

Perancangan dan Pengembangan Prothese Kaki Bagian Bawah Lutut dengan Menggunakan Quality Function Deployment

Retno Wulan Damayanti, Susy Susmartini, Lobes Herdiman
Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Abstract

This paper proposes design and development of below knee prosthesis using quality function deployment (QFD) to return the balance of human body so the patient can do their daily activities. In this method, design and development based on the voice of customer. The result of design and development is below knee prosthesis using insert silicone socket, cuff rubber suspension system, adaptor rotator ankle, jaipur foot and stainless steel pylon as strengteness. It is hope, that this below knee prosthesis be able to accommodate the user's need and want.

Keywords : *Below knee prosthesis, Quality Function Deployment*

1. Pendahuluan

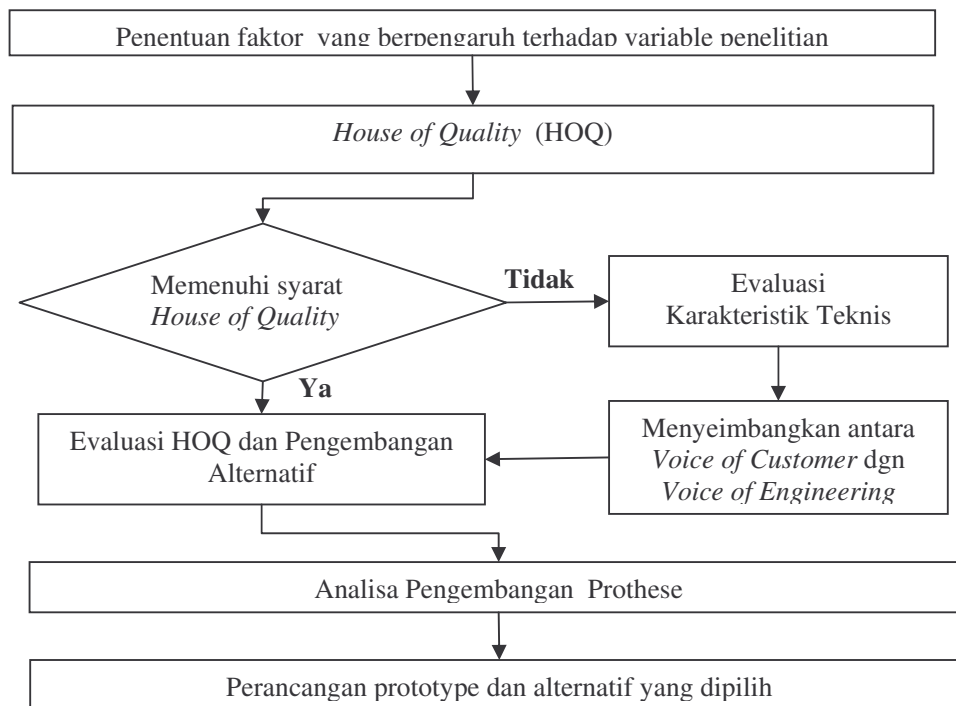
Tubuh manusia normal mempunyai sepasang kaki dan sepasang tangan, yang merupakan bagian tubuh manusia yang berfungsi sebagai alat gerak, dengan kaki sebagai alat gerak bawah dan tangan sebagai alat gerak atas. Selain sebagai alat gerak, keduanya juga berfungsi sebagai alat penyeimbang tubuh serta sebagai alat aktivitas manusia sehari-hari. Ketiadaan atau defisiensi salah satu dari tangan atau kaki merupakan masalah bagi manusia, karena fungsi yang seharusnya dijalankan oleh organ tubuh tersebut tidak ada dan tubuh manusia menjadi tidak seimbang. Menurut data Rumah Sakit Pusat *Orthopedi* Prof. Dr. Soeharso Solo yang merupakan pusat rujukan nasional *orthopedi*, kasus ketiadaan anggota gerak bawah cenderung lebih banyak dibanding kasus ketiadaan anggota gerak atas, yaitu 63.56 % dari total kasus ketiadaan anggota gerak merupakan kasus ketiadaan anggota gerak bawah. Ketiadaan alat gerak bawah atau tungkai kaki masih terperinci menjadi empat yaitu ketiadaan tungkai kaki atas lutut (*above-knee*), ketiadaan tungkai kaki tengah lutut (*middle-knee*), ketiadaan tungkai kaki bawah lutut (*below-knee*) dan ketiadaan *foot (syne)*.

