



**PENGEMBANGAN MODEL TINGKAT LANSIA DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *QUALITY FUNCTION  
DEPLOYMENT* (QFD) DAN ELEMEN HINGGA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Windu Prasetiawan  
NIM 071910101086**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S-1)  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**



**PENGEMBANGAN MODEL TINGKAT LANSIA DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *QUALITY FUNCTION  
DEPLOYMENT* (QFD) DAN ELEMEN HINGGA**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Windu Prasetiawan  
NIM 071910101086**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S-1)  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**



## Persembahan

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengembangan Model Tongkat Lansia Dengan Menggunakan Metode *Quality Function Deployment (QFD)* Dan Elemen Hingga”** Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Allah S.W.T.
2. Rasulullah Muhammad SAW, Suri Tauladan Umat Manusia;
3. Ayahku Suprayitno dan Ibuku S Ningsih yang selalu memberikan dukungan dari segi apapun sehingga beliau bisa menyelesaikan kewajibannya sebagai orangtua yang sangat berharga bagiku.
4. Semua Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Bapak. Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. selaku DPU, Bapak. Santoso Mulyadi, S.T., M.T selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini, Dosen wali Ir. FX. Kristianta, M. Eng. Dosen Penguji I Bapak. Ir. FX. Kristianta, M. Eng Bapak. Mahros Darsin, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji II.
5. Seluruh Guru-guruku dari TK, SD, SLTP, SMA dan Guru mengaji yang telah membimbing dengan sabar dan memberikan ilmu.
6. Seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dukungan dan do'a.

7. Endika Surya Y.P, Rio Mahadi Wibowo dan Edy Sultoni yang telah berkenan meminjamkan Laptop untuk membantu dalam pembuatan konsep tongkat lansia dari awal pengerjaan hingga proses akhir pengerjaan.
8. Rahmat Hidayatullah,S.T dan M.K. Aditya Wardana, S.T., telah memberikan inspirasi tentang judul skripsi.
9. Teknisi Teknik Mesin Universitas Jember, khususnya mas Taufik yang telah banyak memberikan arahan dalam mempelajari software Catia.
10. The Big Family Seven Engine: M.K. Aditya Wardana, S.T., Ainur Rachman Yaqin, Yoga Aldia Anggadipta, Eristia Gita, Donnax Carneolla H., S.T., Intan Hardiatama, S.T., alm. Rendhy Destya, Dicky Adi Tyagita, S.T., Dimas Dwi Kusuma, S.T., Fregi Madatya, Debi Jois Heriyanto, Agil Sayekti, Wahyu Harmanto, Firman Dwi Wicaksono, Adi Sugianto, S.T., Yuliyus Ispriadi, S.T., Septian Reza Syah, Muhammad GZ, Rio Mahadi Wibowo, S.T., Rahmad Hari Efendy, Edi Kurniawan, S.T., Ari Firmansyah, S.T., Bastian Dwi Agdianto, Ahmad Aufa Kamal, Pradhana Aji G.B.U., S.T., M. Fatah Yasin, Tri Handoyo, S.T., Ahda Rizqi Maulana, M. Alfian Arga, S.T., Himawan Susanto, Ekik Yuris Wicaksono, Prima Yogie Aldelino, Ahmad Hadi Kurniawan, S.T, Edy Sultoni, Berry Marshal, S.T., Anggi Febrianto, S.T., Zaenal Abidin, S.T., Angger Sudrajat F.P. S.T., Purbo Wahyu Veri Fadli,S.T., Dimas Rizki Suryanto, Discovery Afrianto,S.T., I Fata Sagedistira,S.T., Ardhika Setiawan, Endika Surya Y.P, S.T., Ayyub Hidayat, Diastian Vinaya W., S.T., M. Sigit Wijanarko, M. Sifak, **“We Are Solidarity Forever because we are Seven Engine Family”**.
11. Teman Mesin Diploma 3 angkatan 07. Ardi Bedot, Yoyong, Risqon, teman-teman diploma yang tidak disebutkan satu per satu. **“Keep Solidarity Forever”**.
12. Keluarga 102 hari KKT desa Banjarsari Kecamatan Bangsal Sari. Bagiku waktu sempit bukan halangan buat mengenal satu dengan yang lain.

13. Keluarga besar SR/3 no 10 terutama Ardi Bayu, Alfian Arga, Rio Mahadi Wibowo, Edy Sultoni, Berry, Waone, I Fata.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.



## MOTTO

*“Berikanlah ilmu yang kaumiliki kepada siapapun, asal mereka mau memanfaatkan ilmu yang telah kau berikan itu”  
(Imam Syafi’i)*

*Kesuksesan merupakan hasil dari keputusan matang,  
dan kematangan itu biasanya dihasilkan dari  
pengalaman yang terkadang penuh kegagalan.  
(Anthony Robbins)*

*“Raihlah ilmu, dan untuk meraih ilmu belajarlah untuk  
tenang dan sabar”  
(Khalifah Umar bin khattab)*

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Windu Prasetiawan**

NIM : **0719101010286**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: **“Pengembangan Model Tongkat Lansia dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD) dan Elemen Hingga”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 05 Februari 2012

Yang menyatakan,

Windu Prasetiawan  
NIM. 071910101086

**SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN MODEL TINGKAT LANSIA DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *QUALITY FUNCTION  
DEPLOYMENT* (QFD) DAN ELEMEN HINGGA**

Oleh :

**Windu Prasetiawan  
NIM 071910101086**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Pengembangan Model Tongkat Lansia Dengan Menggunakan Metode *Quality Function Deployment (QFD)* Dan Elemen Hingga**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 26 Januari 2012

Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.  
NIP 19600812 199802 1 001

Santoso Mulyadi, S.T., M.T.  
NIP 19700228 199702 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Ir.FX.Kristianta, M. Eng  
NIP 19650120 200112 1 001

Mahros Darsin, S.T., M.Sc.  
NIP 19700322 199501 1 001

Mengesahkanan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi.MT.  
NIP 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**“Pengembangan Model Tongkat Lansia Dengan Menggunakan Tongkat Lansia Dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD) Dan Elemen Hingga”**; Windu Prasetiawan, 071910101086; 2012: 104 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kemunduran daya keseimbangan tubuh pada lansia mengakibatkan mereka sulit berjalan. Hal itu disebabkan menurunnya kekuatan otot pada anggota gerak. Misalnya, otot lengan, otot tangan, otot tungkai, dan otot kaki. Apalagi bila kondisi itu disertai penyakit degeneratif seperti osteoporosis, parkinson, pascastroke, nyeri lutut, dan patah tulang. Alat bantu jalan pun menjadi salah satu solusi tepat. Salah satunya adalah tongkat. Tongkat sering digunakan untuk membantu keseimbangan, memperlebar langkah dan menurunkan beban tubuh di kaki. Penggunaan yang aman sangat penting agar tongkat berfungsi sebagaimana mestinya dalam membantu fungsi jalan. Panjang tongkat ideal adalah setinggi lipatan paha dan tangan sedikit ditekuk. Bila terlalu panjang atau pendek maka akan mengganggu sipengguna terutama dalam hal kenyamanan pada saat berjalan.

Tujuan penelitian untuk mempelajari proses perancangan dan pengembangan produk yang melibatkan konsumen sehingga hasil dari proses perancangan tersebut benar-benar menjawab kebutuhan *customer*. Tidak hanya itu saja, dalam merancang suatu produk harus diperhatikan bahwa rancangan produk tersebut harus mampu untuk dirakit, diukur, dapat didaur ulang, mempunyai kemampuan untuk dimanufaktur serta mempunyai biaya pembuatan yang optimal.

Pengambilan data konsumen dilakukan dengan kuesioner dan diolah menggunakan metode *Quality Function Deployment (QFD)*, maka didapatkan beberapa keinginan konsumen. Berdasarkan keinginan konsumen tersebut pengembangan dengan menciptakan beberapa konsep. Dari berbagai konsep yang dikembangkan, kemudian dipilih sebuah konsep berdasarkan kriteria seperti ringan,

kuat, nyaman dan dapat dimanufaktur. Sedangkan kekuatan rangka dianalisa dengan menggunakan bantuan *software CATIA V5R14* yaitu untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada rangka saat tongkat lansia dioperasikan. Untuk mengetahui tingkat resiko cedera pengguna tongkat lansia, antropometri masyarakat Indonesia digunakan dengan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*) pada *software CATIA V5R14*

Pengolahan data yang dilakukan menghasilkan 10 atribut keinginan konsumen dan menciptakan tiga konsep tongkat yang nantinya akan dipilih salah satu. Melalui data antropometri dihasilkan tinggi tongkat maksimal adalah 884.5 mm, asumsi berat tongkat adalah 1kg, panjang pegangan tongkat adalah 160 mm dan diameter pegangan tongkat adalah  $\pm 30$  mm beban maksimal pada tongkat lansia adalah 55 N. Tegangan yang terjadi pada bagian rangka tongkat  $5,84e+006\text{N/m}^2$  terletak pada bagian pegangan tongkat sedangkan tegangan minimum yang bekerja pada rangka yaitu  $1,27e+007\text{N/m}^2$  terletak pada bagian tangkai pipa atas. Antar bagian tongkat dapat dipisahkan, dalam tongkat yang dibuat terbagi menjadi 3 bagian yaitu: kepala tongkat, tangkai tongkat dan kaki tongkat. Nilai tingkat resiko cedera yang didapatkan adalah 2, dimana menunjukkan sikap tubuh tersebut diterima (*acceptabel*) dan tidak perlu diubah untuk jangka panjang.

## SUMMARY

**“Development Model Elderly Sticks With Quality Function Deployment Method (QFD) and Finite Element”**: Windu Prasetiawan, 071910101086: 104 pages; the Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Jember University.

*The decline of the power balance in the elderly result they are difficult to walk. It was because of decreased muscle strength in the limbs. For example, the arm muscles, hand muscles, leg muscles, and leg muscles. Moreover, if the condition is accompanied by degenerative diseases such as osteoporosis, Parkinson's, stroke, knee pain, and fractures. A walker had become one of the right solution. One is a stick. Sticks are often used to help balance, widen and lower the load step at the foot of the body. Safe use is very important that staff working properly in assisting the function of the road. Ideal rod length is as high as the groin and arms slightly bent. If too long or short it will interfere sipengguna especially in terms of comfort when walking.*

*Data collection was conducted through a questionnaire and consumer processed Quality Function Deployment method (QFD), so he found some consumers desire. Based on these consumer desires by creating several concept development. Of the various concepts being developed, and then selected a concept based on criteria such as light, strong, comfortable and can be manufactured. While the strength of the framework are analyzed with the help of CATIA V5R14 software that is to know in order to stress that occurs when the stick is operated elderly. To determine the level of injury risk elderly cane users, the Indonesian community anthropometric methods used by RULA (Rapid Upper Limb Assessment) in the CATIA V5R14 software and the final process is to make into the manufacturing process with the stick.*

*Data processing done to produce 10 attributes and consumer desires to create three-rod concept which will be chosen one. Anthropometric data generated through high-stick the maximum is 884.5 mm, weight is 1kg of cane, the handle rod*

*length is 160 mm and diameter of the handle of the stick is  $\pm 30$  mm with maximum load on the rod is 55 N. elderly Seen that the greatest stress occurs is still above the stress of the material it self permits. Stress which occurs in the context of  $5,84e+006N/m^2$  located on the handle of the stick while the minimum stress acting on the order of  $1,27e+007N/m^2$  on pipe up. The rod can be separated, in a rod that is made is divided into three parts: the head of the stick, cane stalks and cane leg. Injury risk level value obtained was 2, which shows the attitude of the body is accepted (acceptabel) and need not be changed for the long term.*

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengembangan Model Tongkat Lansia Dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD) dan Elemen Hingga*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Sumarji, S.T., M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
3. Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T., selaku DPU, dan Bapak Santoso Mulyadi. ST., MT., selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng. selaku dosen penguji I dan Bapak Mahros Darsin, ST., M.Sc. selaku dosen penguji II.
5. Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Ayahanda, Ibunda dan Adik tercinta terima kasih atas semua doa, semangat, motivasi dan kasih sayang kalian semua sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Staf dan pegawai UPT Pelayanan Sosial Lanjut Usia Jember.
8. Teman-teman seperjuanganku *Seven Engine '07*, terima kasih atas motivasi dan do'a yang kalian berikan serta seluruh Anggota d'Black Engine.

9. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2004 s/d 2011, manusia tidak pernah luput dari salah, mohon maaf jika selama kita bersama ada tindakan yang kurang berkenan. Terus semangat perjuangan di depan semakin berat.
  10. Mbak Halimah, selaku staf administrasi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, terima kasih atas bantuannya dalam kelancaran pembuatan skripsi;
  11. Teknisi Teknik Mesin Universitas Jember, khususnya mas Taufik yang telah banyak memberikan arahan dalam mempelajari software Catia.
  12. Staf Fakultas Teknik Universitas Jember;
  13. Kepada seluruh pihak yang telah membantu menyelesaikan pendidikan di Universitas Jember ini yang tidak dapat saya sebutkan satu- persatu .
- Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, 16 Februari 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO .....	v
HALAMAN PERNYATAAN.....	vi
HALAMAN PEMBIBINGAN.....	vii
HALAMAN PENGESAHAN.....	viii
RINGKASAN .....	ix
PRAKATA.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Batasan Masalah.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat .....</b>	<b>4</b>
1.4.1 Tujuan Penelitian.....	4
1.4.2 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Pengembangan dan Perancangan Produk .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 <i>Quality Function Deployment (QFD)</i>.....</b>	<b>7</b>
2.2.1 Pengertian <i>Quality Function Deployment (QFD)</i> .....	7

2.2.2 Implementasi <i>Quality Function Deployment</i> (QFD).....	8
<b>2.3 Pengembangan Konsep</b> .....	16
2.3.1 Proses Pengembangan Konsep.....	16
<b>2.4 Metode Elemen Hingga</b> .....	19
2.4.1 Elemen Garis (Elemen Satu Dimensi).....	20
2.4.2 Elemen Dua Dimensi.....	20
2.4.3 Elemen Tiga Dimensi.....	28
<b>2.5 CATIA</b> .....	28
2.5.1 Proses Dasar Simulasi.....	29
<b>2.6 Teori Kegagalan (<i>Theories of Failure</i>)</b> .....	29
2.6.1 <i>Maximum Normal Stress Theory (MNST)</i> .....	30
2.6.2 <i>Maximum Shear- Stress Theory (MSST)</i> .....	30
<b>2.7 Ergonomi</b> .....	31
2.7.1 Antropometri.....	32
2.7.2 <i>Rapid Upper Limb Assessment (RULA)</i> .....	35
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	37
<b>3.1 Metode Penelitian</b> .....	37
3.1.1 Metode Pengumpulan Data.....	37
3.1.2 Metode Perencanaan.....	38
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	42
<b>3.3 Alat dan Spesifikasi <i>Customer</i></b> .....	43
3.3.1 Alat.....	43
3.3.2 Spesifikasi <i>Customer</i> .....	43
<b>3.4 Prosedur Penelitian</b> .....	43
<b>3.5 Diagram Alir Pengembangan dan Analisa Kekuatan</b> .....	44

<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
<b>4.1 Hasil Pengumpulan Data.....</b>	<b>45</b>
4.1.1 Pengumpulan Permintaan Kualitas Customer (PKC).....	45
4.1.2 Penyusunan <i>House of Quality (HoQ)</i> .....	46
<b>4.2 Pengembangan dan Pemilihan Konsep.....</b>	<b>55</b>
4.2.1 Spesifikasi Produk .....	55
4.2.2 Pemilihan Material.....	57
4.2.3 Penentuan Faktor Keamanan.....	59
4.2.4 Pengembangan Konsep Desain.....	60
4.2.5 Penyaringan Konsep ( <i>Concept Screening</i> ).....	65
<b>4.3 Analisa Tegangan Von-Mises Tongkat Lansia.....</b>	<b>67</b>
4.3.1 Membangun Model Analisa Struktur ( <i>Preprocessor</i> ).....	67
4.3.2 Analisa Tegangan Struktur Tongkat Lansia.....	70
<b>4.4 Analisa Tegangan Menggunakan Metode Elemen Hingga..</b>	<b>73</b>
4.4.1 Menentukan Dimensi.....	73
4.4.2 Analisa Matriks Kekakuan Elemen Segiempat dengan <i>Software CATIA</i> .....	74
4.4.3 Teory Kegagalan ( <i>Failure Theories</i> ).....	76
4.4.3.a <i>Maximum Normal- Stress Teory (MNST)</i> .....	76
4.4.3.b <i>Maximum Shear- Stress Teory (MSST)</i> .....	78
4.4.3.c <i>Maximum Shear Theory Criterion (MSTC)</i> .....	83
4.4.3.d <i>Maximum Distory Energy Theory (MDET)</i> .....	88
<b>4.5 Analisa Ergonomi tongkat Lansia.....</b>	<b>93</b>
4.5.1 <i>Human Builder</i> .....	93
4.5.2 Membuat <i>Manikin</i> .....	94
4.5.3 <i>Human Activity Analysis</i> .....	96

<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	100
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	100
<b>5.2 Saran</b> .....	103
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	104
<b>LAMPIRAN</b> .....	106

