

PERBAIKAN RANCANGAN PADA DESAIN KNEE ANKLE FOOT ORTHOSIS (KAFO) DENGAN PENDEKATAN METODE FUNCTION ANALYSIS SYSTEM TECHNIQUE

Lobesh Herdiman, Eko Liquiddanu, dan Dhian Paramita

La boratorium Perancangan dan Pe rencanaan Produk (P3) TI – FT UNS

Jl. Ir. Sutami No. 36A Ketingan Surakarta 57126

E-mail: Lobesh@Gmail.com

Abstrak

Kualitas dan harga merupakan dua hal yang saling berkaitan satu sama lain. Peningkatan kualitas suatu produk akan menambah biaya yang akan dibebankan pada harga jual dari produk bersangkutan. Hal ini menjadi penting untuk merencanakan perbaikan desain produk KAFO (Knee Ankle Foot Orthosis) dalam usaha mencapai keberhasilan produk bagi pengguna. Kondisi ini juga membawa kepada kreatifitas perancangan dan ketersediaan informasi mengenai tingkat utilitas konsumen dari produk yang digunakan.

FAST method adalah metodologi yang secara lengkap digunakan untuk mengidentifikasi yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi biaya maupun usaha dalam membangun suatu produk, proses ataupun pelayanan untuk mencapai keseimbangan fungsional antara biaya, kehandalan dan performansi. Keseimbangan fungsional ini dicapai melalui pembangkitan alternatif dari beberapa ide. Ide-ide yang berpotensi dalam peningkatan performansi dievaluasi melalui Analisa Hirarki Proses dan ide-ide yang tidak memenuhi persyaratan perancangan dikeluarkan setelah melalui mekanisme team pakar dalam pemberian nilai desain alternatif.

Dalam pembahasan ini terdapat lima tahap kerja, yang mana implementasi ke lima tahap kerja tersebut saling mendukung satu dengan lainnya secara sistematis. Lima tahap kerja tersebut dikenal dengan rencana kerja lima fase yang meliputi tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisa, tahap perkembangan, dan tahap presentasi. Analisa hirarki proses berada pada tahap perkembangan produk, dan keseluruhan tahap ini disebut juga sebagai rekayasa nilai, team yang diikutsertakan meliputi beberapa disiplin ilmu yang sudah dikenal dalam menangani rekayasa produk KAFO

Kata kunci: Rekayasa nilai, Metode FAST, Analisa Hirarki Proses.

Abstract

Quality and price are two things that are related to each other. Improving the quality of a product will increase the costs to be charged on the selling price of the product concerned. It is important to plan the improvement of product design KAFO (Knee Ankle Foot Orthosis) in an effort to achieve success for new products to users. This condition also leads to creative design and availability of information regarding the level of consumer utility of the products used.

FAST method is a complete methodology used to identify related factors that affect the cost and effort in building a product, process or service to achieve a functional balance between cost, reliability and performansi. Functional balance is achieved through the generation of several alternative ideas. The ideas that have the potential in improving performance is evaluated through analysis Hierarchy Process and ideas that do not meet the design requirements issued after a team of experts in the mechanism of giving an alternative design value.

In this discussion there are five stages of labor, which is the implementation of the five stages of this work support each other systematically. Five stages of the work is known for its five-phase plan that includes the information stage, the creative stage, the analysis stage, developmental stage, and stage presentations. Hierarchy analysis process at the stage of product development, and the whole stage is also called value engineering, which included team includes several disciplines that are well known in handling engineering products KAFO

Key words: value engineering, FAST Method, Analysis Hierarchy Process.

PENDAHULUAN

Penyandang tuna daksa di Indonesia pada Maret 2005 mencapai lebih kurang 1.634.021 jiwa dengan populasi penyandang tunadaksa atau cacat tubuh yang berada di Jawa Tengah sebanyak 262.181 jiwa, sedangkan yang telah dilayani dalam panti BBRSD Prof. Dr. Soeharso Surakarta sebanyak 325 orang. Salah satu penyandang sindrom pasca polio (PPS) merupakan kumpulan tanda dan gejala yang muncul puluhan tahun setelah onset akut polio. PPS meliputi tiga keluhan utama nyeri baru, kelemahan, dan kelelahan. Istilah atrofi otot pasca-poliomielitis progresif (PPMA) digunakan untuk menggambarkan kelemahan onset baru dan atrofi. PPMA meliputi atrofi (pegecilan) otot yang baru, nyeri, kelemahan, fasikulasi, gejala pernapasan, bulbar, dan kesulitan tidur. Otot-otot yang sebenarnya melemah karena polio, demikian juga yang terkena secara subklinis, seringkali terlibat. Perkembangan penyakit adalah lambat, dengan penurunan kekuatan yang dilaporkan kira-kira 1% hingga 2% tiap tahunnya (Susan J. Garrison, 1996).

