pejalan kaki, pemakai kursi roda, dan kereta api untuk melintas tanpa mengganggu kelancaran lalu lintas kendaraan serta untuk menghindari kecelakaan. Keberadaan trotoar dijadikan salah satu penilaian keberhasilan pembangunan kota (Sutjana, 2008). Berdasarkan atas pedoman teknik persyaratan aksesibilitas pada jalan umum No. 2/T/BM/1999 yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, trotoar adalah bagian dari daerah manfaat jalan yang berfungsi sebagai jalur pejalan kaki yang pelayanannya ditingkatkan/diperkeras, yang dirancang berdasarkan kebutuhan minimum dengan memperhatikan keamanan, kelancaran, dan kenyamanan bagi pejalan kaki dan penyandang cacat.

Hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan jalur pejalan kaki (trotoar) adalah kebebasan berjalan ketika berpapasan dengan pejalan kaki lain tanpa terjadi singgungan. Oleh karena itu, persyaratan teknik yang harus diperhatikan dalam perencanaan trotoar diantaranya:

1. Tingkat kenyamanan pejalan kaki yang optimal, seperti faktor kelandaian dan jarak tempuh serta rambu-rambu petunjuk pejalan kaki.
2. Jalur pejalan kaki sebaiknya ditempatkan jauh dari lalu lintas kendaraan sehingga keamanan pejalan kaki lebih terjamin, serta tersedianya prasarana pemberhentian bus dan dekat dengan prasarana umum lainnya.
3. Keamanan terhadap kemungkinan terjadinya benturan antara pengguna jalur pejalan kaki, terutama bagi penyandang cacat berkursi roda.
4. Penerangan yang cukup di malam hari sehingga memungkinkan jarak pandangan yang cukup.
5. Hindari terjadinya hambatan-hambatan dan ketidaknyamanan berjalan kaki yang disebabkan oleh adanya pedagang kaki lima pada jalur pejalan kaki.
6. Jalur pejalan kaki harus dibuat sedemikian rupa sehingga pada waktu hujan permukaannya tidak licin dan tidak terjadi genangan air serta disarankan untuk dilengkapi dengan pohon-pohon peneduh pada jalur tepinya.
7. Drainase sebaiknya dibuat tegak lurus dengan arah jalan dengan lubang yang dijauhkan dari tepi jalur penghubung (*ramp*) sehingga tidak mendatangkan bahaya.
8. Tepi jalur penghubung (*ramp*) dan batas pegangan (*hand railing*) bagi tongkat tuna netra.

Lebar minimum trotoar untuk jalur searah adalah 1,00 m, dan 1,50 m untuk jalur dua arah. Apabila dimungkinkan trotoar dapat dirancang lebih lebar lagi agar dapat lebih mudah di akses bagi pejalan kaki dan pemakai kursi roda. Permukaan trotoar harus rata, dan mempunyai kemiringan melintang 2-4% agar tidak terjadi genangan air. Perbadingan kelandaian memanjang jalan dan kelandaian jalan disarankan 1 satuan vertikal:10 satuan horizontal, dan tiap 90 m disediakan tempat pemberhentian bagi mereka yang menggunakan alat untuk beristirahat.

2.5 Ramp (Jalur Penghubung)

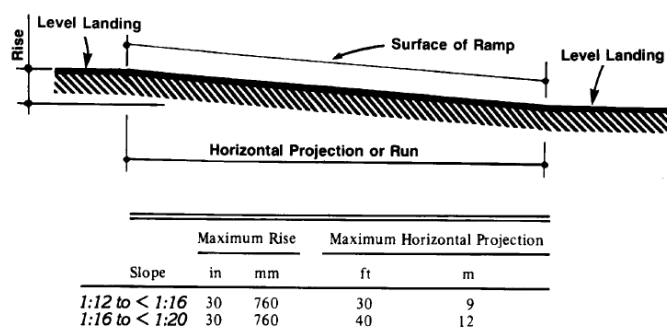
Ramp adalah jalur yang dirancang dengan kelainan tertentu atau mendatar yang terletak pada ruas/jalan dan terencana untuk lalu lintas kendaraan umum maupun jalur pejalan kaki. Dalam perencanaannya, lebar *ramp* pada jalur pejalan kaki normal, penyandang disabilitas, dan pelayanan angkutan barang harus dipertimbangkan secara seksama agar dapat digunakan sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Jalur penghubung biasanya diletakkan pada:

1. Perpotongan jalan masuk kavling dengan trotoar
2. Pada tempat penyeberangan dengan penyeberangan zebra
3. Pada tempat penyeberangan tidak sebidang, seperti pada jembatan dan terowongan penyeberangan
4. Pada tempat-tempat yang dibutuhkan terutama oleh penyandang disabilitas berkursi roda, seperti pada tempat parkir dan tempat pemberhentian kendaraan umum.

Tipe-tipe *ramp* biasanya dikategorikan atas desain strukturnya dan bagaimana posisi relatifnya terhadap trotoar atau jalan. Memilih desain *ramp* bergantung pada kondisi lokasi yang akan di bangun *ramp*. Tipe-tipe *ramp* di antaranya, tegak lurus, diagonal, paralel, kombinasi, dan di sudut jalan.

Berdasarkan ADAAG (*American with Disabilities Act Accessibility Guidelines*), perbandingan tinggi dan kemiringan *ramp* yaitu 1:12 dengan ketinggian maksimum 76 cm. Lebar minimum *ramp* adalah 91,5 cm.



Gambar 2.7 Spesifikasi Ramp

(Sumber: ADAAG)

2.6 Anthropometri Pemakai Kursi Roda

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa anthropometri adalah bidang ilmu yang mengukur ukuran tubuh manusia dalam populasi. Akan tetapi tidak semua orang memiliki kesemurnaan. Banyak di antara mereka yang memiliki kekurangan terutama dalam hal fisik, sehingga membuat mereka harus menggunakan alat bantu berupa kursi roda.

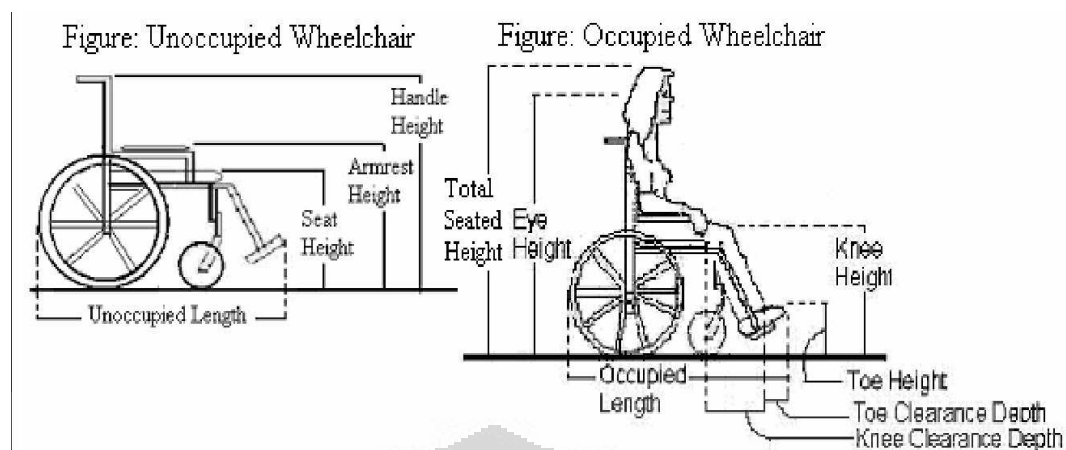
Bradtmiller (2003) menjelaskan bahwa salah satu hal yang paling sulit dalam pengambilan data anthropometri adalah menentukan bagaimana pengukuran dilakukan. Hal ini dikarenakan terdapat variasi pada sejumlah orang dengan disabilitas dalam suatu populasi. Oleh karena itu, Bradtmiller (2003) merekomendasikan manusia dan kursi roda sebagai satu unit kesatuan. Vikas Sharma dalam penelitiannya yang berjudul "*Anthropometry of Indian Manual Wheelchair Users: a Validation Study of Indian Accessibility Standards,*" membagi pengukurannya atas dua jenis yaitu anthropometri statis dan anthropometri dinamis.

Pada Anthropometri statis, Sharma membagi dua pengukuran yaitu pengukuran kursi roda tanpa dikendarai (*Unoccupied Wheelchair*), dan pengukuran kursi roda saat dikendarai (*Occupied Wheelchair*). Berikut adalah bagian-bagian pengukuran anthropometri statis menurut Sharma.

Tabel 2.2 Daftar ukuran anthropometri pemakai kursi roda statis

No.	Variabel
1	Lebar tanpa dikendarai (<i>Unoccupied width</i>)
2	Panjang tanpa dikendarai (<i>Unoccupied length</i>)
3	Tinggi handle (<i>Handle height</i>)
4	Tinggi sandaran tangan (<i>Armrest Height</i>)
5	Tinggi tempat duduk (<i>Seat height</i>)
6	Lebar ketika dikendarai (<i>Occupied width</i>)
7	Panjang ketika dikendarai (<i>Occupied length</i>)
8	Tinggi mata (<i>Eye height</i>)
9	Total tinggi ketika dikendarai (<i>Total seated height</i>)
10	Tinggi lutut (<i>Knee height</i>)
11	Tinggi jari-jari kaki (<i>Toe height</i>)
12	Kedalaman terkombinasi antara lutut dengan jari-jari kaki (<i>Combined knee+Toe Depth</i>)

(Sumber: Sharma, Vikas, Anthropometry of Indian Manual Wheelchair Users: a Validation Study of Indian Accessibility Standards, AccessAbility, 2008)



Gambar 2.8 Pengukuran anthropometri pemakai kursi roda statis

(Sumber: Sharma, Vikas, *Anthropometry of Indian Manual Wheelchair Users: a Validation Study of Indian Accessibility Standards*, AccessAbility, 2008)

Pada anthropometri dinamis (fungsional), Sharma melakukan 3 buah pengukuran yaitu jangkauan tangan-ke depan (*Reach ranges-forward*), jangkauan tangan-ke samping (*Reach ranges-lateral*), dan area manuver (*Maneuvering Clearances*). Pada pengukuran jangkauan baik ke depan maupun samping, seorang pemakai kursi roda harus menjangkau sebuah benda dalam tiga situasi yaitu tinggi, rendah, dan tinggi disertai halangan. Pada area manuver, seorang pemakai kursi roda harus menjalankan krso rodanya kemudian berbelok sebesar 90° , lalu seorang pemakai kursi roda juga melakukan pergerakan memutar sebesar 360° .

2.7 Software Jack 6.1

Software Jack merupakan alat yang digunakan untuk mensimulasikan atau memodelkan rangkaian pekerjaan secara virtual. Dengan menggunakan *software Jack*, simulasi dari sebuah rancangan pekerjaan kemudian dianalisis dengan menggunakan perangkat analisis untuk dilihat sejauh mana kelayakan sebuah desain dan lingkungan kerja dari sudut pandang ergonomi terhadap manusia.

Dengan menggunakan *software Jack*, pengguna dapat menciptakan model manusia virtual. Kemudian model manusia virtual tersebut direayasa sedemikian

rupa hingga dapat memiliki postur dan rangkaian pekerjaan seperti dalam kondisi di dunia nyata.

Dengan modul *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang terdapat pada *software* Jack, dapat berfungsi untuk menganalisa kondisi model manusia virtual dari sisi ergonomi, dapat diketahui estimasi risiko cedera yang berpotensi terjadi pada seseorang berdasarkan postur, penggunaan otot, beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensi kerja. TAT dapat memberikan intervensi untuk mengurangi risiko tersebut. Selain itu, modul TAT dapat menunjukkan batasan maksimal kemampuan kerja seseorang dalam menaikkan, menurunkan, mendorong, menarik, dan membengkokkan ketika melakukan suatu pekerjaan.