Prothese kaki dipakai untuk menggantikan fungsi bagian kaki yang tidak ada, yaitu untuk membantu penggunaannya beraktivitas sehari-hari dan untuk menumbuhkan kepercayaan diri pengguna. Kasus ketiadaan tungkai kaki bawah lutut adalah yang paling sering terjadi dari keempat kasus anggota gerak bawah, sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan prothese bagian bawah lutut khususnya jenis *patellar tendon bearing* (PTB) sesuai dengan kebutuhan dan keinginan pengguna dengan metode *quality function deployment* (QFD) yang dari awal telah melibatkan pengguna pada proses pengembangannya dengan tujuan agar pengembangan terarah pada kenyamanan dan kepuasan pengguna.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dikembangkan dalam tiga tahapan, yaitu :

1. Tahap identifikasi permasalahan awal yang merupakan studi pendahuluan dan identifikasi awal permasalahan.
2. Tahap pengumpulan dan pengujian data, data yang dikumpulkan terdiri dari data primer Berkenaan dengan hasil kuesioner yang disebarkan kepada pengguna prothese bawah lutut dan data wawancara, sedangkan data sekunder merupakan data penunjang penelitian yang diperoleh dari RSO Prof. Dr. Soeharso Solo, dan bengkel swasta prothese di Solo, uji validitas dilakukan dengan *internal validity*, dimana perhitungannya menggunakan koefisien korelasi *product moment* dengan taraf signifikansi yang dipakai adalah 5 %, uji reliabilitas menggunakan metode *alpha cronbach*.
3. Tahap pengembangan prothese bawah lutut dengan menggunakan metode QFD, tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini :



Gambar 1 Tahap Perancangan dan Pengembangan Prothese dengan Metode *Quality Function Deployment* (QFD)

3. Pengembangan Prothese Bawah Lutut PTB dengan Pendekatan QFD

3.1. Penentuan Faktor yang Berpengaruh terhadap Variable Penelitian

Data kualitatif primer yang diperoleh pada penelitian ini adalah data mengenai atribut prothese, yaitu berupa keluhan pengguna terhadap prothese bawah lutut PTB (Lampiran 1). Selanjutnya dirumuskan atribut prothese yang berasal dari *voice* konsumen dan *cross check* dengan dokter dan teknisi prothese guna memperoleh informasi tambahan, sehingga semua *customer requirements* dapat teridentifikasi (Lampiran 2-5). Atribut prothese bawah lutut PTB yang selanjutnya disebut dengan *voice of customer* yang berhasil dirumuskan ada 25 atribut. Kemudian dirancang kuesioner formal yang mencantumkan ke-25 atribut prothese tersebut. Selanjutnya dilakukan penyebaran kuesioner formal untuk mengetahui sikap pengguna terhadap

pentingnya atribut prothese, penilaian terhadap prothese yang dikenakan saat ini serta keinginan atau harapan terhadap atribut prothese dengan hasil akhir kuesioner yang valid adalah 46 responden.

3.2. House of Quality

House of quality adalah merupakan matriks yang menggambarkan keseluruhan informasi yang diperlukan untuk mengembangkan produk prothese bawah lutut.

	Soket	Foot	Ankle	Body	Suspensi	Gabungan
Penekanan soket di daerah <i>tolerant pressure</i>						
Penekanan soket dihindarkan dari daerah <i>sensitiv</i>						
Durabilitas soket						
Fleksibilitas soket mengkomodasi gerakan lutut						
Jenis bahan soket						
Durabilitas <i>foot</i>						
Pengukuran dan pemotongan <i>foot</i>						
Absorpsi bantalan tumit (<i>cushion heel</i>)						
Dinamisasi <i>foot</i>						
Bobot <i>foot</i>						
Absorpsi bagian ujung telapak						
Klenturan bantalan ujung telapak						
Ketinggian bantalan tumit						
<i>Finishing</i> (pelapisan) <i>foot</i>						
Perekat <i>foot</i>						
Sistem sambungan <i>ankle</i>						
Dinamisasi <i>ankle</i>						
Durabilitas <i>body</i>						
Pemotongan <i>body</i> (<i>body cutting</i>)						
Bobot <i>body</i>						
<i>Finishing body</i> (pelapisan <i>body</i>)						
Kelenturan sistem suspensi						
Pemasangan sistem suspensi						
<i>Alignment</i>						
Sistem sambungan komponen-komponen prothese						
Perawatan komponen prothese dipahami pengguna						

Gambar 2 Matrik korelasi teknis

Tahap pembuatan *house of quality* akan diuraikan sebagai berikut :

1. *Voice of Costumer*, yaitu berupa keluhan pengguna terhadap prothese bawah lutut PTB (Lampiran 1).
2. Matriks perencanaan, merupakan penentuan tingkat kepentingan pengguna prothese (*importance to customer*), tingkat kepuasan pengguna prothese (*customer satisfaction performance*), tingkat harapan pengguna prothese (*customer expected performance*), dan gap (Lampiran 2-5).
3. Karakteristik teknis, merupakan respon teknis untuk memenuhi kebutuhan pengguna prothese bawah lutut. Penentuan respon teknis dilakukan oleh teknisi prothese, dokter *orthopedic* dan peneliti (Lampiran 6).
4. Matrik korelasi antara *what* dan *how*, menggambarkan hubungan antara kebutuhan pengguna dan respon teknis, yang memperlihatkan sejauhmana pengaruh respon teknis yang diberikan untuk memenuhi kebutuhan pengguna (*customer requirement*).