Anggota gerak bawah mempunyai fungsi utama yaitu sebagai support dan alat penggerak tubuh. Kelumpuhan pada salah satu anggota gerak bawah menyebabkan pasien kesulitan dalam beraktivitas jalan. Seseorang yang mengalami keterbatasan tersebut akan mengalami peningkatan pengeluaran energi saat berjalan hampir sebesar 89% dibanding dengan pejalan kaki normal. Mengeliminasi keterbatasan tersebut, diperlukan alat bantu untuk anggota gerak bawah yaitu dikenal dengan orthosis kaki. Oleh karena itu, adalah sangat penting merancang orthosis yang memungkinkan berjalanselayaknya manusia normal (Lower-Limb Prosthetics, 1990).

Orthosis memiliki beberapa jenis varian, salah satunya adalah KAFO. Knee ankle foot orthosis (KAFO) mengkoreksi fungsi dari telapak kaki sampai atas lutut, pengguna KAFO umumnya merupakan

penderita polio yang mana pertumbuhan anggota gerak bawah yang tidak seimbang, antara kaki kanan dengan kaki kirinya. KAFO sendiri terdapat bagian-bagian yang memiliki peran dan fungsi saling terkait satu sama lain. Komponen yang berguna untuk telapak kaki merupakan alas atau bagian paling rendah dari KAFO, namun bagian ini memiliki peran mengoreksi tinggi badan sehingga kedua kaki mempunyai tinggi yang sama. Komponen betis berfungsi mengkoreksi betis (shank), membantu tulang betis untuk menopang gaya yang dihasilkan oleh anggota tubuh dan juga segmen KAFO bagian lutut dan paha. Bagian pengunci yang terletak di lutut berfungsi sebagai keamanan ketika pengguna berjalan, karena pengguna KAFO cenderung memiliki kelemahan otot untuk menopang berat badan ketika sedang berjalan. Komponen paha, merupakan bagian paling atas dari sebuah KAFO yang berfungsi untuk menopang paha ataupun tulang pantat. Sedangkan sabuk merupakan pelengkap yang berfungsi menahan anggota tubuh yang ditopang KAFO agar tidak keluar dari posisinya.

Produk KAFO yang ada di Indonesia saat ini masih banyak ditemukan kekurangan, khususnya dalam mengakomodasi kebutuhan dan keinginan pengguna, hal ini diperkuat dengan adanya keluhan tentang ketidaknyamanan orthosis. Alasan yang dikemukakan oleh pasien diantaranya adalah terlalu kaku pada bagian sambungannya, tidak praktis, kurang nyaman dan sakit pada bagian-bagian kaki. Bagian-bagian yang dikeluhkan sakit oleh para pengguna KAFO adalah bagian telapak kaki, bagian paha, bagian lutut, bagian betis. Keadaan tersebut mendorong pasien untuk lebih memilih kembali menggunakan kruk atau tongkat sebagai alat bantu berjalan, walaupun dari segi estetika dan keindahan, KAFO lebih baik dibanding tongkat atau kruk.

Kualitas dan harga adalah dua hal yang berkaitan satu sama lain. Peningkatan kualitas suatu produk akan menambah biaya yang akan dibebankan

pada harga jual dari produk tersebut. Bila uraian di atas ditelusuri lebih jauh maka kunci yang terpenting dalam usaha mencapai keberhasilan produk di pasar tergantung pada kreatifitas perancangan dan tersedianya informasi mengenai tingkat utilitas konsumen dari produk yang dibuat. Metode FAST diharapkan dapat dihasilkan usulan KAFO dengan performansi yang lebih baik dengan biaya rekayasa yang lebih terjangkau bagi pengguna.

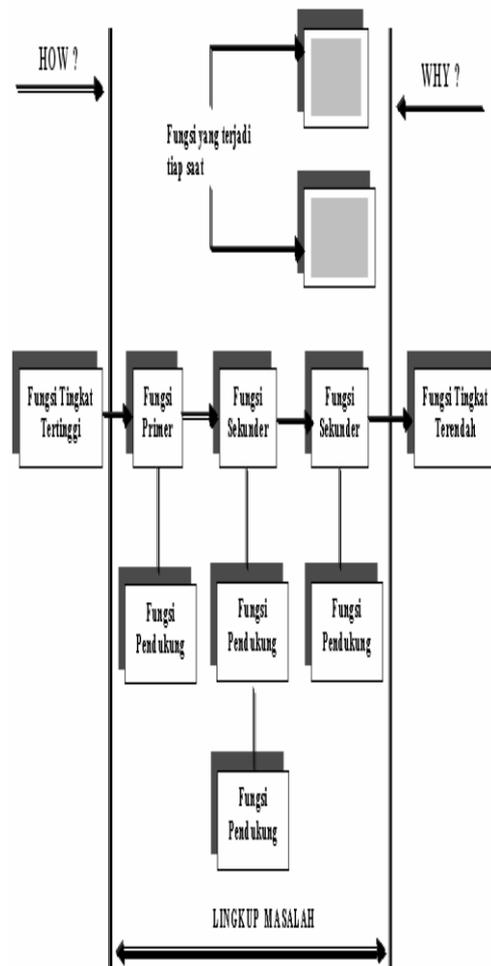
Oleh karena itu masalah yang dikemukakan dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang perbaikan pada desain KAFO yang menjadi usulan berdasarkan pada fungsi yang ditinjau dari komponen bahan dan pertimbangan biaya rekayasa untuk meningkatkan performansi fungsi KAFO. Selanjutnya tujuan yang dicapai yaitu mengidentifikasi berdasarkan dari persepsi pemakai faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pembuatan KAFO, merancang alternatif desain KAFO berdasarkan dari desain awal dengan melakukan penilaian melalui analisa hirarki proses (AHP), dan mengevaluasi alternatif desain KAFO sehingga diperoleh desain KAFO bagi pengguna. Akhirnya dapat memberikan manfaat yaitu menghasilkan rancangan alternatif desain KAFO bagi pengguna yang mampu mengakomodasi bagi para penyandang cacat.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Desain Kafo Pada Pendekatan Metode Fast