Terdapat sembilan *tools* analisa ergonomi yang terdapat pada *software* Jack yang dapat digunakan, antara lain:

1. *Fatigue analysis*, memperkirakan kecukupan waktu pemulihan yang tersedia untuk suatu pekerjaan sehingga dapat menghindari kelelahan pekerja. *Tools* ini juga dapat digunakan untuk menghitung seberapa lama durasi waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan, dibandingkan dengan waktu istirahat yang tersedia.
2. *Lower back analysis*, *tools* ini digunakan untuk mengevaluasi gaya yang diterima oleh tulang belakang manusia pada suatu postur dan pembebanan tertentu.
3. *Manual material handling*, tujuan dari *tools* ini adalah untuk mengevaluasi dan mendesain pekerjaan-pekerjaan yang dikerjakan secara manual seperti mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, dan membawa dengan tujuan untuk mengurangi risiko penyakit tulang belakang.
4. *Metabolic energy expenditure*, bertujuan untuk memperkirakan tingkat kenutuhan energi yang dibutuhkan seseorang untuk melaksanakan suatu pekerjaan berdasarkan karakteristik pekerjaan dan sub-pekerjaan dari suatu pekerjaan.
5. *NIOSH lifting analysis*, bertujuan untuk mengevaluasi berdasarkan standar NIOSH pekerjaan yang membuat seseorang harus mengangkat sesuatu,

6. *Ovako Working Posture Analysis (OWAS)*, tools ini menyajikan metode sederhana untuk memeriksa tingkat kenyamanan suatu operasi kerja, berdasarkan posisi punggung, tangan, dan kaki, serta pembebanannya. OWAS juga mengukur tingkat urgensi perbaikan posisi kerja tersebut.
7. *Predetermined time standards*, digunakan untuk memprediksi lama waktu yang dibutuhkan dalam mengerjakan pekerjaan berdasarkan metode *time measurement (MTM-1) system*.
8. *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*, digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan pekerja mengalami kelainan pada tubuh bagian atas.
9. *Static strength prediction tool*, berguna untuk mengevaluasi presentase dari suatu populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melakukan pekerjaan berdasarkan postur tubuh, jumlah energi yang dibutuhkan dan anthropometri.
10. *ForceSolver*, merupakan aplikasi tambahan untuk pengujian *static strength* atau *lower back*. Selain mempertimbangkan postur, *user* juga dapat mendefinisikan parameter kerja (misalnya *support forces* dan *standing strategy*) untuk memprediksi gaya maksimum yang dapat diterima manusia. Kekuatan tangan yang digunakan pada aplikasi ini bertindak sebagai output, bukan input, sehingga membuat *ForceSolver* ideal untuk menganalisis skenario-skenario unik.

Berikut adalah langkah-langkah yang digunakan dalam pengerjaan model pada *software* Jack agar dapat memberikan hasil yang merepresentasikan keadaan dunia nyata, diantaranya:

1. Membangun *virtual environment*.
Lingkungan kerja, termasuk semua peralatan yang digunakan dalam suatu rangkaian pekerjaan dimasukkan ke dalam *software* Jack untuk membentuk *virtual environment* yang menyerupai kondisi di dunia nyata. Proses ini dapat dilakukan dengan cara mengimpor benda-benda kerja dengan format file “.dwg” ke dalam *software* Jack 6.1.
2. Menciptakan manusia virtual.
Pada proses pembuatan manusia virtual pada *software* Jack, yang dibutuhkan hanya tinggi dan berat badan manusia yang akan dibuat model virtualnya,

Universitas Indonesia

kemudian *software* Jack akan menghasilkan model manusia yang proporsional sesuai dengan *database* antropometri yang dimiliki oleh *software* Jack.

3. Memposisikan manusia virtual pada *virtual environment*.

Dikarenakan *software* Jack dilengkapi dengan modul *move* yang sesuai dengan koordinat (x,y), proses memposisikan manusia virtual pada *virtuan environment* menjadi mudah. Agar dapat mengkondisikan manusia virtual agar dapat memiliki rupa postur yang menyerupai aslinya, modul *human control* beserta *adjust joint* dapat digunakan.

4. Memberikan *command* kepada manusia virtual.

Manusia dapat diberikan *command* atau tugas dengan merubah posisi pada saat melakukan tugas sesuai dengan yang diinginkan. Dengan modul *Animation*, modul manusia virtual dapat melakukan serangkaian pekerjaan dengan sistematis, berdasarkan satuan waktu.

5. Menganalisa performa manusai virtual.

Setelah semua proses dilaksanakan, analisa performa manusia virtual yang disimulasikan dapat dilakukan oleh modul TAT.

Terdapat beberapa keuntungan menggunakan *software* Jack dalam melakukan simulasi dan analisis kondisi dari suatu rangkaian dan lingkungan kerja. Hal ini dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak salah satunya perusahaan atau pabrik yang ingin menciptakan SOP mengenai kerja. Berikut adalah keuntungan yang dapat diberikan oleh *software* Jack:

- Mempersingkat waktu untuk mendesain suatu usulan lingkungan kerja
- Menekan biaya pengembangan produk
- Meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan
- Meningkatkan produktifitas
- Meningkatkan keamanan dan keselamatan kerja
- Mengurangi risiko cedera yang mungkin terjadi pada pekerja.

2.8 Posture Evaluation Index (PEI)

Posture Evaluation Index (PEI) merupakan metode yang mengintegrasikan antara skor *Lower Back Analysis* (LBA), dengan dua metode penilaian postur tubuh, yaitu OWAS dan RULA. Integrasi dari ketiga metode tersebut memberikan suatu penilaian yang menyeluruh terhadap sebuah operasi kerja dalam suatu lingkungan kerja. Metode PEI digunakan untuk menetapkan optimasi terhadap suatu operasi dalam lingkungan kerja dilihat dari sudut pandang keilmuan ergonomi. Akan tetapi, secara umum PEI tidak dapat digunakan apabila terdapat lebih dari satu operasi pada area kerja.

Tujuan dari PEI adalah untuk memberikan sebuah penilaian optimal di antara solusi perbaikan berupa kombinasi-kombinasi postur pada sebuah operasi di stasiun kerja. Dengan bantuan *software* Jack yang lebih memudahkan dalam membuat kemungkinan model perbaikan yang akan dibuat tersebut, sehingga dapat diketahui risiko cedera yang mungkin terjadi pada suatu operasi kerja. Berikut adalah tahapan-tahapan pembuatan model evaluasi operasi kerja dengan metode PEI secara garis besar:

1. Analisis lingkungan kerja

Fase pertama adalah melakukan analisis terhadap lingkungan kerja, termasuk gerakan-gerakan kerja yang terjadi selama pekerjaan berlangsung. Pada fase ini, seorang peneliti harus memahami faktor apa saja yang berkontribusi terhadap kesimpulan yang nantinya diambil. Demikian juga alternatif-alternatif gerakan yang mungkin terjadi pada rangkaian operasi kerja harus dipikirkan.

2. Analisis jangkauan dan aksesibilitas

perancangan sebuah stasiun kerja selalu memerlukan studi pendahuluan untuk mengevaluasi aksesibilitas dari titik-titik kritis (*critical points*). Permasalahan yang muncul adalah apakah seluruh metode gerakan yang telah dirancang memungkinkan untuk dimasukkan ke sebuah operasi dan apakah semua titik kritis dapat dijangkau oleh pekerja agar dapat dipastikan bahwa titik kritis jangkauan benda-benda kerja dapat terjangkau oleh operator. Berdasarkan

analisis lingkungan kerja, serta keterjangkauan dan aksesibilitas, konfigurasi yang akan dianalisis pada fase berikutnya dapat ditentukan.

3. Analisis *Static Strength Prediction* (SSP)

Pada tahap ini, akan dilakukan penilaian terhadap suatu pekerjaan yang dilakukan. Apakah pekerjaan tersebut dapat dilanjutkan ke analisis selanjutnya. Pekerjaan tersebut dapat dipertimbangkan untuk tahap analisis selanjutnya jika nilai skor SSP berdasarkan *software* Jack minimal 90%. Pekerjaan yang memiliki skor SSP di bawah 90% tidak dapat dianalisa lebih lanjut.

4. Penilaian *Lower Back Analysis* (LBA)

Lower Back Analysis (LBA) merupakan modul analisis yang digunakan untuk mengevaluasi beban yang diterima oleh ruas-ruas tulang punggung. Evaluasi dilakukan secara *real time*, seiring dengan perubahan *flexion* yang terjadi pada ruas-ruas tulang punggung model manusia virtual yang diujikan. Kemudian nilai tekanan yang dihasilkan akan dibandingkan dengan batasan tekanan yang ada pada standar NIOSH yaitu sebesar 3400 N.

5. Penilaian *Ovako Working Posture analysis System* (OWAS)

Dalam tahapan penilaian OWAS, tingkat kenyamanan pekerja ketika melakukan suatu pekerjaan dinilai dengan tingkat standar kenyamanan yang terdiri dari 4 tingkatan indeks kenyamanan. Metode ini juga memberikan rekomendasi apakah tindakan perbaikan dari postur kerja diperlukan atau tidak. Dalam metode PEI, indeks nilai tingkat kenyamanan yang dihasilkan akan dibandingkan dengan tingkat kenyamanan maksimum dalam metode OWAS, yaitu 4.

6. Penilaian *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA)

Postur tubuh bagian atas akan dievaluasi pada tahap ini serta dilakukan identifikasi risiko kerusakan atau gangguan pada tubuh bagian atas. Indeks RULA yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan indeks maksimum RULA yaitu 7.

7. Penghitungan skor PEI

Dalam penghitungan skor PEI, terdapat tiga variabel yang mempengaruhi yaitu LBA, OWAS, dan RULA yang dirangkum dalam tiga variabel adimensional *I1*, *I2*, dan *I3*, dimana *I1* merepresentasi evaluasi dari nilai LBA dinandingkan

dengan nilai maksimal aman *compression strength* yang mengikuti standar NIOSH (3400 N), *I2* dan *I3* menunjukkan indeks OWAS yang dibagi dengan nilai kritisnya (4) dan indeks RULA yang dibagi dengan nilai kritisnya (7). Berikut ini persamaan dari metode PEI:

$$PEI = I1 + I2 + mr \cdot I3 \quad (2.1)$$

Keterangan: $I1 = LBA/3400N$

$I2 = OWAS/4$

$I3 = RULA/7$

$mr = \text{amplification factor } (1,42)$

variabel-variabel yang berkontribusi dalam menghasilkan nilai PEI sangat bergantung dari postur yang memiliki beragam tingkat ketidaknyamanan. Semakin besar nilai variabel, semakin besar pula pengaruhnya terhadap kenaikan besarnya nilai PEI. Hal ini berarti semakin kecil nilai PEI, semakin kecil pula variabel-variabel yang menyusun nilai PEI, dengan demikian semakin baik pula postur tubuh manusia ketika melakukan pekerjaan.

BAB 3

PENGUMPULAN DATA

Pada bab 3, akan dijelaskan mengenai tahapan-tahapan dalam pengambilan data yaitu berupa pengukuran antropometri pemakai kursi roda (statis dan dinamis), pengukuran trotoar dan *ramp*, serta standar-standar yang berlaku mengenai trotoar dan *ramp*.

3.1 Alur Pengumpulan dan Pengolahan Data

Untuk memudahkan memahami pengumpulan data dan keterkaitan dengan pengumpulan data nantinya, maka akan disajikan alur pengumpulan dan pengolahan data dalam bentuk diagram pada gambar 3.1 di halaman selanjutnya.

Pada penelitian ini, terdapat tiga hal utama yang diperlukan yaitu antropometri pemakai kursi roda, pengukuran trotoar, dan pengukuran *ramp*. Data-data pendukung yang digunakan adalah data-data yang berasal dari data-data standar mengenai trotoar dan *ramp* yang ada di Indonesia, Amerika, dan ISO. Data-data tersebut sangat berpengaruh dalam menentukan lebar trotoar dan kemiringan serta panjang *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda.

3.2 Data Anthropometri Pemakai Kursi Roda

Pengumpulan data-data antropometri pemakai kursi roda dilakukan secara manual terhadap pemakai kursi roda yang terdapat di sekitar Depok dan Jakarta Selatan. Lokasi pengambilan data adalah rumah sakit-rumah sakit yang berada di sekitar Depok dan Jakarta Selatan. Terdapat 12 dimensi statis dan satu dimensi dinamis yang diukur seperti yang terdapat pada bab 2. Pengukuran antropometri dinamis yang dilakukan adalah *turning diameter*. Turning diameter adalah diameter silindris minimal yang dapat dilalui pemakai kursi roda sebesar 360°.