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Tongkat Lansia.....	1
Gambar 2.2. Rumah Mutu .....	10
Gambar 2.3. Struktur dan Diagram L.....	13
Gambar 2.4. Langkah-Langkah pengembangan konsep.....	16
Gambar 2.5. Elemen Satu Dimensi.....	20
Gambar 2.6. Elemen Segitiga, Segi Empat, <i>Quadrilateral</i> .....	20
Gambar 2.7. Elemen Segiempat dengan 4 node.....	22
Gambar 2.8. Elemen Tiga Dimensi.....	28
Gambar 2.9. Antropometri posisi berdiri.....	33
Gambar 2.10. Antropometri tangan .....	34
Gambar 2.11. Antropometri kaki.....	34
Gambar 4.1. Optimasi matrik atap.....	50
Gambar 4.2. Rumah mutu Tongkat Lansia.....	54
Gambar 4.3. Desain Konsep 1.....	61
Gambar 4.4. Desain Konsep 2.....	62
Gambar 4.5. Desain Konsep 3.....	63
Gambar 4.6. Tongkat Referensi.....	64
Gambar 4.7. Tampilan <i>Generative Struktural Analysis</i> .....	67
Gambar 4.8. Pemberian <i>Material Properties</i> .....	68
Gambar 4.9. Memberikan <i>restraint</i> pada model.....	69
Gambar 4.10. Memberikan <i>constraint</i> pada model.....	69
Gambar 4.11. Memberikan beban pada model.....	70
Gambar 4.12 Tegangan maksimum dan minimum yang terjadi pada rangka dengan pembebanan 5 kg.....	71
Gambar 4.13. Pegangan Tongkat.....	73
Gambar 4.14. Distribusi Stress pada elemen bidang pegangan tongkat.....	74

Gambar 4.15. Distribusi Stress Principal pada elemen bidang pegangan tongkat.....	75
Gambar 4.16. (a).Opsi <i>manikin</i> , (b).Opsi <i>option</i> .....	94
Gambar 4.17. Model <i>manikin</i> .....	94
Gambar 4.18. Mengganti dengan data Antropometri Masyarakat Indonesia	95
Gambar 4.19. <i>Posture editor</i> .....	96
Gambar 4.20. Hasil analisa postur tubuh dengan menggunakan metode <i>RULA</i> untuk bagian tubuh sebelah kanan pada posisi static...	98
Gambar 4.21. Hasil analisa <i>RULA</i> .....	99

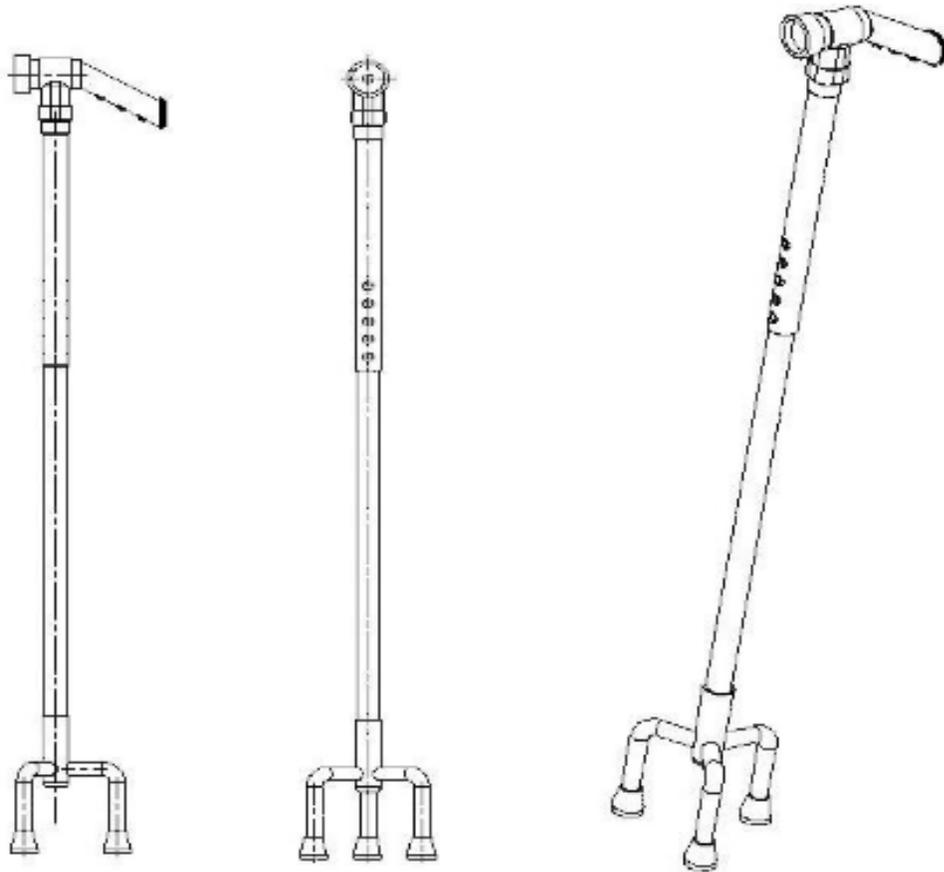
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai antar hubungan.....	12
Tabel 2.2. Nilai antar hubungan .....	14
Tabel 2.3 Tabel <i>Action Level</i> (Resiko Cidera).....	36
Tabel 3.1 Penyaringan Konsep ( <i>Consept Screening</i> ) .....	40
Tabel 3.2 Penilaian konsep ( <i>Consept cooring</i> ).....	41
Tabel 4.1 Data hasil kuesioner.....	45
Tabel 4.2 Penilaian Pemintaan Kualitas <i>Customer</i> (PKC).....	46
Tabel 4.3 Arti nilai hubungan Permintaan Kualitas <i>Customer</i> (PKC).....	47
Tabel 4.4 Pertimbangan Performa Kualitas Kontruksi (PKK) .....	47
Tabel 4.5 Hubungan antara PKC dan PKK .....	48
Tabel 4.6 Lambang dan nilai hubungan antar PKC dan PKK.....	48
Tabel 4.7 Nilai dari Performa Kualitas Konstruksi (PKK).....	49
Tabel 4.8 Simbol arah optimasi dan hubungan PKK.....	50
Tabel 4.9 Matrik perencanaan.....	51
Tabel 4.10 Arti angka pada colom produk referensi.....	52
Tabel 4.11 Hasil Performa Kualitas Konstruksi (PKK).....	53
Tabel 4.12 Hasil yang diperhatikan dari Performa Kualitas Konstruksi(PKK) .....	54
Tabel 4.13 Kriteria Pemilihan material.....	58
Tabel 4.14 Material <i>Properties</i> Aluminium .....	59
Tabel 4.15 Faktor keamanan.....	60
Tabel 4.16 Penyaringan Konsep ( <i>Consept Screening</i> ).....	65
Tabel 4.17 Penilaian konsep ( <i>Consept cooring</i> ).....	66

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemunduran daya keseimbangan tubuh pada lansia mengakibatkan mereka sulit berjalan. Hal itu disebabkan menurunnya kekuatan otot pada anggota gerak. Misalnya, otot lengan, otot tangan, otot tungkai, dan otot kaki. Apalagi bila kondisi itu disertai penyakit degeneratif seperti osteoporosis, parkinson, pascastroke, nyeri lutut, dan patah tulang. Alat bantu jalan pun menjadi salah satu solusi tepat. Salah satunya adalah tongkat.



Gambar 2.1. Tongkat Lansia (Rahmat Hidayatullah: 2010)

Tongkat sering digunakan untuk membantu keseimbangan, memperlebar langkah dan menurunkan beban tubuh di kaki. Penggunaan yang aman sangat penting

agar tongkat berfungsi sebagaimana mestinya dalam membantu fungsi jalan. Panjang tongkat ideal adalah setinggi lipatan paha dan tangan sedikit ditekuk. Bila terlalu panjang atau pendek maka akan mengganggu sipengguna terutama dalam hal kenyamanan pada saat berjalan. Untuk itulah perlu adanya pengembangan produk pada tongkat agar memberi nilai kenyamanan kepada para pengguna (Kendari Pos.2008)

Dalam perancangan yang dilakukan harus memperhatikan kekuatan dari tongkat tersebut. Kekuatan yang harus diperhatikan menyangkut dimensi, material, dan struktur tongkat. Dalam penelitian sebelumnya model tongkat terlihat pada kaki tongkat kurang presisi (Rahmat Hidayatullah: 2010), sehingga mengakibatkan kurang seimbang pada saat digunakan oleh si pengguna (lansia). Sehingga tongkat lansia tersebut belum sepenuhnya menjadi prioritas utama dan harus di *reedsign* lagi.

Pada penelitian yang ke dua dengan perhitungan elemen hingga manual didapati bahwa beban maksimal yang dapat diterima oleh tongkat lansia adalah 55 N. Terlihat bahwa tegangan terbesar yang terjadi masih berada di atas tegangan ijin dari bahan itu sendiri. Tegangan yang terjadi pada rangka sebesar  $6,47 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> terletak pada bagian pegangan tongkat sedangkan tegangan minimum yang bekerja pada rangka yaitu  $-1.29 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> terletak pada bagian tangkai pipa atas (M.K Aditya Wardana; 2011). Sehingga perlu dilakukan perhitungan secara spesifik menggunakan Software CATIA untuk meninjau ulang hasil perhitungan sebelumnya, agar dapat memperbaiki dan meningkatkan kekuatan produk tongkat lansia.

Setelah didapati data-data tersebut perlu melakukan perhitungan yang lebih akurat lagi dengan mengganti bentuk elemen. Apabila data tersebut berada di bawah tegangan ijin maka perlu dilakukan perbaikan material maupun konstruksi proses produksinya. Selain dari segi dimensi, banyak juga aspek yang harus ditinjau antara lain kualitas, ekonomis dan estetika. Tidak hanya itu saja, dalam merancang suatu produk harus diperhatikan bahwa rancangan produk tersebut harus mampu untuk dirakit, diukur, dapat didaur ulang, mempunyai kemampuan untuk dimanufaktur serta mempunyai biaya pembuatan yang optimal.

*Quality Function Deployment (QFD)* adalah suatu metode untuk perancangan produk dan pelayanan. QFD dimulai dengan mendengar suara dari konsumen sebagai masukan yang penting, dilanjutkan dengan cara merespon suara konsumen tersebut. Keinginan dan kebutuhan konsumen merupakan pedoman sekaligus petunjuk bagi pengembang untuk keperluan dalam perancangan dan pengembangan produk maka akan meningkatkan kepuasan konsumen. Dalam QFD terdapat beberapa matrik, yang pertama disebut *House of Quality* yang memuat suara konsumen. Sedangkan matrik selanjutnya merupakan matrik-matrik tambahan QFD (Zuliantoni; 2006).

Kekuatan menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengalami patahan. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis beban yang bekerja, yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung. Kekuatan pada produk tongkat lansia sangat berguna untuk menopang tubuh dari pengguna. Apabila menjadi patahan pada produk tongkat lansia maka kekuatan yang diharapkan dianggap gagal, sehingga perlu analisa tentang kekuatan dari produk tongkat lansia tersebut. (M.K Aditya Wardana; 2011).

Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan matematis dari suatu gejala phisis yang diantaranya adalah tegangan, regangan, kekuatan, dan analisa getaran. Metode elemen hingga inilah yang dapat membandingkan antara perhitungan dengan menggunakan software catia dan dengan menggunakan perhitungan secara manual.

Penggunaan software untuk analisa produk alat bantu jalan tongkat, secara umum berguna untuk meminimalkan percobaan/trial lapangan; sehingga dapat mengurangi *cost* operasional dari *trial*. Selain itu juga berfungsi untuk pra *maintenance* atau tindakan *preventive* terhadap kerusakan dari suatu konstruksi, dalam hal ini produk alat bantu jalan yaitu tongkat.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dapat dirumuskan adalah bagaimana memperbaiki dan mengembangkan model produk dalam hal ini tongkat lansia, yang akan memberikan

kemudahan dan kenyamanan pada pengguna dan memiliki fleksibilitas pada saat penyimpanan.

Ditinjau dari aspek kenyamanan (ergonomi) dengan metode Quality Function Deployment (QFD), serta memperbaiki kekuatan material dan konstruksi proses produksinya dalam hal ini produk tongkat lansia yang akan memberikan keamanan dan kenyamanan pada pengguna dengan metode Elemen Hingga.

### **1.3 Batasan Masalah**

Untuk mencapai tujuan dan agar dalam penulisan skripsi ini lebih terarah, maka diperlukan adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian adalah tongkat lansia.
2. Pembebanan yang ditinjau nantinya adalah pembebanan yang statis.
3. Model Produk tongkat lansia yang telah dirancang selanjutnya dipergunakan untuk orang lanjut usia yang berjenis kelamin wanita.
4. Analisa data customer menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD), matrik yang disusun adalah matrik pertama dari QFD yaitu matrik *House of Quality* (HOQ).
5. Analisa struktur rangka dan kekuatan material dalam hal ini tongkat lansia menggunakan *Software CATIA*.

### **1.4 Tujuan dan manfaat**

1.4.1 Tujuan yang ingin dicapai dalam menganalisis tongkat lansia sebelumnya adalah.

1. Mempelajari pemodelan Tongkat Lansia dengan melibatkan customer sebagai pengguna, dan untuk menjawab keinginan customer (Rahmad; 2010) yang menginginkan keamanan kekuatan tongkat menurut perhitungan Elemen hingga *Triangular* (M.K. Aditya Wardana;2011 ) didapati bahwa tongkat tersebut dinyatakan tidak aman sehingga perlu

dilakukan analisa ulang dengan menggunakan *software CATIA* agar didapat kekuatan dan kenyamanan yang maksimal.

2. Menerapkan QFD ke dalam proses perbaikan dan pengembangan Model Prototipe produk.
3. Memaksimalkan aspek kenyamanan (*Ergonomi*) sehingga dapat meningkatkan kepuasan konsumen.
4. Menerapkan metode Elemen Hingga *Quadrilateral* (segiempat) ke dalam proses perhitungan dan analisis

#### 1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dalam mengembangkan model tongkat lansia ini adalah:

1. Dapat mengetahui keinginan *customer*, sehingga hasil dari proses pengembangan model tongkat tersebut benar-benar menjawab kebutuhan *customer*.
2. Memberikan desain baru kepada konsumen agar dapat menarik minat konsumen untuk membeli.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Pengembangan dan Perancangan Produk**

Banyak hal yang dapat menjadi sumber pendorong diperlukannya suatu pengembangan produk baru, adapun faktor-faktor tersebut (Jono, 2006):

1. *Financial Goals*. Tekanan untuk mencapai tujuan keuangan seperti laba, pangsa pasar, penerimaan, kebutuhan investasi dan lain-lain menjadi pendorong dilakukannya pengembangan produk baru.
2. *Sales dan Market Share Growth*. Pertumbuhan penjualan merupakan tujuan penting bagi perusahaan. Begitu juga dengan kekuatan yang dimiliki di pasar melalui penguasa pasar yang ada juga merupakan sesuatu pendorong diperlukannya pertumbuhan penjualan. Produk baru merupakan salah satu cara untuk mencapai penjualan maksimal dan mempertahankan.
3. *Competitive Action*. Motivasi untuk bersaing merupakan salah satu pendorong perusahaan memikirkan produk baru sehingga memiliki kekuatan dan perbedaan di pasar.
4. *Life Cycle*. Setiap produk yang ditawarkan sekarang oleh perusahaan memiliki batasan waktu sebelum produk itu mengalami penurunan dalam penjualan karena beralihnya konsumen kepada produk lain. Untuk menjaga hal tersebut perlu pengembangan produk baru.
5. *Technology*. Berkembangnya teknologi memungkinkan orang untuk menawarkan sesuatu yang lebih baik dari penawarannya sekarang sehingga akan melahirkan produk baru yang memiliki teknologi yang lebih baik.
6. *Regulation*. Peraturan-peraturan yang dikeluarkan pemerintah akan memberikan batasan-batasan tertentu pada produk yang sudah ada sehingga diperlukan produk baru agar tidak dikenai aturan-aturan tersebut.

7. *Costumers Request*. Keinginan konsumen untuk memenuhi kebutuhannya dalam kehidupan sehari-hari dan keinginan agar ada produk yang memiliki nilai fungsi lebih juga mendorong lahirnya produk baru.
8. *Material Cost dan Avalilability*. Biaya yang meningkat untuk bahan baku tertentu mendorong perusahaan untuk mencari alternatif lain sehingga akan mendorong lahirnya produk baru. begitu pula keterbatasan bahan baku juga mendorong perusahaan mencari bahan baku pengganti.
9. *Invention*. Penemuan yang diperoleh dari hasil penelitian dan pengembangan juga mendorong lahirnya produk baru.

## **2.2 *Quality Function Deployment (QFD)***

### **2.2.1 Pengertian *Quality Function Deployment (QFD)***

Lou Cohen (1995:11) memberi pengertian: “QFD adalah metode terstruktur yang digunakan dalam proses perencanaan dan pengembangan produk untuk menetapkan spesifikasi kebutuhan dan keinginan konsumen, serta mengevaluasi secara sistematis kapabilitas suatu produk dalam memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen”.

Berdasarkan definisinya, QFD merupakan praktek untuk merancang suatu proses sebagai tanggapan terhadap kebutuhan pelanggan. Tujuan dari *Quality Function Deployment* tidak hanya memenuhi sebanyak mungkin harapan pelanggan, tapi juga berusaha melampaui harapan-harapan pelanggan sebagai cara untuk berkompetensi dengan saingannya, sehingga diharapkan konsumen tidak menolak dan tidak komplein, tapi malah menginginkannya. QFD juga merupakan praktek menuju perbaikan proses yang dapat memungkinkan organisasi untuk melampaui harapan pelanggan (Cohen, 1995).