Pada metode Function Analysis System Technique (FAST) ruang lingkup masalah yang masing-masing berbatasan dengan fungsi tingkat tinggi dan fungsi tingkat rendah. Penyusunan fungsi-fungsi dalam diagram FAST dilakukan dengan menggunakan dua buah pertanyaan yaitu bagaimana (how) dan mengapa (why). Charles W. Bytheway dari Soerry Rand Corporation menjelaskan bahwa Function Analysis System Technique dikembangkan dan

diperkenalkan melalui makalah yang disajikan pada National Conference of Society of America. Sistem ini terutama dapat diaplikasikan pada suatu proyek secara total dan prosesnya tadi terdiri dari langkah-langkah yang saling berhubungan dalam serangkaian aktivitas. Langkah-langkah dalam penyusunan FAST ini adalah menyiapkan suatu daftar fungsi-fungsi dari suatu item dengan menggunakan definisi dua kata seperti yang telah diterapkan pada analisa fungsi yang sesuai dengan customer requirement, dan menuliskan setiap fungsi kemudian menentukan posisi fungsi utama, fungsi tertinggi, fungsi terendah dan fungsi sekunder yang diinginkan sesuai dengan design requirement.



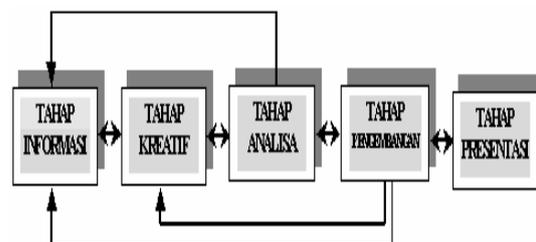
Gambar 1. Diagram function analysis system technique (FAST)

Istilah yang diperlukan pada metode FAST meliputi fungsi utama atau fungsi primer merupakan fungsi bebas yang menjelaskan kegiatan utama yang harus ditampilkan oleh sistem, fungsi ikutan disebut fungsi sekunder dan keberadaannya tergantung pada fungsi lain yang lebih tinggi, fungsi jalur kritis merupakan fungsi yang secara berurutan menjalankan bagaimana (how) dan mengapa (why) dari fungsi lain pada urutan, fungsi pendukung terletak di atas fungsi jalur kritis dan diadakan untuk meningkatkan penampilan dari fungsi-fungsi dari jalur kritis, fungsi tingkat tinggi berada pada bagian paling kiri pada diagram FAST dan fungsi ini merupakan fungsi tingkat tinggi yang berada dalam batas lingkup masalah, fungsi terendah berada paling kanan dari fungsi lain pada diagram FAST, lingkup masalah adalah batas-batas pembahasan dari masalah yang dihadapi.

Prinsip dasar analisa nilai dengan tujuan utama adalah perancangan produk untuk memenuhi kebutuhan dan memberikan kepuasan kepada pemakai produk. Oleh karena itu, perancang seharusnya tidak memberikan fungsi-fungsi pada produk secara berlebih, karena hal ini akan mengakibatkan penambahan biaya. Ada beberapa definisi dan pengertian yang menjelaskan tentang analisa nilai yang dapat dikemukakan yaitu value analysis adalah suatu sistem yang secara lengkap digunakan untuk mengidentifikasi dan berhubungan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi biaya maupun usaha dalam suatu produk, proses ataupun pelayanan (Lawrence D. Miles, 1972). Analisa nilai adalah suatu teknik manajemen yang menggunakan pendekatan sistematis untuk mencapai keseimbangan fungsional antara biaya, kehandalan dan performansi dari suatu produk atau proyek (Larry W. Z. dan Glen D. H., 1982).

Konsep analisa nilai adalah penekanan pada biaya proyek atau produk dengan tanpa menurunkan kualitas. Karakteristik analisa nilai adalah berorientasi pada sistem, artinya melihat suatu produk atau proyek secara menyeluruh dengan melihat keterkaitan antar komponen dan memperhatikan fungsi dan nilai dari masing-masing komponen yang terlibat, bersifat multi disiplin yang dilakukan oleh beberapa ahli yang berkompeten dibidangnya, merupakan teknik manajemen, yang diaplikasikan untuk mencari efisiensi biaya proyek, kehandalan dan performansi, berorientasi pada fungsi, artinya berusaha memenuhi fungsi-fungsi yang diperlukan, berorientasi pada biaya siklus hidup, dengan melihat biaya secara total yang digunakan untuk konstruksi, operasi dan pemeliharaan. Pengertian analisa nilai bukanlah berorientasi pada cost cutting process, proses menurunkan biaya dengan jalan menekan satuan atau mengorbankan mutu dan performance dengan biaya yang ekonomis.