Pada pengukuran yang dilakukan secara manual, setiap pemakai kursi roda diukur satu persatu dimensi tubuhnya dengan menggunakan meteran. Alasan digunakannya meteran sebagai alat untuk mengukur antropometri pemakai kursi

roda adalah karena meteran lebih mudah dibawa dan digunakan dibandingkan dengan anthropometer, dengan hasil yang tidak jauh berbeda. Sementara itu, pada pengukuran dinamis, sedikit berbeda, karena diukur dengan menggunakan rumus yang terdapat pada jurnal (Ziegler, 2003).

$$TD = 2 \times \sqrt{y^2 + x^2} \quad (3.1)$$

Dimana:

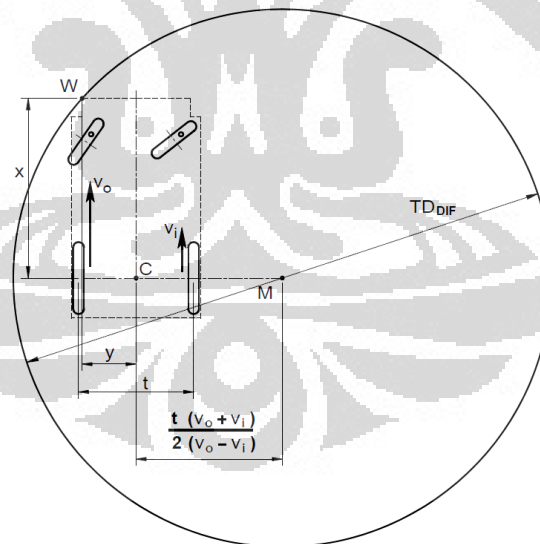
TD = *Turning diameter* minimum untuk kursi roda manual

M = Titik pusat dari lingkaran pusat

W = Titik terjauh pada kursi roda dari M

y = Jarak antara W dengan axis longitudinal kursi roda

x = Jarak antara W dengan axis roda manuver

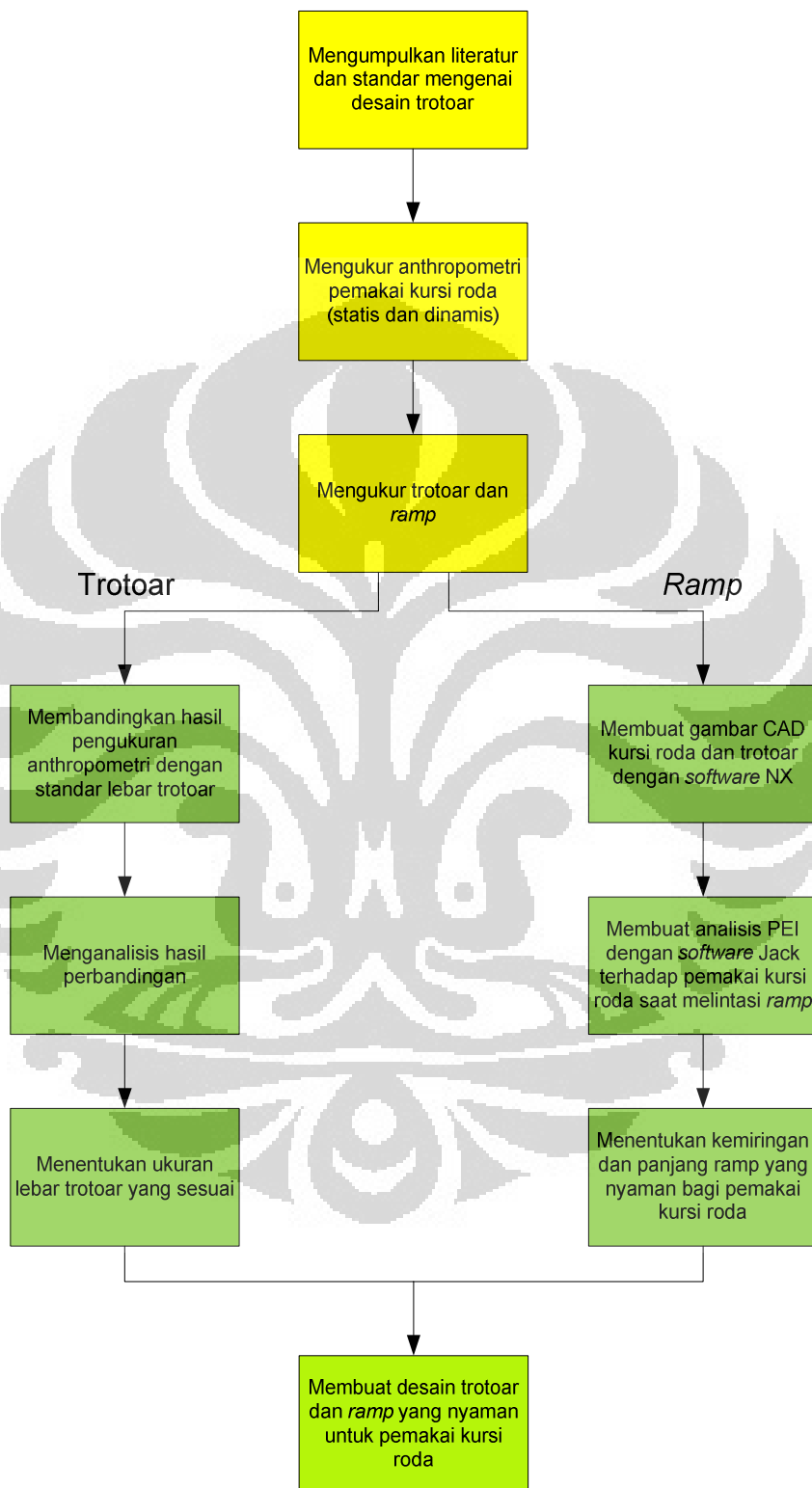


Gambar 3.1 *Turning diameter*

(Sumber: Ziegler, Johann, Working Area of Wheelchairs: Details about some dimension that are specified in ISO 7176-5, IDEA Center, 2003, p.9)

Universitas Indonesia

Alur Pengambilan Data dan Pengolahan Data



Gambar 3.2 Alur pengambilan dan pengolahan data

Pengukuran dilakukan kepada 50 orang pemakai kursi roda yang tersebar di sekitar Depok dan Jakarta Selatan. Dari 50 orang pemakai kursi roda, sebanyak 29 orang merupakan pria, dan sisanya adalah wanita. Tabel berikut akan menunjukkan hasil pengukuran anthropometri pemakai kursi roda.

Tabel 3.2 Hasil pengukuran anthropometri pemakai kursi roda pria

Dimensi	Persentil			Standar Deviasi
	0,05	0,50	0,95	
Unoccupied Width (cm)	52,89	56,20	62,19	2,89
Unoccupied Length (cm)	96,60	99,20	105,76	2,96
Handle Height (cm)	95,49	98,90	101,14	1,88
Armrest Height (cm)	67,50	70,00	76,30	2,95
Seat Height (cm)	48,00	50,10	58,01	3,39
Occupied Width (cm)	65,06	69,00	73,72	2,67
Occupied Length (cm)	109,83	113,40	119,16	2,94
Eye Height (cm)	115,79	121,20	126,55	3,65
Total Seated Height (cm)	125,79	130,00	137,97	4,28
Knee Height (cm)	61,58	64,70	70,28	2,64
Toe Height (cm)	16,72	19,70	27,44	3,50
Knee and Toe Depth (cm)	25,80	28,00	31,40	3,35
Turning Diameter (cm)	122,98	126,44	129,28	2,10

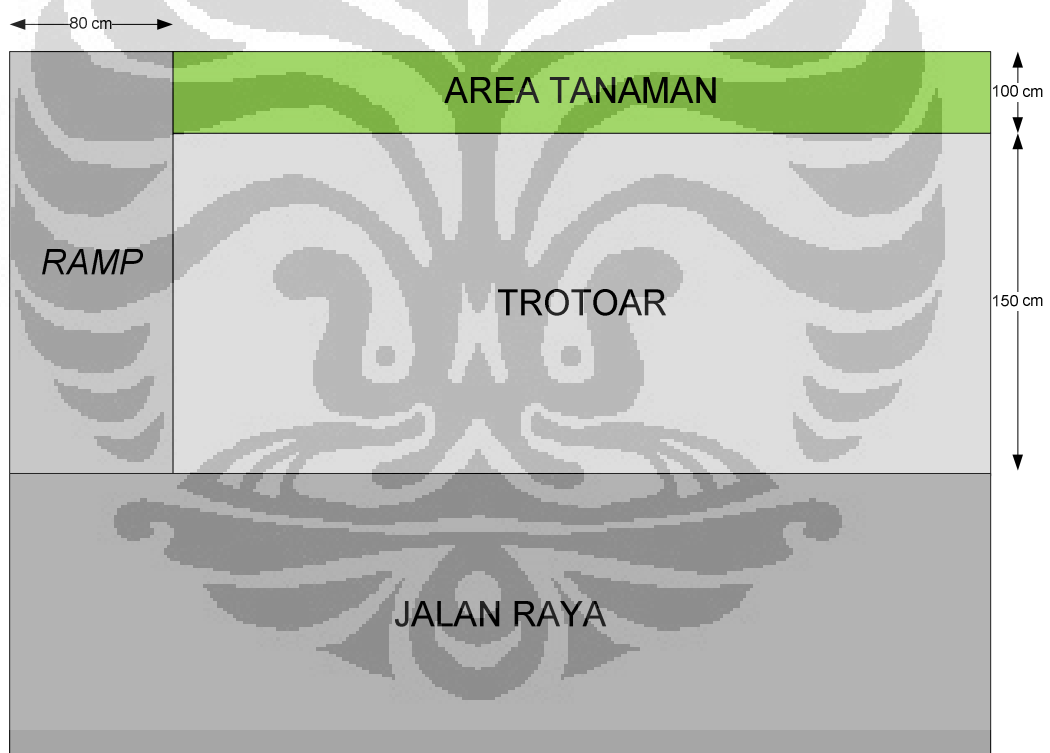
Tabel 3.3 Hasil Pengukuran anthropometri pemakai kursi roda wanita

Dimensi	Persentil			Standar Deviasi
	0,05	0,50	0,95	
Unoccupied Width (cm)	50,53	53,13	57,81	2,47
Unoccupied Length (cm)	93,73	96,73	101,55	2,87
Handle Height (cm)	93,49	97,32	99,09	1,98
Armrest Height (cm)	64,57	66,67	72,66	2,93
Seat Height (cm)	44,52	46,40	53,13	3,45
Occupied Width (cm)	64,93	67,84	70,56	1,96
Occupied Length (cm)	109,14	111,17	114,21	1,93
Eye Height (cm)	113,28	118,27	123,48	4,06
Total Seated Height (cm)	122,53	129,00	138,37	5,27
Knee Height (cm)	60,11	63,25	65,49	1,75
Toe Height (cm)	15,37	18,30	25,59	3,74
Knee and Toe Depth (cm)	23,82	26,02	33,48	4,37
Turning Diameter (cm)	122,68	125,15	127,68	2,10

3.3 Data Pengukuran Trotoar

Setelah data antropometri telah didapat, langkah selanjutnya adalah pengambilan data ukuran trotoar. Pengukuran trotoar dilakukan di daerah Rasuna Said, Kuningan, Jakarta Selatan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran. Bagian-bagian yang diukur antara lain, tinggi trotoar dan lebar trotoar.

Pada trotoar yang diukur tersebut, terdapat beberapa elemen yang terdapat pada trotoar diantaranya trotoar, area tanaman baik dalam pot, maupun petakan tanah yang ditanami pepohonan dan *ramp*. Lebar trotoar keseluruhan yaitu 250 cm, ukuran tersebut sudah meliputi area tanaman, lalu area tanaman adalah 100 cm, dan tinggi trotoar adalah 22,5 cm. Sementara ukuran *ramp* akan dibahas pada pembahasan selanjutnya.