Manfaat menggunakan QFD antara lain:

1. Mengurangi biaya produksi

Dengan mengetahui kebutuhan konsumen terhadap produk yang diinginkan. Dalam proses produksi kita dapat meminimalisir biaya dengan memfokuskan desain produk pada aspek yang diinginkan oleh konsumen.

2. Memperpendek “time to market”

Produk yang kita buat pada dasarnya merupakan gabungan dari beberapa aspirasi konsumen sehingga secara otomatis produk yang kita pasarkan tersebut telah sesuai dengan keinginan dari konsumen. Hal ini sangatlah baik dalam rangka memperpendek “time to market” dari produk kita.

3. Meningkatkan kepuasan konsumen

Pengembang dapat mengetahui apa yang diinginkan konsumen, sehingga kepuasan konsumen akan terpenuhi.

### 2.2.2 Implementasi *Quality Function Deployment* QFD

Implementasi QFD secara garis besar dibagi dalam 3 (tiga) tahap. Adapun ketiga tahap tersebut adalah (Cohen, 1995) :

1. Tahap pengumpulan *Voice of Customer*.
2. Tahap penyusunan *Home of Quality*.
3. Tahap analisis dan interpretasi.

1. Tahap pengumpulan *Voice of Customer*

Pada tahap ini akan dilakukan survei untuk memperoleh suara pelanggan yang tentu membutuhkan waktu dan ketrampilan untuk mendengarkan. Proses QFD membutuhkan data konsumen yang ditulis sebagai atribut-atribut dari suatu produk atau jasa. Tiap atribut mempunyai data numerik yang berkaitan dengan kepentingan relatif atribut bagi konsumen dan tingkat performansi kepuasan konsumen dari produk yang dibuat berdasarkan atribut tadi (Ishak, 2002). Data dari konsumen dapat menunjukkan variasi pola hubungan yang mungkin

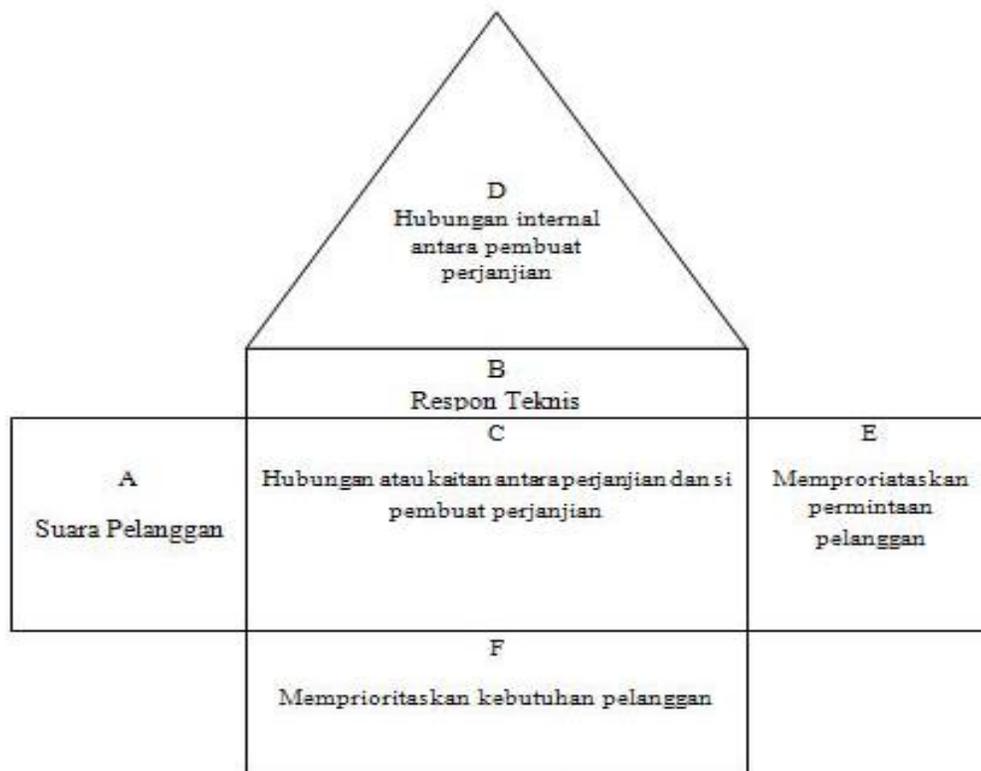
tergantung bagaimana performansi kepuasan atribut dikumpulkan. Interpretasi data ini harus memperhitungkan apakah pelanggan yang disurvei menggunakan satu atau beberapa produk dan apakah sample pelanggan terdiri atas seluruh pelanggan dari berbagai tipe atau segmen (Ulrich, 2000).

## 2. Tahap Penyusunan *House of Quality* (Rumah Mutu)

Proses QFD meliputi penyusunan satu atau lebih matrik (disebut juga table kualitas). Matrik yang pertama disebut rumah mutu (*House Of Quality*), yang menunjukkan keinginan konsumen (suara dari konsumen) yang terletak di sebelah kiri dan respon teknis dari tim pengembang untuk menemui keinginan yang berada sepanjang atas matrik. Matrik ini berisi beberapa bagian atau submatrik yang bergabung bersama-sama dalam rangka berbeda dimana di setiap submatrik berisi informasi-informasi yang berhubungan dengan submatrik yang lain (Cohen, 1995).

Ada beberapa langkah dalam pengisian *House of Quality* (HOQ) yang hanya memerlukan proses pengisian saja. Langkah-langkah yang di maksud adalah (Prentice Hall, 2003):

- a. Pengisian submatrik Suara pelanggan /keinginan konsumen (Bagian A)
- b. pengisian Submatrik Respon Teknis (bagian B)
- c. Pengisian Submatrik perjanjian antara pembuatan dan si pembuat perjanjian (bagian C)
- d. Pengisian Submatriks Hubungan internal antara perjanjian(bagian D)
- e. Pengisian Submatrik Memprioritaskan permintaan pelanggan (Bagian E)
- f. Pengisian Submatrik Memprioritaskan Kebutuhan pelanggan(Bagian F)



Gambar 2.2 Rumah mutu

Tahapan penyusunan *House Of Quality*:

A. Pengisian submatrik keinginan konsumen

Berisikan data atau informasi yang diperoleh dari penelitian atas kebutuhan dan keinginan konsumen. QFD dimulai dari daftar tujuan/saran. Daftar ini sering disebut juga apa yang di butuhkan oleh konsumen atau harapan pada produk tertentu. Daftar kebutuhan primer (utama) pelanggan biasanya tidak jelas dan bersifat umum. Definisi lebih lanjut dilakukan dengan membuat daftar baru yang lebih rinci tentang kebutuhan sekunder pelanggan, untuk mendukung kebutuhan primer (utama) pelanggan. Meskipun item pada daftar kebutuhan sekunder lebih besar dari daftar kebutuhan utama pelanggan, hal ini biasanya langsung di tindak lanjuti oleh staf engineering dan belum memerlukan definisi lebih lanjut. Akhirnya, daftar kebutuhan pelanggan dibagi ke dalam hirarki kebutuhan pelanggan primer, sekunder, dan tersier.

Adapun langkah-langkah yang diambil dalam mengisi kolom keinginan konsumen:

a. Mengumpulkan Permintaan Kualitas Customer (PKC)

Melakukan wawancara pribadi dengan konsumen merupakan cara yang sangat efektif untuk mendapatkan informasi yang lebih detail. Pertanyaan yang diajukan bersifat terbuka sehingga memungkinkan pewawancara untuk menemukan keinginan yang sebenarnya dari konsumen. Wawancara ini berlangsung sekitar 10 – 30 menit dan hasilnya dicatat.

b. Menyeleksi dan mengelompokkan Permintaan Kualitas Customer (PKC) ke dalam kategori-kategori utama

Penyeleksian dan pengelompokan ini perlu dilakukan karena seringkali konsumen memberikan jawaban tanpa menyatakan keinginan dasar mereka serta kata-kata yang mereka gunakan tidak tersusun dengan baik. Keinginan dari konsumen yang telah didapat kemudian diedit untuk mendapatkan susunan atau kombinasi kata-kata yang merupakan poin-poin atau kategori utama dari keinginan tersebut (keinginan primer). Keinginan primer ini dirinci oleh keinginan sekunder, jika mungkin akan sampai pada keinginan tersier. Penyusunan ini akan sangat memudahkan pada saat penyusunan respon teknis.

c. Menyusun keinginan konsumen ke dalam kolom keinginan

Setelah menyeleksi dan mengelompokkan ke dalam kategori-kategori maka daftar dari keinginan konsumen tersebut siap untuk disusun di submatrik keinginan konsumen yang terletak di sebelah kiri.

d. Menentukan bobot Permintaan Kualitas Customer (PKC)

Penentuan bobot permintaan kualitas customer dilakukan dengan mencari hubungan antara permintaan kualitas customer (PKC) dengan

permintaan kualitas customer (PKC). Dengan nilai antar hubungan dapat dilihat pada Table 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Nilai antar hubungan

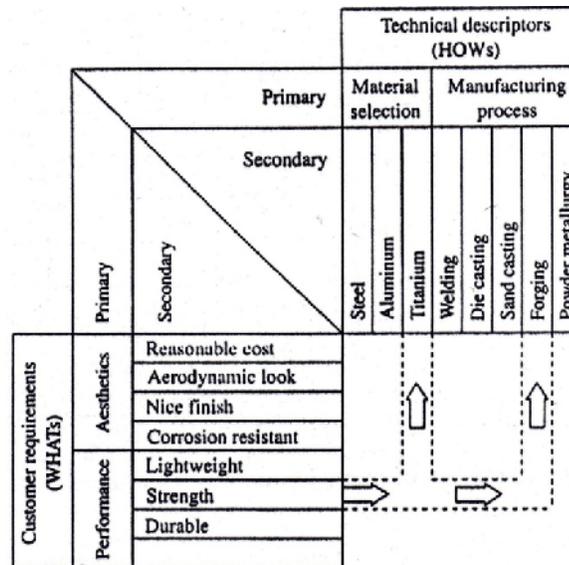
Nilai	Hubungan
1	Kurang Penting
2	Sama Penting
3	Lebih Penting

#### B. Pengisian submatrik respon teknis

Tujuan dari rumah mutu adalah untuk mendisain atau mngubah disain suatu produk yang sesuai dengan harapan pelanggan. Respon teknis adalah bahasa teknis yang dipakai oleh perusahaan untuk menterjemahkan keinginan konsumen menjadi hal yang bersifat teknis bagi perusahaan atau sering disebut performa kualitas konstruksi. Kebutuhanan dan harapan pelanggan telah dinyatakan dalam bentuk permintaan pelanggan, tim QFD harus datang dengan karakteristik rekayasa atau deskripsi teknis yang akan mempengaruhi satu atau lebih kebutuhan pelanggan. Setiap karakteristik rekayasa harus secara langsung mempengaruhi persepsi pelanggan dan dinyatakan dalam bentuk terukur. Setiap kebutuhan pelanggan dipecah menjadi tingkat berikutnya yang lebih jelas dengan mendata satu atau lebih dari daftar descriptor teknis utama untuk setiap kebutuhan pelanggan.

#### C. Mengembangkan hubungan antar matrix Apa and Bagaimna

Langkah selanjutnya membangun rumah mutu untuk membandingkan kebutuhan konsumen dan deskriptor teknik dengan menentukan masing-masing hubungan. Cara mencari hubungan antara kebutuhan konsumen dan deskriptor teknik dapat menjadi sangat membingungkan karena masing-masing keinginan konsumen lebih dari satu hal ini jadi mempengaruhi deskriptor teknik



Gambar 2.3 Struktur dan Diagram L

Salah satu cara untuk menentukan hubungan antara kebutuhan konsumen dan deskriptor teknis adalah menggunakan model matrik L. seperti pada gambar diatas. Dimana diagram model L menghubungkan 2 dimensi yang menentukan titik potong aitem pasangan yang sama, direncanakan dengan menyusun daftar deskriptor teknik tegak lurus dengan data kebutuhan kosumen. Matrik model L menginterpretasikan hubungan kompleks yang sangat mudah dan tidak memerlukan pengalaman yang signifikan.

#### D. Mengembangkan hubungan timbal balik matrik antara HOW( Bagaimna)

Atap dari rumah mutu disebut matrik korelasi yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan timbal balik antara masing-masing deskriptor teknik. Matrik korelasi adalah tabel segitiga yang disertakan pada deskriptor teknik. Simbol yang digunakan untuk menggambarkan hubungan timbal balik ,sebagai contoh,

**Interrelationship between technical  
descriptors (correlation matrix)  
HOWs vs. HOWs**

+ 9	●	Strong positive
+ 3	○	Positive
- 3	×	Negative
- 9	★	Strong negative

Tabel 2.2 Nilai antar hubungan

- Lingkaran yang berwarna bulat hitam menggambarkan hubungan positive yang kuat
- Lingkaran berwarna bulat putih menggambarkan hubungan positif
- X menggambarkan hubungan negatif
- Tanda bintang menggambarkan hubungan negatif yang kuat

Simbul ini menggambarkan petunjuk dari korelasi. Dengan kata lain, hubungan timbal balik positif yang kuat akan menjadi positif sempurna yang dekat. Hubungan timbal balik negatif yang kuat akan menjadi kolerasi yang sempurna. Diagram ini mengizinkan pengguna untuk mengidentifikasi deskriptor teknik, yang mana teknik berlawanan sangat penting karena mereka sering menghasilkan kebutuhan konsumen yang berlawanan dan, sebagai konsekuensi yang menggambarkan titik dimana pemberhentian perdagangan di buat.

#### E. Memprioritaskan permintaan pelanggan

Persaingan konsumen adalah blok dari kolom yang disamakan untuk masing-masing kebutuhan konsumen pada rumah mutu disisi kanan matrik hubungan, termasuk kolom evaluasi kompetisi untuk menunjukkan penilaian terjelek dan terbaik. Penilaian ini dapat juga direncanak dengan baik dan masing-masing kebutuhan konsumen, menggunakan simbol yang berbeda untuk setiap produk.

Persaingan konsumen adalah persaingan terbaik untuk menentukan bahwa kebutuhan konsumen telah ditemukan dan are yang diidentifikasi untuk konsentrasi

pada desain berikutnya. Dugaan persaingan konsumen juga mengandung penilaian dimana organisasi relatif berdiri untuk pesaing utamanya dalam bentuk kebutuhan masing-masing konsumen. Kedua dugaan sangat penting, karena mereka memberi pengertian pada organisasi dimana produknya bertahan dalam hubungannya dengan pasar .

Submatrik ini berisi data kuantitatif dari setiap keinginan konsumen dan tim pengembang akan diletakkan atau yang menjadi prioritas dalam perencanaan pengembangan produk atau jasa yang berhubungan dengan perusahaan pesaing (Cohen,1995)

#### F. Memprioritaskan kebutuhan pelanggan

Memprioritaskan kebutuhan konsumen membuat blok kolom yang dicocokkan untuk setiap permintaan pada rumah mutu. Pengolahan masing-masing permintaan konsumen Berisikan bobot dari Performa Kualitas Konstruksi (PKK), ini mencakup penilaian terhadap simbol korelasi antara Permintaan Kualitas Customer (PKC) dengan respon teknis atau Performa Kualitas Konstruksi (PKK). Konsepnya adalah sebuah bobot dapat dihitung dari setiap kolom yang mewakili sebuah kombinasi dari tingkat kepentingan pelanggan dengan kekuatan dari korelasi keinginan pelanggan terhadap respon teknis. Perhitungan adalah untuk setiap kotak kecil yang berisikan simbol, kekuatan simbol dikali dengan bobot PKC dari tiap keinginan pelanggan.

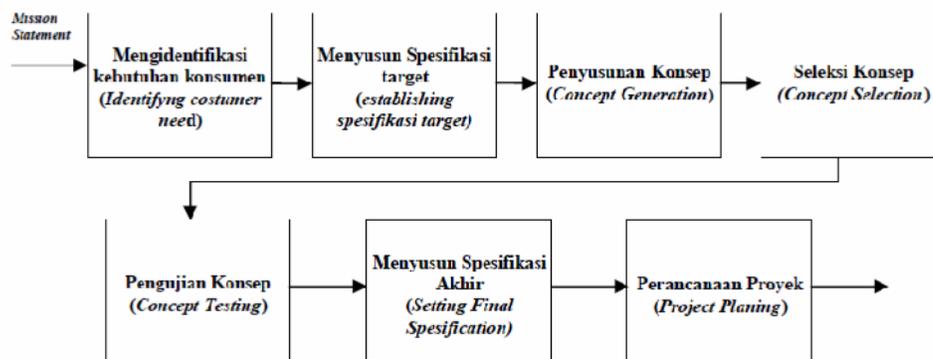
### 3. Tahap analisa dan interpretasi

Tahap analisa dan interpretasi merupakan tahap teknis dan implementasi Quality Function Deployment. Disini dilakukan analisis dan interpretasi terhadap rumah kualitas yang sudah disusun pada tahap sebelumnya. Dan bila dilanjutkan pada pembuatan suatu produk/jasa, maka akan dapat dihasilkan produk/jasa yang mempunyai karakteristik yang kuat dalam memenuhi keinginan konsumen (Cohen, 1995).

## 2.3 Pengembangan Konsep

Inti dari perencanaan desain adalah terletak pada pengembangan konsep. Ulrich mengemukakan bahwa konsep desain adalah kombinasi antara lisan, tulisan dan bentuk prototipe yang akan dilakukan perbaikan dan bagaimana pelanggan menunjukkan keuntungan/kerugiannya.

