

**PERANCANGAN ULANG SENDI LUTUT PROSTETIK  
KELOMPOK KREATIVITAS DIFABEL UNTUK TUNA DAKSA  
*TRANSFEMORAL***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar  
Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh :

Nama : Daniella Alexandra Djulaini

NPM : 2013610015



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2017**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG**



Nama : Daniella Alexandra Djulaini  
NPM : 2013610015  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : PERANCANGAN ULANG SENDI LUTUT PROSTETIK  
KELOMPOK KREATIVITAS DIFABEL UNTUK TUNA DAKSA  
*TRANSFEMORAL*

**TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI**

Bandung, Juli 2017

**Ketua Program Studi Teknik Industri**

(Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.)

**Pembimbing Pertama**

(Marihhot Nainggolan, S.T., M.T., M.S.)

**Pembimbing Kedua**

(Hanky Fransiscus, S.T., M.T.)



## PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU MELAKUKAN TINDAKAN PLAGIAT



Saya, yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Daniella Alexandra Djulaini

NPM : 2013610015

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul :

**“Perancangan Ulang Sendi Lutut Prostetik Kelompok Kreativitas Difabel  
untuk Tuna Daksa *Transfemoral*”**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung, 7 Juli 2017

Daniella Alexandra Djulaini

NPM : 2013610015

## ABSTRAK

Masalah utama yang dialami kaum tuna daksa *transfemoral* adalah mobilitas yang terbatas, sehingga mereka membutuhkan alat bantu untuk berjalan dan beraktivitas dalam kehidupan sehari-hari. Kaki palsu merupakan salah satu alat bantu pergerakan modern yang paling fleksibel, nyaman, dan berestetika. Industri lokal seperti Kelompok Kreativitas Difabel (KKD) memungkinkan tersedianya kaki palsu *transfemoral* sederhana dengan harga yang terjangkau di Indonesia. Namun, keterbatasan pada bagian sendi lutut kaki palsu *transfemoral* KKD menyebabkan adanya kebutuhan yang tidak terpenuhi. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kebutuhan pengguna yang belum terpenuhi, menghasilkan rancangan perbaikan sendi lutut prostetik serta mengevaluasinya.

Identifikasi kebutuhan pengguna dilakukan dengan cara wawancara kepada empat orang pengrajin bagian tubuh palsu di KKD dan tiga orang pengguna sendi lutut prostetik KKD, sehingga diperoleh 19 kebutuhan. Spesifikasi sendi lutut ditentukan menggunakan *House of Quality*. Kemudian dilakukan perancangan konsep menggunakan *morphological table* sehingga diperoleh enam buah konsep awal. Pemilihan konsep dilakukan dengan cara *concept screening* dan *concept scoring*, sehingga terpilih satu buah konsep (AD+). Konsep terpilih kemudian dibuat menjadi rancangan usulan dalam bentuk gambar CAD dan *physical prototype*.

Rancangan akhir sendi lutut prostetik usulan berupa *polycentric knee* dengan jenis penggerak *constant friction*, memiliki bentuk yang menyerupai sendi lutut manusia, memiliki dimensi tinggi 188,84 milimeter dan lebar 82,46 milimeter, memiliki sudut penekukan maksimal sebesar  $151,4^{\circ}$ , bermassa 598,62 gram, dapat menopang beban maksimal sebesar 272 kilogram, terbuat dari *nylon*, memiliki harga jual Rp2.150.396,50, memiliki ambulasi *single speed* dan *impact level high*, serta memiliki fungsi *rotator* dan pengunci. Evaluasi dilakukan dengan cara simulasi dan penilaian kualitatif. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 68,42% kebutuhan terpenuhi secara baik dan 31,58% terpenuhi secara cukup oleh rancangan sendi lutut prostetik usulan.

## **ABSTRACT**

*The main problem experienced by transfemoral amputees is limited mobility, so they need an aiding device for walking and performing daily activities. The artificial leg is one of the most flexible, comfortable, and aesthetic modern movement aid devices. Local industries like Kelompok Kreativitas Difabel (KKD) enables the provision of simple reasonably-priced transfemoral prostheses. However, limitations on the knee joint of KKD's transfemoral prostheses cause some user needs to be unfulfilled. This research's aim is to find the unfulfilled users' needs, produce an improvement design of the prosthetic knee joint and evaluating it.*

*Identification of the users' needs is done by interviewing four artificial limb makers at KKD and three users of KKD's prosthetic knee joint, hence acquiring 19 needs. Specifications of the knee joint is determined using the House of Quality. Concepts are designed using the morphological table, so that six concepts are developed. The final concept is chosen by concept scoring and concept screening, hence acquiring one concept (AD+). It is made into a CAD image and physical prototype.*

*The proposed artificial knee's final design is a polycentric knee which is operated by constant friction, has the shape of the real human knee, is 188.84 millimeter in height and 82.46 millimeter in width, has a maximum flexion degree of  $151.4^{\circ}$ , weighs 598.62 grams, can withstand a maximum load of 272 kilograms, made out of nylon, has a price of Rp2,150,396.50, has a single speed ambulation, a high impact level, and has a rotator and locking function. Evaluations are performed by simulation and qualitative measures. Evaluation results show that 68.42% of all needs are well-fulfilled and 31.58% of all needs are fairly fulfilled by the proposed design.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Ulang Sendi Lutut Prostetik Kelompok Kreativitas Difabel untuk Tuna Daksa *Transfemoral*” dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menerima gelar Sarjana Teknik dalam Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan banyak pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Marihot Nainggolan, S.T., M.T., M.S. dan Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah bersedia membimbing, memberikan masukan, serta membantu penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi ini berlangsung.
2. Ibu Catharina Badra Nawangpalupi, PhD dan Ibu Kristiana Asih Damayanti, S.T., M.T. selaku dosen penguji proposal skripsi yang telah memberikan masukan dan saran untuk pelaksanaan penelitian ini.
3. Bapak Daniel Siswanto, S.T., M.T. dan Ibu Paulina Kus Ariningsih, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan masukan dan saran untuk penelitian ini.
4. Bapak Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M. selaku koordinator skripsi yang telah menyetujui penelitian skripsi ini sehingga skripsi ini dapat dibuat dengan baik dan selesai tepat waktu.
5. Keluarga penulis yang tidak henti-hentinya mendoakan dan memberikan dukungan dalam berbagai bentuk kepada penulis selama penelitian berlangsung.
6. Seluruh staf pengajar di Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis berkuliah.
7. Anggota Kelompok Kreativitas Difabel (KKD): Kang Indra, Kang Jono, Kang Anwar, Kang Iwan, Kang Didin, dan segenap teman-teman di KKD

yang telah bersedia memberikan waktu, menjadi narasumber dalam penelitian ini, berbagi pengetahuan dengan penulis, dan memberikan banyak saran dan masukan dalam hal perancangan sendi lutut prostetik.

8. Narasumber-narasumber lain dalam penelitian ini: Bapak Tomy dan Bapak Baban yang telah bersedia memberikan waktu dan informasi yang digunakan dalam penelitian ini.
9. Lidya Kurniawati Tjahja, sesama anak bimbingan Pak Marihot dan penyusun skripsi P2P, yang sudah berjuang bersama penulis sejak penulisan proposal, selama bimbingan, hingga akhir penelitian masing-masing. Terima kasih sudah selalu menemani dan memberikan dukungan, masukan, dan penghiburan.
10. Rangga yang selalu menyemangati, memberikan dukungan, dan bersedia mengantar ke bengkel KKD.
11. Teman-teman penulis di Fakultas Teknologi Industri: Ira, Felicia, Janice, Natasha, Helen, Sevira, Lia, Melly, dan segenap teman penulis yang sudah memberikan dukungan dan tidak dapat disebutkan satu per satu.
12. Teman-teman di Paduan Suara Mahasiswa (PSM) Unpar yang terus menyemangati penulis dalam penyusunan skripsi ini.
13. Semua pihak yang telah memberikan semangat, mendukung, memberikan masukan, dan berkontribusi terhadap penyelesaian penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penelitian dan skripsi yang telah disusun ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap bahwa skripsi ini bermanfaat bagi siapapun yang membaca skripsi ini ataupun bagi mereka yang melaksanakan penelitian serupa.