Gambar 3.3 Gambar trotoar dan *ramp* (tampak atas)

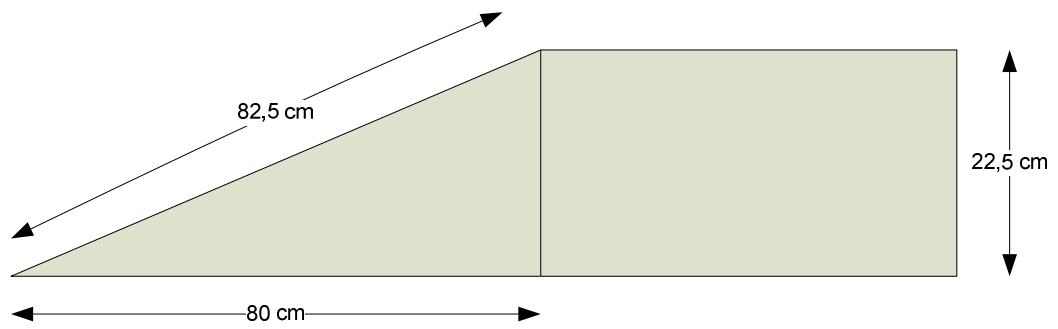


Gambar 3.4 Lebar trotoar dan area tanaman

3.4 Data Pengukuran *Ramp*

Langkah selanjutnya setelah data trotoar didapat adalah melakukan pengukuran terhadap *ramp* untuk mendapatkan data ukuran *ramp*. Sama halnya dengan trotoar, pengukuran *ramp* dilakukan di daerah Rasuna Said, Kuningan, Jakarta Selatan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran. Bagian-bagian yang diukur antara lain tinggi *ramp*, panjang alas *ramp*, panjang sisi miring *ramp*, dan besar sudut kemiringan *ramp*.

Pada pengukuran *ramp* yang dilakukan di daerah Rasuna Said, didapatkanlah ukuran *ramp* yaitu tinggi *ramp* 22,5 cm, panjang alas *ramp* 80 cm, dan panjang sisi miring *ramp* adalah 82,5 cm. Adapun sudut kemiringan *ramp* berkisar 16° .



Gambar 3.5 Gambar trotoar dan *ramp* (tampak depan)



BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

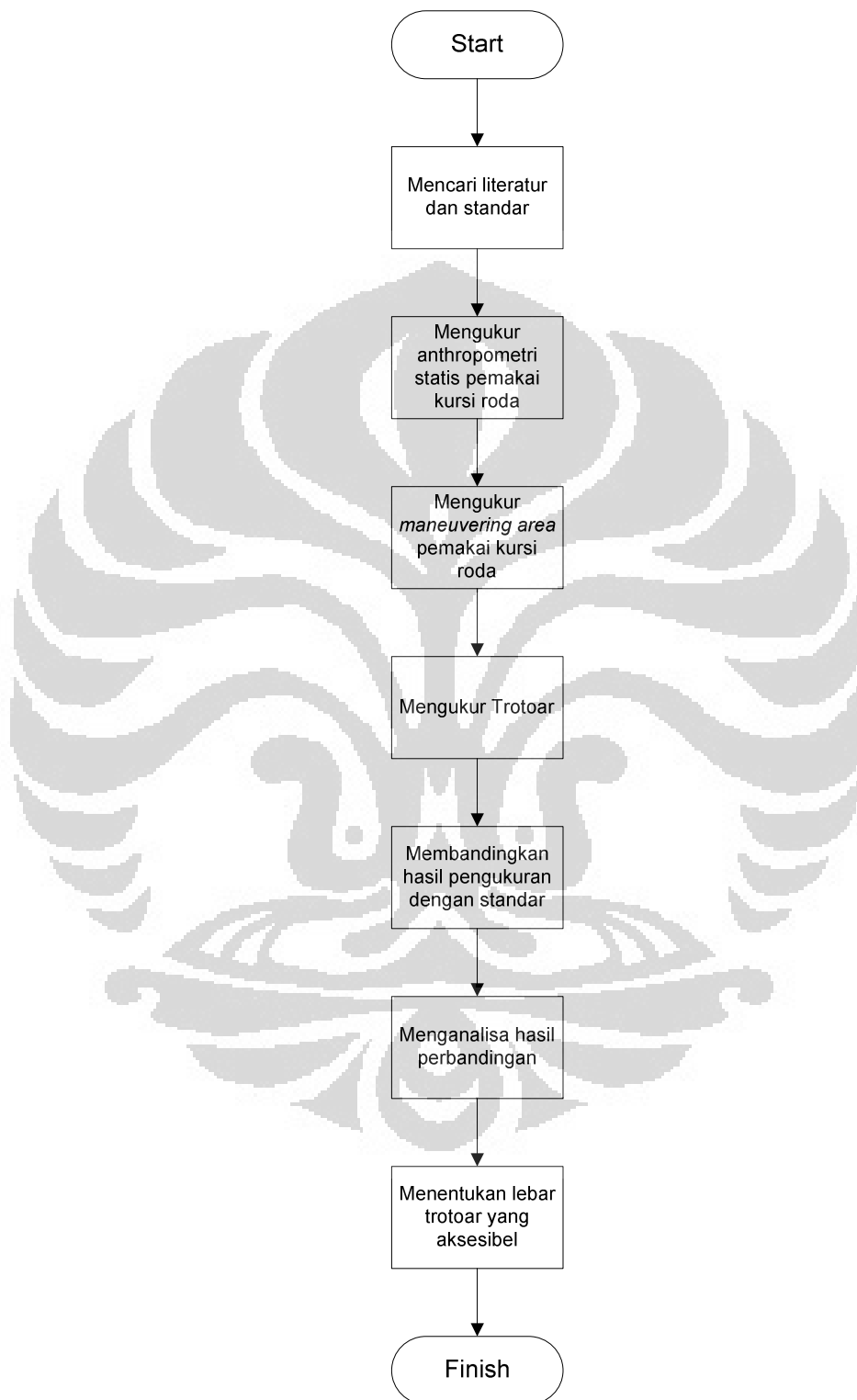
Pada bab ini, data-data yang terdapat pada bab sebelumnya akan diolah untuk menghasilkan desain trotoar dan *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda. Data antropometri mengenai *turning diameter* yang dijadikan acuan lebar trotoar bagi pemakai kursi roda akan dibandingkan dengan standar-standar yang berlaku mengenai lebar trotoar, serta lebar hasil pengukuran langsung di lapangan. Sedangkan untuk menentukan kemiringan *ramp* yang nyaman bagi pemakai kursi roda, akan digunakan *software* Jack 6.1 untuk dilakukan permodelan mengenai postur pemakai kursi roda ketika melintasi *ramp*.

4.1 Lebar Trotoar

Untuk merancang lebar trotoar yang aksesibel bagi pemakai kursi roda, pertama-tama dilakukan pengukuran antropometri statis pemakai kursi roda terlebih dahulu, kemudian dilakukan penghitungan *turning diameter* berdasarkan hasil pengukuran antropometri statis tersebut, *turning diameter* juga merupakan bagian pengukuran antropometri, akan tetapi *turning diameter* merupakan pengukuran antropometri dinamis pemakai kursi roda. Setelah pengukuran antropometri pemakai kursi roda selesai dilakukan, hasil pengukuran mengenai *turning diameter* akan dibandingkan dengan standar-standar yang berlaku mengenai trotoar yang aksesibel bagi pemakai kursi roda. Gambar 4.1 menunjukkan diagram alir mengenai pengolahan data perancangan lebar trotoar.

Dalam melakukan perbandingan antara hasil pengukuran dengan standar yang berlaku, digunakan tiga jenis standar mengenai lebar yang aksesibel bagi pemakai kursi roda yang melintas. Ketiga standar tersebut diantaranya Pedoman teknik persyaratan aksesibilitas pada jalan umum Departemen Pekerjaan Umum No. 022/T/BM/1999, ADAAG (*American Disability Act Accessibility Guidelines*), dan ISO 7176-5 tahun 2008 mengenai pengukuran dimensi, massa, dan *maneuvering space* pemakai kursi roda. Tabel 4.1 akan menunjukkan

perbandingan hasil pengukuran dengan standar yang berlaku mengenai lebar yang aksesibel bagi pengguna kursi roda.



Gambar 4.1 Diagram alir pengolahan data lebar trotoar

Tabel 4.1 Perbandingan hasil pengukuran dengan standar lebar trotoar (cm)

Hasil Penghitungan	Pengukuran di Lapangan	Standar Indonesia	ADAAG	ISO 7176-5
Persentil 95				
129,27	150	150	152,5	165

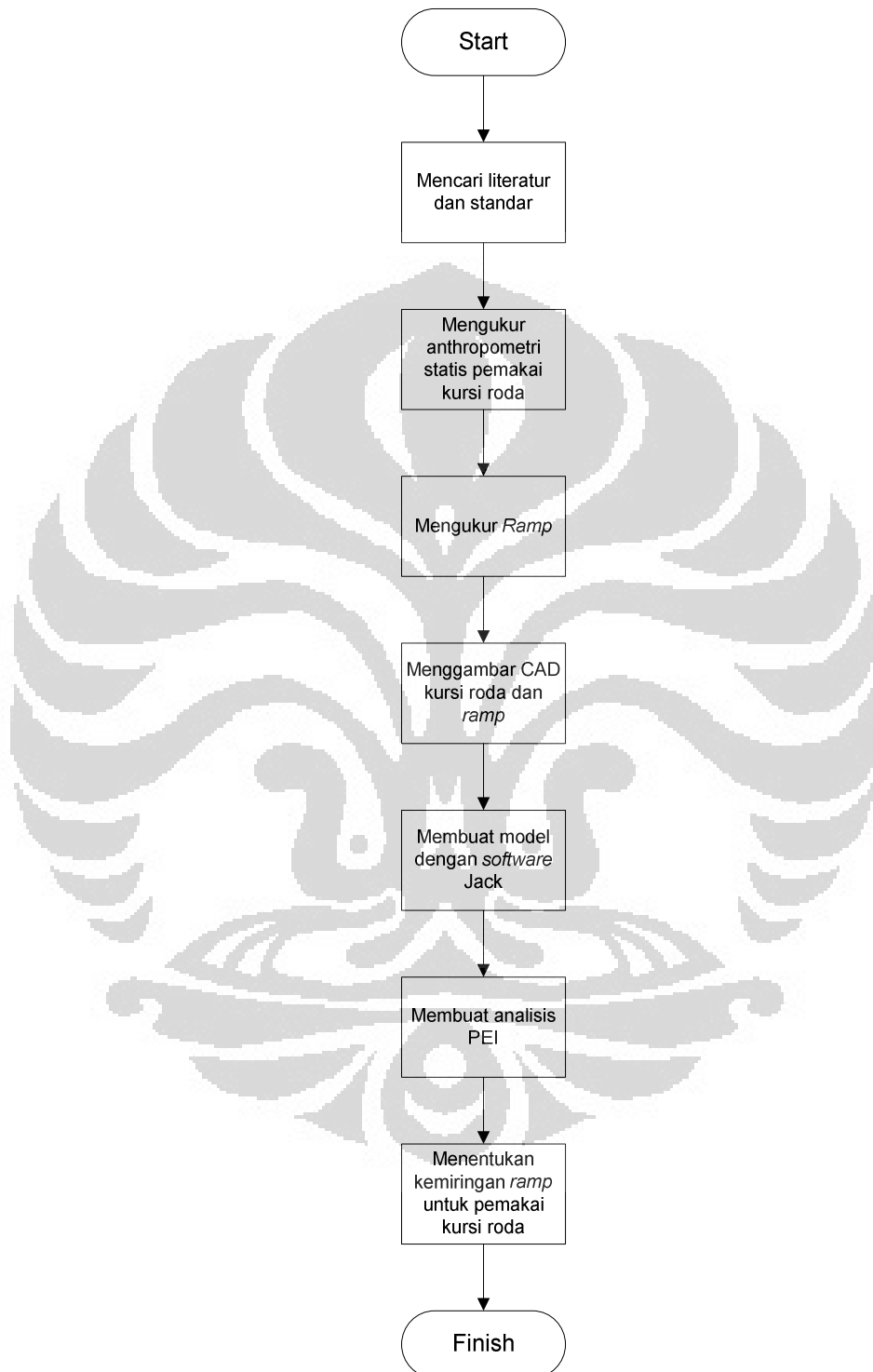
Berdasarkan tabel 4.1, dengan menggunakan persentil 95 agar mencakupi sebagian besar populasi pemakai kursi roda, dapat dilihat bahwa hasil pengukuran mengenai *turning diameter* pemakai kursi roda lebih kecil dibandingkan dengan ketiga standar yang ada. Hal ini menunjukkan ketiga standar sudah dapat mengakomodir kebutuhan trotoar yang aksesibel bagi pemakai kursi roda. Hal ini juga ditunjang dengan hasil pengukuran langsung trotoar di Daerah Rasuna Said, Jakarta Selatan, dimana lebar trotoar sudah sesuai standar, dan mencukupi bagi pemakai kursi roda.