Rencana kerja dari rekayasa nilai yang dikembangkan terdapat lima tahap kerja, yang mana dalam implementasinya kelima tahap kerja tersebut saling mendukung satu dengan lainnya secara sinergis. Ke lima tahapan kerja tersebut dikenal dengan rencana kerja lima phase (five phase job plan) yang meliputi tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisa, tahap pengembangan dan tahap presentasi.



Gambar 2. Hubungan rencana kerja lima tahap rekayasa nilai

Pada tahap analisa yang merupakan tahapan ke lima dari rekayasa nilai dalam pengukurannya dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode Analytic Hierarchy Process (AHP). Salah satu metode yang banyak digunakan untuk pengambilan keputusan dalam menyelesaikan masalah-masalah dalam hal perencanaan, penentuan alternatif, penyusunan prioritas, pemilihan kebijakan, alokasi sumber daya, penentuan kebutuhan, peramalan hasil, perancangan sistem, pengukuran performansi. Maka dapat dikatakan bahwa model AHP adalah suatu model pendekatan dalam pengambilan keputusan yang komprehensif dengan memperhitungkan hal-hal kuantitatif dan kualitatif sekaligus, bersifat resiprokal dan hasil keputusan yang mudah dianalisis.

Metode AHP dituntut dalam pengambilan keputusan permasalahan yang kompleks, kurang lengkapnya data tertulis atau data kuantitatif mengenai permasalahan tidak mempengaruhi kelancaran proses pengambilan keputusan, sesuai dengan kemampuan dasar dalam menilai sehingga memudahkan penilaian dan pengukuran kriteria, pengujian konsistensi. Hirarki masalah disusun untuk membantu proses pengambilan keputusan yang memperhatikan seluruh elemen keputusan yang terlibat dalam sistem. Pada tingkat paling atas dari hirarki dinyatakan tujuan dari sistem yang akan dicari penyelesaian masalahnya dan tingkat berikutnya merupakan penjabaran dari tujuan tersebut.

2. Desain Kafo (Knee Ankle Foot Orthosis)

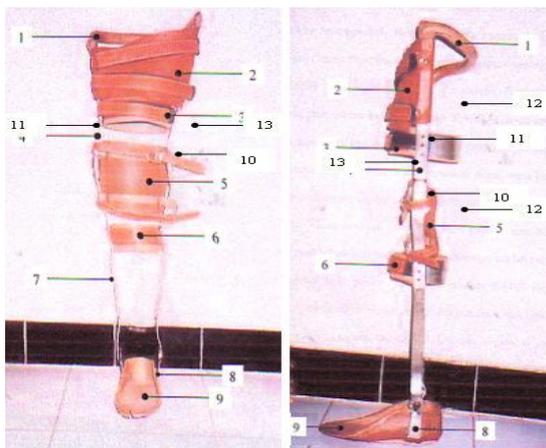
Penderita sindrom pasca polio (PPS) apabila tidak mendapatkan pelayanan yang baik dalam jangka waktu yang lama akan menimbulkan kecacatan yang kedua (secondary deformity), keadaan ini antara lain penurunan kekuatan otot pada tungkai, kesalahan dan ketidaknormalan pola jalan karena panjang tungkai tidak sama atau panjang sebelah (discrepancy), dan akan terjadi scoliosis akibat dari pola jalan yang tidak normal.

Sehingga untuk mencegah kecacatan tersebut diberikan KAFO. Penderita lebih baik memakai KAFO karena penderita akan lebih mudah untuk bergerak dan melakukan aktivitasnya. Pemberian alat bantu KAFO pada penderita dimaksudkan untuk memperbaiki pola jalan supaya tidak terjadi kecacatan lebih lanjut. Selain itu KAFO berfungsi sebagai support tubuh, sehingga tidak terjadi kecacatan yang kedua, seperti scoliosis. Memakai KAFO diharapkan pasien dapat berjalan normal sehingga menambah percaya diri pasien.

Pada pengukuran tungkai yang sehat dengan mengambil ukuran panjang tungkai (SB) di ukur dari osischi sampai lantai dan panjang tungkai bawah (KB) di ukur dari as knee sampai lantai. Ukuran ini diambil sebagai perbandingan panjang, jika tungkai mengalami panjang sebelah atau discrepancy yang terlalu banyak. Mengetahui masalah yang akan timbul maka KAFO harus difiting pada tungkai pasien, hal-hal yang mungkin terjadi yaitu tinggi seat bottom (SB) tidak sesuai dengan tungkai yang satu, sehingga pola jalan tidak seirama; ischial ring terlalu lebar atau sempit, sehingga pangkal paha merasa tidak nyaman; selain itu pada permukaan perineum terlalu tinggi dari permukaan tulang duduk maka menyebabkan ketidaknyamanan; letak calf cup dan thigh cup; letak cup tidak menempel pada permukaan tungkai sehingga akan menggigit kulit; jarak antara calf cup dan thigh cup tidak sama sehingga pada waktu duduk atau fleksi tidak bertemu; tinggi knee bottom (kb) tidak sesuai sehingga mengganggu gerakan fleksi karena letak as tidak sesuai dengan anatomical axis joint; posisi korektif sandal, korektif sandal mempunyai posisi exorotasi 5° - 8° ; jarak bar terlalu lebar atau sempit, jika bar terlalu sempit maka pasien akan merasa tidak nyaman.