7 Juli 2017

Daniella Alexandra Djulaini

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

I.1 Latar Belakang Masalah .....	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah .....	I-5
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian .....	I-9
I.4 Tujuan Penelitian .....	I-9
I.5 Manfaat Penelitian .....	I-9
I.6 Metodologi Penelitian .....	I-10
I.7 Sistematika Penulisan .....	I-13

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

II.1 Anatomi Kaki dan Mekanisme Berjalan Manusia .....	II-1
II.2 Amputasi .....	II-8
II.3 Perkembangan Sendi Lutut Prostetik .....	II-9
II.4 Ergonomi untuk Kaum Difabel .....	II-17
II.5 Pengembangan Produk ( <i>Product Development</i> ) .....	II-18
II.6 <i>Concept Development</i> .....	II-21
III.6.1 <i>Identify Customer Needs</i> .....	II-22
III.6.2 <i>Establish Target Specifications</i> .....	II-24
III.6.3 <i>Generate Product Concepts</i> .....	II-28
III.6.4 <i>Concept Selection</i> .....	II-32
III.6.5 <i>Concept Testing</i> .....	II-35
II.7 <i>Prototyping</i> .....	II-37



II.8	Ekonomi Pengembangan Produk.....	II-39
II.9	<i>Reverse Engineering</i> dan <i>Product Teardown</i> .....	II-39

### **BAB III PERANCANGAN SENDI LUTUT PROSTETIK USULAN**

III.1	Perencanaan Produk dan Pernyataan Misi ( <i>Mission Statement</i> )..	III-1
III.2	Identifikasi Kebutuhan Pengguna Sendi Lutut Prostetik .....	III-2
III.2.1	Pengumpulan Data dan Interpretasi Kebutuhan Pengguna dari Narasumber <i>Expert</i> dan <i>User</i> .....	III-2
III.2.2	Pengelompokan Kebutuhan Pengguna .....	III-9
III.2.3	Penentuan Tingkat Kepentingan Relatif .....	III-11
III.3	Penentuan Spesifikasi Sendi Lutut Prostetik .....	III-12
III.3.1	Penentuan Daftar <i>Metrics</i> .....	III-12
III.3.2	Hubungan <i>Customer Requirements</i> dengan <i>Metrics</i> .....	III-21
III.3.3	Penentuan Hubungan Antar- <i>Metric</i> .....	III-23
III.3.4	Proses dan Hasil <i>Competitive Benchmarking</i> .....	III-24
III.3.5	<i>House of Quality</i> Sendi Lutut Prostetik .....	III-32
III.4	Pengembangan dan Pemilihan Alternatif Konsep Rancangan Sendi Lutut Prostetik.....	III-35
III.4.1	Pengembangan Alternatif Konsep Rancangan Sendi Lutut Prostetik.....	III-35
III.4.2	Penilaian dan Pemilihan Konsep Rancangan Sendi Lutut Prostetik.....	III-57
III.5	Pembuatan Rancangan Akhir Sendi Lutut Prostetik.....	III-63
III.6	Evaluasi <i>Prototype</i> Rancangan Sendi Lutut Prostetik .....	III-77

### **BAB IV ANALISIS**

IV.1	Analisis Identifikasi Kebutuhan Pengguna .....	IV-1
IV.2	Analisis Pengelompokan Kebutuhan .....	IV-3
IV.3	Analisis Penentuan Tingkat Kepentingan Relatif .....	IV-4
IV.4	Analisis Hubungan Kebutuhan dan <i>Metrics</i> .....	IV-5
IV.5	Analisis Hubungan Antar- <i>Metric</i> .....	IV-11
IV.6	Analisis <i>Competitive Benchmarking</i> .....	IV-13
IV.7	Analisis <i>House of Quality</i> (HOQ).....	IV-14
IV.8	Analisis Pembuatan <i>Black Box</i> dan <i>Function Diagram</i> .....	IV-15

IV.9 Analisis <i>External Search</i> .....	IV-16
IV.10 Analisis Eksplorasi Sistematis dan Pembuatan Konsep .....	IV-17
IV.11 Analisis Penilaian dan Pemilihan Konsep .....	IV-19
IV.12 Analisis Pembuatan Rancangan Akhir Sendi Lutut Prostetik.....	IV-22
IV.13 Analisis Evaluasi <i>Prototype</i> Rancangan Sendi Lutut Prostetik ..	IV-25

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

V.1 Kesimpulan .....	V-1
V.2 Saran.....	V-2

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **RIWAYAT HIDUP PENULIS**

## DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Estimasi Persentase Jenis Orang dengan Difabilitas Tahun 2012...I-2	I-2
Tabel I.2 Hasil Wawancara Penelitian Awal.....I-7	I-7
Tabel II.1 Siklus Berjalan Berdasarkan Pembagian <i>Gait Cycle</i> .....II-4	II-4
Tabel II.2 Contoh <i>Mission Statement</i> .....II-20	II-20
Tabel II.3 Contoh Daftar <i>Metric</i> .....II-25	II-25
Tabel II.4 Simbol <i>Relationship Matrix</i> .....II-27	II-27
Tabel II.5 Hubungan Korelasi <i>Technical Relationships</i> .....II-28	II-28
Tabel II.6 Contoh <i>Concept Screening Matrix</i> .....II-33	II-33
Tabel II.7 Nilai <i>Rating Relative Performance</i> .....II-34	II-34
Tabel II.8 Contoh <i>Concept Scoring Matrix</i> .....II-35	II-35
Tabel III.1 Pernyataan Misi Sendi Lutut Prostetik .....III-2	III-2
Tabel III.2 Daftar Pertanyaan Wawancara Anggota KKD ( <i>Expert</i> ).....III-3	III-3
Tabel III.3 Hasil Interpretasi Kebutuhan Pengguna dari Wawancara <i>Expert</i> III-4	III-4
Tabel III.4 Daftar Kebutuhan Awal Pengguna Sendi Lutut Prostetik KKD.....III-6	III-6
Tabel III.5 Daftar Pertanyaan Wawancara Pengguna Sendi Lutut Prostetik .III-7	III-7
Tabel III.6 Daftar Tambahan Kebutuhan Pengguna Berdasarkan Hasil Wawancara dengan <i>User</i> Sendi Lutut Prostetik KKD.....III-9	III-9
Tabel III.7 Daftar Kebutuhan Primer Pengguna Sendi Lutut Prostetik .....III-10	III-10
Tabel III.8 Tingkat Kepentingan Relatif Kebutuhan Pengguna .....III-11	III-11
Tabel III.9 Daftar <i>Metrics</i> dan Nomor Kebutuhan yang Terpenuhi .....III-13	III-13
Tabel III.10 <i>List</i> Jenis Arah Pergerakan Sendi Lutut Prostetik.....III-14	III-14
Tabel III.11 <i>List</i> Jenis <i>Impact Level</i> .....III-19	III-19
Tabel III.12 <i>List Metric</i> Fitur Pengatur Gerakan .....III-21	III-21
Tabel III.13 Spesifikasi Sendi Lutut C-Leg 3C98-3 Ottobock.....III-25	III-25
Tabel III.14 Spesifikasi Sendi Lutut Prostetik <i>Four Bar Linkage – Stainless Steel</i> PT Kuspito.....III-26	III-26
Tabel III.15 Spesifikasi Sendi Lutut Prostetik CV Japro Medika .....III-27	III-27
Tabel III.16 Spesifikasi Sendi Lutut Prostetik D-Rev ReMotion Knee v3 ....III-28	III-28
Tabel III.17 Spesifikasi Sendi Lutut Prostetik Stanford Knee.....III-29	III-29
Tabel III.18 Spesifikasi Sendi Lutut Prostetik KKD.....III-30	III-30