5. Matrik Korelasi Teknis, menunjukkan hubungan antara respon teknis satu dengan yang lainnya yang dinyatakan dalam gambar 2.
6. Penentuan nilai kepentingan teknik yang dipakai untuk menganalisa karakteristik teknis yang memiliki *point* tertinggi hingga terendah (Lampiran 7)
7. Penentuan *operational goal* adalah usaha yang ditempuh untuk pencapaian karakteristik teknis tertentu (Lampiran 8).

3.3. Konsep Pengembangan Prothese Bawah lutut

a. Penentuan komponen prothese bawah lutut yang dikembangkan.

Komponen prothese bawah lutut yang dikembangkan disesuaikan dengan kondisi dan keadaan Indonesia, baik iklim, daerah geografis maupun situasi sosial budaya, sehingga prothese bawah lutut hasil pengembangan dapat dipakai (*applicable*) di Indonesia, termasuk harga yang terjangkau oleh sebagian besar masyarakat.

Tabel 1 Komponen prothese bawah lutut yang dikembangkan

Komponen	Tujuan	Pengembangan
Soket	Meningkatkan fleksibilitas soket mengakomodasi gerak lutut	Penambahan <i>insert</i> soket
	Meningkatkan kemampuan soket mengakomodasi panas tubuh (menyerap keringat)	
	Meningkatkan durabilitas soket	Penambahan <i>insert</i> soket
Sistem suspensi	Meningkatkan kelenturan sistem suspensi	Penggantian bahan & model suspensi
Foot	Meningkatkan durabilitas <i>foot</i>	Modifikasi bahan <i>foot</i>
	Meningkatkan absorpsi ujung telapak	Modifikasi <i>cushion</i>
	Meningkatkan absorpsi tumit	Modifikasi <i>cushion</i>
	Meningkatkan dinamisasi <i>foot</i>	Penambahan <i>axis</i> dinamis
	Menyesuaikan bobot <i>foot</i>	Modifikasi bahan <i>foot</i>
	Meningkatkan kelenturan ujung telapak	Modifikasi <i>cushion</i>
	Memperbaiki perekat <i>foot</i>	Penggantian lem <i>foot</i>
Ankle	Meningkatkan dinamisasi <i>ankle</i> , memperbaiki sistem sambungan	Penambahan adaptor
Shank	Meningkatkan durabilitas <i>shank</i>	Penambahan penguat
	Menyesuaikan bobot <i>shank</i>	Modifikasi bahan penutup <i>shank</i>
Gabungan	Memperbaiki sistem sambungan antar komponen	Penyesuaian sambungan

b. Penentuan solusi pengembangan prothese bawah lutut

Tabel 2 Solusi pengembangan prothese bawah lutut

Komponen	Solusi	Bahan <i>insert</i> soket
Soket	1	<i>Silicone insert</i>
	2	<i>Pelite (polyethylene closed-cell foam)</i>
	3	<i>Urethane insert</i>
Komponen	Solusi	Bahan dan model suspensi
Sistem suspensi	1	<i>Cuff rubber suspension</i>
	2	<i>Shock stump suspension</i>

Tabel 3 Solusi pengembangan prothese bawah lutut (lanjutan)

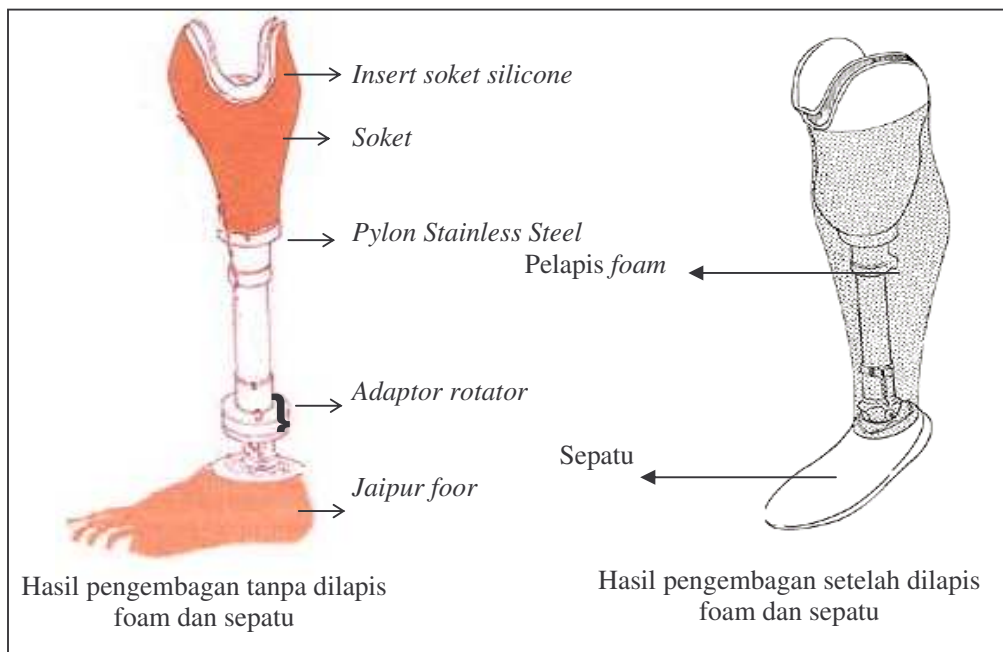
Komponen	Solusi	Model <i>adaptor</i>
<i>Ankle</i>	1	<i>Adaptor ankle</i>
	2	<i>Adaptor-rotator ankle</i>
Komponen	Solusi	Model dan bahan <i>foot</i>
<i>Foot</i>	1	<i>Jaipur foot</i>
	2	<i>Foot kayu dinamis single axis</i>
	3	<i>Foot kayu dinamis multiple axis</i>
Komponen	Solusi	Model penguat dan bahan pelapis
<i>Shank (body)</i>	1	Penguat <i>pylon</i> , pelapis <i>body foam</i>
	2	Penguat <i>pylon</i> plastik <i>endoflex</i> , pelapis <i>body foam</i>