Pengembangan konsep meliputi langkah-langkah seperti pada Gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4 Langkah-langkah pengembangan konsep (Ulrich,2000)

Identifikasi produk, merupakan hal pertama yang harus dilakukan. Informasi ini secara formal disebut sebagai pernyataan misi (*mission statement*).

### 2.3.1 Proses Pengembangan Konsep

Proses pengembangan konsep (Ulrich, 2000) mencakup kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

#### 1. Mengidentifikasi Kebutuhan Konsumen (*Identifying Customer Needs*)

Sasaran kegiatan ini adalah untuk memahami kebutuhan konsumen dan menghubungkan secara efektif kepada tim pengembangan. Output dari langkah ini adalah sekumpulan pernyataan kebutuhan pelanggan yang tersusun rapi, diatur dalam daftar secara hierarki, dengan bobot-bobot kepentingan untuk tiap kebutuhan.

- Tujuan metode identifikasi kebutuhan pelanggan adalah :

- a. Meyakinkan bahwa produk telah difokuskan terhadap kebutuhan konsumen.
- b. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen yang tersembunyi dan tidak terucapkan (*latent needs*) seperti halnya kebutuhan yang eksplisit.
- c. Menjadi basis untuk menyusun spesifikasi produk.
- d. Menjamin tidak adanya kebutuhan konsumen penting yang terlupakan.
- e. Menanamkan pemahaman bersama mengenai kebutuhan konsumen diantara anggota tim pengembang.

## 2. Menyusun Spesifikasi Target (*Establishing Target Specification*)

Spesifikasi merupakan terjemahan dari kebutuhan konsumen menjadi kebutuhan secara teknis. Output dari langkah ini adalah suatu daftar spesifikasi target.

Proses pembuatan target spesifikasi terdiri dari 3 langkah :

- a. Menyiapkan daftar matrik kebutuhan dengan tingkat kepentingan yang diturunkan dari tingkat kepentingan kebutuhan yang direfleksikannya.
- b. Mengumpulkan informasi tentang pesaing dan mengkombinasikannya dengan tingkat kepuasan dari pelanggan produk pesaing..
- c. Menetapkan nilai target ideal dan marginal yang dapat dicapai untuk tiap matrik.

## 3. Penyusunan Konsep (*Concept Generation*)

Pada tahap ini hal yang dilakukan adalah :

- a. Menentukan spesifikasi teknis dari tongkat lansia yang akan dirancang seperti model, berat tongkat lansia dan bentuk dasar rangka.
- b. Menentukan besar persentil dari antropometri masyarakat Indonesia yang digunakan untuk perancangan tongkat lansia.
- c. Memilih material komponen rangka tongkat lansia yang sesuai dengan persyaratan produk.
- d. Membuat desain rangka tongkat lansia berupa gambar kasar beserta deskripsi singkat.

#### 4. Seleksi Konsep (*Concept Selection*)

Pemilihan konsep merupakan kegiatan memilih berbagai konsep dianalisis secara berturut-turut, kemudian dieliminasi untuk mengidentifikasi konsep yang paling menjanjikan.

- Pemilihan konsep terdiri atas dua tahap, yaitu :

##### a. Penyaringan konsep

Tujuan penyaringan konsep adalah mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep.

##### b. Penilaian konsep

Pada tahap ini, tim memberikan bobot kepentingan relatif untuk setiap kriteria seleksi dan memfokuskan pada hasil perbandingan yang lebih baik dengan penekanan pada setiap kriteria.

#### 5. Pengujian konsep (*Concept Testing*)

Pada tahap perancangan komponen merupakan sebuah langkah ketika dari konsep yang terpilih akan dirancang komponen pelengkap produk dan dilakukan pengujian struktur.

Dalam merancang komponen dilakukan perhitungan desain secara menyeluruh seperti perhitungan gaya-gaya yang bekerja, momen yang terjadi, kekuatan bahan sampai dengan faktor-faktor yang penting misalnya faktor keamanan, faktor keandalan dan dalam pemberian dimensi, toleransi serta spesifikasi produk yang lainnya.

Konsep yang telah dirancang kemudian diuji untuk mengetahui apakah kebutuhan konsumen telah terpenuhi dan mengidentifikasi kerusakan yang mungkin terjadi dalam perkembangan selanjutnya. Jika pada pengujian rancangan komponen menunjukkan kerusakan maka rancangan tersebut harus diulang sampai menghasilkan yang terbaik.

#### 6. Menyusun spesifikasi akhir (*Setting Final Specification*)

Spesifikasi target yang telah disusun terlebih dahulu diuji kembali setelah konsep selesai diseleksi dan diuji. Pada tahap ini haruslah memperhatikan nilai spesifik matrik yang menggambarkan keterbatasan dari konsep produk tersebut, batasan diidentifikasi melalui permodelan teknis.

#### 7. Perencanaan proyek

Pada kegiatan akhir pengembangan konsep ini, tim membuat suatu jadwal pengembangan secara rinci, menentukan strategi untuk meminimasi waktu pengembangan, dan mengidentifikasi sumber daya yang digunakan untuk menyelesaikan proyek.

### **2.4. Metode Elemen Hingga**

Metode Elemen Hingga (MEH) dipergunakan sebagai solusi pendekatan yang dapat memecahkan persoalan-persoalan mekanika dengan geometri maupun pembebanan yang kompleks (Cook R.D., 1990, *Konsep dan Aplikasi Metode Elemen Hingga*). Metode ini memiliki sifat yang sama dengan metode numerik yang lainnya, yaitu untuk mendapatkan nilai pendekatan. Metode ini dipergunakan sebagai interasi untuk memperoleh harga yang paling mendekati harga eksak.

Secara eksak Metode Elemen Hingga dilakukan asumsi peralihan pada setiap elemen dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membagi struktur menjadi beberapa elemen dengan memilih elemen yang cocok untuk geometri struktur analisis.
2. Mengasumsikan fungsi peralihan setiap elemen sedemikian rupa sehingga peralihan pada setiap titiksembarang dipengaruhi oleh nilai titik nodenya.
3. Menentukan persamaan pendekatannya dengan menurunkan persamaan keseimbangan untuk setiap node dari hasil diskretisasi struktur sesuai distribusi elemen dan persamaan pendekatan fungsi peralihan nodenya.

Model elemen untuk struktur secara umum disesuaikan dengan kasus-kasus maupun problem fisik yang ditemui. Model elemen dibagi menjadi 3 yaitu:

- Elemen Garis (Elemen Satu Dimensi)
- Elemen Dua Dimensi
- Elemen Tiga Dimensi

#### 2.4.1 Elemen Garis (Elemen satu Dimensi)

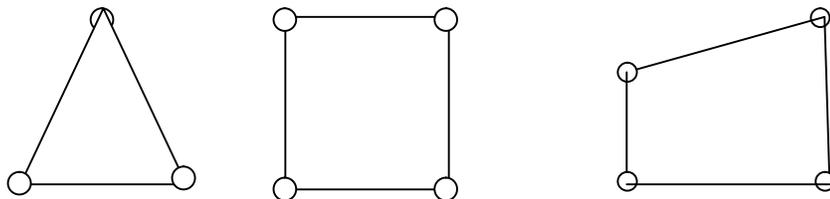
Elemen ini hanya segmen garis panjang yang dibatasi oleh dua node pada kedua ujungnya. Biasanya digunakan untuk memodelkan benda yang mempunyai panjang jauh lebih besar dari pada lebar dan tinggi, seperti batang, pipa, balok dan lain-lain.



Gambar 2.5 : Elemen Satu Dimensi

#### 2.4.2 Elemen Dua Dimensi

Elemen ini digunakan untuk memodelkan benda yang mempunyai satu dimensi jauh lebih kecil dari dua dimensi lainnya dan benda tiga dimensi yang memiliki sifat seragam pada panjangnya.



Gambar 2.6 : Elemen Segitiga, Segi Empat, *Quadrilateral*

Bentuk yang sering dipergunakan : elemen segitiga dan elemen segiempat. Linier elemen mempunyai sisi yang lurus. Elemen dengan order lebih tinggi (quadratic, cubic) dapat sisi lurus atau lengkung. Modeling untuk domain dengan

batas sisi lengkung dimungkinkan dengan penambahan node tengah (*midside node*). Ketebalan elemen bisa sama (konstan) atau bisa sebagai fungsi dari koordinat.

Metode elemen hingga (*fenik elemen method*) didasarkan pada suatu konsep dimana continuous function (*temperature, pressure, displacement* dan sebagainya) didekati dengan suatu discrete model yang terdiri dari satu set piecewise continuous function, masing-masing piecewise function didefinisikan untuk suatu sub domain yang disebut finite elemen.

Pembuatan discrete model pada finite elemen analisis dilaksanakan sebagai berikut :

1. Tentukan letak beberapa titik yang akan membagi domain menjadi beberapa bagian. Titik-titik tersebut selanjutnya akan disebut sebagai nodal point atau node.
2. Harga fungsi dari pada setiap node dinyatakan sebagai variable yang harganya akan ditentukan kemudian ( dicari ).
3. Domain terbagi menjadi sejumlah sub domain yang disebut elemen. Elemen dihubungkan satu sama lainnya pada node dan secara keseluruhan akan mendekati bentuk domain asal.
4. Continuous function pada setiap elemen didekati dengan polynomial.
5. Menjadikan elemen-elemen diskrit untuk memperoleh simpangan- simpangan dan gaya-gaya anggota dari suatu struktur.
6. Menggunakan elemen-elemen kontinum untuk memperoleh solusi pendekatan terhadap permasalahan-permasalahan perpindahan panas, mekanika fluida dan mekanika solid.
7. Dua karakteristik yang membedakan metoda elemen hingga dengan metoda numeric yang lain yaitu :
  - Metoda ini menggunakan formulasi integral untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar.
  - Metoda ini menggunakan fungsi-fungsi kontinyu untuk pendekatan parameter-parameter yang belum diketahui.

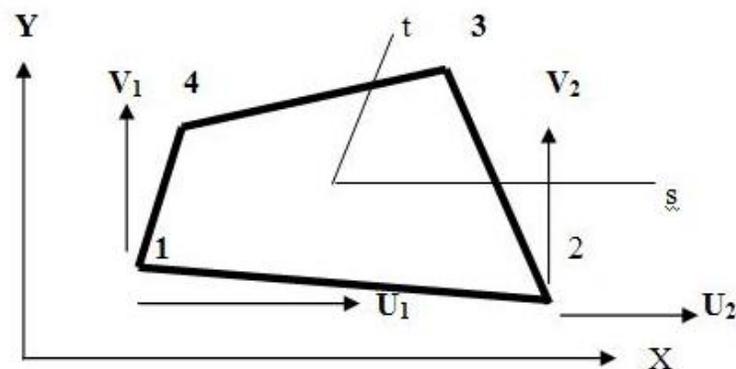
Konsep dasar dari finite elemen berlaku pula untuk problem dua atau tiga dimensi ( 2- D, 3- D problem ). Elemen untuk dua dimensi domain merupakan fungsi dari pada X dan Y. Pada umumnya berbentuk segi tiga dan segi empat. Elemen bisa terbentuk bidang datar atau bidang lengkung.

Ada beberapa keuntungan dari finite elemen methode :

1. Finite elemen methode diterapkan pada bermacam- macam engineering problem.
2. Proyek yang dianalisa bisa mempunyai bermacam bentuk ( *shape* ), beban dan syarat batas ( *boundary condition* ).
3. Elemen tidak harus dari bahan yang sama. Ini menunjukkan finite elemen method digunakan pada objek yang terbuat dari berbagai bahan.
4. Ukuran dari masing- masing elemen tidak harus sama.

Problem utama dari finite elemen methode adalah diperlukan computer yang berkemampuan operasi tinggi dan mempunyai kapasitas memory yang besar. Diperlukan pengalaman dan good engineering untuk membuat disk yang baik.

#### Dasar Teori Elemen Dua Dimensi



Gambar 2.7: Elemen segiempat dengan 4 node

Penomoran node ditentukan dalam arah lawan perputaran jam (CCW). Dua sumbu Koordinat Natural s dan t berpotongan tidak harus tegak lurus. Dalam system koordinat natural, ke empat node dari elemen dinyatakan dalam (s,t) . Diingatkan kembali bahwa kedua sumbu koordinat ini tidak harus tegak lurus.

Fungsi interpolasi atau fungsi Displacment dalam arah X dan Y adalah

$$\left. \begin{aligned} u(s,t) &= N_1 u_1 + N_2 u_2 + N_3 u_3 + N_4 u_4 \\ v(s,t) &= N_1 v_1 + N_2 v_2 + N_3 v_3 + N_4 v_4 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots ( 2.1)$$

Untuk KoordinatGlobal:

$$\left. \begin{aligned} X(s,t) &= N_1 X_1 + N_2 X_2 + N_3 X_3 + N_4 X_4 \\ Y(s,t) &= N_1 Y_1 + N_2 Y_2 + N_3 Y_3 + N_4 Y_4 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots ( 2.2)$$

Besarnya Shape Function untuk setiap node (diperoleh dari interpolasi Lagrange)adalah:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= \frac{(1-s).(1-t)}{4} & N_2 &= \frac{(1-s).(1-t)}{4} \\ N_3 &= \frac{(1-s).(1-t)}{4} & N_4 &= \frac{(1-s).(1-t)}{4} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots ( 2.3 )$$

**Catatan:**  $N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = 1$

**“ Jumlah *Shape Function* dari suatu titik= 1”**

Gunakan kembali persamaan fungsi interpolasi atau fungsi Displacement untuk koordinat global dalam arah X dan Y untuk menghitung Strain dari element Quadrilateral

$$\frac{\delta u}{\delta s} = \frac{\delta u}{\delta x} \frac{\delta x}{\delta s} + \frac{\delta u}{\delta y} \frac{\delta y}{\delta s} = \text{untuk koordinat arah X}$$

$$\frac{\delta u}{\delta t} = \frac{\delta u}{\delta x} \frac{\delta x}{\delta t} + \frac{\delta u}{\delta y} \frac{\delta y}{\delta t} = \text{untuk koordinat arah Y}$$

Untuk displacement ke arah horzontal, Kedua persamaan diatas dimasukkan ke dalam bentuk matrik

Sehingga bila persamaan Determinan jacobian dimasukkan kedalam matrix:

$$|J| = [y_1 \ y_2 \ y_3 \ y_4] [a] \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(2.4)$$

$[a]$  = Matrik Absis Global

Untuk elemen matrik  $[a]$ . disimpulkan dengan matrik

$$[a] = -\frac{1}{8} \begin{bmatrix} 0 & 1-t & t-s & s-1 \\ t-1 & 0 & s+1 & -(t+s) \\ s-t & -(s+1) & 0 & t+1 \\ 1-s & s+t & -(t+1) & 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dalam bentuk matrik

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{|j|} [y_1 \ y_2 \ y_3 \ y_4] [a] \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{Bmatrix} = \epsilon_x \dots\dots\dots(2.6)$$

Dalam bentuk matrik, persamaan terakhir ini ditulis sebagai

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{|j|} [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4] [a] \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{Bmatrix} = x \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk displacement ke arah vertikal (= v),persamaan (2.6) di ubah menjadi

(Ganti semua U dengan V)

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \end{Bmatrix} = \frac{1}{|J|} \begin{bmatrix} \frac{\partial y}{\partial t} & -\frac{\partial y}{\partial s} \\ -\frac{\partial x}{\partial t} & \frac{\partial x}{\partial s} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial v}{\partial s} \\ \frac{\partial v}{\partial t} \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (2.8)$$

Matrik dari persamaan diatas, dapat ditulis:

$$\frac{1}{|J|} = [y_1 \ y_2 \ y_3 \ y_4] [a] \begin{Bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dan dapat diperoleh juga'

$$-\frac{1}{|J|} = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4] [a] \begin{Bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{Bmatrix} = y \dots\dots\dots (2.10)$$

Diingatkan kembali tentang devinisi dari strain ;

$$= \begin{Bmatrix} \epsilon_y^x \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(2.11)$$

Kemudian dari persamaan (2.10) dan persamaan (2.11) kemudian jumlahkan, maka didapatkan ;

$$\gamma_{xy} = -\frac{1}{|J|} [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4] [a] \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{Bmatrix} + \frac{1}{|J|} [y_1 \ y_2 \ y_3 \ y_4] [a] \begin{Bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{Bmatrix}$$

Sehingga

$$= \begin{Bmatrix} \epsilon_y^x \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = [B] \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ \dots \\ \dots \\ u_4 \\ v_4 \end{Bmatrix} [B] \{q\} \dots\dots\dots(2.12)$$

Kemudian ini akan dihitung berapakah harga dari B<sub>1j</sub>

$$B_{1,(2j-1)} = \frac{1}{|J|} \sum_{i=1}^4 y_i a_{ij}, \quad j = 1, 2, 3, 4$$

$$B_{1,j} = 0 \text{ untuk } j = 2, 4, 6, 8$$

Dengan kata lain ;  $B_{1, \text{genap}} = 0$ .

$$B_{2,2j} = -\frac{1}{|J|} \sum_{i=1}^4 x_i a_{ij} \quad j = 1, 2, 3, 4$$

$$B_{2,j} = \text{untuk} \quad j = 1, 3, 5, 7$$

Dengan kata lain ;  $B_{2, \text{gasal}} = 0$

Dari persamaan (2.9) dan (2.10) diperoleh:

$$\begin{aligned} B_{3,j} &= B_{2,j+1} \quad \text{untuk} \quad j = 1, 3, 5, 7. \\ &= B_{1,(j-1)} \quad \text{untuk} \quad j = 2, 4, 6, 8. \end{aligned}$$