Tabel III.19 Hasil Penilaian <i>Competitive Benchmarking</i> .....	III-31
Tabel III.20 Daftar Nilai <i>Technical Difficulty</i> Beserta Keterangan Pemberi- an Nilai .....	III-32
Tabel III.21 Rekapitulasi <i>Object Target Values</i> .....	III-34
Tabel III.22 Nilai <i>Technical Importance Absolute</i> dan <i>Relative</i> .....	III-34
Tabel III.23 Daftar Kelebihan dan Kekurangan Sendi Lutut Prostetik KKD	III-42
Tabel III.24 Perbandingan Tingkat Pemenuhan Kebutuhan Sendi Lutut Prostetik KKD dan Stanford Knee .....	III-43
Tabel III.25 Daftar Kelebihan dan Kekurangan Stanford Knee .....	III-48
Tabel III.26 Rekapitulasi Kombinasi Alternatif untuk Setiap Konsep.....	III-49
Tabel III.27 Hasil <i>Concept Screening</i> .....	III-57
Tabel III.28 Hasil <i>Concept Scoring</i> .....	III-62
Tabel III.29 Daftar Harga Bahan Baku <i>Nylon</i> .....	III-83
Tabel III.30 Perhitungan Harga Bahan Baku yang Digunakan per Komponen.....	III-83
Tabel III.31 Daftar Harga Sewa Mesin .....	III-84
Tabel III.32 Daftar Harga Komponen <i>Assembly</i> .....	III-85
Tabel III.33 Perhitungan Biaya Pembuatan Sendi Lutut Prostetik Usulan ..	III-86
Tabel III.34 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Rancangan Sendi Lutut Prostetik Usulan .....	III-91
Tabel III.35 Perbandingan Hasil Evaluasi Sendi Lutut Prostetik Awal (KKD) dengan Sendi Lutut Prostetik Usulan (AD+) .....	III-95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Persentase Penduduk Indonesia Penyandang Difabilitas Berdasarkan Data Susenas 2003, 2006, 2009, 2012 .....	I-2
Gambar I.2 Persentase Jumlah Penduduk Difabel Berdasarkan Jenis Difabilitas .....	I-3
Gambar I.3 Tuna Daksa <i>Lower Extremities</i> di Indonesia.....	I-4
Gambar I.4 <i>Transfemoral Prosthesis</i> KKD (a) Posisi Lurus (b) Posisi Mene- kuk 90° .....	I-6
Gambar I.5 Metodologi Penelitian Perancangan Ulang Sendi Lutut Prostetik KKD .....	I-10
Gambar II.1 Anatomi Kaki Manusia .....	II-1
Gambar II.2 Struktur Anatomi Sendi Lutut Manusia.....	II-2
Gambar II.3 Rentang Pergerakan Sendi Lutut Manusia Normal .....	II-3
Gambar II.4 Jenis Amputasi <i>Lower Extremities</i> .....	II-9
Gambar II.5 Bagian-Bagian <i>Transfemoral Prosthesis</i> .....	II-10
Gambar II.6 <i>Transfemoral Prosthesis</i> (a) Endoskeletal (b) Eksoskeletal .....	II-11
Gambar II.7 Perbandingan <i>Single Axis Joint</i> (Atas) dengan <i>Polycentric Joint</i> (Bawah) .....	II-12
Gambar II.8 Mekanisme Pergerakan dan Letak Titik Rotasi (a) <i>Single-Axis Joint</i> (b) <i>Polycentric Joint</i> .....	II-13
Gambar II.9 <i>Constant Friction Knee</i> (a) <i>Single-Axis</i> (b) <i>Polycentric</i> .....	II-14
Gambar II.10 <i>Manual Locking Knee</i> .....	II-14
Gambar II.11 <i>Weight Activated Knee</i> .....	II-15
Gambar II.12 <i>Fluid Control Knee</i> .....	II-16
Gambar II.13 <i>Microprocessor Control Knee</i> .....	II-16
Gambar II.14 Fase Proses Perancangan Produk .....	II-19
Gambar II.15 Tahapan <i>Concept Development</i> .....	II-22
Gambar II.16 <i>Template House of Quality</i> (HOQ) .....	II-26
Gambar II.17 <i>Concept Generation Process</i> .....	II-29
Gambar II.18 Contoh <i>Function Diagram Overall "Black Box"</i> .....	II-30
Gambar III.1 Hubungan Kebutuhan Pengguna Sendi Lutut Prostetik dan	

<i>Metrics</i> .....	III-22
Gambar III.2 Hubungan Antar- <i>Metric</i> Sendi Lutut Prostetik .....	III-23
Gambar III.3 <i>Function Diagram Transfemoral Prosthesis</i> .....	III-37
Gambar III.4 <i>Black Box</i> Sendi Lutut Prostetik.....	III-37
Gambar III.5 <i>Function Diagram</i> Sendi Lutut Prostetik .....	III-38
Gambar III.6 Sendi Lutut Prostetik Awal KKD (a) Tampilan Keseluruhan (b) Tampak Belakang (c) Dalam Keadaan Menekuk Ketika Duduk Bersila.....	III-40
Gambar III.7 Sendi Lutut Prostetik KKD (a) Proyeksi Ortogonal (b) Proyek- si Ortogonal dengan Transparansi Berbeda (c) Tampak Depan (d) Potongan Tengah Tampak Depan.....	III-40
Gambar III.8 Stanford Knee di Bengkel KKD (a) Tampak Depan (b) Tam- pak Samping (c) Dalam Keadaan Menekuk .....	III-42
Gambar III.9 <i>Exploded View</i> Stanford Knee .....	III-44
Gambar III.10 Komponen Stanford Knee (a) Komponen Atas (b) Kompo- nen Bawah (c) Bar Kanan (d) Bar Kiri (e) Bar Tengah (f) Pe- nyambung Bawah (g) Penyambung Atas (h) Sekrup Panjang (i) Sekrup Pendek .....	III-45
Gambar III.11 Stanford Knee (a) Proyeksi Ortogonal (b) Tampak Depan (c) Tampak Samping Kanan (d) Tampak Belakang.....	III-46
Gambar III.12 Derajat Penekukan Maksimal Stanford Knee ( $130^{\circ}$ ) .....	III-48
Gambar III.13 Sketsa Konsep A Rancangan Sendi Lutut Prostetik .....	III-51
Gambar III.14 Sketsa Konsep B Rancangan Sendi Lutut Prostetik .....	III-52
Gambar III.15 Sketsa Konsep C Rancangan Sendi Lutut Prostetik.....	III-53
Gambar III.16 Sketsa Konsep D Rancangan Sendi Lutut Prostetik.....	III-54
Gambar III.17 Sketsa Konsep E Rancangan Sendi Lutut Prostetik .....	III-55
Gambar III.18 Sketsa Konsep F Rancangan Sendi Lutut Prostetik .....	III-56
Gambar III.19 Sketsa Konsep B+ Rancangan Sendi Lutut Prostetik.....	III-59
Gambar III.20 Sketsa Konsep C+ Rancangan Sendi Lutut Prostetik.....	III-60
Gambar III.21 Sketsa Konsep AD Rancangan Sendi Lutut Prostetik .....	III-61
Gambar III.22 Sketsa Konsep Sendi Lutut Prostetik Final (AD+).....	III-64
Gambar III.23 Proyeksi Isometri Gambar CAD Komponen Penyambung <i>Socket</i> dan Sendi Lutut (a) Tampak Atas (b) Tampak Bawah .	III-65
Gambar III.24 Proyeksi Isometri Gambar CAD Komponen Pin <i>Rotator</i> .....	III-66