4.2 Ramp

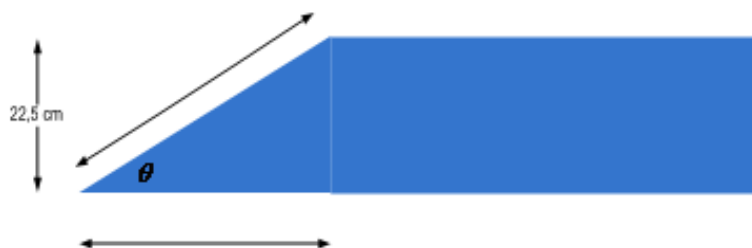
Untuk melakukan perancangan *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda, digunakanlah data antropometri pemakai kursi roda, data ukuran kursi roda, dan data-data ukuran *ramp* yang didapat dari ketiga standar yang telah disebutkan sebelumnya, dan pengukuran langsung di daerah Rasuna Said, Jakarta Selatan. Setelah semua data telah didapat, kemudian data-data tersebut dimodelkan ke dalam *software* Jack 6.1 untuk kemudian diukur dan dihitung postur pemakai kursi roda saat melintas di *ramp*. Gambar 4.2 menunjukkan diagram alir mengenai pengolahan data perancangan *ramp*.

Dalam melakukan permodelan dengan menggunakan *software* Jack, data persentil yang digunakan adalah persentil 95 pria dan persentil 5 wanita. Kemudian pada *ramp*, terdapat tiga variabel yang mempengaruhi diantaranya sudut kemiringan *ramp*, panjang alas *ramp*, dan panjang sisi miring *ramp*, sementara tinggi *ramp* dianggap sama yaitu 22,5 cm. Terdapat empat jenis *ramp* yang dimodelkan dengan menggunakan *software* Jack, diantaranya *ramp* berdasarkan standar Departemen Pekerjaan Umum, *ramp* berdasarkan standar

ADAAG, *ramp* berdasarkan standar ISO, dan juga *ramp* berdasarkan hasil pengukuran di lapangan.



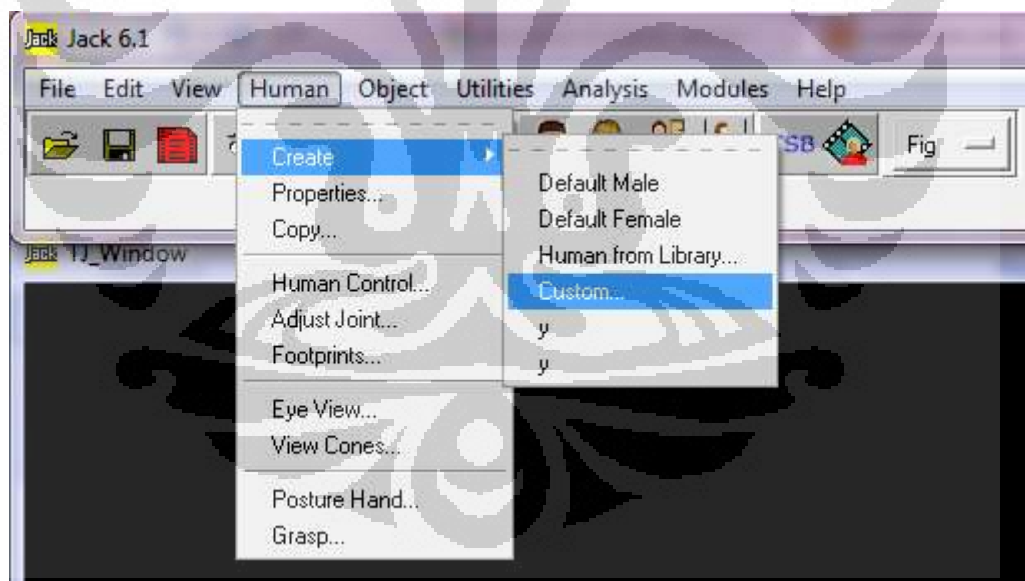
Gambar 4.2 Diagram alir pengolahan data kemiringan *ramp*



Gambar 4.3 Variabel pengukuran pada *ramp*

4.2.1 Langkah-langkah permodelan dengan *software* Jack

Dalam melakukan permodelan dengan *software* Jack, langkah pertama yang dilakukan adalah membuat manusia virtual (*virtual human*). Karena desain ini nantinya digunakan untuk umum, maka persentil yang digunakan adalah persentil 95 pria dan persentil 5 wanita. Adapun ukuran persentil terdapat pada bab 3. Ukuran persentil tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *software* Jack, pada menu *Human-Create-Custom*, untuk membuat manusia virtual dengan ukuran yang kita inginkan.

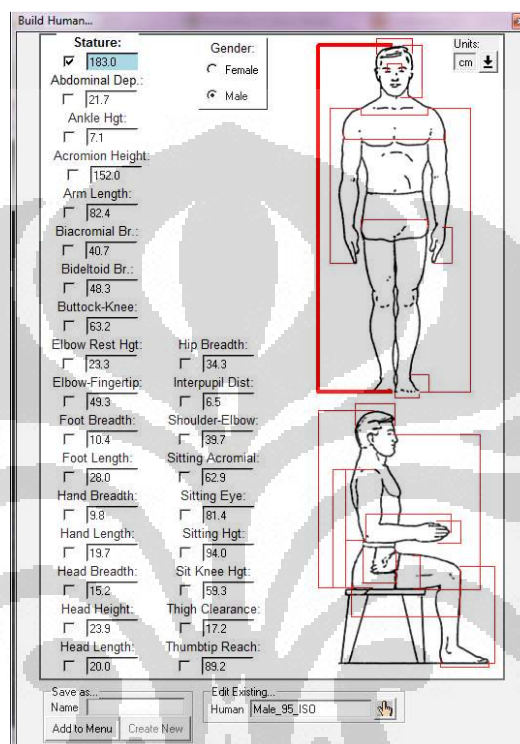


Gambar 4.4 Langkah pembuatan *virtual Human* pada *software* Jack

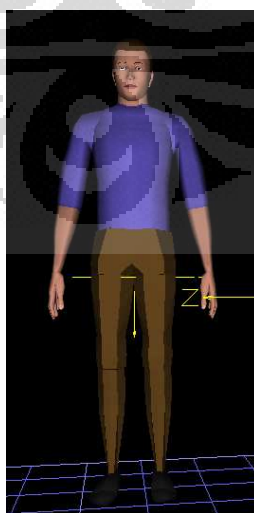
Kemudian, akan muncul kotak dialog *build human*, dimana jenis kelamin, massa, dan tinggi badan, manusia virtual yang diinginkan akan dimasukkan. Pilih juga database ukuran yang digunakan, dimana data yang terdekat digunakan dengan ukuran orang Indonesia adalah database *chinese*. Selanjutnya pilih *advance*

Universitas Indonesia

scaling. Langkah selanjutnya adalah memasukkan salah satu ukuran manusia, contoh *stature* atau tinggi badan, masukkan nama manusia virtual yang diinginkan, lalu pilih *create new*. *Software Jack* akan membentuk manusia virtual sesuai dengan database yang ada. Gambar 4.5-4.7 akan menggambarkan proses pembuatan manusia virtual.



Gambar 4.5 Memasukkan ukuran manusia virtual yang diinginkan



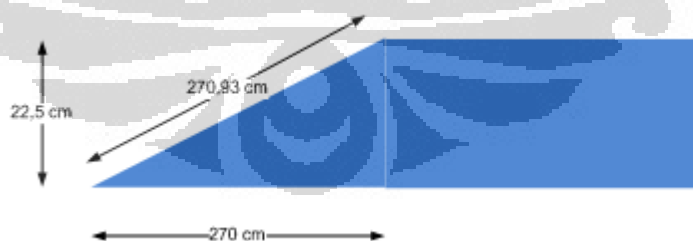
Gambar 4.6 Hasil manusia virtual persentil 95

Universitas Indonesia

Langkah selanjutnya setelah membuat manusia virtual adalah membuat lingkungan virtual (*Virtual environment*) untuk kemudian disimulasikan. Lingkungan virtual yang nantinya akan disimulasikan adalah kursi roda, *ramp*, dan manusia. Postur duduk manusia disesuaikan dengan kursi roda, untuk kemudian disimulasikan melalui animasi pada Jack, dimana manusia virtual akan mengendarai kursi roda lalu melintas naik dan turun pada *ramp*. Setelah simulasi, dilakukanlah analisis dengan mengukur nilai PEI (*Posture Evaluation Index*). Nilai PEI didapat melalui kombinasi perhitungan LBA (*Lower Back Analysis*), OWAS (*Ovako Working Posture Analysis*), dan RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*). Akan tetapi, sebelum melakukan pengujian LBA, OWAS, dan RULA, dilakukanlah pengujian SSP (*Static Strength Prediction*) untuk mengetahui kapabilitas manusia untuk melakukan postur yang disimulasikan.

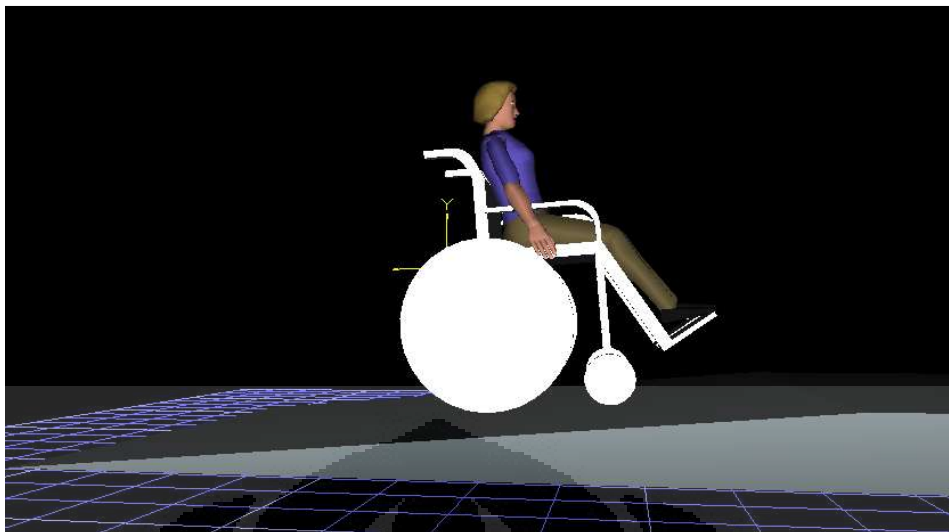
4.2.2 Penghitungan PEI pada Kemiringan *Ramp* berdasarkan ADAAG (American Disability Act Accessibility Guidelines)

Berdasarkan ADAAG, perbandingan tinggi dan panjang *ramp* adalah 1:12. Tidak didefinisikan berapa tinggi minimum *ramp*, oleh karena itu, pada lingkungan virtual, tinggi *ramp* diasumsikan sebesar 22,5 cm disesuaikan dengan hasil pengukuran tinggi trotoar, dan standar yang berlaku di Indonesia. Dengan tinggi sebesar 22,5 cm, maka menghasilkan panjang *ramp* sebesar 270 cm, panjang sisi miring *ramp* sebesar 270,93, dan sudut kemiringan *ramp* sebesar 5° .