Agar penulisan lebih sederhana, diadakan peringkasan sebagai berikut:

$$x_{m,n} = x_m - x_n$$

$$y_{m,n} = y_m - y_n$$

dan maka elemen-elemen matrik [B] dinyatakan sebagai berikut:

$$B_{11} = B_{32} = \frac{1}{8|J|} (y_{24} - s y_{43} + t y_{32})$$

$$B_{13} = B_{34} = \frac{1}{8|J|} (y_{31} - s y_{34} + t y_{14})$$

$$B_{15} = B_{36} = \frac{1}{8|J|} (y_{13} - s y_{21} + t y_{23})$$

$$B_{17} = B_{38} = \frac{1}{8|J|} (y_{13} - s y_{21} + t y_{23})$$

$$B_{22} = B_{31} = \frac{1}{8|J|} (y_{42} - s y_{34} + t x_{23})$$

$$B_{24} = B_{44} = \frac{1}{8|J|} (y_{13} - s y_{43} + t x_{41})$$

$$B_{26} = B_{35} = \frac{1}{8|J|} (y_{24} - s y_{21} + t x_{14})$$

$$B_{28} = B_{37} = \frac{1}{8|J|} (y_{31} - s y_{12} + t x_{32})$$

Dimana:

$$|j| = \frac{1}{8} [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4] \begin{bmatrix} 0 & 1-t & t-s & s-1 \\ t-1 & 0 & s+1 & -(t+s) \\ s-t & -(s+1) & 0 & t+1 \\ 1-s & s+t & -(t+1) & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{Bmatrix} \quad (2.13)$$

Dan untuk mencari tegangan dari suatu material dapat dicari dengan menggunakan rumus

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{x \ y} \end{Bmatrix} = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{x \ y} \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (2.14)$$

Atau disederhanakan menjadi

$$\{\sigma\} = [C] \{\epsilon\}$$

$\{\sigma\}$  = Vektor Strees

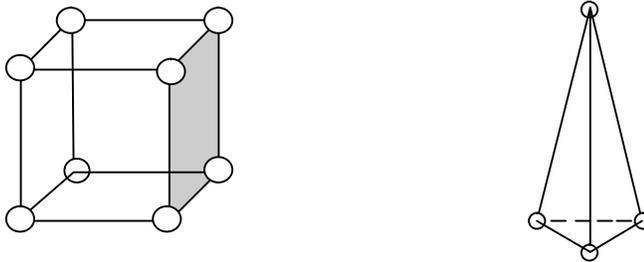
$\{\epsilon\}$  = Vektor Strain

$[C]$  = matrik konstitusi untuk Plane Stress

Persamaan determinan yang telah lengkap dari fungsi persamaan elemen adalah titik point dari persamaan segiempat elemen yang berada dalam persamaan nodalnya.

### 2.4.3 Elemen Tiga Dimensi

Elemen ini digunakan memodelkan struktur secara utuh. Keempat node yang ada, dalam perputarannya berlawanan arah jarum jam CCW pada suatu bidang dan 1 pada lawan arah berlawanan pada bidang.



Gambar 2.8: Elemen Tiga Dimensi

## 2.5 CATIA (*Computer Aided Three Dimensional Interactive Application*)

Software CATIA adalah alat bantu yang mempunyai banyak fungsi pada CAD, CAM, dan CAE dipadu dengan model analisa rancang bangun yang handal. CATIA memiliki keistimewaan sebagai salah satu sistem gambar 2 dimensi dan 3 dimensi yang konsisten mulai dari user interface, data management, data base, model yang sangat komplit dan program aplikasi interface. *CATIA V5R14* menawarkan berbagai macam aplikasi yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan analisa pada disiplin ilmu yang berbeda, antara lain :

1. *Mechanical design*
2. *Shape*
3. *Analysis and simulation.*
4. *AEC Plant.*
5. *NC manufacturing.*
6. *Ergonomic design and analysis*

CATIA sebagai *analysis tool* yang berfungsi untuk analisa produk yang ada ataupun dalam proses perancangan, mempunyai beberapa bagian antara lain CATIA kinematic, CATIA *image design*, dan CATIA FEM (*Finite Element Modular*).

Secara khusus pada CATIA *Finite Modular* mempunyai kemampuan dan kegunaan dalam *pre processor 3D finite element* serta membangun suatu model lengkap dengan mendiskripsikan fisik dan sifat material, kondisi batas, dan beban. *Finite Element Modeler* dapat secara cepat dan tepat dalam mendefinisikan dan merubah *mesh*

### 2.5.1 Proses Dasar Simulasi

CATIA V5R14 merupakan program tiga dimensi yang mampu membuat gambar teknik dalam perencanaan benda kerja, dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kelebihan *software* CATIA V.5 R.15 misalnya, perangkat lunak ini mampu untuk membuat gambar 3 dimensi, analisa perhitungan, dan simulasi pembebanan. Namun untuk memberikan suatu efek film program ini belum mampu. Setelah seluruh *part* dibuat dan di *assembly*. Tinggal memberikan *load serta* pemberian asumsi kondisi batas sesuai / mendekati keadaan sebenarnya maka dapat dilakukan proses komputasi untuk mengetahui analisa struktur hasil simulasi pembebanan.

## 2.6 Teori Kegagalan (*Theories of Failure*)

Kegagalan (*failure*) dari suatu elemen mesin yang menerima pembebanan, dinyatakan apabila elemen tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan yang direncanakan. Oleh karena itu perlu diberikan kriteria -kriteria kapan logam tersebut dapat dikatakan gagal. Untuk teori ini terdapat dua kriteria kegagalan yaitu:

- a. Distorsi atau deformasi plastik. Kegagalan ini menyatakan bahwa bila material tersebut sudah mengalami deformasi plastik karena sudah melewati suatu harga tertentu.

- b. Patah (*fracture*). Kegagalan ini menyatakan bahwa material tersebut sudah patah atau terpisah menjadi dua bagian. Untuk tipe kegagalan ini dipergunakan batas harga tegangan maksimum yang diijinkan pada material.

Teori kegagalan dibedakan menurut jenis material yang digunakan, untuk material getas (*brittle*) biasanya menggunakan *Maximum Normal Stress Criterion* dan *Mohr's Creation*, sedangkan untuk material ulet biasan ya menggunakan *Maximum shearing Stress Criterion (Tresca Criterion)* dan *Maximum Distortion Energi Criterion (Von Mises Criter ion)*.

2.6.1 Maximum Normal Stress Teory (MNST)

Teori tegangan normal maksimum menyatakan bahwa kegagalan terjadi jika tegangan principal positif terbesar dengan  $\sigma_{max}$  melebihi tegangan yield

$\sigma_{max} \leq S_{yp}/N$

$$\frac{S_u}{N} \geq \sigma_{max} \dots\dots\dots(2.15)$$

Teori ini memprediksi bahwa kegagalan terjadi setiap kali

$$\sigma_1 \geq S_y \dots\dots\dots( 2.16)$$

$S_y =$  Tegangan yield

2.6.2 (Maximum Shear- Stress Teory) (MSST)

Diusulkan pertama kali oleh C. A Coulomb (1736 -1806), kemudian disempurnakan oleh Tresca (1864) sehingga sering disebut teori kegagalan Tresca. Teori ini khusus untuk material yang ulet dengan dasar bahwa kegagalan terjadi bila tegangan geser maksimum yang terjadi, melewati harga tegangan geser yang diijinkan pada material.

$$\tau_{maksimum} \leq \frac{S_{ys}}{N} \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana

$\tau_{max}$  = tegangan geser maksimum

$S_{ys}$  = tegangan yield geser material

N = taktor keamanan

## 2.7 Ergonomi

Ergonomi adalah suatu studi yang mempelajari hubungan manusia dengan lingkungan, digunakan untuk mencegah dari kecelakaan sehingga dapat menciptakan peningkatan atas kenyamanan dan keamanan dalam beraktivitas (Nurmianto, 1999).

Fokus utama pertimbangan ergonomi adalah mempertimbangkan unsur manusia dalam perancangan objek, prosedur kerja dan lingkungan kerja. Sedangkan metode pendekatannya adalah dengan mempelajari hubungan manusia, pekerjaan dan fasilitas pendukungnya, dengan harapan dapat sedini mungkin mencegah kelelahan yang terjadi akibat sikap atau posisi kerja yang keliru. Untuk itu, dibutuhkan adanya data pendukung seperti ukuran bagian-bagian tubuh yang memiliki relevansi dengan tuntutan aktivitas, dikaitkan dengan profil tubuh manusia, baik orang dewasa, anak-anak atau orang tua, laki-laki dan perempuan, utuh atau cacat tubuh, gemuk atau kurus. Jadi, karakteristik manusia sangat berpengaruh pada desain dalam meningkatkan produktivitas kerja manusia untuk mencapai tujuan yang efektif, sehat, aman dan nyaman. Tujuan tersebut dapat tercapai dengan adanya pengetahuan tentang kesesuaian, kepresisian, keselamatan, keamanan, dan kenyamanan manusia dalam menggunakan hasil produk desain, yang kemudian dikembangkan dalam penyelidikan di bidang ergonomi (Wardani, 2003).

### 2.7.1 Antropometri

Antropometri berasal dari kata *anthro* yang berarti manusia dan *metri* yang berarti ukuran. Menurut Wignjosuebrotto secara definitif antropometri dapat dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Antropometri secara luas digunakan sebagai pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan produk maupun sistem kerja yang memerlukan interaksi manusia secara luas.

Dimensi-dimensi tubuh ini dibagi menjadi kelompok statistika dan ukuran persentil. Jika seratus orang berdiri berjajar dari yang terkecil sampai terbesar dalam suatu urutan, hal ini akan dapat diklasifikasikan dari 1 persentil sampai 100 persentil. Dan umumnya persentil yang digunakan pada perancangan adalah persentil 5, persentil 50 dan persentil 95.

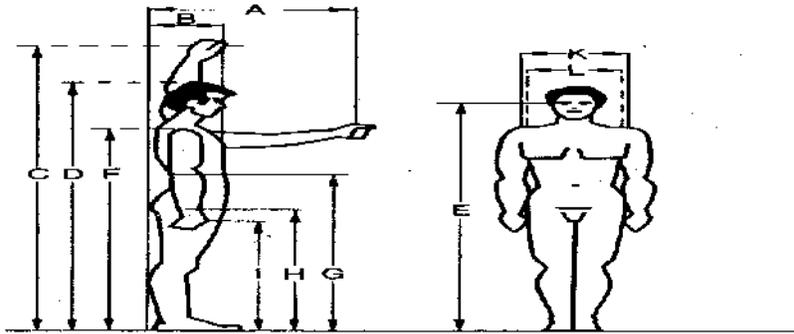
Data dimensi manusia ini sangat berguna dalam perancangan produk dengan tujuan mencari keserasian produk dengan manusia yang memakainya. Pemakaian data antropometri mengusahakan semua alat disesuaikan dengan kemampuan manusia, bukan manusia disesuaikan dengan alat. Rancangan yang mempunyai kompatibilitas tinggi dengan manusia yang memakainya sangat penting untuk mengurangi timbulnya bahaya akibat terjadinya kesalahan kerja akibat adanya kesalahan desain (*design induced error*).

Dengan adanya data antropometri dapat diketahui ukuran, bentuk, dan dimensi yang tepat dari suatu produk. Peralatan/alat bantu kerja hasil rancangan harus dapat digunakan oleh pengguna (pekerja). Dengan menggunakan data antropometri masyarakat Indonesia diharapkan dapat merancang suatu rangka yang sesuai dengan postur tubuh masyarakat Indonesia agar dapat memuaskan baik dari si pengguna maupun pemberi jasa produksi.

- Antropometri posisi berdiri

Antropometri posisi berdiri untuk diterapkan pada ergonomi yang terpenting adalah :

- |                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| 1. Panjang lengan (A)         | 7. Tinggi siku (G)    |
| 2. Lebar badan (B)            | 8. Tinggi lengan (H)  |
| 3. Tinggi lengan vertical (C) | 9. Tinggi tangan (I)  |
| 4. Tinggi badan (D)           | 10. Tebal bahu (K)    |
| 5. Tinggi kepala (E)          | 11. Tebal pinggul (L) |
| 6. Tinggi bahu (F)            |                       |



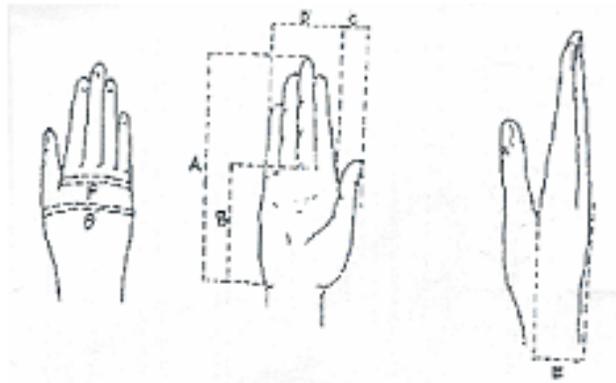
Sumber : Widagdo, Abtokhi, Liliana (2007)

Gambar 2.9 Antropometri posisi berdiri

- Antropometri tangan

Pada antropometri tangan beberapa bagian yang perlu diukur adalah:

1. Panjang tangan (A)
2. Panjang telapak tangan (B)
3. Lebar tangan sampai ibu jari (C)
4. Lebar tangan sampai matakarpal (D)
5. Ketebalan tangan sampai matakarpal (E)
6. Lingkar tangan sampai telunjuk (F)
7. Lingkar tangan sampai ibu jari (G)



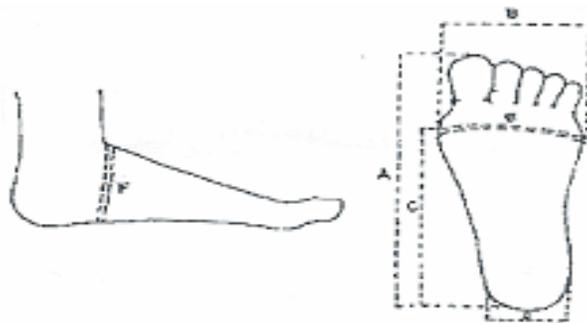
Sumber : Widagdo, Abtokhi, Liliana (2007)

Gambar 2.10 Antropometri tangan

- Antropometri kaki

Pada bagian antropometri kaki beberapa bagian yang perlu di ukur adalah:

1. Panjang kaki (A)
2. Lebar kaki (B)
3. Jarak antara tumit dengan telapak kaki yang lebar (C)
4. Lebar tumit (D)
5. Lingkar telapak kaki (E)
6. Lingkar kaki membujur (E)



Sumber : Widagdo, Abtokhi, Liliana (2007)

Gambar 2.11 Antropometri kaki

### 2.7.2 *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

Rula merupakan metode ergonomi yang digunakan untuk mengurangi terjadinya resiko yang berhubungan dengan pekerjaan seseorang pada tubuh bagian atas. RULA ditemukan Dr. Lyne Atomney dan Profesor E.Nigel Corlitt pada Tahun 1993 di Nottingham, Inggris. Rula dapat membantu untuk mengurangi resiko cedera pada seorang pekerja. Analisa RULA dapat dilakukan sebelum dan sesudah demonstrasi untuk mengetahui apakah resiko cedera sudah berkurang.

Rula di gunakan dengan cara mengevaluasi postur tubuh, kekuatan yang dibutuhkan dan gerakan otot pekerja pada saat sedang bekerja. Terdapat 5 factor eksternal yang dapat menjadi factor resiko yang berhubungan dengan terjadinya cedera pada tubuh bagian atas, yaitu:

1. Jumlah dari pergerakan.
2. Kerja otot secara statis.
3. Gaya.
4. Sikap kerja.
5. Waktu kerja tanpa berhenti.

Perbedaan-perbedaan yang terdapat pada setiap individu pekerja antara lain:

- a) Postur tubuh
- b) Kecepatan gerakan
- c) Akurasi gerakan
- d) Frekuensi dan lamanya *delay*
- e) Umur dan pengalaman
- f) Factor social

Oleh sebab itu, RULA didisain untuk membahas fakto-faktor resiko di atas terutama 4 faktor eksternal pertama. Adapun tujuan dari metode ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai metode yang dengan cepat mengurangi resiko cedera pada pekerja, khususnya yang berkaitan dengan tubuh bagian atas.

2. Mengidentifikasi bagian tubuh yang mengalami kelelahan dan kemungkinan terbesar mengalami cedera
3. Memberikan hasil analisa dan perbaikan.

Terdapat 3 langkah untuk mendapatkan hasil dari metode RULA:

- a) Merekam postur tubuh ketika sedang bekerja  
Bagian tubuh yang dianalisa meliputi: lengan(lengan atas), siku tangan (lengan bawah), pergelangan leher, dan kaki. Pada langkah ini, peneliti merekam dan memasukkan data postur tubuh pekerja pada *software* RULA. Kemudian, dari data tersebut dapat diketahui bagian tubuh yang mempunyai kemungkinan terbesar mengalami cedera.
- b) Menghitung nilai  
Data hasil rekaman yang telah dimasukkan software, dihitung nilainya untuk masing-masing bagian tubuh.
- c) *Action Level*  
Dari hasil nilai yang didapatkan, kemudian diklasifikasikan menurut *action level*

Tabel 2.3 . Tabel *Action Level* ( resiko cedera)

<b>Range Nilai</b>	<b>warna</b>	<b>Kemungkinan timbul cedera pada postur tubuh</b>
1 dan 2	Hijau	Dapat Diterima
3 dan 4	Kuning	Penyelidikan Lebih Jauh Dibutuhkan Dan Mungkin Saja Perubahan Diperlukan
5 dan 6	Orange	Penyelidikan Dan Perubahan Dibutuhkan Segera
7	Merah	Penyelidikan Dan Perubahan Dibutuhkan Sesecepatnya Mungkin (Mendesak)

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

#### 3.1.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data awal dilakukan melalui kuesioner kepada sejumlah customer berupa atribut-atribut yang berhubungan dengan kualitas dari produk tingkat lansia yang sekiranya diharapkan atau yang diinginkan customer.