Gambar III.25 Proyeksi Isometri Gambar CAD Komponen <i>Cover</i> (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang .....	III-66
Gambar III.26 Proyeksi Isometri Gambar CAD Komponen <i>Vertical Pin</i> .....	III-67
Gambar III.27 Proyeksi Isometri Gambar CAD Komponen <i>Body Atas</i> .....	III-67
Gambar III.28 Proyeksi Isometri Gambar CAD Komponen <i>Body Bawah</i> ....	III-68
Gambar III.29 Proyeksi Isometri Gambar CAD Komponen <i>Bar Kiri</i> .....	III-68
Gambar III.30 Proyeksi Isometri Gambar CAD Komponen <i>Bar Kanan</i> .....	III-69
Gambar III.31 Proyeksi Isometri Gambar CAD Komponen <i>Bar Tengah</i> .....	III-69
Gambar III.32 Proyeksi Isometri Gambar CAD Komponen Pin Pengunci ...	III-70
Gambar III.33 <i>Assembly</i> Sendi Lutut Prostetik Usulan (a) Proyeksi Isometri (b) Tampak Depan (c) Tampak Kanan (d) Tampak Belakang (e) Tampak Kiri.....	III-71
Gambar III.34 Ilustrasi Mekanisme <i>Rotator</i> (a) Keadaan Awal (b) Pin <i>Rotator</i> Ditekan (c) Lutut Diputar Sesuai Arah yang Diinginkan (d) Pin <i>Rotator</i> Keluar Secara Otomatis Saat Sejajar dengan Lubang yang Lain	III-72
Gambar III.35 Ilustrasi Mekanisme Pengunci (a) Dalam Keadaan Terkunci (b) Dalam Keadaan Tidak Terkunci .....	III-73
Gambar III.36 Proses <i>Rapid Prototyping</i> (a) <i>3D Printer</i> (b) Hasil <i>Rapid Prototyping</i> .....	III-74
Gambar III.37 Proses Pembuatan Komponen dengan Mesin Konvensional (a) Mesin Bubut (b) Mesin <i>Drilling</i> (c) Mesin Gergaji.....	III-75
Gambar III.38 Hasil Pembuatan Komponen-Komponen Fisik Rancangan Sendi Lutut Prostetik Usulan (a) Penyambung <i>Socket</i> – Lutut (b) <i>Vertical Pin</i> (c) <i>Cover</i> (d) <i>Body Atas</i> (e) <i>Body Bawah</i> (f) <i>Bar Kiri</i> dan <i>Bar Kanan</i> (g) <i>Bar Tengah</i> (h) Pin Pengunci (i) Pin <i>Rotator</i> .....	III-75
Gambar III.39 Hasil <i>Assembly</i> Prototipe Fisik Rancangan Usulan Sendi Lutut Prostetik (a) Proyeksi Isometri (b) Tampak Depan (c) Tampak Kanan (d) Tampak Belakang (e) Tampak Kiri .....	III-76
Gambar III.40 Simulasi Sudut Penekukan Maksimal Sendi Lutut Prostetik Usulan (a) <i>Hyperextension</i> (b) Penekukan ke Belakang.....	III-78
Gambar III.41 Ilustrasi Pemberian Gaya dan <i>Support</i> pada Simulasi Evaluasi Kekuatan Rancangan Sendi Lutut Prostetik .....	III-79

Gambar III.42 Hasil Uji <i>Stress Von Mises</i> (a) Beban 1.332,8 N (b) Beban 2.665,6 N .....	III-80
Gambar III.43 Hasil Simulasi <i>Displacement</i> (a) Beban 1.332,8 N (b) Beban 2.665,6 N .....	III-81
Gambar III.44 <i>Mass Properties Assembly</i> Sendi Lutut Prostetik Usulan ....	III-88
Gambar III.45 Pengukuran Dimensi Sendi Lutut Prostetik Usulan (a) Tinggi (b) Lebar .....	III-89
Gambar III.46 Ilustrasi Pengukuran Jarak Antara Lubang dengan Poros pada Rancangan Sendi Lutut Prostetik Usulan .....	III-90
Gambar III.37 Grafik Rekapitulasi Hasil Penilaian Tingkat Pemenuhan Kebutuhan Pengguna untuk Sendi Lutut Prostetik Awal (KKD) dan Sendi Lutut Prostetik Usulan (AD+) .....	III-96



## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A    TRANSKRIP WAWANCARA DENGAN NARASUMBER *EXPERT*
- LAMPIRAN B    INTERPRETASI KEBUTUHAN PENGGUNA BERDASARKAN  
HASIL WAWANCARA *EXPERT*
- LAMPIRAN C    TRANSKRIP WAWANCARA DENGAN NARASUMBER *USER*
- LAMPIRAN D    INTERPRETASI KEBUTUHAN PENGGUNA BERDASARKAN  
HASIL WAWANCARA *USER*
- LAMPIRAN E    PENJABARAN HASIL PENGELOMPOKAN KEBUTUHAN
- LAMPIRAN F    PERINCIAN *RELATIVE IMPORTANCE*
- LAMPIRAN G    *HOUSE OF QUALITY* (HOQ) SENDI LUTUT PROSTETIK
- LAMPIRAN H    *MORPHOLOGICAL TABLE* AWAL
- LAMPIRAN I    *MORPHOLOGICAL TABLE* AKHIR    DAN    KOMBINASI  
ALTERNATIF
- LAMPIRAN J    PERINCIAN UKURAN KOMPONEN SENDI LUTUT PROSTETIK  
USULAN
- LAMPIRAN K    LEMBAR RENCANA PROSES KOMPONEN SENDI LUTUT  
PROSTETIK USULAN

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Dalam bab I dijabarkan poin-poin penting yang mendasari pelaksanaan penelitian. Bab I terdiri dari tujuh subbab, yaitu latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

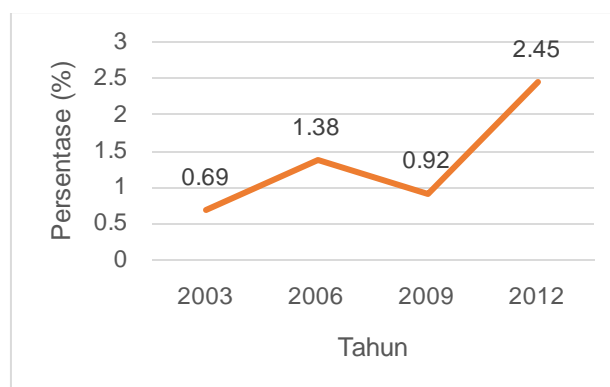
### **I.1 Latar Belakang Masalah**

Tubuh manusia memiliki berbagai macam mekanisme yang sangat kompleks. Salah satu mekanisme yang sangat penting bagi manusia adalah pergerakan atau *movement*, terutama pada bagian kaki. Mekanisme pergerakan mencakup tulang, sendi, otot serta interaksi ketiga elemen tersebut melalui sistem syaraf dan otak. Mekanisme pergerakan pada kaki manusia digunakan oleh untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya, baik dengan cara berjalan ataupun berlari. Selain itu, mekanisme pergerakan kaki memungkinkan manusia untuk melakukan sikap tubuh lain, seperti jongkok, melompat, berlutut dan bahkan duduk bersila. Apabila kaki berfungsi dengan normal, manusia dapat melakukan berbagai macam kegiatan sehari-hari tanpa masalah karena pergerakannya dapat dilakukan dengan bebas dan lancar.

Tidak semua orang memiliki fungsi tubuh yang normal, dengan kata lain orang dapat mengalami keadaan difabel. Pada awalnya orang dengan keadaan tersebut dikenal dengan istilah “penyandang disabilitas”. Menurut Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) tahun 2012 (Kementerian Kesehatan RI, 2014), disabilitas berarti ketidakmampuan melaksanakan suatu aktivitas atau kegiatan tertentu sebagaimana layaknya manusia normal yang disebabkan oleh kondisi *impairment* (kehilangan atau ketidakmampuan) yang berhubungan dengan usia dan masyarakat. Namun saat ini istilah tersebut banyak diganti dengan istilah “difabel” (*different ability*) karena faktor kemanusiaan.

Difabilitas merupakan masalah yang banyak terjadi secara global, termasuk di Indonesia. Untuk mengetahui jumlah penduduk Indonesia yang

memiliki keadaan difabel, dilakukan beberapa *survey* oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. Berdasarkan data hasil Susenas tahun 2012, penduduk difabel mencapai 2,45% dari keseluruhan populasi Indonesia. Jika dipantau dari hasil Susenas tahun-tahun sebelumnya (2003, 2006, 2009), dapat diketahui bahwa jumlah penduduk difabel di Indonesia mengalami peningkatan. Persentase penduduk difabel Indonesia berdasarkan hasil Susenas 2003 – 2012 dapat dilihat pada Gambar I.1.