c. Peta morfologi

Komponen prothese bawah lutut hasil pengembangan selanjutnya saling dikombinasi hingga membentuk kesatuan prothese bawah lutut yang utuh. Kemungkinan kombinasi dari komponen-komponen prothese bawah lutut dapat dianalisa dengan menggunakan peta morfologi (Lampiran 9).

d. Evaluasi alternative

Evaluasi alternatif dilakukan dengan metode pembobotan berdasarkan kriteria tujuan yang hendak dicapai (*weighted objectives method*), dimana bobot diperoleh dari pengolahan bobot teknis pada *house of quality*. Nilai kualitatif atau *score* diberikan untuk tiap alternatif solusi pengembangan prothese bawah lutut, dimana nilai atau *score* ini menunjukkan sejauhmana alternatif solusi mampu memenuhi tujuannya (*objectives*). Berdasarkan lampiran 9 terlihat bahwa prothese A dengan kombinasi komponen *insert* soket *silicone*, sistem suspensi jenis *cuff rubber*, *ankle* berjenis *adaptor-rotator*, *foot* jenis *jaipur* dan *shank* penguat jenis *pylon stainless steel* memiliki skor tertinggi untuk memenuhi kebutuhan pengguna, yaitu dengan skor 239.

**Gambar 3** Prothese Hasil Pengembangan

4. Analisis Komponen Prothese Hasil Pengembangan

Komponen prothese A yang meliputi *insert* soket *silicone*, sistem suspensi *cuff rubber*, *jaipur foot*, *ankle* adaptor rotator dan penguat *shank pylon stainless steel* kemudian dianalisis kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan pengguna yang telah dirumuskan sebelumnya dalam atribut prothese bawah lutut. Berikut analisis dari tiap-tiap komponen prothese A untuk memenuhi kebutuhan pengguna.

- a. **Soket**, hasil pengembangan untuk memperbaiki komponen soket yaitu ditambah dengan *insert* atau pelembut pada bagian dalamnya, dengan bahan *insert* adalah *silicone*. Soket hasil pengembangan dengan bahan *insert* soket *silicone* mampu memenuhi kebutuhan pengguna untuk mengakomodasi panas tubuh karena bahan *insert silicone* memiliki karakter *reduce perspiration*.
- b. **Body (shank)**, hasil pengembangan adalah *pylon stainless steel*. Bahan *stainless steel* merupakan bahan yang kokoh (*durabel*), sehingga kebutuhan pengguna akan kemampuan penopangan tubuh oleh prothese saat berjalan, pemberian dukungan yang kokoh selama berdiri, pengendalian kestabilan tubuh saat menapak, kebutuhan pengguna saat harus berjalan di area ekstrem dan saat pengguna beraktivitas khusus dapat terpenuhi oleh *pylon* tersebut. Keberadaan *pylon* juga akan menghindarkan pengguna dari masalah *body* yang mudah pecah. Pelapisan *shank* dengan *foam rubber* akan lebih menyerupai kaki yang sebenarnya dan menghindari pemotongan bagian *popliteal* yang tidak tepat.
- c. **Foot**, hasil pengembangan adalah *jaipur foot*. Bahan *foot* terbuat dari karet alam yang divulkanisasi. Sistem vulkanisasi *foot* dimana karet alam dicetak pada cetakan telapak, kemudian dipanaskan dengan oven hingga suhu tertentu akan membentuk *foot* yang kuat dan kokoh (*durabel*), sehingga kebutuhan pengguna yaitu penopangan tubuh secara seimbang saat berjalan, pemberian dukungan yang kokoh selama berdiri, pengendalian kestabilan tubuh saat menapak (*mid-stance*), pemakaian di area ekstrem, dan aktivitas khusus pengguna yaitu melompat dapat terpenuhi oleh *jaipur foot*. Bahan karet *jaipur foot* yang bersifat *waterproof* dapat memenuhi kebutuhan pengguna yang berkaitan dengan keawetan yaitu telapak tahan air. Sistem pembuatan *jaipur* tidak membutuhkan bahan perekat, karena bahan ini telah memiliki durabilitas yang tinggi, sehingga penguat alas telapak (*strength*) tidak dibutuhkan.
- d. **Ankle**, komponen *ankle* hasil pengembangan adalah adaptor-rotator, menyesuaikan dengan pengembangan *foot* yaitu *jaipur foot* yang hanya memiliki satu sumbu atau *axis*. Adaptor rotator *ankle* yang dinamis bersama dengan *jaipur foot* akan memenuhi kebutuhan pengguna saat berjalan di area ekstrem seperti naik tangga, mendaki bukit ataupun jalanan terjal.
- e. **Suspensi**, sistem suspensi hasil pengembangan adalah *cuff suspension* dengan bahan *rubber*. Bahan *rubber* ini bersifat lentur sehingga dapat memenuhi kebutuhan pengguna yang berkaitan dengan fleksibilitas, yaitu mengontrol gerakan *flexion* dan *extension*, kemampuan *bending* 160⁰ untuk keperluan bersepeda, kebutuhan pengguna saat berjalan di area ekstrem, saat beraktivitas khusus dan berperan dalam pemenuhan kebutuhan kenyamanan puntung saat pengguna duduk

5. Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian mengenai perancangan dan pengembangan prothese bawah lutut dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Prothese kaki bagian bawah lutut yang berkembang di Indonesia saat ini belum mampu mengakomodasi keinginan dan kebutuhan pengguna untuk beraktivitas sehari-hari.

2. Hasil perancangan dan pengembangan prothese kaki bagian bawah lutut dengan komponen *insert* soket *silicone*, sistem suspensi jenis *cuff* berbahan *firm rubber*, *ankle* jenis adaptor-rotator, penguat *body (shank)* jenis *pylon stainless steel* dan *foot* jenis jaipur diharapkan dapat lebih mengakomodasi kebutuhan pengguna.
3. Untuk menunjang pengembangan prothese kaki bagian bawah lutut, ada beberapa tahapan proses pembuatan prothese yang perlu diperbaiki, yaitu proses *fitting* (pengukuran yang berkaitan dengan pengisian blanko ukur), proses pengeringan soket, proses pemasangan sistem suspensi dan proses penggabungan komponen prothese untuk menunjang kelurusan antar komponen.
4. Biaya material prothese kaki bagian bawah lutut hasil pengembangan lebih tinggi daripada prothese bawah lutut yang ada saat ini, namun prothese bawah lutut hasil pengembangan diharapkan dapat lebih mengakomodasi keinginan dan kebutuhan pengguna hingga pengguna merasa lebih nyaman dan percaya diri.

Saran yang diberikan pada penelitian ini untuk memperbaiki fungsi prothese kaki bawah lutut adalah sebagai berikut :

1. Untuk meningkatkan kenyamanan, kepercayaan diri dan performansi pengguna disarankan untuk dilakukan suatu perbaikan prothese bawah lutut yang ada saat ini.
2. Penelitian perancangan dan pengembangan prothese kaki bagian bawah lutut ini belum dilakukan uji bahan dan uji klinis, sehingga pada penelitian lanjutan uji bahan dan uji klinis perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

6. Lampiran

Lampiran 1 Keluhan pengguna terhadap prothese bawah lutut PTB

Lampiran 2-5 Atribut prothese bawah lutut PTB, Penilaian pengguna terhadap atribut prothese bawah lutut, Harapan pengguna terhadap atribut prothese bawah lutut, Gap antara penilaian dan harapan

Lampiran 6 Karakteristik Teknis

Lampiran 7 Bobot karakteristik teknis

Lampiran 8 *Operational goal* karakteristik teknis

Lampiran 9 Skor hasil perhitungan *weighted objectives method*

Daftar Pustaka

- Akao, Y. (1990). *Quality Function Deployment : Intergrating Customer Requirement Into Product Design..* Massachusetts : Productivity Press.
- Chen, Jacob., Chen, Joseph C. (2001). QFD-based Technical Textbook Evaluation-Procedure and a Case Study. *Journal of Industrial Technology*, vol.18, number 1-November 2001 to January 2002.
- Clover, William. (1991). Lower Extremity Thermoplastics : An Overview. *Journal of Prosthetic-Orthetics*, vol. 3, 1-8.
- Hamby, William D., Broom, Richard., Olejnik, Stephen. (1991). Technical Note : Adaptor for Aligning the Quantum Foot to an Exoskeletal Prosthesis. *Journal of Prosthetic-Orthetics*, vol. 3, Num. 3, 114-119.