- a. Pengumpulan data dengan metode kuesioner yang dilakukan dengan wawancara pribadi dengan customer, pertanyaan yang diajukan bersifat terbuka sehingga memungkinkan saya sebagai pewawancara untuk menemukan keinginan yang sebenarnya dari customer. Wawancara ini berlangsung sekitar 10 – 30 menit dan hasilnya dicatat.
- b. Customer yang dipilih dan dilibatkan dalam proses perancangan dan pengembangan produk hanya para pengguna tingkat lansia di daerah Jember dan sekitarnya.
- c. Pemilihan customer dilakukan berdasarkan *convenience sample*, yaitu customer yang dipilih berdasarkan kemudahan akses oleh peneliti. Selain itu juga dikombinasikan dengan metode *snowball effect*, yaitu seorang customer merekomendasikan customer yang lain.
- d. Jumlah customer yang direncanakan berjumlah 30 (tiga puluh) customer yang menjawab dan datanya dapat diolah telah mencapai keserasian data dan kecukupan data. Wawancara secara perorangan dapat dianggap mencukupi, dalam arti cukup menggambarkan kebutuhan konsumen sampai sekitar 90% adalah sebanyak 30 wawancara. Ini berdasarkan pada penelitian untuk suatu produk picnic coolers oleh Griffin dan Houser (Ulrich, 2000).

### 3.1.2 Metode perancangan

Secara garis besar tahapan perancangan yang ditujukan untuk menyelesaikan perancangan rangka tongkat lansia adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan hasil kuesioner.
2. Menyusun *House of Quality* (Rumah Mutu)
3. Pengembangan konsep
4. Seleksi konsep
5. Gambar teknik
6. Analisa struktur rangka tongkat lansia menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan Software CATIA untuk pembebanan statis.

#### A. Mengumpulkan hasil kuesioner

Pada tahap ini data awal yang berasal dari kuesioner dikumpulkan agar di peroleh *Voice of Customer* atau suara konsumen, dengan menyeleksi dan mengelompokkan Permintaan Kualitas Customer (PKC) ke dalam kategori-kategori utama dan di gunakan sebagai atribut-atribut pada suara konsumen atau Permintaan Kualitas Customer (PKC).

#### B. Penyusunan *House Of Quality* (Rumah Mutu)

##### **Atribut-atribut yang diinginkan Konsumen**

<b>Customer Requiremnt (WHATs)</b>
Tongkat dapat digunakan dengan baik
Bahan dari tongkat
Pegangan tongkat lebih nyaman pada saat digunakan
Tongkat tidak cepat berkarat
Mudah dibongkar pasang
Banyaknya kaki

Tongkat tidak terlalu berat
Kuat
Murah
Mudah perawatannya

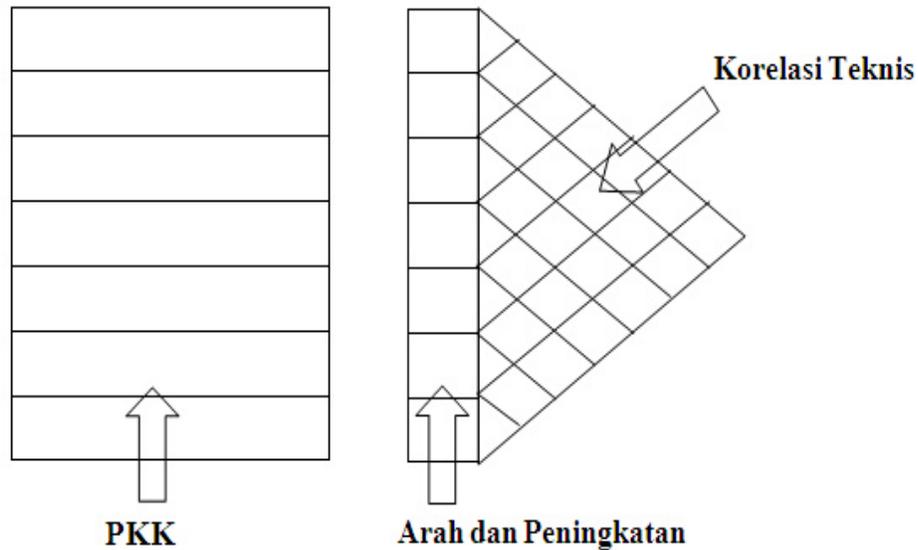
- Menentukan bobot Permintaan Kualitas Customer (PKC)

Permintaan Kualitas customer (PKC)									
Jumlah bobot PKC									

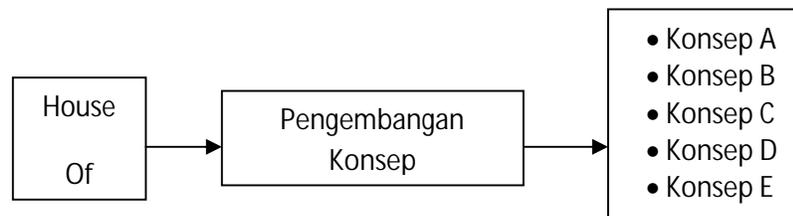
- Pengisian submatrik *House Of Quality* (Rumah Mutu)

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>PKK</span> <span>PKC</span> </div>		Bobot PKC						
Hasil Bobot PKK								

- Optimasi submatrik atap



### C. Pengembangan konsep



### D. Seleksi konsep

Table 3.1 Penyaringan Konsep (*Concept screening*)

Seleksi criteria	Konsep				
	A	B	C	D	E
	Referensi	Togkat 1	Tongkat 2	Tongkat 3	Tongkat 4
Bahan pegangan					
Bahan rangka					
Bahan alas kaki					
Kekuatan					
Berat					
Ukuran					
Mekanisme tinggi					
Sistem penguncian					

Warna					
Bentuk pegangan					
Bentuk Kaki					
Bentuk alas Kaki					
Kontur					
Jumlah Kaki					
Perawatan					
Keawetan					
Jumlah +					
Jumlah -					
Jumlah 0					
Net Score					
Rangking					
Status	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No

Tabel 3.2 Penilaian konsep (*Consept scoring*)

Kriteria	Bobot PKK	Konsep					
		A		B		C	
		Rating	Nilai	Rating	Nilai	Rating	Nilai
Bahan rangka							
Bahan alas kaki							
Kekuatan							
Berat							
Ukuran							
Mekanisme tinggi							
Sistem penguncian							
Warna							
Bentuk pegangan							
Bentuk Kaki							
Bentuk alas Kaki							
Kontur							
Jumlah Kaki							
Perawatan							
Keawetan							
	Net score Rating						
	<b>Status</b>	<b>Acc/No</b>		<b>Acc/No</b>		<b>Acc/No</b>	

#### E. Gambar teknik

Pada tahapan ini, perancangan tongkat divisualisasikan dalam bentuk gambar 2D dan 3D beserta dimensi dari konsep terpilih dengan menggunakan *software CATIA*.

#### F. Analisa kekuatan material

Menentukan posisi tegangan terbesar dimana pada posisi ini akan terjadi awal kerusakan/kegagalan. Melakukan uji struktur rangka tongkat lansia dengan bantuan *software CATIA*. Uji struktur hanya pada pembebanan pengguna dan rangka tongkat lansia secara statis.

#### G. Analisa kekuatan dari tongkat dengan metode Element Hingga

Menganalisa kekuatan dari produk tongkat lansia dimana pada tahap ini produk tongkat lansia akan dilakukan perhitungan tegangan dengan metode Elemen Hingga menggunakan *Software CATIA*

#### H. Analisa Ergonomi

Melakukan uji ergonomi dengan dengan bantuan *software CATIA*. Pengujian ini menggunakan data antropometri orang Indonesia dan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*).

### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini direncanakan akan dilakukan pada pengguna tongkat lansia di kota Jember dan sekitarnya. Kegiatan ini meliputi tahap wawancara kepada customer serta tahap perancangan dan pengembangan produk.

Proses pemodelan dilakukan pada Lab. disen, Waktu penelitian akan dilaksanakan pada bulan Juni-Agustus 2011. Meliputi Persiapan penelitian, pengumpulan data dan pengolahan data.

### 3.3 Alat Dan Spesifikasi *Customer*

#### 3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lembar kuesioner
2. Software CATIA

#### 3.3.2 Spesifikasi *customer*

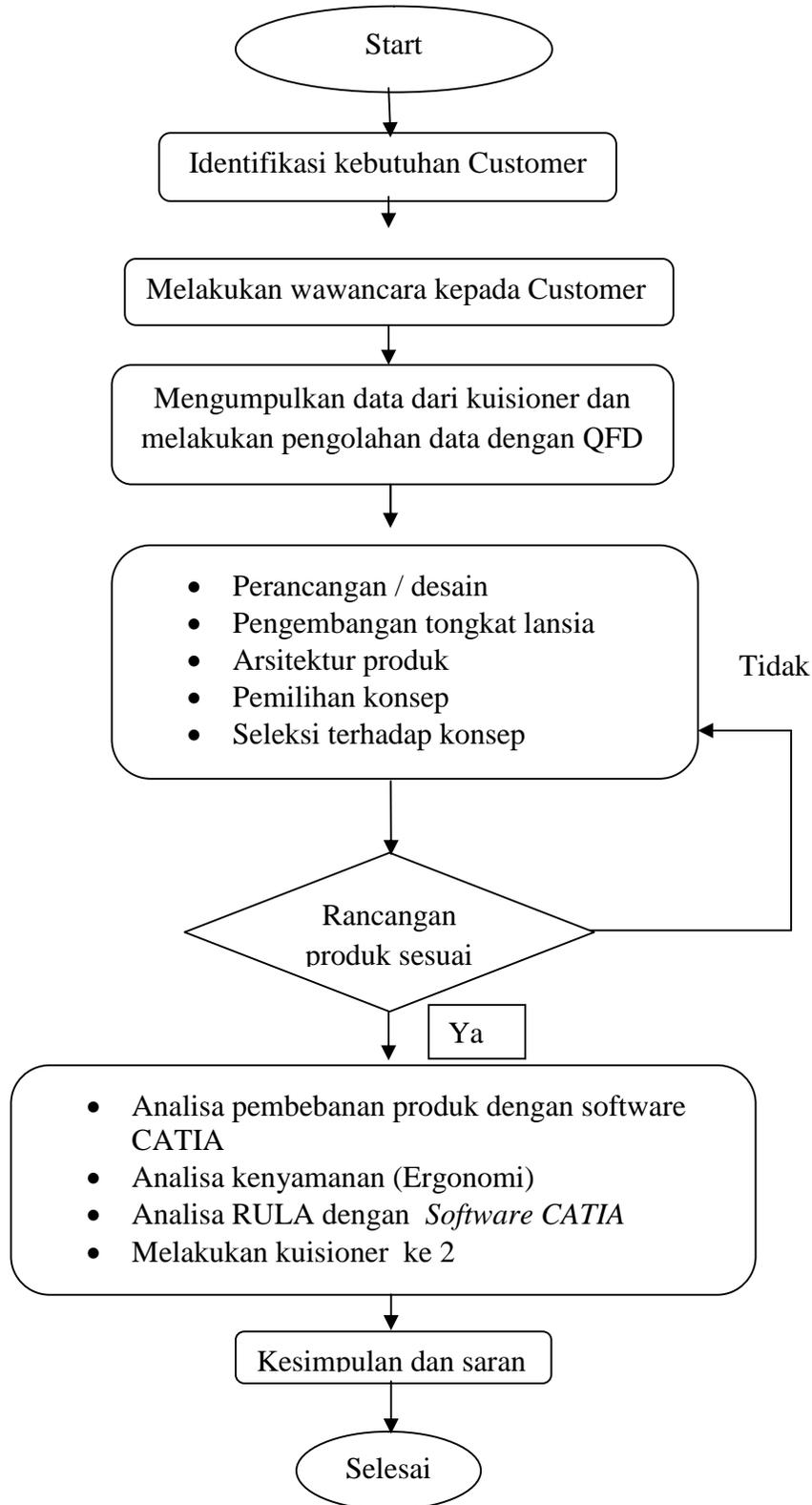
*Customer* yang nantinya akan diwawancarai adalah lansia (lanjut usia) wanita saja, dimana umur lansia yang akan diwawancara 60 tahun.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan lembar kuisisioner.
2. Melakukan wawancara kepada customer.
3. Mengumpulkan data dari kuesioner.
4. Analisa data customer menggunakan metode *Quality Function Deployment (QFD)*.
5. Pengembangan konsep.
6. Seleksi konsep.
7. Gambar teknik.
8. Analisa struktur rangka dan kekuatan dari tongkat dengan metode Element Hingga menggunakan *Software CATIA* untuk pembebanan statis.
9. Analisa kenyamanan (ergonomi) ditinjau dari data dimensi tubuh manusia Indonesia (anthropometri) dan metode *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)* menggunakan *Software CATIA*.
10. Membuat keisioner ke 2 untuk memperoleh penilaian dari konsumen
11. Menyimpulkan hasil penelitian.

### 3.5 Diagram Aliran Pengembangan Dan Analisa Kekuatan



## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengumpulan Data

#### 4.1.1 Pengumpulan Permintaan Kualitas Customer (PKC)

Data hasil dari kuesioner yang diperoleh dengan wawancara langsung pada *customer*, kemudian diolah dan dirangkum untuk dijadikan dasar dalam membuat Permintaan Kualitas *Customer* (PKC) atau *Voice of Customer* (VoC). Berdasarkan dari PKC yang sudah diperoleh tersebut, selanjutnya dapat digunakan untuk membangun *House of Quality* (HoQ).

Adapun data dari hasil kuesioner yang dilakukan terhadap para lansia Tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4.1 Data hasil kuesioner

NO	NAMA BAGIAN	BANYAK RESPONDEN	TINGKATAN
1	Bahan Rangka	27	Primer
2	Bahan Pegangan	25	Sekunder
3	Bahan Alas Kaki	24	Sekunder
4	Bentuk Pegangan	25	Sekunder
5	Warna Pegangan	19	Sekunder
6	Ukuran Pegangan	30	Primer
7	Tidak Mudah Berkarat	29	Primer
8	Mudah Dibongkar Pasang	25	Sekunder
9	Banyaknya Kaki	29	Primer
10	Berat Tongkat	26	Primer
11	Kuat	27	Primer
12	Mudah Perawatannya	29	Primer
13	Ekonomis	30	Primer

#### 4.1.2 Penyusunan *House of Quality (HoQ)*

Langkah-langkah dalam penyusunan *House of Quality (HoQ)*

##### a. Penilaian Permintaan Kualitas *Customer (PKC)*

Merupakan penilaian yang dilakukan dengan mencari hubungan antar data hasil kuesioner. Penilaian dilakukan seperti Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Penilaian Permintaan Kualitas *Customer (PKC)*

	Bahan Pegangan	Bahan Rangka	Bahan Alas Kaki	Bentuk Pegangan	Ukuran Pegangan	Warna Pegangan	Mudah Dibongkar	Kuat	Berat Tongkat	Banyaknya kaki Tongkat	Tidak Mudah Berkarat
Bahan Pegangan	3	3	2	1	2	1	2	3	3	1	1
Bahan Rangka	3	3	2	1	2	1	2	3	3	2	1
Bahan Alas kaki	1	2	3	2	1	1	1	3	2	2	1
Bentuk Pegangan Tongkat	3	2	1	3	1	1	1	2	2	2	2
Ukuran Pegangan	2	2	2	3	3	1	2	2	3	3	2
Warna Pegangan	1	1	1	1	1	3	2	2	3	3	2
Mudah di Bongkar pasang	1	2	1	1	2	1	3	2	2	3	2
Kuat	2	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3
Berat Tongkat	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2	1
Banyaknya Kaki tongkat	1	2	1	3	3	3	2	2	1	3	1
Tidak Mudah Berkarat	2	2	3	2	2	2	1	1	2	3	3
<b>Jumlah</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>16</b>

Angka menunjukkan hubungan keterkaitan antara data-data diatas. Untuk mengetahui angka jumlah angka dilakukan penjumlahan secara vertikal. Untuk lebih jelasnya seperti Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Arti nilai hubungan Permintaan Kualitas *Customer* (PKC)

Angka	Keterkaitan	Keterangan
3	Kuat	Menunjukkan tingkat kepentingan yang erat kaitanya
2	Sedang	Menunjukkan kepentingan tetapi sedang
1	Lemah	Menunjukkan hubungan yang tidak terkait

### b. Pertimbangan Performa Kualitas Konstruksi (PKK)

Pertimbangan Performa Kualitas Konstruksi (PKK) berisikan karakteristik-karakteristik dari permintaan *Customer*, ini dapat di lihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Pertimbangan Performa Kualitas Konstruksi (PKK)