Gambar I.1 Persentase Penduduk Indonesia Penyandang Difabilitas Berdasarkan Data Susenas 2003, 2006, 2009, 2012

(Sumber : Buletin Jendela Data dan Informasi Kesehatan, Semester II, 2014 : Situasi Penyandang Disabilitas, Kementerian Kesehatan RI, 2014)

Data dari Pusdatin dan Direktorat Orang dengan Kecacatan tahun 2012 yang dicantumkan pada literatur “Kementerian Sosial Dalam Angka: Pembangunan Kesejahteraan Sosial” menunjukkan tingginya angka penduduk yang mengalami keadaan difabel di Indonesia. Estimasi persentase jenis orang dengan difabilitas di Indonesia berdasarkan survei tersebut diurutkan dari persentase terbesar hingga terkecil dan dapat dilihat pada Tabel I.1.

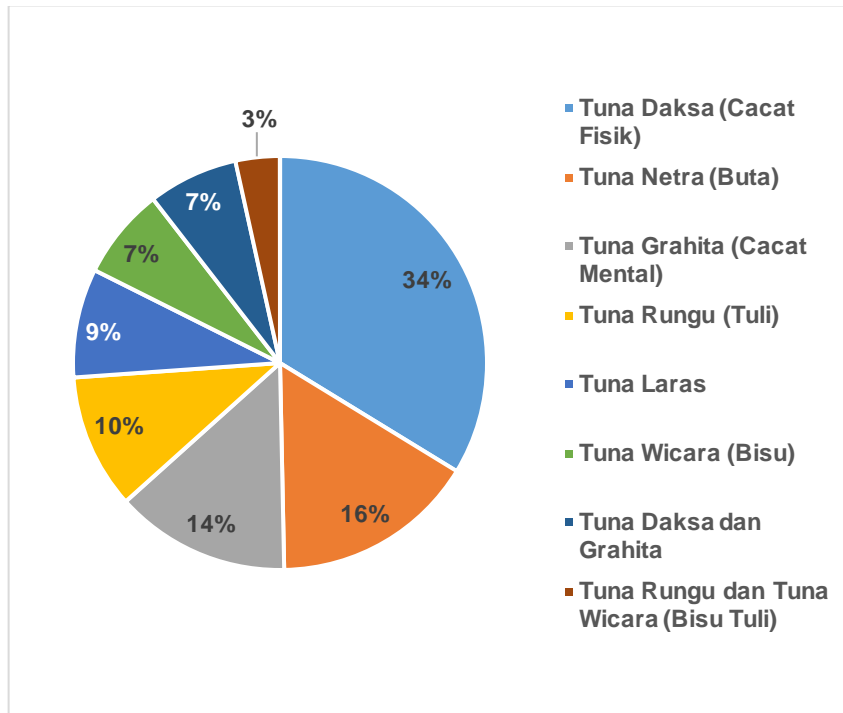
Tabel I.1 Estimasi Persentase Jenis Orang dengan Difabilitas Tahun 2012

No.	Jenis Orang dengan Difabilitas	Jumlah (Jiwa)	Persentase (%)
1	Tuna Daksa (Cacat Fisik)	717.312	33,74
2	Tuna Netra (Buta)	338.672	15,93
3	Tuna Grahita (Cacat Mental)	290.837	13,68
4	Tuna Rungu (Tuli)	223.655	10,52
5	Tuna Laras	181.135	8,52
6	Tuna Wicara (Bisu)	151.371	7,12
7	Tuna Daksa dan Grahita	149.458	7,03
8	Tuna Rungu dan Tuna Wicara (Bisu Tuli)	73.560	3,46

Total	2.126.000	100
-------	-----------	-----

(Sumber: Pusdatin dan Direktorat Orang dengan Kecacatan, 2012)

Agar data pada Tabel I.1 lebih terbayangkan secara visual, dibuat *pie chart* yang merepresentasikan persentase masing-masing jenis orang dengan difabilitas. Representasi grafis data tersebut dapat dilihat pada Gambar I.2.



Gambar I.2 Persentase Jumlah Penduduk Difabel Berdasarkan Jenis Difabilitas

(Sumber: Pusdatin dan Direktorat Orang dengan Kecacatan, 2012)

Berdasarkan data pada Tabel I.1, dapat dilihat bahwa jumlah jenis difabilitas yang paling banyak adalah tuna daksa atau cacat fisik. Menurut Departemen Kesehatan RI yang dikutip dalam buku karangan Mangunsong (1998), individu dengan cacat fisik adalah individu yang menderita kekurangan yang sifatnya menetap pada alat gerak sehingga memerlukan perlakuan khusus. Alat gerak mencakup tangan, kaki dan sendi. Bila dikaji bersama dengan data kesulitan yang dialami kaum difabel pada Gambar I.2, dapat dilihat bahwa permasalahan yang berkaitan dengan kekurangan fisik masih banyak terjadi di Indonesia. Hal tersebut berlaku terutama bagi mereka yang mengalami cacat pada bagian kaki, yang dapat dipastikan mengalami masalah dalam hal mobilisasi.

Penyebab permasalahan yang menyangkut cacat kaki sangat bervariasi, seperti penyakit (diabetes, varises, *stroke*, dan sebagainya) atau kecelakaan. Di negara berkembang seperti Indonesia, kecelakaan dan penyakit kronis banyak terjadi. Tidak jarang kaki korban kecelakaan atau penderita penyakit demikian harus diamputasi kakinya sebagai bentuk tindakan medis yang paling memungkinkan. Gambar I.3 merupakan ilustrasi adanya tuna daksa bagian kaki (*lower extremities*) di desa-desa Indonesia.



Gambar I.3 Tuna Daksa *Lower Extremities* di Indonesia

(Sumber: <http://www.medanbisnisdaily.com/news/read/2015/05/29/166445/pengukuran-kaki-tuna-daksa/#.WBd2vfI97IU>)

Mayoritas tuna daksa pada bagian kaki di Indonesia menggunakan alat bantu jalan konvensional seperti tongkat atau kruk. Meskipun pergerakan tubuh bagian bawah masih dimungkinkan menggunakan alat bantu tersebut, fleksibilitas dan kenyamanan pergerakan bagi tuna daksa tersebut rendah. Salah satu alat bantu mobilisasi yang dapat meningkatkan fleksibilitas dan kenyamanan tuna daksa *lower extremities* adalah *prosthesis* atau bagian tubuh palsu.

Tidak semua tuna daksa di Indonesia memiliki kemampuan ekonomi yang cukup untuk membiayai fasilitas kesehatan yang dibutuhkan untuk memudahkan pergerakan pascaamputasi. Menurut data Badan Pusat Statistik (2016) yang dicantumkan pada Buletin Profil Kesehatan Indonesia 2015, persentase penduduk miskin di Indonesia mencapai 11,13%. Permasalahan yang muncul adalah harga prostetik yang mahal sehingga tidak terjangkau oleh tuna daksa dengan ekonomi menengah kebawah. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari situs salah satu perusahaan pemasok bagian tubuh prostetik di

Indonesia, Harga bagian tubuh kaki prostetik standar (lokal) berkisar antara Rp4.500.000,00 (kaki palsu bawah lutut) hingga Rp9.000.000,00 (kaki palsu atas lutut). Sedangkan harga bagian tubuh serupa impor berkisar antara Rp10.500.000,00 (kaki palsu bawah lutut) hingga Rp23.000.000,00 (kaki palsu atas lutut). Selain harganya yang mahal, sumber daya penyedia bagian tubuh prostetik di Indonesia belum memadai.

Bagian tubuh prostetik untuk tuna daksa dengan jenis cacat pada tubuh bagian bawah (*lower extremities*) harus dapat menahan berat badan penggunanya dan meniru mekanisme kaki agar penggunanya dapat berjalan. Salah satu jenis tuna daksa dengan *lower extremities* adalah tuna daksa *transfemoral*. *Transfemoral* berarti amputasi pada batas paha kebawah. Maka dari itu, kaum tuna daksa *transfemoral* membutuhkan kaki prostetik yang mencakup bagian paha hingga telapak kaki. Bagian yang memungkinkan adanya mekanisme berjalan, duduk dan sikap tubuh lainnya bagi pengguna kaki prostetik adalah komponen lutut prostetik. Hal ini menjadi tantangan bagi pembuat bagian tubuh prostetik, sehingga perkembangan lutut prostetik sangat beragam dan luas.