KAFO merupakan salah satu bagian dari orthosis bagian extremitas bawah. KAFO mempunyai tiga titik penekanan yaitu pada tuber isciadicum,

knee dan foot. Sehingga dalam hal ini corrective sandal tidak dapat ditinggalkan dalam proses pembuatan KAFO. Bagian-bagian lain seperti thigh cup dan calf cup merupakan bagian untuk menegakkan KAFO supaya lebih stabil. Letak tumpuan pada KAFO ini adalah pada ischial seat, strep dan corrective sandal. Indikasi dari alat ini adalah otot tungkai bawah yaitu dari sendi panggul sampai pergelangan kaki mempunyai nilai otot dibawah 3.



Gambar 3. Bagian-bagian pada KAFO

Ischial ring, komponen ini dibuat dari bahan besi betonezer ukuran 10 mm dan plat besi 3 mm yang disambung dengan cara dilas. Bentuk dari ischial ring atau thomas ring ini adalah setengah bentuk dari quadri lateral. Tight corset, aksesoris ini dibuat dari bahan kulit, yaitu kulit kambing (furing) dan yava box. Tight cup strep, komponen ini berfungsi sebagai penguat pada bar dan letak strap, cup ini terbuat dari bahan besi dengan tebal 1 ½ mm, lebar 4 cm dan panjang setengah diameter paha atau betis ditambah lebar bar. Up right bar, komponen ini dibuat dari bahan besi dengan ketebalan 5 mm dan pada bagian lateral lebih panjang. Knee pad, aksesoris ini dibuat dari bahan kulit, yaitu kulit kambing (furing) dan yava box. Lower bar, komponen ini sama dengan komponen upright bar tetapi bentuknya disesuaikan dengan kontur tungkai bawah dan panjang bar ini sama. Stirup, komponen ini terdiri dari dua

bagian yaitu bagian atas untuk menyambung dengan lower bar dan bagian bawah untuk tempat corective, panjang komponen ini 15 cm dan dibuat dari bahan besi. Corective sandal, bahan yang digunakan dalam pembuatan korektif sandal yaitu kulit sool, kulit firing, lem. Gasper, KAFO saat ini, gasper yang dipakai dalam desain KAFO adalah gasper rol. Ring lock knee joint, KAFO jenis ini pasien hanya perlu menarik ring lock untuk menggerakkan fleksi atau pada waktu akan duduk. Up right bar mempunyai fungsi sebagai penguat (frame), drop lock sebagai pengunci ekstensi sendi lutut. Thigh cuff dan calf cuff, komponen ini berfungsi sebagai penguat pada bar dan letak strap, cup ini terbuat dari bahan besi dengan tebal 1 ½ mm, lebar 4 cm dan panjang setengah diameter paha atau betis ditambah lebar bar.

UM ORTHOTICS AND PROSTHETICS CENTER
BODY PART DISCOMFORT DIAGRAM
WELL-BEING QUESTIONNAIRE
(to be completed before / after KAFO application)

Name of patient: _____ Age: _____ Sex: M F Date: _____
 Reg. No: _____ Orthotist: _____
 Diagnosis: _____ #of previous orthosis: _____
 Present orthosis design: _____ Date fitting: _____
 Brief history: _____

Thigh (Front)

Knee (Front)

Lower leg (Front)

Ankle

Foot

Buttock

Thigh (Back)

Knee (Back)

Lower leg (Back)

Ankle

Foot

Please enter:
 0. Very comfortable 2. Slightly uncomfortable 4. Very uncomfortable
 1. Comfortable 3. Moderately uncomfortable 5. Extremely uncomfortable

Gambar 4. Body Part Discomfort Diagram

Daftar keluhan bagi pengguna KAFO berdasarkan pada Body Part Discomfort Diagram dari UM Orthotics and Prosthetics Center Othotics dari

10 pengguna KAFO menjelaskan mengenai bagian-bagian yang dikeluhkan. Tabel 1. Data keluhan pengguna terhadap KAFO