Gambar 4.7 *Ramp* berdasarkan ADAAG

Pada wanita persentil 5, dalam posisi menanjak, menghasilkan nilai SSP yang sebagian besar melebihi 90%. Dengan demikian, analisis dapat dilanjutkan pada perhitungan nilai LBA, OWAS, dan RULA.



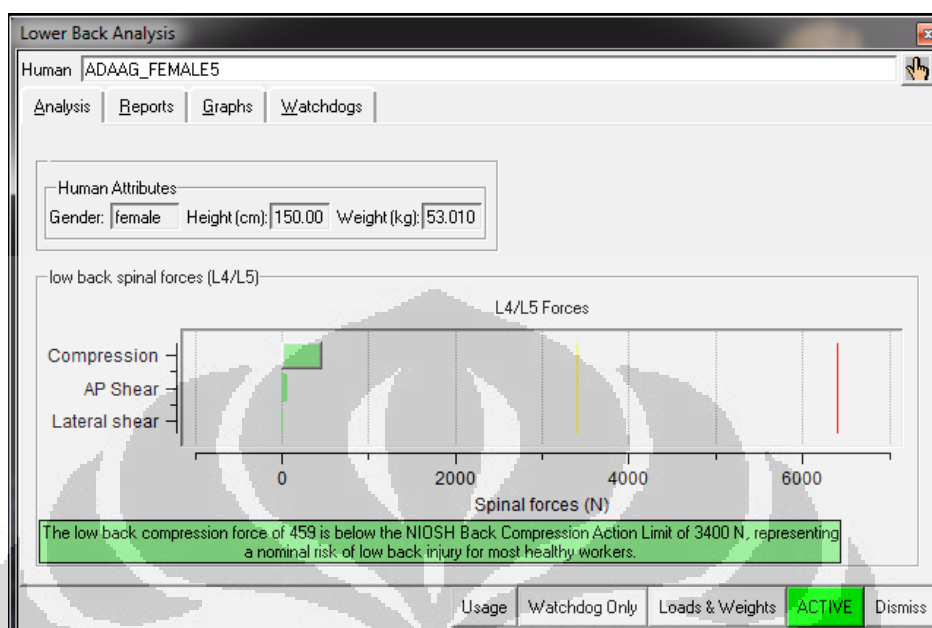
Gambar 4.8 Wanita persentil 5 dalam posisi menanjak *ramp*

Tabel 4.2 Hasil SSP simulasi kemiringan *ramp* dalam posisi menanjak

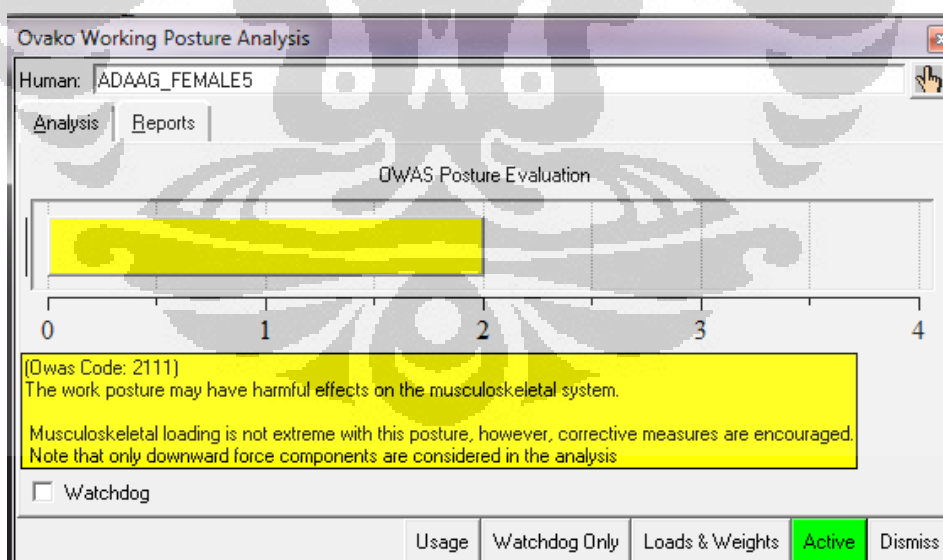
Capability Summary Chart

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
	Elbow	-0	--	34	9	100	-0	--	36	10	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-2	ABDUCT	41	11	100	-2	ABDUCT	45	12	100
	Rotation Bk/Fd	-2	FORWARD	43	15	100	-2	FORWARD	46	16	100
	Humeral Rot	-0	--	19	5	100	-0	--	19	5	100
Trunk	Flex/Ext	23	FLEXN	99	39	97					
	Lateral Bending	1	LEFT	55	13	100					
	Rotation	-0	--	46	14	100					
	Hip	10	FLEXN	149	50	100	6	FLEXN	149	50	100
	Knee	68	EXTEN	114	40	88	64	EXTEN	114	40	90
	Ankle	78	FLEXN	100	27	80	79	FLEXN	96	26	90

Berikut adalah hasil analisis LBA, OWAS, dan RULA pada wanita persentil 5 dalam keadaan menanjak.



Gambar 4.9 Analisis LBA wanita persentil 5 menanjak *ramp* versi ADAAG

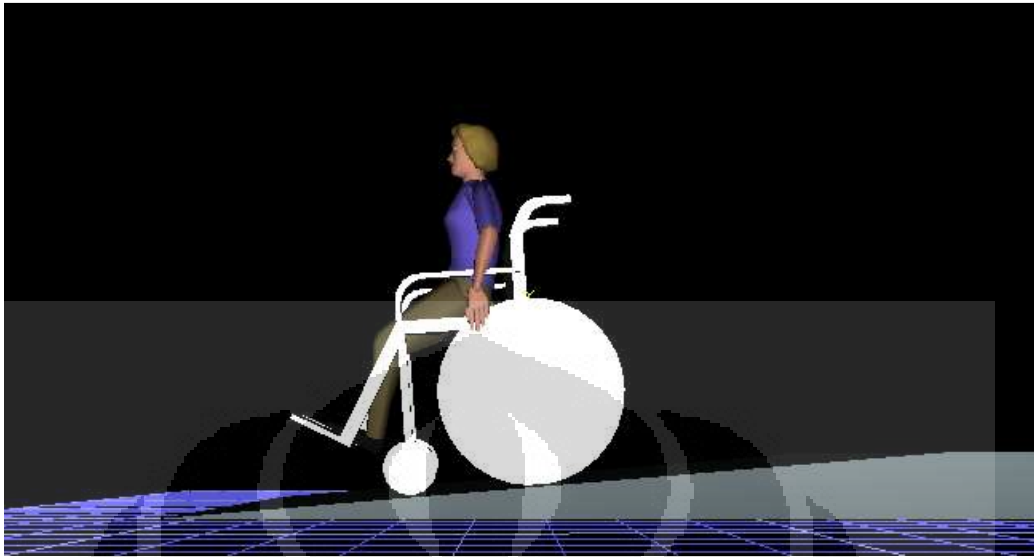


Gambar 4.10 Analisis OWAS persentil 5 menanjak *ramp* versi ADAAG

Gambar 4.11 Analisis RULA persentil 5 menajak *ramp* versi ADAAG

Setelah didapatkan nilai LBA, OWAS, dan RULA, langkah selanjutnya adalah menghitung skor PEI wanita persentil 5 dalam keadaan menajak. Penghitungan PEI dilakukan dengan menggunakan rumus 2.1 yang terdapat pada bab 2. Maka hasil PEI pada wanita persentil 5 dalam keadaan menajak adalah 1,24. Pada dasarnya tidak ada nilai PEI yang dinilai baik atau buruk, akan tetapi diusahakan agar nilai PEI sekecil mungkin. Ini juga dapat diukur dari warna *bar* pada LBA, OWAS, dan RULA, dimana warna hijau menandakan aman, kuning menandakan butuh perhatian atau memiliki risiko sedang, dan merah berarti berbahaya, atau sangat berisiko.

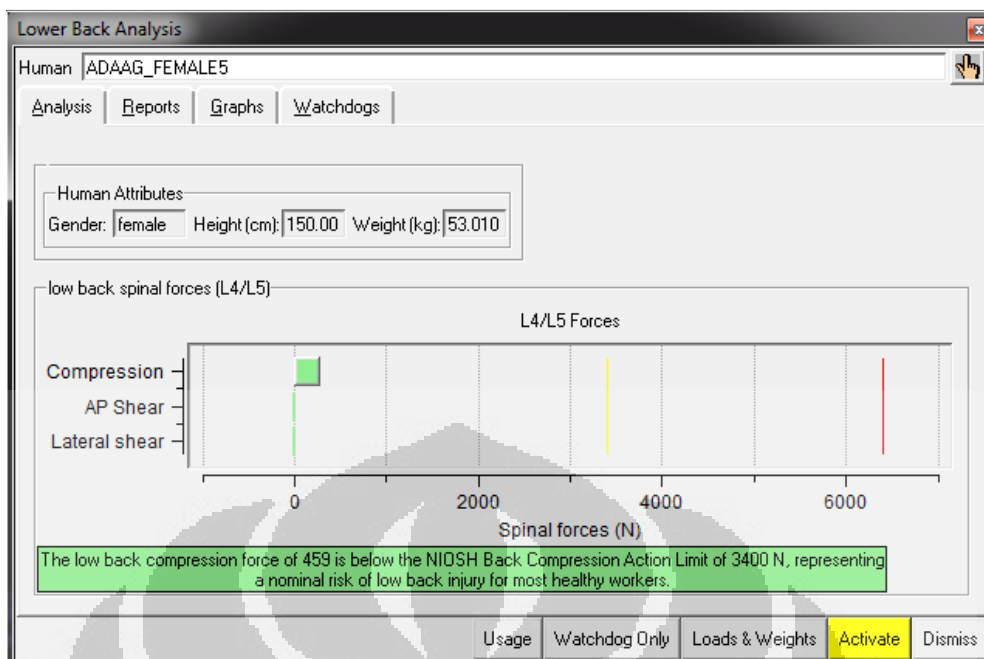
Proses selanjutnya adalah menghitung nilai PEI wanita persentil 5 dalam keadaan menurun. Dengan cara yang sama, didapatkanlah nilai SSP, LBA, OWAS, dan RULA sebagai berikut:



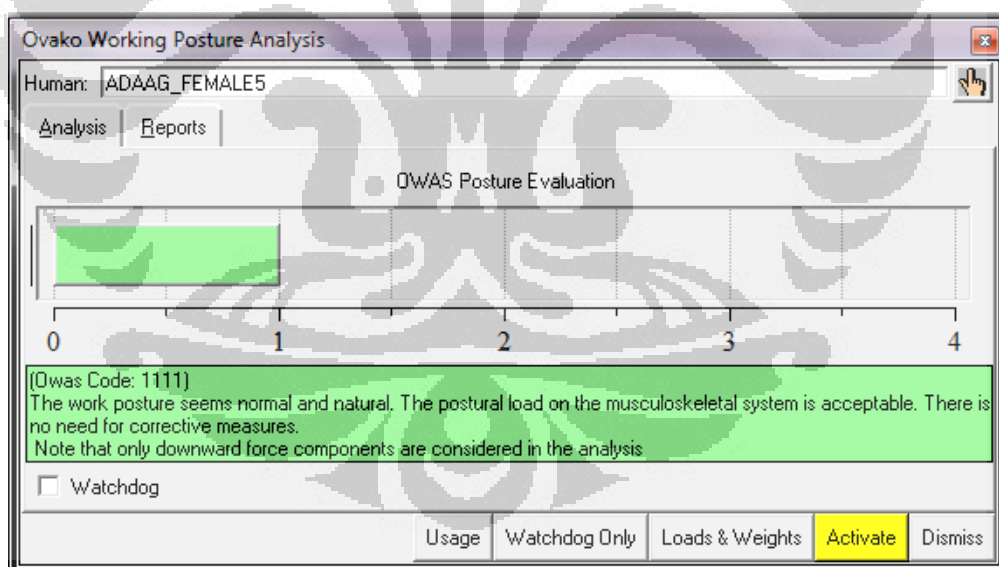
Gambar 4.12 Wanita persentil 5 dalam posisi menuruni *ramp*