## **I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah**

Agar dapat memenuhi kebutuhan orang Indonesia yang difabel, dibutuhkan bagian tubuh prostetik sesuai dengan kebutuhan mereka. Saat ini, kebutuhan akan bagian tubuh prostetik dipenuhi dengan cara mengimpor produk-produk bagian tubuh prostetik atau melalui industri produksi bagian tubuh prostetik lokal di Indonesia. Salah satu industri kecil (*home industry*) yang memproduksi bagian tubuh prostetik adalah Kelompok Kreativitas Difabel (KKD).

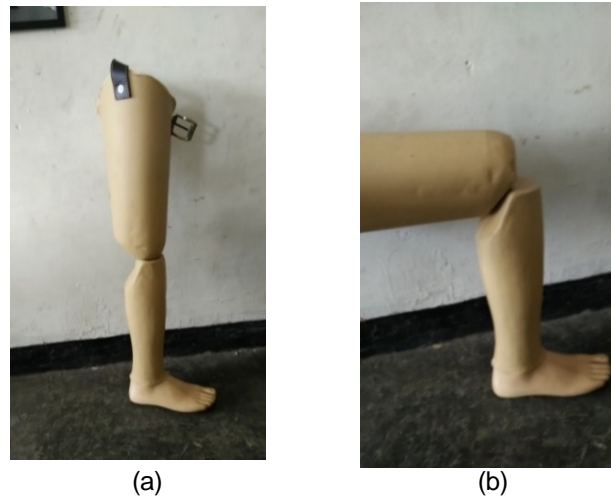
KKD merupakan suatu komunitas yang bergerak dalam bidang produksi bagian tubuh prostetik. KKD didirikan pada tahun 2010 dan terdiri dari 12 orang anggota. Sebagian dari anggota KKD termasuk orang yang difabel. Bengkel kerja KKD berlokasi di Jalan Babakan Sari 2 No.6, RT 01 / RW 07, Kelurahan Babakan Sari, Kecamatan Kiaracondong. KKD merupakan salah satu industri penghasil bagian tubuh prostetik yang terkenal di Indonesia dan melayani permintaan konsumen dari seluruh Indonesia.

Produk yang dihasilkan oleh KKD banyak menggunakan barang bekas seperti *spare part* dan material logam bekas yang kemudian diolah menjadi

bagian tubuh prostetik. Produk bagian tubuh prostetik yang dihasilkan oleh KKD dapat dijual dengan harga yang relatif murah. Salah satu prostetik yang diproduksi adalah kaki palsu. Harga kaki palsu yang ditawarkan oleh KKD 60% lebih murah dibandingkan dengan produk serupa yang dijual di pasaran. Oleh karena itu, pengembangan *prosthesis* hasil produksi KKD berpotensi besar memenuhi kebutuhan kaum difabel Indonesia akan bagian tubuh prostetik dengan harga terjangkau bagi masyarakat dengan kemampuan ekonomi menengah kebawah.

Sebelumnya telah dilaksanakan penelitian mengenai kaki palsu hasil produksi KKD oleh mahasiswa program studi Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan atas nama Hajon (2016). Penelitian sebelumnya difokuskan pada kaki palsu *transtibial* (amputasi betis kebawah) dan menghasilkan sebuah rancangan kaki palsu *transtibial* yang berupa *low fidelity prototype*. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan yang ditujukan untuk mengembangkan rancangan tersebut sampai batas paha kebawah (*transfemoral*). Hal ini didasari pada fakta bahwa kaki palsu *transfemoral* adalah salah satu produk yang paling banyak dibuat di bengkel KKD, sehingga diketahui bahwa jumlah tuna daksa *transfemoral* yang membutuhkan kaki palsu cukup banyak.

Bagian *socket* (tempat untuk sisa paha yang telah diamputasi) dan kaki bawah dari *transfemoral prosthesis* dapat dibuat dengan hasil penelitian di KKD yang terdahulu. Fokus penelitian ini adalah bagian lutut karena dibutuhkan mekanisme sendi lutut agar dapat membentuk kaki palsu jenis *transfemoral* yang fungsinya menyerupai kaki normal. Fungsi yang dimaksud adalah menekuk dan mengayun pada bagian sendinya. Di bengkel KKD, terdapat beberapa jenis sendi lutut prostetik yang digunakan. Sendi lutut yang berbentuk engsel sederhana dan terintegrasi dalam *transfemoral prosthesis* KKD akan dijadikan studi kasus awal untuk mengarahkan identifikasi masalah dalam penelitian ini. *Transfemoral prosthesis* KKD yang telah disebutkan dapat dilihat pada Gambar I.4.



Gambar I.4 *Transfemoral Prosthesis* KKD (a) Posisi Lurus (b) Posisi Menekuk  $90^{\circ}$

Kebutuhan penerima amputasi *transfemoral* dan kendala yang terdapat pada sendi lutut produk *transfemoral prosthesis* yang dibuat di bengkel KKD dicari dengan cara observasi langsung ke bengkel KKD dan wawancara dengan anggota KKD yang membuat kaki palsu tersebut (digolongkan sebagai *expert*) serta penggunaannya. Wawancara dilakukan dengan 3 orang narasumber yang terdiri dari anggota KKD yang berkecimpung dalam pembuatan lutut prostetik dan pengguna *transfemoral prosthesis* KKD. Wawancara dilakukan untuk mengetahui kendala yang terdapat pada sendi lutut *transfemoral prosthesis* KKD saat ini. Jawaban hasil wawancara dan jumlah narasumber yang memberi pernyataan yang sama direkapitulasi dalam Tabel I.2.

Tabel I.2 Hasil Wawancara Penelitian Awal

Permasalahan	Jumlah Narasumber
Tidak dapat menekuk $>90$ derajat	3/3
Tidak terdapat sistem pengunci	3/3
Menyebabkan bentuk "coak" ketika duduk	1/3

Berdasarkan hasil wawancara dengan anggota KKD pembuat produk dan penggunaannya, dapat diketahui bahwa masih terdapat beberapa permasalahan pada produk *transfemoral prosthesis* KKD. Permasalahan yang paling tampak pada produk tersebut adalah ketidakmampuan engsel lutut *transfemoral prosthesis* untuk menekuk lebih dari  $90^{\circ}$  yang disebutkan oleh 100% narasumber. Hal tersebut akan menyebabkan penggunaannya tidak dapat melakukan beberapa sikap kaki yang umum dilakukan seperti duduk bersila atau bersujud. Bagi pengguna *transfemoral prosthesis* yang beragama Muslim, hal



tersebut menyebabkan ketidaknyamanan ketika melaksanakan sholat. Secara umum, kekurangan ini akan membatasi sikap kaki penggunanya sehingga tidak dapat duduk bersila di lantai dengan nyaman seperti orang normal. Bagi orang yang pada masa lalu dapat duduk bersila, ketidakmampuan untuk bersila karena keterbatasan sendi kaki palsu yang digunakan dapat menyebabkan keluhan.

Permasalahan lain yang juga merupakan *concern* utama dari sebagian besar narasumber adalah tidak adanya pengunci pada sendi lutut *transfemoral prosthesis* KKD. Sistem pengunci yang dimaksud bersifat manual dan digunakan untuk menahan posisi lutut dalam keadaan lurus, sehingga kaki dapat digerakkan secara kaku. Dalam kasus penggunaan satu unit *transfemoral prosthesis*, sistem penguncian lutut bermanfaat bagi pengguna baru yang belum terbiasa menggunakan kaki palsu ketika berjalan. Bagi pengguna yang belum terbiasa menggunakan kaki prostetik, terdapat resiko jatuh ketika berjalan karena ketidaktahuan terhadap karakteristik pergerakan engsel *transfemoral prosthesis* tersebut. Resiko tersebut dapat diperkecil dengan adanya sistem pengunci pada engsel lutut, sehingga penggunanya dapat menyesuaikan sikap kaki palsu (lurus / dapat berayun) sesuai kebutuhan. Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa belum terdapat lutut prostetik yang memiliki sistem pengunci yang dijual di pasaran. Selain itu, hasil wawancara dengan anggota KKD menunjukkan bahwa terdapat permintaan konsumen akan lutut prostetik yang memiliki sistem pengunci.