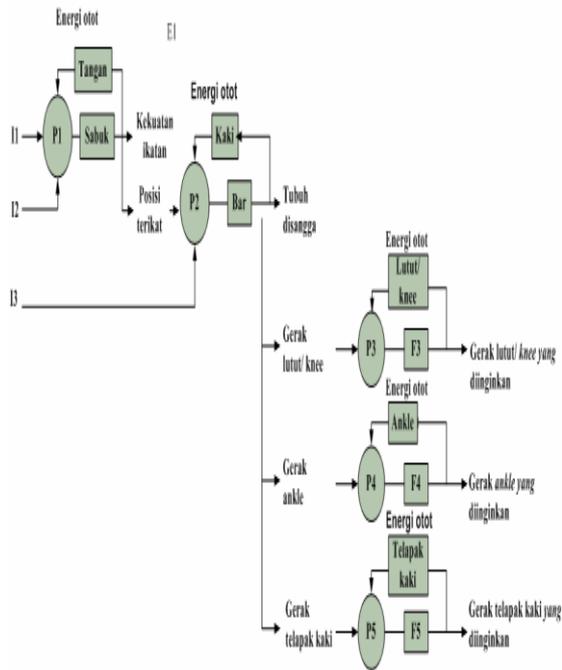
No	Keluhan Pengguna	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	KAFO sulit untuk digunakan	3	7
2	KAFO sulit untuk digerakkan atau kurang fleksibel	3	7
3	Sepatu sulit dipakai saat memakai KAFO.	6	4
4	KAFO sulit dirawat dan dibersihkan	3	7
5	KAFO kurang membantu keseimbangan pada tubuh	2	8
6	KAFO mengganggu posisi duduk	5	5
7	KAFO kurang memberikan kenyamanan dalam melancarkan berjalan	4	6
8	KAFO tidak memadai untuk aktivitas olah raga	4	6

KAFO sulit dipakai saat sedang memakai sepatu mempunyai keluhan sebanyak 6 orang, sedangkan KAFO kurang membantu keseimbangan pada tubuh mempunyai keluhan yang terkecil yaitu 2 orang. erumuskan atribut KAFO, selain berasal dari voice konsumen perlu juga dilakukan cross chek pada dokter dan teknisi KAFO guna memperoleh informasi tambahan, sehingga semua costumer requirements dapat teridentifikasi. KAFO pada anggota gerak bawah didesain untuk memungkinkan pasien memperoleh fungsional yang maksimum dengan ketidaknyamanan yang sedikit. Pada penelitian ini, bagian yang paling berpengaruh terhadap tercapainya harapan pengguna adalah knee joint dan ankle joint.

Tabel 2. Analisa fungsi knee joint dan ankle joint

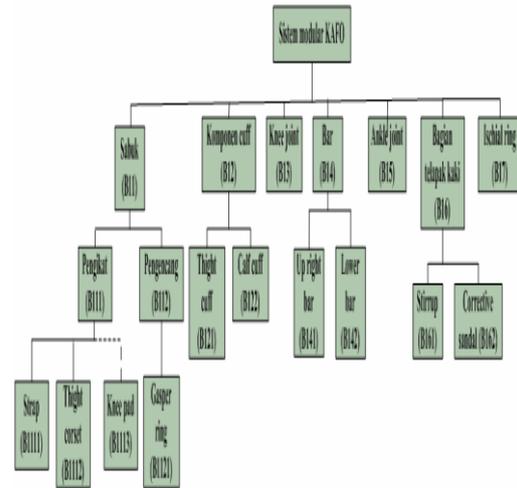
Bagian	Fungsi	Keterangan
Knee joint	Mencegah kecacatan lebih lanjut	Saat duduk, KAFO memberikan kenyamanan kaki untuk rileks.
		Saat duduk, upright bar tidak menggigit kulit, sehingga pemakai tidak merasa sakit.
	Megoreksi kecacatan Memperbaiki nilai kosmetik atau estetika	Mampu mengendalikan gerakan menekuk (<i>flexion</i>) dan lurus (<i>extension</i>) lutut saat memakai sepatu dengan posisi berdiri.
		KAFO mudah diarahkan (fleksibel), sehingga pengguna dapat memakai sepatu dengan mudah.
		Mampu mengendalikan gerakan menekuk (<i>flexion</i>) dan lurus (<i>extension</i>) lutut saat duduk.
		Mampu melakukan posisi duduk dengan mudah dari posisi berdiri.
		Mampu melakukan berbagai posisi duduk dengan mudah.
		Mampu membenarkan dukungan yang kokoh saat memakai atau melepas sepatu dengan posisi berdiri
		Pemakaian KAFO dan sepatu, cepat dan mudah bagi pengguna
		KAFO mudah diarahkan saat duduk (fleksibel), sehingga pengguna terlihat seperti orang normal.
Ankle joint	Mencegah kecacatan lebih lanjut	KAFO mudah diarahkan (fleksibel), sehingga pengguna dapat memakai sepatu dengan mudah.
	Megoreksi kecacatan	Mampu mengendalikan gerakan menekuk (<i>flexion</i>) dan lurus (<i>extension</i>) lutut saat memakai sepatu dengan posisi berdiri.
		KAFO mudah diarahkan (fleksibel), sehingga pengguna dapat memakai sepatu dengan mudah.
Memperbaiki nilai kosmetik atau estetika	Pemakaian KAFO dan sepatu, cepat dan mudah bagi pengguna	

Modularisasi produk, perancang dapat melakukan substitusi kegunaan, penambahan kegunaan dan pengurangan atau penghilangan kegunaan berdasarkan tingkat performansi dan pertimbangan biaya pengadaannya. Kemudian perancang dapat mengestimasi bahan dan proses yang akan dilakukan dalam pembuatan produk kegunaan-kegunaan yang diinginkan dapat dipertimbangkan melalui pengkombinasian blok-blok atau modul-modul yang terperinci.