- Hussey, Jill & Hussey, Roger. (1997). *Business Research, A practical guide for undergraduate and postgraduate students*. London : Macmillan Business.
- Lin, Chang., Hsu, Shin Tsung., Ching, Chung Yaw.(2002). Integrating the Thinking Process into the Product Design Chain. *Journal of Industrial Technology*, vol. 18, number 2-February 2002 to April 2002.
- Nurhayati Rauf. (2002). *Penerapan Quality Function Deployment Dalam Meningkatkan Kualitas Pelayanan Terminal Angkutan Umum, (Studi kasus pada terminal angkutan umum Sungguminasa-Gowa)*.Skripsi Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh November.
- Radcliffe, C. W. & Foort, J. (1991). *The Patellar Tendon Bearing Below Knee Prosthesis*. San Fransisco : The Regents of The University of California.
- ReVelle, Jack., Moran, John W., Cox, Charles A.(1998). *The QFD Handbook*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Scherer, Robert F., Dowling, James J., Frost, Gail., Robinson, Marty., McLean, Karen. (1997). Mechanical and Metabolic Work of Persons with Lower-Extremity Amputations Walking with Titanium and Stainless Steel Prostheses : A Preliminary Study. *Journal of Prosthetic-Orthetics*, vol.3, 12-17.
- Sinaki, Mehrsheed. (1993). *Basic Clinical Rehabilitation Medicine*. Chicago : Mosby.
- Turaiki, M.H.S. (1991). A Foot Rotary Mechanism for the Modular Below-Knee Prosthesis. *Journal of Prosthetic-Orthetics*, vol. 3, Num.4, 201-205.
- Ulrich, Karl T., Steven D. Eppinger. (1995). *Product Design and Development*. McGraw-Hill International.
- Valenti, Thomas. (1991). Experience with Endoflex : A Monolithic Thermoplastic Prosthesis for Below-Knee Amputees. *Journal of Prosthetic-Orthetics*, vol. 3, 14-21.

Lampiran 1 Keluhan pengguna terhadap prothese bawah lutut PTB

No	Keluhan Pengguna	Jumlah
1	Bagian <i>foot</i> cenderung mudah patah atau rusak.	8
2	Pipa Alumunium sebagai penyangga cenderung mudah retak (pecah) terutama bagian bibir prothese.	8
3	Kurang tahan air, sehingga kesulitan saat musim penghujan.	6
4	Kurang mampu dalam mangakomodasi panas tubuh dan lingkungan.	5
5	Soket cenderung menjadi kaku dan keras.	5
6	Penampilan permukaan terlalu mengkilat, sehingga kurang menyerupai kaki yang sebenarnya.	4
7	Bagian lutut kurang lentur (fleksibel) saat dipakai untuk bersepeda.	2
8	Tali suspensi sering menjadi hambatan psikis bagi pengguna.	2

Sumber : Data primer

Lampiran 2-5 Atribut prothese bawah lutut PTB, Penilaian pengguna terhadap atribut prothese bawah lutut, Harapan pengguna terhadap atribut prothese bawah lutut, Gap antara penilaian dan harapan

Atribut	Kepuasan Konsumen		
	penilaian	harapan	Gap
Mampu menopang tubuh secara seimbang saat dipakai berjalan.	2.2609	4.1304	-1.87
Bagian lutut mampu menekuk $\pm 160^0$ untuk keperluan bersepeda.	2.1304	4.2609	-2.13
Mampu mengakomodasi panas tubuh	2.1522	4.0652	-1.91
Mampu mengendalikan kestabilan tubuh saat berjalan.	2.3696	4.2391	-1.87
Soket tidak mempercepat penyusutan puntung (<i>athropy</i>).	2.2391	3.9783	-1.74
Perawatan prothese mudah.	2.4565	4.2174	-1.76
Bagian tumit mampu meredam getaran saat tumit kontak dengan lantai.	2.1304	3.9348	-1.8
Mampu memberi tenaga dorong saat telapak bertolak dari lantai.	2.2174	4.0435	-1.83
Tidak menimbulkan suara yang tidak diinginkan saat berjalan.	2.0652	4.0217	-1.96
Bagian pergelangan kaki (<i>ankle</i>) mampu mencegah kecenderungan telapak untuk berputar (rotasi) saat kontak tumit.	2.1304	3.9565	-1.83
Bagian telapak mampu menyelaraskan dengan gerakan pinggul, sehingga gaya jalan tampak alami layaknya orang normal.	2.3913	4.1739	-1.78
Mampu mengontrol gerakan menekuk (<i>flexion</i>) dan lurus (<i>extension</i>) lutut saat berjalan.	2.3478	4.2826	-1.93
Dapat dipakai beraktivitas khusus (misal : berlari, memanjat, melompat, ibadah sholat).	2.19565	4.04348	-1.85
Mudah dipakai dan dilepas.	2.1304	4.1957	-2.07
Tidak menyakiti selama dikenakan.	2.087	4.087	-2
Saat duduk, prothese memberikan kenyamanan puntung untuk rileks.	2.2609	3.8913	-1.63
Prothese tidak memberikan beban yang berlebihan pada puntung (<i>stump</i>).	2.1739	4.0217	-1.85
Bagian ujung telapak mampu meredam getaran saat ujung kaki menumpu lantai	2.2826	4.2174	-1.93
Mampu memberikan dukungan yang kokoh selama fase berdiri.	2.1304	4.1087	-1.98
Saat berjalan, bagian tumit mampu secara cepat dan tepat mencapai posisi mendarat di lantai.	2.3044	4.0869	-1.78
Dapat dipakai berjalan di berbagai medan (misal : mendaki bukit, naik tangga, berjalan di tanah yang tidak rata).	2.3478	3.9783	-1.63
Bagian <i>shank</i> tidak mudah pecah.	2.2826	4	-1.72
Bagian telapak tahan air.	2.4565	4.0217	-1.57
Menyerupai kaki yang sebenarnya	2.3261	3.913	-1.59
Bagian ujung telapak tidak mudah patah.	2.5867	3.8696	-1.28