Salah satu permasalahan yang dititikberatkan oleh narasumber pengguna sendi lutut pada *transfemoral prosthesis* KKD adalah terbentuknya "coak" pada saat duduk. "Coak" tersebut terbentuk akibat adanya rongga antara bagian kaki atas dan bawah dari unit *transfemoral prosthesis* pada bagian lutut. Apabila pengguna *transfemoral prosthesis* menggunakan celana panjang ketika duduk, bagian lutut pengguna tampak kempis akibat rongga tersebut. Hal tersebut menyebabkan perasaan tidak nyaman dan malu bagi penggunanya karena hal tersebut mengindikasikan bahwa orang tersebut menggunakan kaki palsu.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa sendi lutut *transfemoral prosthesis* KKD memiliki beberapa permasalahan yang berkaitan dengan kondisi sendi lutut saat ini yang belum dapat memenuhi sejumlah kebutuhan konsumen. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan identifikasi kebutuhan konsumen

lanjutan untuk mengetahui apa saja kebutuhan pengguna sendi lutut prostetik yang belum terpenuhi. Kemudian dilakukan perbaikan rancangan dari segi *design* dan mekanisme sendi lutut prostetik, sehingga kebutuhan-kebutuhan tersebut dapat dipenuhi oleh rancangan yang baru. Perbaikan rancangan lutut prostetik kemudian perlu diuji, sehingga peneliti dapat memastikan bahwa perbaikan rancangan lutut prostetik dapat diterapkan. Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja kebutuhan pengguna sendi lutut prostetik yang belum terpenuhi oleh rancangan sendi lutut prostetik awal?
2. Bagaimana rancangan perbaikan sendi lutut prostetik yang dapat meningkatkan tingkat pemenuhan kebutuhan pengguna sendi lutut prostetik?
3. Bagaimana hasil evaluasi rancangan perbaikan sendi lutut prostetik?

### **I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian**

Dalam penelitian ini digunakan beberapa batasan agar *scope* penelitian lebih terkonsentrasi. Batasan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Rancangan lutut prostetik difokuskan pada aspek fungsional dan finansial.
2. Perancangan *prototype* lutut prostetik berupa *analytical prototype* dan *physical prototype*.
3. Lutut prostetik yang dirancang diperuntukkan untuk orang yang menggunakan satu buah *transfemoral prosthesis*.

Selain batasan yang telah dijabarkan, terdapat satu buah asumsi yang digunakan yaitu kebutuhan pengguna sendi lutut prostetik tidak berubah selama penelitian berlangsung.

### **I.4 Tujuan Penelitian**

Terdapat beberapa tujuan yang hendak dicapai dengan dilakukannya penelitian ini. Tujuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kebutuhan pengguna sendi lutut prostetik yang belum terpenuhi oleh rancangan sendi lutut prostetik awal.
2. Membuat rancangan perbaikan sendi lutut prostetik yang dapat meningkatkan tingkat pemenuhan kebutuhan pengguna sendi lutut prostetik.

3. Mengetahui hasil evaluasi rancangan perbaikan sendi lutut prostetik.

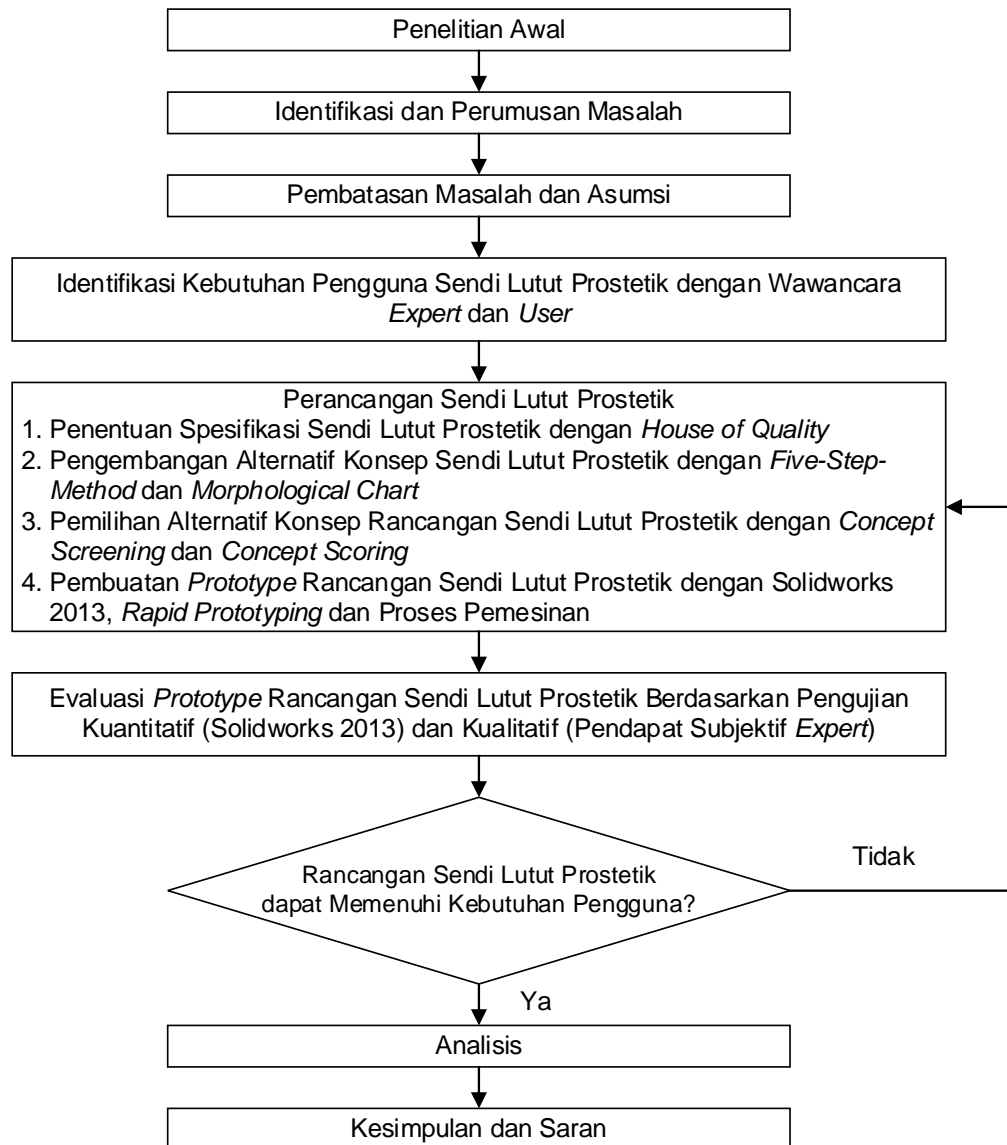
### **I.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi penulis, pembaca dan komunitas penyandang difabel di Indonesia yang membutuhkan rancangan lutut prostetik. Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rancangan sendi lutut prostetik dapat digunakan oleh bengkel KKD untuk memperbaiki rancangan *transfemoral prosthesis* yang sudah ada.
2. Menghasilkan usulan rancangan lutut prostetik yang dapat memenuhi kebutuhan penggunanya.
3. Menjadi referensi untuk penelitian berikutnya yang berhubungan dengan perancangan kaki palsu.

### **I.6 Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian berisi langkah-langkah penelitian yang dijalankan selama penelitian ini berlangsung beserta metode yang digunakan dalam setiap langkah tersebut. Hal tersebut penting untuk ditetapkan dari awal agar penelitian yang dilakukan menghasilkan usulan yang tepat dan sesuai tujuan. Bagan metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar I.5.



Gambar I.5 Metodologi Penelitian Perancangan Ulang Sendi Lutut Prostetik KKD

Penjabaran singkat setiap langkah metodologi penelitian pada Gambar I.5 dapat dilihat pada poin-poin berikut:

1. Penelitian Awal

Penelitian awal dilakukan dengan cara observasi langsung ke bengkel Kelompok Kreativitas Difabel (KKD), wawancara, dan studi literatur. Observasi dilakukan untuk mempelajari produk sendi lutut prostetik pada *transfemoral prosthesis* yang sudah dimiliki KKD sedangkan wawancara dilakukan terhadap pengguna sendi lutut prostetik (*user*) dan anggota KKD sebagai *expert*.

## 2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk menggali dan menganalisa permasalahan yang ada pada kondisi nyata. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, dibuat rumusan masalah yang hendak diselesaikan dalam penelitian ini.