Gambar 5. Pemetaan kegunaan-kegunaan komponen penyusun KAFO

Setelah struktur kegunaan ditetapkan, selanjutnya menterjemahkan ke dalam family tree yang bertujuan untuk memperoleh komponen-komponen penyusun KAFO.



Gambar 6. Family tree KAFO

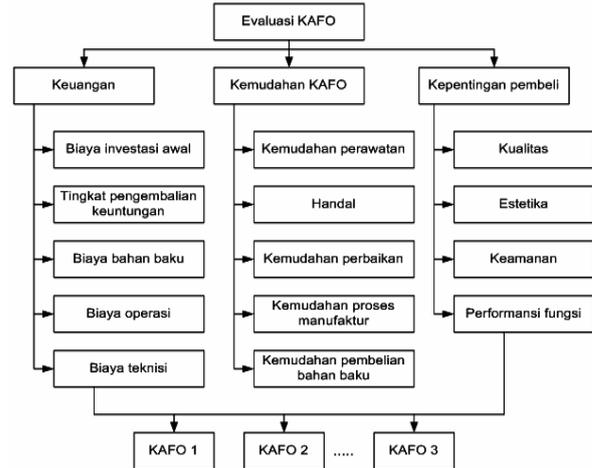
Modul-modul ini didapatkan dari diagram family tree, dimana modul-modul akan dijelaskan secara rinci tipe modul dan kegunaannya. Penjabaran atas semua kegunaan jelas terlihat dan disertai oleh komponen-komponen yang memberikan kegunaan-kegunaan tersebut.

Tabel 3. Modul-modul perancangan KAFO

Modul	No	Tipe	Kegunaan
Sabuk	B11	Modul dasar (B)	Mengikat dan mengencangkan posisi KAFO agar kaki tetap pada posisinya
	B111	Variant modul 11	Mengikat KAFO dengan kaki
	B112	Variant modul 11	Mengencangkan ikatan pengikat
	B1111	Variant modul 111	Membalut kaki supaya ikatan kuat
	B1121	Variant modul 112	Pengunci ikatan
	XB112	Modul spesial	Aksesoris dan stabilisator pada sendi paha
	XB113	Modul spesial	Aksesoris dan stabilisator pada sendi lutut
Komponen cuff	B12	Modul dasar (B)	Menyangga tubuh
	B121	Variant modul 12	Menyangga KAFO agar lebih stabil
	B122	Variant modul 12	Menyangga KAFO agar lebih stabil
Knee joint	B13	Modul dasar (B)	Mendukung pergerakan <i>knee</i>
Bar	B14	Modul dasar (B)	Menyangga tubuh
	B141	Variant modul 14	Menghubungkan <i>knee joint</i> dengan KAFO bagian atas sampai dengan <i>ischial ring</i>
	B142	Variant modul 14	Menghubungkan <i>knee joint</i> dengan KAFO bagian bawah sampai dengan <i>ankle joint</i>
Ankle joint	B15	Modul dasar (B)	Mendukung pergerakan <i>ankle</i>
Bagian telapak kaki	B16	Modul dasar (B)	Mendukung pergerakan telapak kaki
	B161	Variant modul 16	Tempat meletakkan <i>corrective sandal</i>
	B162	Variant modul 16	Tempat meletakkan telapak kaki
Ischial ring	B17	Modul dasar (B)	Tumpuan berat badan

3. Analisa Hirarki Proses (AHP)

Evaluasi dilakukan dengan memakai konsep perbandingan berpasangan dan dilanjutkan dengan operasi matrik untuk mencari nilai eigen (eigen vektor). Dengan melakukan perbandingan secara berpasangan untuk setiap kriteria yang ada dalam suatu faktor, maka tingkat kepentingan suatu variabel deskriptor relatif terhadap variabel deskriptor yang lain dapat dinyatakan dengan jelas. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan operasi matrik. Nilai yang diperoleh dari hasil perbandingan kemudian ditabelkan dalam suatu matrik. Matrik tersebut selanjutnya akan diolah untuk menentukan ranking dari kriteria yang ada, yaitu dengan jalan menentukan nilai eigen (eigen vektor). Nilai eigen inilah yang selanjutnya akan menjadi nilai bobot untuk masing-masing kriteria dari tiap-tiap faktor.



Gambar 7. Hirarki evaluasi pada KAFO

Metode AHP dilakukan pada responden para pakar KAFO, terdiri dari 1 pakar KAFO Poltekes Surakarta, 1 ahli pembuat KAFO RS. Yakkumid Yogyakarta, dan 1 pakar KAFO BBRSD Prof. Dr. Soeharso Surakarta. Menyebarkan kuesioner diharapkan pihak pakar dapat menambahkan kriteria dan subkriteria yang masih diperlukan dan menghilangkan kriteria dan subkriteria yang tidak diperlukan dalam pemilihan desain alternatif KAFO. Responden menulis angka 1 apabila responden memilih kriteria/subkriteria dan responden menulis angka 0 apabila responden tidak memilih kriteria/subkriteria.