Tabel 4.3 Hasil SSP Simulasi kemiringan *ramp* dalam posisi menurun

		Left						Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	
	Elbow	-0	--	34	9	100	0	--	19	6	100	
Shoulder	Abduc/Adduc	-3	ABDUCT	40	11	100	-3	ABDUCT	43	11	100	
	Rotation Bk/Fd	-0	--	42	14	100	-1	--	45	15	100	
	Humeral Rot	-0	--	19	5	100	-0	--	18	5	100	
Trunk	Flex/Ext	2	FLEXN	103	41	99						
	Lateral Bending	-3	RIGHT	171	39	100						
	Rotation	0	--	60	18	100						
	Hip	7	FLEXN	145	49	100	1	FLEXN	145	49	100	
	Knee	58	EXTEN	114	40	92	52	EXTEN	114	39	94	
	Ankle	63	FLEXN	106	29	93	63	FLEXN	99	27	90	



Gambar 4.13 Analisis LBA wanita persentil 5 menurun *ramp* versi ADAAG



Gambar 4.14 Analisis OWAS wanita persentil 5 menurun *ramp* versi ADAAG

The screenshot shows the 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' software window. It has three tabs: 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary'. The 'Analysis Summary' tab is active. The interface includes several input fields for job details (Job Title, Location, Comments, Job Number, Analyst, Date) and two posture rating sections: 'Body Group A Posture Rating' and 'Body Group B Posture Rating'. The 'Body Group A' section lists ratings for Upper arm (2), Lower arm (3), Wrist (1), Wrist Twist (2), and a Total of 4. The 'Body Group B' section lists ratings for Neck (1), Trunk (3), and a Total of 3. Below these are boxes for 'Muscle Use' (Normal, no extreme use), 'Force/Load' (< 2 kg intermittent load), and 'Arms' (Not supported). A 'Legs and Feet Rating' section indicates the subject is 'Seated, Legs and feet well supported. Weight even.' A prominent yellow box displays the 'Grand Score: 3' and the action: 'Further investigation needed. Changes may be required.' At the bottom, there are 'Update Analysis', 'Usage', and 'Dismiss' buttons.

Gambar 4.15 Analisis RULA persentil 5 menurun *ramp* versi ADAAG

Dari nilai LBA, OWAS, dan RULA di atas, maka didapatkanlah PEI sebesar 1,60.

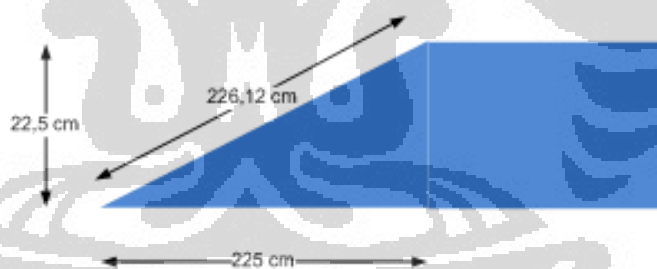
Hal yang sama juga dilakukan pada pria persentil 95 baik dalam keadaan menanjak maupun dalam keadaan menurun. Berikut adalah tabel rekapitulasi hasil penghitungan PEI pada pria persentil 95 dan wanita persentil 5 dalam keadaan menanjak dan menurun pada *ramp* versi ADAAG.

Tabel 4.4 Rekapitulasi penghitungan PEI *ramp* versi ADAAG

Persentil	Menanjak				Menurun			
	LBA	OWAS	RULA	PEI	LBA	OWAS	RULA	PEI
Wanita 5	459	2	3	1,24	459	1	3	0,99
Pria 95	378	2	2	1,01	393	2	3	1,22

4.2.3 Penghitungan PEI pada Kemiringan *Ramp* berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum

Berdasarkan pedoman teknik persyaratan aksesibilitas pada jalan umum No. 022/T/BM/1999, perbandingan tinggi dan panjang *ramp* adalah 1:10. Dengan tinggi *ramp* yang menempel pada trotoar sebesar 22,5 cm, oleh karena itu, pada lingkungan virtual, tinggi *ramp* sebesar 22,5 cm disesuaikan dengan hasil pengukuran tinggi trotoar, dan standar yang berlaku di Indonesia. Dengan tinggi sebesar 22,5 cm, maka menghasilkan panjang *ramp* sebesar 225 cm, panjang sisi miring *ramp* sebesar 226,12, dan sudut kemiringan *ramp* sebesar 6°.

**Gambar 4.16** *Ramp* berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum

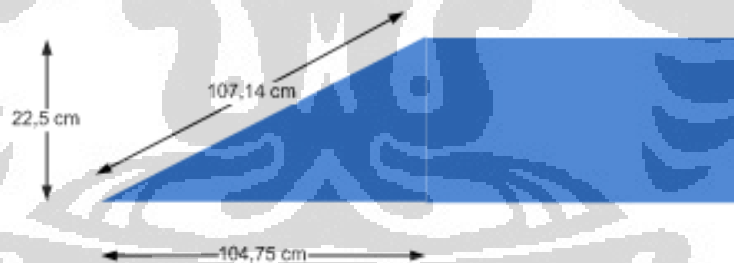
Berikut adalah tabel rekapitulasi hasil penghitungan PEI pada *ramp* berdasarkan standar Departemen Pekerjaan Umum.

Tabel 4.5 Rekapitulasi penghitungan PEI *ramp* versi Departemen Pekerjaan Umum

Persentil	Menanjak				Menurun			
	LBA	OWAS	RULA	PEI	LBA	OWAS	RULA	PEI
Wanita 5	462	2	3	1,24	460	2	3	1,24
Pria 95	437	2	2	1,03	441	2	3	1,24

4.2.4 Penghitungan PEI pada Kemiringan *Ramp* Berdasarkan ISO 7176-5 tahun 2008

Menurut ISO 7176-5 tahun 2008 mengenai pengukuran dimensi, massa, dan *maneuvering space* pemakai kursi roda, sudut kemiringan *ramp* adalah 12° . Mengenai tinggi, panjang, dan panjang sisi miring pada *ramp* tidak didefinisikan. Oleh karena itu, tinggi *ramp* diasumsikan sebesar 22,5 cm, dengan menggunakan trigonometri, maka didapatkalah panjang *ramp*, dan panjang sisi miring *ramp* sebesar 104,75, dan 107,14.



Gambar 4.17 *Ramp* berdasarkan ISO 7176-5:2008

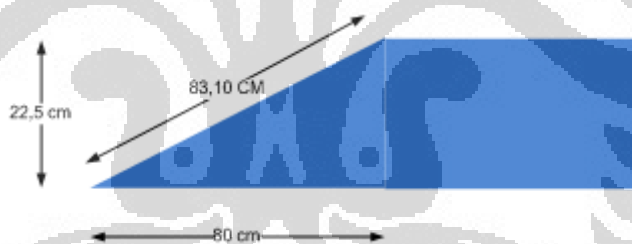
Berikut adalah rekapitulasi hasil penghitungan PEI pada *ramp* berdasarkan ISO 7176-5 tahun 2008.

Tabel 4.6 Rekapitulasi penghitungan PEI *ramp* versi ISO 7176-5:2008

Persentil	Menanjak				Menurun			
	LBA	OWAS	RULA	PEI	LBA	OWAS	RULA	PEI
Wanita 5	489	3	3	1,50	490	3	3	1,50
Pria 95	472	2	3	1,25	463	3	3	1,49

4.2.5 Penghitungan PEI pada Kemiringan *Ramp* Berdasarkan Pengukuran di Lapangan

Selain memodelkan dan membandingkan standar-standar yang ada mengenai trotoar dan *ramp*, dilakukan juga permodelan berdasarkan atas pengukuran *ramp* yang ada. Pengambilan data *ramp* dilakukan di daerah Rasun Said, Jakarta Selatan. Ukuran *ramp* yang didapat yaitu panjang *ramp* sebesar 80 cm, tinggi trotoar dan *ramp* sebesar 22,5 cm, panjang sisi miring *ramp* adalah 83,10, dan sudut kemiringan *ramp* adalah 16° .

**Gambar 4.18** *Ramp* berdasarkan pengukuran lapangan.

Berikut adalah tabel rekapitulasi hasil penghitungan PEI pada *ramp* berdasarkan pengukuran lapangan.

Tabel 4.7 Rekapitulasi penghitungan PEI *ramp* versi Pengukuran lapangan

Persentil	Menanjak				Menurun			
	LBA	OWAS	RULA	PEI	LBA	OWAS	RULA	PEI
Wanita 5	497	3	4	1,70	494	4	3	1,75
Pria 95	489	2	4	1,45	491	3	3	1,50

4.2.6 Analisis PEI pada pengukuran keempat *ramp*

Dari keempat *ramp* yang dianalisa, telah didapatkan masing-masing nilai LBA, OWAS, RULA, dan PEI yang merupakan penilaian tingkat keamanan dan kenyamanan postur tubuh seseorang ketika berinteraksi dengan lingkungan (*environment*). Keempat nilai tersebut dapat dijadikan standar dalam perancangan. Berikut adalah tabel rekapitulasi hasil penghitungan PEI pada keempat *ramp* yang dimodelkan pada *software* Jack.

Tabel 4.8 Rekapitulasi penghitungan PEI keseluruhan

Persentil		Menanjak				Menurun			
		LBA	OWAS	RULA	PEI	LBA	OWAS	RULA	PEI
ADAAG	Wanita 5	459	2	3	1,24	459	1	3	0,99
	Pria 95	378	2	2	1,01	393	2	3	1,22
Departemen pekerjaan umum	Wanita 5	462	2	3	1,24	460	2	3	1,24
	Pria 95	437	2	2	1,03	441	2	3	1,24
ISO 7176-5:2008	Wanita 5	489	3	3	1,50	490	3	3	1,50
	Pria 95	472	2	3	1,25	463	3	3	1,49
Pengukuran Lapangan	Wanita 5	497	3	3	1,50	494	4	3	1,75
	Pria 95	489	2	4	1,45	491	3	3	1,50

Dapat dilihat dalam tabel di atas bahwa nilai *Lower Back Analysis* (LBA) pada setiap percobaan saat menanjak maupun menurun pada pria persentil 95 dan wanita persentil 5 nilainya jauh di bawah nilai maksimum tekanan yang dialami punggung berdasarkan NIOSH yaitu 3400 N. Hal ini menandakan bahwa tingkat kemiringan trotoar tidak memberikan risiko cedera punggung bagian bawah kepada pemakai kursi roda.

Jika dilihat dari nilai OWAS pada wanita persentil 5, saat menanjak pada *ramp* berdasarkan ADAAG dan Departemen Pekerjaan Umum, keduanya menunjukkan skor 2 pada OWAS yang berarti postur pemakai kursi roda saat melintasi *ramp* tersebut tidak terlalu berbahaya atau membutuhkan perbaikan di masa mendatang. OWAS menunjukkan skor 3 saat wanita persentil 5 menanjak pada *ramp* berdasarkan ISO 7176-5:2008, dan pengukuran lapangan, yang berarti postur saat melintasi *ramp* pada kemiringan berdasarkan ISO dan pengukuran lapangan cukup berbahaya, dan diperlukan segera tindakan perbaikan. Hal ini tidak terlalu berpengaruh pada pria persentil 95 yang memiliki skor OWAS sama yaitu 2 untuk semua sudut kemiringan *ramp*. Ini menunjukkan bahwa besarnya kemiringan tidak terlalu berpengaruh pada sebagian besar populasi. Pada saat menurun, wanita dengan persentil 5 memiliki poin OWAS sebesar 1, yang menunjukkan bahwa pada kemiringan tersebut, wanita dengan persentil 5 dapat melintas dengan aman. Pada kondisi menurun berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum, ISO 7176-5:2008, dan pengukuran lapangan nilai OWAS yang muncul bervariasi dengan yang paling tinggi terjadi pada pengukuran lapangan yaitu sebesar 4 yang berarti sangat berbahaya dan butuh perbaikan secepat mungkin. Skor OWAS pada pria persentil 95 yang melintasi *ramp* dalam keadaan menurun memiliki dua nilai yang sama. Pada saat pria persentil 95 menuruni *ramp* berdasarkan ukuran ADAAG dan Departemen Pekerjaan Umum, nilai OWAS adalah 2, yang berarti tidak terlalu berbahaya, berbeda dengan saat pria persentil 95 melintasi *ramp* berdasarkan ISO dan pengukuran lapangan, nilai OWAS yang muncul adalah 3, yang berarti cukup berbahaya.