Pertimbangan Performa Kualitas Konstruksi (PKK)		Keterangan
1	Bahan Pegangan	Plastik
2	Bahan Rangka	Aluminium
3	Bahan Alas kaki	Karet
4	Bentuk Pegangan Tongkat	Bentuk Pegangan L
5	Ukuran Pegangan	Sesuai Antropometri
6	Warna Pegangan	Cerah (putih)
7	Mudah di Bongkar pasang	Slide & pengunci mur penguat
8	Kuat	Catia
9	Berat Tongkat	1.5kg
11	Banyaknya Kaki tongkat	4 buah
12	Tidak Mudah Berkarat	Tahan Korosi

### c. Hubungan antara PKC dan PKK

Setelah di ketahui apa saja karakteristik-karakteristik dari data hasil Permintaan Kualitas *Customer* (PKC). karakteristik-karakteristik tersebut akan di cari korelasi atau hubungan antara Permintaan Kualitas *Customer* (PKC) dengan

Performa Kualitas Kontruksi (PKK). Adapun hubungan terlihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hubungan antar PKC dan PKK

		Plastik	Aluminium	Karet	Bentuk Pegangan L	Sesuai Antropometri	Cerah (putih)	Slide & pengunci mur penguat	Catia	1.5kg	Kaki tongkat 4 buah	Tahan Korosi
Bahan Pegangan	18	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>		O	<input type="checkbox"/>		
Bahan Rangka	22		<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Bahan Alas kaki	18			<input type="checkbox"/>					O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bentuk Pegangan Tongkat	20	O			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Ukuran Pegangan	19					<input type="checkbox"/>			O			
Warna Pegangan	17	O			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					
Mudah di Bongkar pasang	17							<input type="checkbox"/>	O			
Kuat	23	O	<input type="checkbox"/>	O				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	<input type="checkbox"/>
Berat Tongkat	24	O	<input type="checkbox"/>	O						<input type="checkbox"/>		
Banyaknya Kaki tongkat	23		<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tidak Mudah Berkarat	16		<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hubungan antar PKC Dan PKK dilambangkan seperti yang di tunjukkan Pada

Tabel 4.6 di bawah ini:

Tabel 4.6 Lambang dan nilai hubungan antar PKC dan PKK

Simbol	Arti	Nilai Numerik Yang Umum
	Tidak ada	Di kosongkan
Δ	Lemah	1
O	Tengah	3
<input type="checkbox"/>	Kuat	9

#### d. Penentuan Nilai dan Performa Kualitas Konstruksi(PKK)

Penentuan nilai dari Performa Kualitas Konstruksi(PKK) Dapat dilihat dari Tabel 4.7 sebagai berikut:

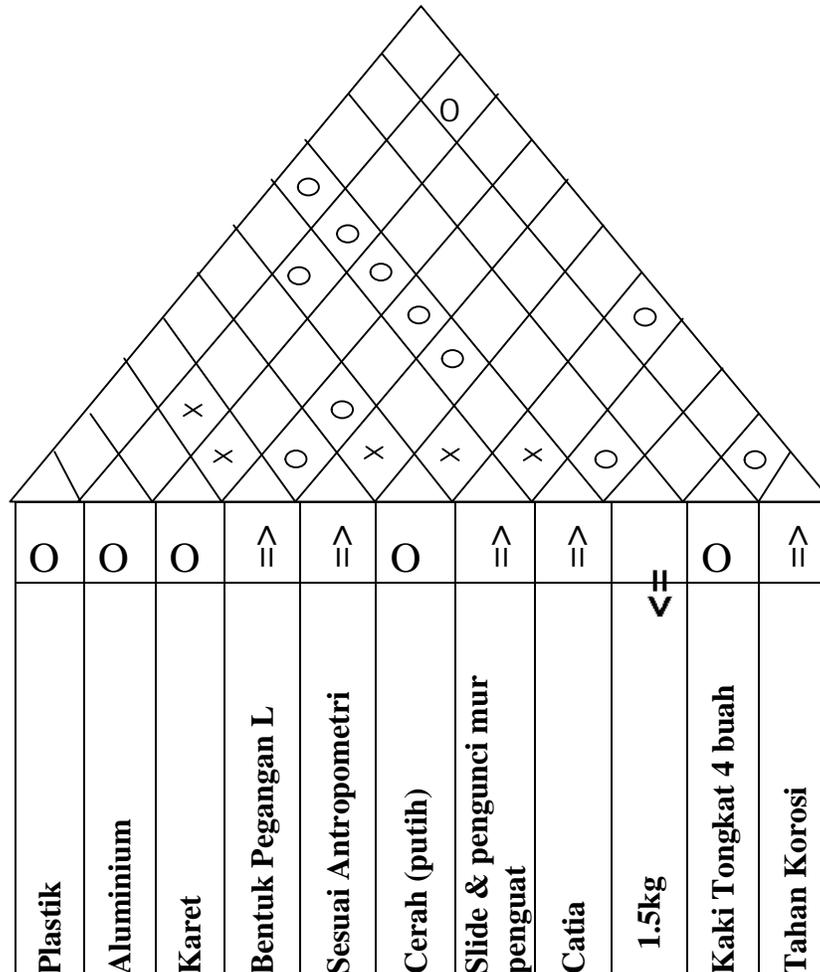
Tabel 4.7 Nilai dari Performa Kualitas Konstruksi (PKK)

		Plastik	Aluminium	Karet	Bentuk pegangan L	Sesuai Antropometri	Cerah (putih)	Slide & pengunci mur penguat	Catia	1.5kg	Kaki tongkat 4 buah	Tahan Korosi
Bahan Pegangan	18	162					162		54	162		
Bahan Rangka	22		198					198	198	198		198
Bahan Alas kaki	18			162					54	162	162	
Bentuk Pegangan Tongkat	20	60	20		180	180			180			
Ukuran Pegangan	19					171			57	19		
Warna Pegangan	17	51			153		153		17			
Mudah di Bongkar pasang	17					17		153	51			
Kuat	23	69	207	69		23		207	207	207	69	207
Berat Tongkat	24	72	216	72						216		
Banyaknya Kaki tongkat	23		207	23		23				207	207	207
Tidak Mudah Berkarat	16		144	16		16			144		144	144
<b>Jumlah</b>		<b>414</b>	<b>992</b>	<b>342</b>	<b>333</b>	<b>430</b>	<b>315</b>	<b>558</b>	<b>962</b>	<b>1171</b>	<b>582</b>	<b>756</b>
<b>Hasil Bobot PKK (%)</b>		<b>6.04</b>	<b>14.47</b>	<b>4.99</b>	<b>4.86</b>	<b>6.27</b>	<b>4.60</b>	<b>8.14</b>	<b>14.03</b>	<b>17.08</b>	<b>8.49</b>	<b>11.03</b>

#### e. Optimasi dari Matrik Atap

Beberapa Performa Kualitas Konstruksi (PKK) saling berhubungan satu sama lain. Mengembangkan salah satu karakteristik mutu dapat mendukung karakteristik yang berhubungan dengan hasil yang positif atau menguntungkan, sebaliknya juga dapat mempengaruhi secara negatif. Hubungan antar Performa Kualitas Konstruksi (PKK) dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini

Gambar 4.1 Optimasi matrik atap



Catatan: Tabel 4.8 Simbol arah optimasi dan hubungan PKK

Arah Optimasi		Hubungan antar PKK	
⇓	Minimum	O	Positif
⇑	Maksimum	X	Negative
0	normal		

#### f. Matrik Perencanaan

Pada matrik ini kita dapat mengetahui tentang tingkat rencana pengembangan produk yang akan kita inginkan dan juga mengetahui tingkat

kepuasan *costumer* tentang produk tongkat lansia yang telah ada. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di Tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Matrik perencanaan

	Produk Referensi	Rencana	Faktor Perbaikan	Titik Penjualan	Pertimbangan Keseluruhan	Persentase Akhir (%)
Bahan Pegangan	3	3	1	1	3	7.5
Bahan Rangka	3	4	1	1	4	10
Bahan Alas kaki	3	3	1	1	3	7.5
Bentuk Pegangan Tongkat	4	4	1	1	4	10
Ukuran Pegangan	3	4	1	1	4	10
Warna Pegangan	3	3	1	1	3	7.5
Mudah di Bongkar pasang	4	4	1	1	4	10
Kuat	3	3	1	1	3	7.5
Berat Tongkat	2	4	1	1	4	10
Banyaknya Kaki tongkat	4	4	1	1	4	10
Tidak Mudah Berkarat	2	4	1	1	4	10

Dari Table 4.9 tersebut terlihat pada bagian-bagian yang harus dikembangkan.

a. Produk referensi

Dibagian ini kita mengetahui tingkat kepuasan pelanggan terhadap tongkat yang telah ada dipasaran. Untuk tingkat kepuasan dapat diukur dengan seperti pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 4.10 Arti angka pada colom produk referensi

Angka	Arti
5	Sangat memuaskan
4	Memuaskan
3	Puas
2	Kurang memuaskan
1	Tidak memuaskan

b. Rencana

Pada bagian rencana ini merupakan bagian dimana kita akan mengembangkan produk kita yang mengacu terhadap produk referensi sedangkan untuk arti angka sama dengan pada Tabel 4.10

c. Faktor perbaikan

Untuk bagian ini seluruhnya di beri angka 1 dikarenakan kita sebagai pengembang model produk masih belum punya gambaran produk awal untuk itu mengacu terhadap produk referensi.

d. Titik penjualan

Pada bagian ini nilai tersebut dihasilkan dari pembagian antara rencana dengan factor perbaikan dikali rencana.

e. Pertimbangan keseluruhan

Dibagian ini merupakan hasil perkalian antara rencana, factor perbaikan dan titik penjualan.

f. Persentase akhir (%)

Pada bagian akhir ini kita dapat mengetahui persentase tentang bagian-bagian yang akan kita kembangkan nantinya.

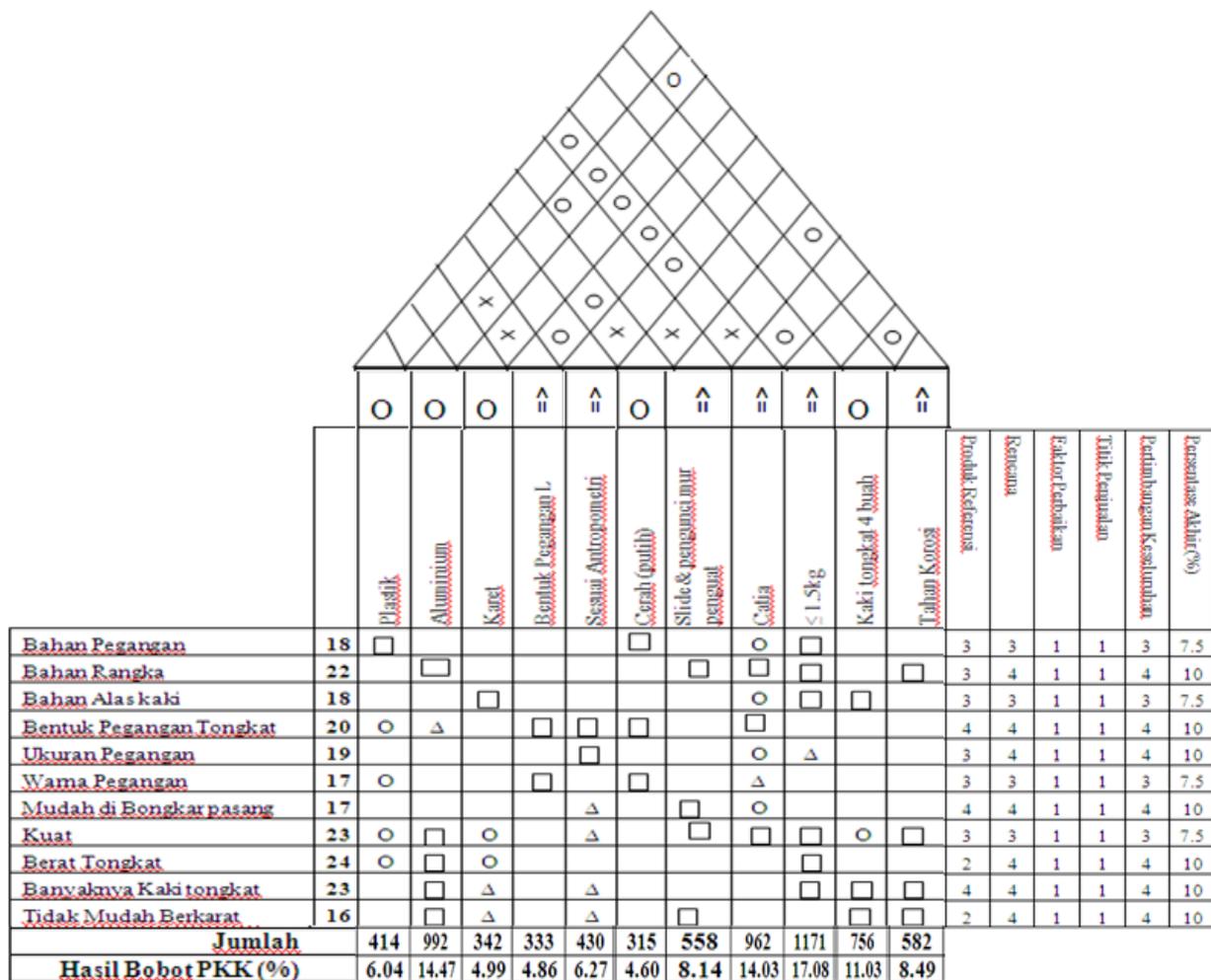
**g. Hasil Performa Kualitas Konstruksi (PKK)**

Data hasil dari Performa Kualitas Konstruksi (PKK) ditunjukkan pada Tabel 4.11 di bawah ini:

Tabel 4.11 Hasil Performa Kualitas Kontruksi (PKK)

No	PKK	Hasil Bobot PKK%
1	Bahan pegangan plastik	6.04
2	Bahan rangka aluminium	14.47
3	Bahan alas kaki tongkat karet	4.99
4	Bentuk Pegangan L	4.86
5	Sesuai Antropometri	6.27
6	Warna pegangan cerah (putih)	4.60
7	Slide & pengunci mur penguat	8.14
8	Analisa kekuatan rangka catia	14.03
10	Berat tongkat 1.5kg	17.08
11	Banyaknya kaki tongkat4 buah	8.49
12	Tongkat tahan korosi	11.03
<b>Jumlah hasil PKK</b>		<b>100</b>

Dari table 4.11 dapat dilihat persentase mengenai bagian-bagian yang harus lebih dikembangkan pada proses pengembangan produk. Dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Rumah Mutu Tongkat Lansia

Untuk itu dapat disimpulkan:

- Permintaan yang perlu diperhatikan dalam pengembangan dan perancangan tongkat lansia ini dapat dilihat pada tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.12 Hasil yang diperhatikan dari Performa Kualitas Konstruksi (PKK)

No	PKK	Hasil Bobot PKK%
1	Bahan Aluminium	14.47
2	Slide & pengunci mur penguat	8.14
3	Analisa kekuatan Catia	14.03
4	Berat tongkat 1.5kg	17.08
5	Kaki tongkat 4 buah	8.49
6	Tahan Korosi	11.03

#### 4.2 Pengembangan dan Pemilihan Konsep

Untuk mengembangkan tongkat lansia kaki 4 terlebih dahulu harus diketahui beberapa hal-hal yang berkaitan dengan produk tersebut, yaitu: berat rangka, dimensi rangka, material rangka yang digunakan, kekuatan dalam menahan beban dan kenyamanan

##### 4.2.1 Spesifikasi Produk

Spesifikasi produk merupakan kumpulan informasi dari produk yang akan dirancang. Dimana spesifikasi produk terdiri dari metrik dan nilai metrik. Berikut ini merupakan spesifikasi produk dari pengembangan tongkat lansia yang digunakan sebagai acuan perancangan:

1. Berat rangka tongkat lansia tidak lebih dari 1,5 kg.
2. Nyaman dalam penggunaannya.
  - a. Posisi pegangan tangan  $90^0$ .
  - b. Panjang tongkat ideal adalah setinggi lipatan paha.
3. Sistem tinggi tongkat.
  - a. Sliding
  - b. Sistem penguncian menggunakan mur penguat

4. Penambahan fungsi tongkat lansia.

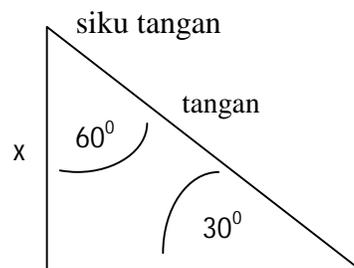
Penambahan fungsi tongkat dilakukan agar kemunduran fungsi (*degradation of function*) pada organ lain. Adapun penambahan yang dilakukan dengan menambahkan kaki tongkat menjadi 4 buah.