Tabel 4. Penilaian Desain Alternatif KAFO Terhadap Hirarki Keputusan

Desain KAFO	Penilaian Kriteria													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Biaya Investasi Awal	Tingkat Pengembalian Keuntungan	Biaya Bahan Baku	Biaya Operasi	Biaya Teknisi	Kemudahan Perawatan	Handal	Kemudahan Perbaikan	Kemudahan Proses Manufaktur	Kemudahan Pembelian Bahan Baku	Kualitas	Estetika	Keamanan	Performansi Fungsi
KAFO desain awal	8	5	8	7	8	5	4	7	8	8	5	5	8	7
Alternatif desain I	6	7	4	5	4	7	9	6	5	6	8	8	7	10
Alternatif desain II	6	7	6	6	6	9	8	9	7	6	8	9	8	9
Alternatif desain III	7	7	6	6	5	7	5	9	6	6	6	7	7	10
Alternatif desain IV	7	7	5	7	7	9	6	9	8	6	6	8	8	9
Alternatif desain V	7	7	5	6	5	7	5	9	6	6	6	7	7	9
Alternatif desain VI	7	7	6	6	7	9	6	7	8	8	6	8	8	8
Alternatif desain VII	6	7	6	5	4	7	8	6	6	8	8	8	7	9
Alternatif desain VIII	6	7	7	6	6	9	9	7	7	8	8	9	8	8
Alternatif desain IX	7	7	7	7	7	9	9	9	8	8	8	8	8	9

Setelah mendapatkan bobot kriteria dan data penilaian desain alternatif KAFO maka selanjutnya adalah mencari performansi untuk desain alternatif KAFO.

Tabel 5. Penilaian performansi KAFO

KAFO ke-	Desain KAFO	Nilai performansi
1	KAFO desain awal	6.586
2	Alternatif desain I	7.013
3	Alternatif desain II	7.581
4	Alternatif desain III	6.835
5	Alternatif desain IV	7.253
6	Alternatif desain V	6.645
7	Alternatif desain VI	7.054
8	Alternatif desain VII	6.981
9	Alternatif desain VIII	7.514
10	Alternatif desain IX	7.932

KAFO desain awal mendapat nilai performansi 6.586, yang merupakan nilai terendah. Sehingga performansi semua desain alternatif KAFO lebih baik daripada desain KAFO yang ada saat ini. Sedangkan alternatif desain KAFO IX mendapat nilai 7,932, sehingga performansi fungsi desain alternatif KAFO IX lebih baik daripada desain KAFO yang lainnya.



Gambar 8. Desain KAFO yang diusulkan

Desain awal KAFO mendapat nilai value ability 6.58,. Sedangkan desain KAFO hasil pengembangan mendapat nilai value ability 17,13. Sehingga tingkat pencapaian nilai untuk memenuhi

utilitas pemakai desain KAFO hasil pengembangan lebih baik daripada desain awal KAFO.

KESIMPULAN

Kelebihan desain KAFO usulan untuk pengguna KAFO, adalah KAFO tidak mudah rusak atau awet, hal ini disebabkan bar pada KAFO terbuat dari bahan stainless steel yang kuat, tidak mudah aus, dan tidak bisa berkarat. KAFO nyaman untuk duduk karena desain KAFO menggunakan stainless steel yang tidak berkarat sehingga desain KAFO tidak mengalami perubahan, ringan, karena bahan bar terbuat dari duralumin yang ringan dan kuat,, mudah untuk digerakkan atau fleksibel dan bagus dari segi kosmetik. Segi pembuat, desain KAFO usulan juga ada kelebihanannya, yaitu pembuatan komponen KAFO mudah karena duralumin mudah untuk dibentuk. Sedangkan kelemahan dari desain KAFO usulan adalah harga lebih mahal daripada KAFO yang ada sekarang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Garrison, Susan J, (1995). "Handbook Of Physical Medicine And Rehabilitation Basics", J .B. Lippincott Company, USA.
- [2] Heller, Edward D, (1991). "Value Management: Value Engineering and Cost Reduction", Addison-Wesley Publishing Company Inc, Philipines.
- [3] Manson, Sihotang, (1991). "Studi Rekayasa Nilai Dalam Perancangan Sistem", Tugas Akhir ITB, Bandung.
- [4] Peethambaran, Ammanath, (2001). The Relationship Between Performance, Satisfaction, and Well Being For Patiens Using Anterior and Posterior Design Knee Ankle Foot Orthosis, MS CO, India.
- [5] Saaty, T.L., (1991). "Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin". Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.
- [6] Sudiran, (1980). "Teknik Pembuatan Protesis dan Orthosis", Pusat Rehabilitasi Sosial Bina Daksa, Prof Dr. Soeharso Surakarta, Surakarta.