Lampiran 6 Karakteristik Teknis

Komponen	Respon Teknis
Soket	Penekanan soket di daerah <i>tolerant-pressure</i>
	Penekanan soket dihindarkan dari <i>sensitive-area</i>
	Durabilitas soket
	Fleksibilitas soket mengakomodasi gerakan lutut
	Jenis bahan soket
Foot	Durabilitas <i>foot</i>
	Pengukuran dan pemotongan <i>foot</i>
	Absorpsi bantalan tumit (<i>cushion heel</i>)
	Dinamisasi <i>foot</i>
	Bobot <i>foot</i>
	Absorpsi bagian ujung telapak
	Kelenturan bantalan ujung telapak
	Ketinggian bantalan tumit
	Finishing <i>foot</i> (pelapisan <i>foot</i>)
	Perekat <i>foot</i>
Ankle	Sistem sambungan <i>ankle</i>
	Dinamisasi <i>ankle</i>
Shank (<i>body</i>)	Durabilitas <i>body</i>
	Pemotongan <i>body</i> (<i>body cutting</i>)
	Bobot <i>body</i>
	Finishing <i>body</i>
Sistem suspensi	Kelenturan sistem suspensi
	Pemasangan sistem suspensi
Gabungan	<i>Alignment</i>
	Sistem sambungan komponen-komponen prothese
	Perawatan komponen prothese dipahami pengguna

Lampiran 7 Bobot karakteristik teknis

Komponen	Karakteristik Teknis	Bobot	%
Soket	Penekanan soket di daerah <i>tolerant pressure</i> .	75.5217	3.0074
	Penekanan soket di daerah sensitif	87.6528	3.49048
	Durabilitas soket	69.26094	2.75808
	Fleksibilitas soket mengakomodasi gerakan lutut	206.2832	8.21454
	Jenis bahan soket	149.8698	5.96806
Foot	Durabilitas <i>foot</i>	147.5218	5.87456
	Pengukuran & pemotongan <i>foot</i>	123.3258	4.91103
	Absorpsi bantalan tumit (<i>cushion heel</i>)	116.7828	4.65048
	Dinamisasi <i>foot</i>	105.0656	4.18389
	Bobot <i>foot</i>	86.41248	3.44109
	Absorpsi bagian ujung telapak	118.6734	4.72577
	Kelenturan bantalan ujung telapak	64.93498	2.58582
	Ketinggian bantalan tumit	77.54346	3.08791
	Finishing (pelapisan) <i>foot</i>	51.6519	2.05686
	Perekat <i>foot</i>	26.217	1.044
Ankle	Sistem sambungan <i>ankle</i>	82.76118	3.29569
	Dinamisasi <i>ankle</i>	105.0656	4.18389
Body	Durabilitas <i>body</i>	76.43468	3.04375
	Pemotongan <i>body</i> (<i>body cutting</i>)	173.8706	6.92381
	Bobot <i>body</i>	41.15206	1.63874
	Finishing (pelapisan <i>body</i>)	51.2613	2.04131
Suspensi	Kelenturan sistem suspensi	180.392	7.18351
	Pemasangan sistem suspensi	41.67408	1.65953
Gabungan	<i>Alignment</i>	181.9562	7.24579
	Sistem sambungan komponen-komponen prothese	39.78226	1.58419
	Perawatan komponen dipahami pengguna	30.1302	1.19983
Jumlah		2511.198	100