## 3. Pembatasan Masalah dan Asumsi

Pembatasan masalah dan asumsi dibuat untuk memfokuskan *scope* penelitian sehingga dapat diperoleh hasil yang baik dan jelas.

## 4. Identifikasi Kebutuhan Pengguna Sendi Lutut Prostetik dengan Wawancara *Expert* dan *User*

Tahap ini digunakan untuk memperbaharui daftar kebutuhan pengguna dan mencari kebutuhan pengguna sendi lutut prostetik yang belum terpenuhi oleh rancangan awal sendi lutut *transfemoral prosthesis* KKD. Pengumpulan data untuk mengetahui kebutuhan pengguna lutut prostetik dilakukan dengan cara wawancara. Narasumber yang diwawancarai meliputi pembuat bagian tubuh palsu di bengkel KKD (*expert*) dan pengguna sendi lutut prostetik KKD (*user*). Hasil wawancara kemudian akan diinterpretasikan menjadi kebutuhan pengguna, dikelompokkan menjadi sejumlah kelompok kebutuhan berdasarkan kemiripannya, dan dicari nilai *relative importance*-nya. Daftar kelompok kebutuhan yang telah dibuat menjadi *input* untuk perbaikan rancangan lutut prostetik *transfemoral prosthesis* KKD.

## 5. Perancangan Ulang Sendi Lutut Prostetik

Proses perancangan ulang sendi lutut prostetik dibuat berdasarkan sendi lutut pada *transfemoral prosthesis* KKD, hasil berkonsultasi dengan para *expert* pembuat bagian tubuh palsu di KKD, dan produk *competitive benchmarking* yang dipelajari. Proses perancangan ulang sendi lutut prostetik terdiri dari beberapa tahap yang dijabarkan pada poin-poin berikut:

### 5.1 Penentuan Spesifikasi Sendi Lutut Prostetik dengan *House of Quality*

Spesifikasi sendi lutut prostetik ditentukan berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan pada tahap sebelumnya. Kebutuhan-kebutuhan yang teridentifikasi dikelompokkan menjadi sejumlah kelompok kebutuhan untuk mewakili setiap kebutuhan pengguna lutut prostetik. Kelompok

kebutuhan diurutkan berdasarkan tingkat kepentingan yang diperoleh dari hasil wawancara dengan *expert* dalam bidang lutut prostetik. Kemudian dibuat *House of Quality* (HOQ) untuk mendapatkan spesifikasi akhir rancangan sendi lutut prostetik.

5.2 Pengembangan Alternatif Konsep Rancangan Sendi Lutut Prostetik dengan *Five-Step-Method* dan *Morphological Chart*

Pengembangan alternatif konsep rancangan sendi lutut prostetik akan dilakukan menggunakan *five-step-method* berdasarkan referensi dari Ulrich & Eppinger (2012). Pada tahap *systematic exploration*, digunakan metode *morphological chart* berdasarkan referensi dari Cross (2000) untuk membuat alternatif-alternatif konsep sendi lutut prostetik usulan. *Output* yang diperoleh dari proses ini adalah enam buah konsep awal sendi lutut prostetik usulan.

5.3 Pemilihan Alternatif Konsep Rancangan Sendi Lutut Prostetik dengan *Concept Screening* dan *Concept Scoring*

Alternatif-alternatif konsep yang telah dihasilkan dari tahap sebelumnya dinilai dan dipilih menggunakan proses *concept screening* dan *concept scoring*. Proses *concept screening* dan *concept scoring* dilakukan bersama dengan para pembuat bagian tubuh palsu di bengkel KKD (*expert*). Hasil tahapan ini adalah rancangan sendi lutut prostetik usulan yang paling ideal dan memiliki tingkat pemenuhan kebutuhan konsumen paling tinggi.

5.4 Pembuatan *Prototype* Rancangan Lutut Prostetik dengan Solidworks 2013, *Rapid Prototyping*, dan Proses Pemesinan

Konsep yang terpilih dari tahap sebelumnya dibuat dalam dua macam *prototype*, yaitu *analytical prototype* dan *physical prototype*. *Analytical prototype* dibuat menggunakan *software CAD (Computer Aided Design)* Solidworks 2013, sedangkan *physical prototype* rancangan tersebut dibuat menggunakan proses *rapid prototyping (3D Printer Da Vinci 1.0)* dan proses pemesinan konvensional. Kedua jenis *prototype* akan digunakan untuk mengevaluasi rancangan lutut prostetik.

6. Evaluasi *Prototype* Rancangan Lutut Prostetik Berdasarkan Pengujian Kuantitatif (Solidworks 2013) dan Kualitatif (Pendapat Subjektif *Expert*)

Rancangan sendi lutut prostetik dievaluasi dengan daftar kebutuhan pengguna sebagai acuan. Dilakukan dua macam evaluasi, yaitu evaluasi kuantitatif menggunakan simulasi Solidworks 2013 untuk kebutuhan-kebutuhan yang bersifat kuantitatif dan evaluasi kualitatif berdasarkan pendapat subjektif *expert* sendi lutut prostetik di bengkel KKD untuk semua kebutuhan.

7. Keputusan Apakah Rancangan Lutut Prostetik dapat Memenuhi Kebutuhan Pengguna

Tahap ini dilakukan setelah melakukan evaluasi terhadap rancangan sendi lutut prostetik yang telah dibuat. Bila hasil evaluasi rancangan sendi lutut prostetik memuaskan (dapat memenuhi kebutuhan penggunanya), maka keputusan yang diambil adalah “ya” dan penelitian dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Apabila hasil evaluasi rancangan sendi lutut prostetik belum memuaskan, maka jawaban keputusan ini adalah “tidak” dan tindakan selanjutnya yang dilakukan adalah kembali ke tahap perancangan sendi lutut prostetik (tahap 5).

8. Analisis

Analisis akan dilakukan terhadap seluruh tahap perancangan sendi lutut prostetik usulan, yaitu proses identifikasi kebutuhan pengguna sendi lutut prostetik, penentuan spesifikasi, pengembangan dan pemilihan alternatif konsep, pembuatan rancangan, pembuatan *prototype* dan evaluasi rancangan sendi lutut prostetik.

9. Kesimpulan dan Saran

Pada bagian ini akan dipaparkan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian. Kesimpulan berisi ringkasan hasil penelitian yang menjawab rumusan masalah penelitian, sedangkan saran berisi masukan untuk penelitian yang akan datang.

## **I.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari lima bab yang terdiri dari pendahuluan, tinjauan pustaka, perancangan sendi lutut prostetik usulan, analisis, serta kesimpulan dan saran. Penjabaran sistematika penulisan dapat dilihat sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab I berisi latar belakang serta identifikasi dan perumusan masalah yang mendasari pelaksanaan penelitian ini. Poin-poin lain yang dijabarkan dalam pendahuluan adalah pembatasan masalah dan asumsi yang digunakan dalam penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan penelitian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II berisi teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini. Tinjauan pustaka yang digunakan untuk penelitian ini meliputi dasar-dasar anatomi kaki manusia, cara berjalan manusia normal, amputasi, perkembangan lutut prostetik, serta metode dan tahap-tahap pengembangan produk.

## BAB III PERANCANGAN SENDI LUTUT PROSTETIK USULAN

Bab III berisi prosedur pelaksanaan dan hasil yang diperoleh dalam setiap tahap perancangan lutut prostetik. Langkah-langkah yang dijabarkan dalam bab III berupa identifikasi kebutuhan pengguna lutut prostetik, penentuan spesifikasi lutut prostetik, pembuatan alternatif konsep dan pemilihan konsep lutut prostetik, pembuatan *prototype* konsep lutut prostetik, serta proses dan hasil evaluasi rancangan sendi lutut prostetik.

## BAB IV ANALISIS

Bab IV berisi analisis mengenai sendi lutut prostetik yang dijadikan acuan, proses pengembangan konsep sendi lutut prostetik, hingga evaluasi rancangan lutut prostetik yang dihasilkan dari penelitian.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilaksanakan. Kesimpulan berupa rangkuman hasil penelitian yang menjawab rumusan masalah, sedangkan saran merupakan masukan untuk penelitian serupa di kemudian hari.