Berdasarkan nilai RULA, pada wanita persentil 5 yang melintasi *ramp* dalam posisi menanjak, dari keempat pengukuran, semuanya menunjukkan nilai yang sama yaitu 3, yang menandakan beberapa anggota tubuh berada dalam posisi yang cukup membahayakan sehingga diperlukan investigasi. Pada pria persentil 95, nilai RULA pada saat melintasi *ramp* dalam posisi menanjak berdasarkan ADAAG dan Departemen pekerjaan umum, menunjukkan nilai 2 yang berarti postur saat melintas dianggap aman, dan memiliki nilai 3 dan 4 pada posisi menanjak berdasarkan ISO dan pengukuran lapangan yang berarti diperlukannya

investigasi karena beberapa anggota tubuh berada dalam posisi yang membahayakan. Dalam posisi menurun, nilai RULA wanita persentil 5 dan pria persentil 95 menunjukkan nilai yang sama untuk tiap pengukuran. Hal ini menunjukkan dalam posisi menurun dapat terjadi risiko-risiko tertentu pada anggota tubuh sehingga diperlukan investigasi.

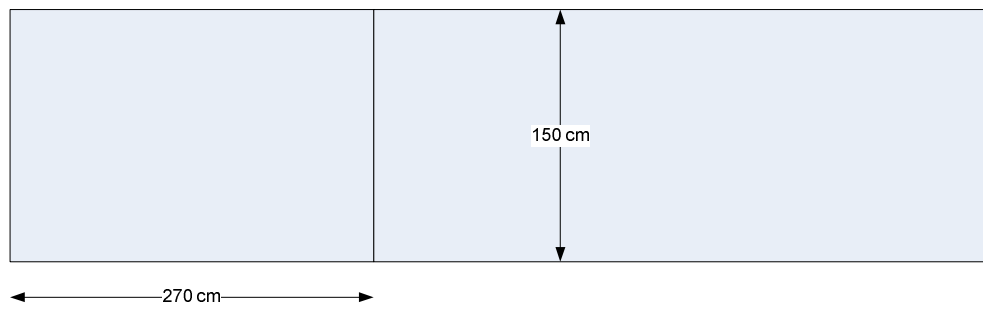
Berdasarkan rekapitulasi tabel 4.7, *ramp* berdasarkan pengukuran lapangan di Jalan Rasuna Said, Jakarta Selatan kurang aksesibel untuk dilintasi pemakai kursi roda. Hal ini dapat dilihat dari skor LBA, OWAS, dan RULA yang menunjukkan skor yang tinggi atau menggambarkan bahaya, serta memiliki nilai PEI yang relatif lebih besar dibandingkan dengan standar yang ada. Dapat dikatakan bahwa *ramp* yang berada di jalan Rasuna Said tidak memenuhi standar bagi pemakai kursi roda.

Dari ketiga standar pada tabel 4.7, standar ADAAG, dan standar Departemen Pekerjaan Umum cukup aksesibel bagi pemakai kursi roda karena memiliki nilai LBA, OWAS, dan RULA yang kecil, dan berada pada tingkat yang tidak terlalu membahayakan, serta memiliki nilai PEI yang lebih kecil dibandingkan dengan standar yang lain.

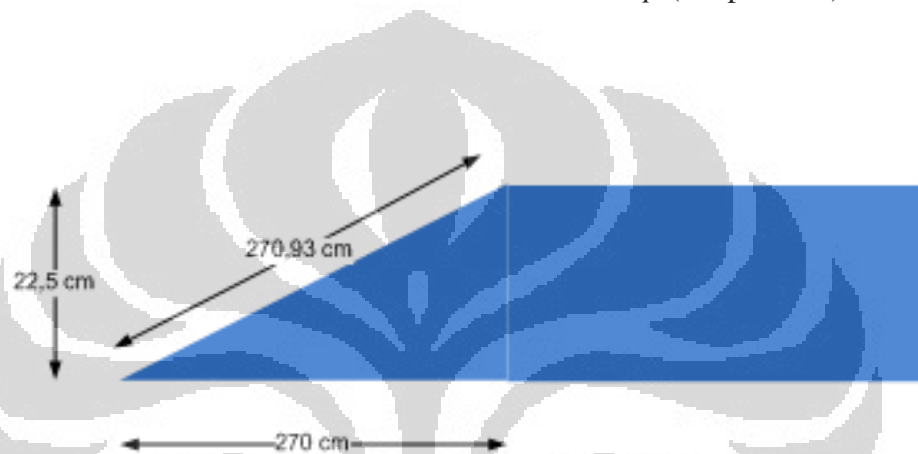
4.3 Rekomendasi rancangan trotoar dan *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda.

Setelah ukuran trotoar dan *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda telah didapatkan, langkah selanjutnya adalah membuat rekomendasi rancangan trotoar beserta *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda.

Pada penjelasan sebelumnya, standar lebar trotoar di Indonesia sudah memenuhi syarat lebar yang aksesibel bagi pemakai kursi roda berdasarkan perhitungan *maneuvering clearances* sebesar 129,27 cm. Lebar trotoar sebesar 150 cm, dan tinggi sebesar 22,5 cm dapat dijadikan acuan lebar dan tinggi trotoar bagi pemakai kursi roda. Kemudian berdasarkan analisis PEI mengenai kemiringan *ramp*, digunakanlah ukuran *ramp* berdasarkan standar ADAAG dengan perbandingan tinggi:panjang 1:12, dan sudut kemiringan sebesar 5°.



Gambar 4.19 Rekomendasi trotoar dan *ramp* (tampak atas)



Gambar 4.20 Gambar rekomendari trotoar dan *ramp* (tampak samping)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan rangkuman dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan, terutama poin-poin hasil analisis. Selain itu juga disajikan saran untuk penelitian di masa mendatang.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian mengenai lebar trotoar dan panjang serta kemiringan *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda yaitu *turning diameter* yang didapatkan dari penghitungan antropometri pemakai kursi roda dijadikan sebagai acuan pengukuran lebar trotoar. Dalam mendesain lebar trotoar berdasarkan *turning diameter* digunakan persentil 95 agar dapat mencakup sebagian besar populasi pemakai kursi roda. Nilai persentil 95 *turning diameter* tersebut kemudian dibandingkan dengan tiga buah standar yang berlaku mengenai trotoar dan area pemakai kursi roda yaitu standar Departemen Pekerjaan Umum, ADAAG, dan ISO 7176-5:2008 dan pengukuran trotoar di lapangan. Hasilnya adalah nilai *turning diameter* lebih kecil dibandingkan dengan lebar trotoar berdasarkan standar dan pengukuran di lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa standar yang ada mengenai lebar trotoar terutama di Indonesia cukup aksesibel bagi pemakai kursi roda.

Setelah didapatkan lebar trotoar yang diinginkan, kemudian dilakukan analisis mengenai kemiringan *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda. Analisis mengenai kemiringan dan panjang *ramp* yang aksesibel bagi pemakai kursi roda dilakukan dengan menggunakan *software* Jack dengan menggunakan data antropometri pemakai kursi roda persentil 95 untuk pria, dan persentil 5 untuk wanita. Data ukuran *ramp* yang dimodelkan juga didapat dari standar yang ada mengenai *ramp* yaitu standar Departemen Pekerjaan Umum, ADAAG, dan ISO 7176-5:2008 dan pengukuran *ramp* di lapangan. Hasil yang didapat yaitu satandar ukuran *ramp* ADAAG dan Departemen Pekerjaan Umum cukup

aksesibel bagi pemakai kursi roda di Indonesia, sedangkan *ramp* hasil pengukuran di lapangan tidak memenuhi standar.

Akhirnya didapatkanlah ukuran trotoar yang aksesibel bagi pemakai kursi roda di Indonesia. Lebar trotoar yang aksesibel yaitu 150 cm, dan kemiringan serta perbandingan tinggi dan panjang *ramp* adalah 5° dan 1:12.

5.2 Saran

Saran ditujukan untuk penelitian selanjutnya mengenai pengukuran anthropometri pemakai kursi roda, dan pemanfaatan ukuran anthropometri pemakai kursi roda dalam desain.

1. Diperlukan responden yang lebih banyak dan responden-responden dengan ukuran yang ekstrim dalam pengukuran anthropometri pemakai kursi roda agar mendapat variasi data yang lebih banyak.
2. Jenis kursi roda yang diukur jangan hanya jenis manual, perlu ditambahkan jenis lain yaitu matik dan skuter agar mendapatkan data yang lebih bervariasi dan terdapat bahan perbandingan ukuran antar satu jenis kursi roda dengan yang lainnya.
3. Pengukuran trotoar dapat dilakukan di beberapa tempat agar mendapatkan nilai perbandingan ukuran yang lebih banyak.
4. Ukuran anthropometri pemakai kursi roda juga dapat dijadikan dasar perancangan obyek lain seperti ruang kerja, mesin ATM, dan lain-lain.
5. Diperlukan variabel yang lebih banyak dalam pengukuran anthropometri pemakai kursi roda seperti panjang tangan dan tebal paha agar dapat dijadikan acuan ukuran dalam melakukan desain.
6. Pembuatan *virtual environment* yang lebih jelas dengan ukuran yang lebih akurat dan lebih mudah digunakan dan dapat menghasilkan pengukuran yang akurat.

DAFTAR REFERENSI

- Americans With Disabilities Act. (September, 2002). *Accessibility Guidelines for Building and Facilities*. Wasihington, DC: Author.
- Batan, I made Londen (2006). Pengembangan Kursi Roda Sebagai Upaya Peningkatan Ruang Gerak Penderita Cacat Kaki. ITS
- Bradtmilller, Bruce. (2003). *Anthropometry of users of mobility aids: a critical review of recent works*. Yellow Springs: Anthrotech.
- Chuan, T.K., Hartono, M., Kumar, N. (2010). Anthropometry of the Singaporean and Indonesian Populations, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40, 757-766.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1999). *Pedoman Teknik Persyaratan Aksesibilitas pada Jalan Umum No. 22/T/BM/1999*.
- Holz, Patricia. (2003). The Parts of a Wheelchair. wisc-online.com.
- Jack user manual version 6.1*. (2010). California: Siemens PLM Software
- Kroemer, K. H. E. (2006). Engineering Anthropometry. Chapter 9 in W. S. Marras and W. Karwowski (Eds.), *The Occupational Ergonomics Handbook* (2nd ed.) .
- Openshaw, Scott., & Taylor, Erin. (2006), *Ergonomics and Design a Reference Guide*. Allsteel
- Pheasant, Stephen. (2003). *Bodyspace :anthropometry, ergonomics, and design of work* (2nd ed.). London: Taylor & Francis
- Sanders, Mark S., & McCormick, Ernest J. (1993), *Human Factors in Engineering and Design* (7th ed). McGraw-Hill, Inc.
- Sharma, Vikas. (2008). *Anthropometry of Indian Manual Wheelchair Users: a Validation Study of Indian Accessibility Standards*. AccessAbility

Sutjana, I Dewa Putu. (2008). Masalah ergonomi dalam pembangunan trotoar, *Universitas Udayana*.

Tarsidi, Didi. (2008). Aksesibilitas lingkungan fisik bagi penyandang cacat. *Universitas Pendidikan Indonesia*.

UU No. 4 Tahun 1997 Mengenai penyandang cacat

Ziegler, Johann. (2003). *Working Area of Wheelchairs Details about some dimensions that are specified in ISO 7176-5*. New York: Idea Center