Lampiran 8 *Operational goal* karakteristik teknis

Komponen	Karakteristik Teknis	<i>Operational goal</i>
Soket	Penekanan soket di daerah <i>tolerant pressure</i> .	<i>Fitting</i> puntung, modifikasi gips positif
	Penekanan soket di daerah sensitif	<i>Fitting</i> puntung, modifikasi gips positif
	Durabilitas soket	Proses pembuatan soket, modifikasi bahan soket
	Fleksibilitas soket mengakomodasi gerakan lutut	Modifikasi bahan soket
	Jenis bahan soket	Modifikasi bahan soket
	Durabilitas <i>foot</i>	Modifikasi bahan <i>foot</i>
	Pengukuran & pemotongan <i>foot</i>	Proses pembuatan <i>foot</i>
Foot	Absorbsi bantalan tumit (<i>cushion heel</i>)	Modifikasi bahan & pemasangan <i>cushion</i>
	Dinamisasi <i>foot</i>	Modifikasi bahan <i>foot</i> , modifikasi <i>axis</i> (sumbu) <i>ankle</i>
	Bobot <i>foot</i>	Modifikasi bahan <i>foot</i>
	Absorbsi bagian ujung telapak	Modifikasi bahan & pemasangan <i>cushion</i> telapak.
	Kelenturan bantalan ujung telapak	Modifikasi bahan & pemasangan <i>cushion</i> telapak
	Ketinggian bantalan tumit	Proses pembuatan <i>foot</i>
	Finishing (pelapisan) <i>foot</i>	Jenis bahan pelapis <i>foot</i>
	Perekat <i>foot</i>	Jenis lem <i>foot</i>
Ankle	Sistem sambungan <i>ankle</i>	Modifikasi <i>axis</i> (sumbu) <i>ankle</i>
	Dinamisasi <i>ankle</i>	Modifikasi <i>axis</i> (sumbu) <i>ankle</i>
Shank (body)	Durabilitas <i>body</i>	Modifikasi bahan <i>foot</i>
	Pemotongan <i>body</i> (<i>body cutting</i>)	Proses pembuatan <i>body</i>
	Bobot <i>body</i>	Modifikasi bahan <i>body</i>
	Finishing (pelapisan <i>body</i>)	Jenis bahan pelapis <i>body</i>
Suspensi	Kelenturan sistem suspensi	Modifikasi bahan dan jenis suspensi
	Pemasangan sistem suspensi	<i>Positioning</i> suspensi
Gabungan	<i>Alignment</i>	Proses penggabungan komponen prothese
	Sistem sambungan komponen-komponen prothese	Jenis sambungan komponen prothese
	Perawatan komponen dipahami pengguna	Penyuluhan saat rehabilitasi

Lampiran 9 Skor hasil perhitungan *weighted objectives method*

Nama	Komponen Prothese	Skor
Prothese A	<i>Silicone-cuff rubber-adaptor rotator-jaipur-pylon stainless steel</i>	239
Prothese B	<i>Silicone-sock stump-adaptor rotator-jaipur pylon stainless steel</i>	231
Prothese C	<i>Silicone-cuff rubber-adaptor rotator-single axis-pylon stainless steel</i>	215
Prothese D	<i>Silicone-sock stump-adaptor rotator-single axis-pylon stainless steel</i>	208
Prothese E	<i>Silicone-cuff rubber-adaptor- multiple axis-pylon stainless steel</i>	216
Prothese F	<i>Silicone-sock stump-adaptor-multiple axis-pylon stainless steel</i>	209
Prothese G	<i>Silicone-cuff rubber-adaptor rotator-single axis-pylon plastik endoflex</i>	214
Prothese H	<i>Silicone-sock stump-adaptor rotator-single axis pylon plastik endoflex</i>	206
Prothese I	<i>Silicone-cuff rubber-adaptor-multiple axis-pylon plastik endoflex</i>	214
Prothese J	<i>Silicone-sock stump-adaptor-multiple axis-pylon plastik endoflex</i>	207
Prothese K	<i>Pelite-cuff rubber-adaptor rotator-jaipur-pylon stainless steel</i>	235
Prothese L	<i>Pelite-cuff rubber-adaptor rotator-single axis-pylon stanless steel</i>	211
Prothese M	<i>Pelite-cuff rubber-adaptor-multiple axis-pylon stainless steel</i>	212
Prothese N	<i>Pelite-cuff rubber-adaptor rotator-single axis-pylon plastik endoflex</i>	210
Prothese O	<i>Pelite-cuff rubber-adaptor-multiple axis-pylon plastik endoflex</i>	211
Prothese P	<i>Urethane-cuff rubber-adaptor rotator-jaipur-pylon stainless steel</i>	224
Prothese Q	<i>Urethane-cuff rubber-adaptor rotator-single axis-pylon stainless steel</i>	200
Prothese R	<i>Urethane-cuff rubber-adaptor -multiple axis-pylon stainless steel</i>	201
Prothese S	<i>Urethane-cuff rubber-adaptor rotator-single axis-pylon plastik endoflex</i>	199
Prothese T	<i>Urethane-cuff rubber-adaptor -multiple axis-pylon plastik endoflex</i>	200