5. Dimensi tongkat lansia

Penentuan dimensi tongkat lansia berdasarkan data antropometri masyarakat Indonesia yang didapatkan dari interpolasi masyarakat british dan hongkong (Pheasant, 1986) terhadap masyarakat Indonesia (Summ'mur, 1989) serta istilah deminsionalnya dari Nurmianto, 1991a dan Nurmianto 1991b. Dengan data tersebut maka untuk menentukan dimensi dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Tinggi tongkat lansia

Penentuan tinggi tangan didasarkan hasil perhitungan dari tinggi siku tangan dan jarak siku ke ujung jari dengan asumsi tangan membentuk sudut  $60^{\circ}$ . Dimana tinggi siku adalah 1.028 mm (persentil 95) dan jarak siku ke ujung jari adalah 287 mm (persentil 95). Untuk menentukan tinggi tongkat terlebih dahulu mencari tinggi siku terhadap tangan saat menekuk  $60^{\circ}$ .



$$\begin{aligned}\sin 30^{\circ} &= X / 287 \\ X &= 0,5 \times 287 \\ &= 143,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi panjang tongkat adalah  $1028 \text{ mm} - 143,5 \text{ mm} = 884,5 \text{ mm}$

b. Panjang pegangan tongkat

Penentuan panjang pegangan berdasarkan data antropometri lebar tangan. Dimana lebar tangan adalah 78 mm (persentil 95). Namun dalam perancangan tongkat lansia nanti. Panjang pegangan akan ditambah 5 mm, ini bertujuan agar lebin nyaman saat pengoprasian tongkat tersebut.

c. Diameter pegangan tongkat

Penentuan diameter tongkat berdasarkan data antropometri panjang tangan, dimana panjang telapak tangan adalah 153 mm (persentil 5), perhitungan diameter dapat dicari dengan:

$$153 = 3,14 \cdot D$$

$$D = \frac{153}{3,14}$$

$$= 48,8\text{mm} // 49 \text{ mm}$$

Namun pada proses perancangan nantinya diameter yang digunakan adalah  $\pm 44$  mm, ini bertujuan agar gengaman saat pengoprasian tongkat memiliki gengaman yang kuat.

#### 4.2.2 Pemilihan Material

Karena bagian utama yang menentukan karakteristik tongkat lansia adalah rangka maka material rangka haruslah menjadi perhatian yang tinggi. Dalam pemilihan material sebagai bahan dasar rangka berbagai aspek antara lain kenyamanan, keselamatan pengguna, harus dipenuhi. Oleh karena itu ditentukan kriteria-kriteria pemilihan material bahan dasar rangka sebagai berikut :

1. Ketersediaan material di pasaran. Material yang dipilih sedapat mungkin material yang mudah didapat dipasaran lokal tanpa harus memesan khusus dari luar negeri (*impor*).

2. Material harus kuat untuk menahan beban pada saat digunakan. Besarnya beban dan kondisi lingkungan harus diperhatikan agar komponen dapat bekerja dengan baik dan tidak cepat rusak.
3. Material yang ringan. Material yang dipilih adalah material yang memiliki massa jenis yang rendah karena semakin ringan tongkat, semakin mudah untuk digunakan. Namun pemilihan material yang ringan harus juga meninjau dari sisi kekuatan material tersebut.
4. Material harus mudah dibentuk. Hal ini diperlukan untuk kemudahan saat proses pembentukan.
5. Material bisa disambung. Produk yang akan dihasilkan memiliki beberapa bagian dengan banyak sambungan sehingga material yang dipilih harus material yang dapat disambung.
6. Harga dari material tidak terlalu tinggi (ekonomis).

Dari kriteria-kriteria umum diatas akan ditabelkan seperti terlihat pada Tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13 Kriteria pemilihan material

No	Deskripsi
1	Tersedia di pasaran
2	Material ringan
3	Material kuat dan ulet
4	Mudah dibentuk atau di manufaktur
5	Mudah disambung
6	Harga tidak mahal

Dari kriteria-kriteria pemilihan material dasar *frame* dan tabel 4.13 sifat-sifat material maka dipilih paduan aluminium sebagai material dasar *frame*. Paduan aluminium yang digunakan adalah Aluminium 6061-T6, yaitu aluminium dengan kadar silikon 0.6 %, tembaga 0.28 %, magnesium 1 % dan krom 0.2 % dimana aluminium yang telah mengalami perlakuan panas. Uraian mengenai sifat fisis dari Al 6061-T6 ditunjukkan pada Tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14 Material *properties* Aluminium

<i>Properties</i>	Nilai
<i>Density</i> (x1000kg/m <sup>3</sup> )	2.7
<i>Poisson Ratio</i>	0.346
<i>Elastic Modulus</i> (GPa)	70 – 80
<i>Tensile Strenght</i> (Mpa)	115
<i>Yeild Strenght</i> (Mpa)	95
<i>Hardness</i> (HB500)	30
<i>Shear Strenght</i> (Mpa)	83
<i>Fatigue strenght</i> (Mpa)	62
<i>Thermal Expansion</i> (x10 <sup>-6</sup> /°C)	23.6
<i>Elongation</i> (%)	25

#### 4.2.3 Penentuan Faktor Keamanan

Penentuan besarnya keamanan yang sesuai tergantung pada beberapa pertimbangan antara lain material, proses pembuatan, tipe pembebanan, kondisi kerja dan bentuk komponen. Berikut merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan faktor keamanan, yaitu:

1. Ketahanan sifat-sifat pada material selama proses pembebanan.
2. Keandalan pada saat menerima pembebanan.
3. Tingkat pembebanan
4. Tingkat kurangnya umur komponen saat terjadi kegagalan.
5. Kerugian material bila terjadi kegagalan.

Penentuan faktor keamanan haruslah cermat karena tingginya faktor keamanan akan menyebabkan besarnya dimensi komponen dan borosnya material di lain pihak faktor keamanan yang rendah menyebabkan besarnya resiko yang tidak diinginkan. Adapun nilai dari faktor keamanan ditunjukkan pada Tabel 4.15 di bawah ini.

Tabel 4.15 Faktor keamanan

<b>Material</b>	<b><i>Steady load</i></b>	<b><i>Live Load</i></b>	<b><i>Shock Load</i></b>
Besi tuang	5-6	8-12	16-20
Besi tempa	4	7	10-15
Baja	4	8	12-16
Material lunak dan paduan	6	9	15
Kulit	9	12	15
Kayu	7	10-15	20

Sumber : Nugroho,2005

#### 4.2.4 Pengembangan Konsep Desain

Konsep produk merupakan gambaran secara ringkas bagaimana produk yang dibuat dapat memenuhi kebutuhan yang diharapkan oleh pelanggan. Sehingga konsep produk dapat diartikan sebagai perkiraan prinsip kerja dan bentuk produk. Dalam suatu konsep biasanya ditampilkan dalam bentuk templete gambar atau sebuah sketsa gambar beserta keterangan secara ringkas.

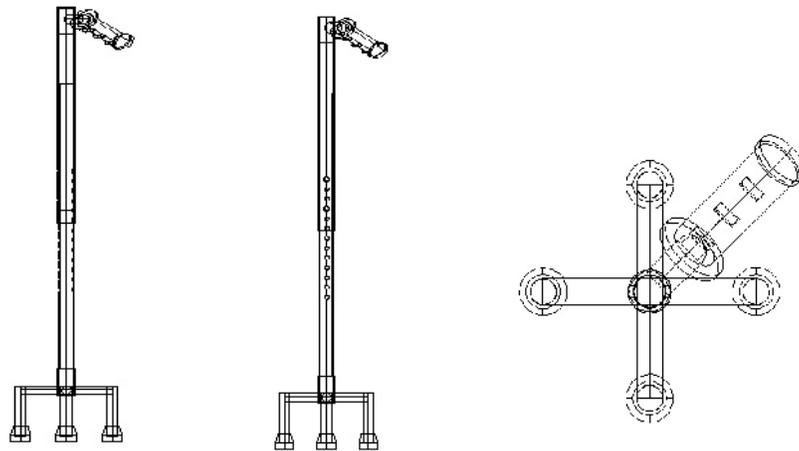
Pada tahap ini dirancang tiga buah konsep rangka, dimana dalam pengembangan konsep desain menggunakan spesifikasi produk yang berasal dari data kuesioner sebagai data referensi. Untuk mempermudah dalam hal pengembangan konsep desain rangka maka dilakukan pengelompokan yang berdasarkan pertimbangan sebagai berikut :

- Bahan
- Kekuatan tongkat.
- Ukuran.
- Berat tongkat.
- Bentuk.
- Sistem penguncian.
- Kepraktisan
- Warna.
- Pencahayaan.

Pertimbangan yang telah dijabarkan diatas akan digunakan sebagai dasar pemilihan konsep desain rangka. Konsep desain rangka yang dikelompokan berdasarkan pertimbangan diatas akan diuraikan selanjutnya.

Adapun konsep-konsep tongkat lansia tersebut adalah:

- Konsep 1

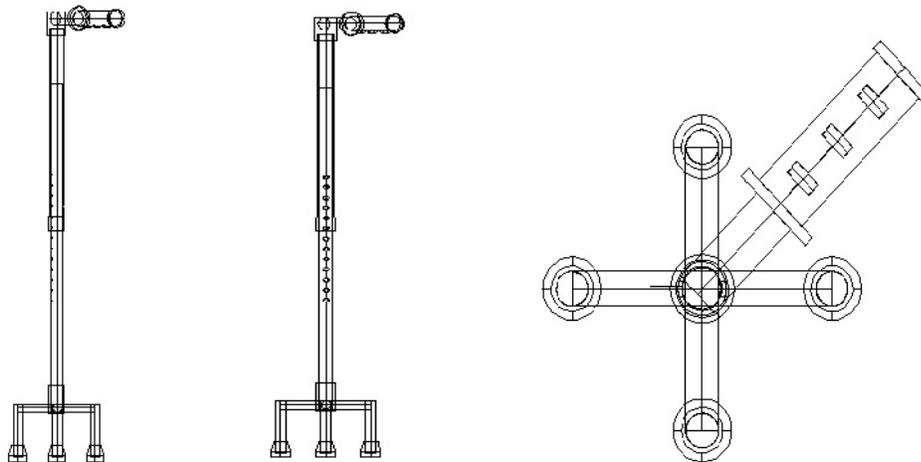


Gambar 4.3 Desain konsep 1

Spesifikasi konsep 1:

1. Bahan.  
Pegangan: plastik  
Rangka : alumunium  
Alas kaki: karet
2. Berat tongkat pada konsep 1 adalah 1,5 kg
3. Alat dapat di atur panjang pendek dengan fungsi setelan dari mur dan baut
4. Bagian kepala, rangka, dan kaki dapat dipisahkan
5. Jumlah kaki adalah 4 buah

- Konsep 2

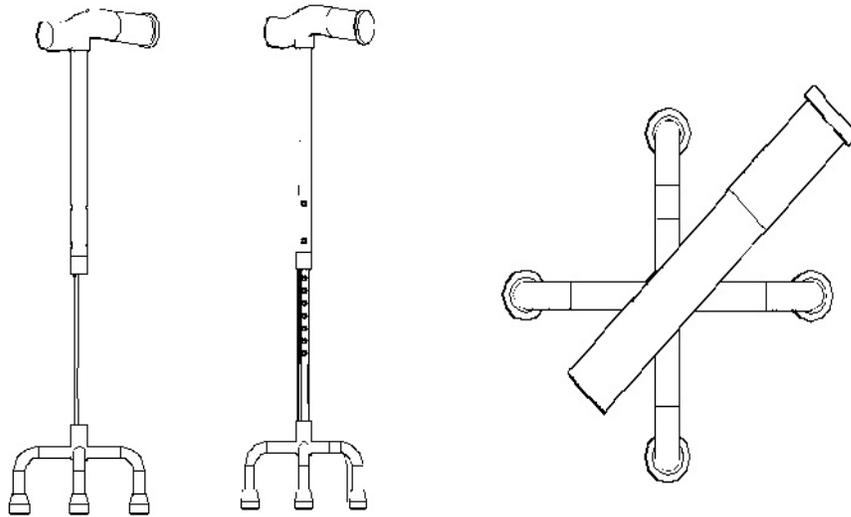


Gambar 4.4 Desain konsep 2

Spesifikasi konsep 2:

1. Bahan.
  - a. Pegangan: plastik
  - b. Rangka : alumunium
  - c. Alas kaki: karet
2. Berat tongkat pada konsep 2 adalah 1,5 kg
3. Alat dapat diatur panjang pendek dengan fungsi setelan dari mur dan baut
4. Bagian kepala, rangka, dan kaki dapat dipisahkan
5. Warna pegangan dan alas kaki adalah biru
6. Jumlah kaki adalah 4 buah.

- Konsep 3



Gambar 4.5 Desain konsep 3

Spesifikasi konsep 3:

1. Bahan.
  - a. Pegangan: plastik
  - b. Rangka : alumunium
  - c. Alas kaki: karet
2. Berat tongkat pada konsep 3 adalah  $< 1$  kg
3. Alat dapat diatur panjang pendek dengan fungsi setelan dari mur dan baut
4. Bagian kepala, rangka, dan kaki dapat dipisahkan
5. Warna pegangan putih dan alas kaki adalah hitam
6. Jumlah kaki adalah 4 buah

- Konsep tongkat referensi:



Gambar 4.6 Tongkat referensi

Spesifikasi tongkat referensi:

1. Bahan.
  - a. Pegangan: plastik
  - b. Rangka : alumunium
  - c. Alas kaki: karet
2. Berat tongkat referensi adalah 1,5kg
3. Alat dapat diatur panjang pendek dengan fungsi setelan dari pin
4. Bagian kepala, rangka, dan kaki tidak dapat dipisahkan
5. Warna pegangan dan alas kaki adalah ungu
6. Jumlah kaki adalah 4 buah

#### 4.2.5 Penyaringan Konsep (*Concept Screening*)

Dari spesifikasi konsep-konsep tongkat yang ada, kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan Tabel 4.16 sebagai berikut:

Tabel 4.16 Penyaringan konsep (*Concept screening*)

Seleksi Kriteria	Konsep			
	A	B	C	D
	Referensi	Tingkat 1	Tingkat 2	Tingkat 3
Bahan Pegangan	0	0	0	+
Bahan Rangka	0	0	0	0
Bahan Alas kaki	0	0	-	-
Bentuk Pegangan Tongkat	0	0	-	+
Ukuran Pegangan	0	+	+	+
Warna Pegangan	0	0	-	+
Mudah di Bongkar pasang	0	0	0	0
Kuat	0	+	+	+
Berat Tongkat	0	+	+	+
Banyaknya Kaki tongkat	0	0	0	0
Tidak Mudah Berkarat	0	0	0	0
Jumlah +	0	3	2	6
Jumlah -	0	0	3	1
Jumlah 0	11	8	5	4
Net Score	0	3	-1	5
Ranking	0	2	3	1
Status	No	Yes	No	Yes

Dari tabel 4.16 di atas mengetahui bahwa konsep tongkat 1 dan tongkat 3 yang memiliki konsep yang lebih baik. Dan untuk itu dilakukan proses penyeleksian konsep sesuai dengan Tabel 4.17 di bawah ini.

Tabel 4.17 Penilaian konsep (*Concept scoring*)

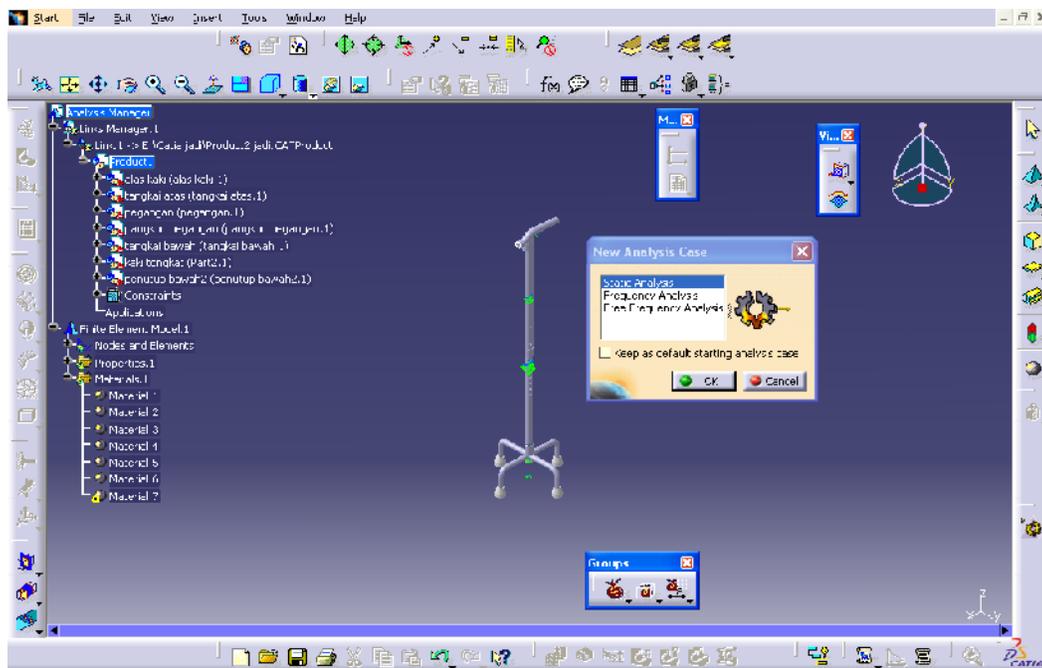
Kriteria	Bobot PKK(%)	Konsep							
		Referensi (A)		B		C		D	
		Rating	Nilai	Rating	Nilai	Rating	Nilai	Rating	Nilai
Bahan Pegangan	6.04	3	0.18	3	0.18	3	0.18	3	0.18
Bahan Rangka	14.47	3	0.43	3	0.43	3	0.43	3	0.43
Bahan Alas kaki	4.99	3	0.15	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Bentuk Pegangan Tongkat	4.86	3	0.15	3	0.15	2	0.10	5	0.24
Ukuran Pegangan	6.27	3	0.19	4	0.25	4	0.25	5	0.31
Warna Pegangan	4.6	3	0.14	3	0.14	3	0.14	3	0.14
Mudah di Bongkar pasang	8.14	3	0.24	3	0.24	3	0.24	3	0.24
Kuat	14.03	3	0.42	4	0.56	4	0.56	4	0.56
Berat Tongkat	17.08	3	0.51	4	0.68	4	0.68	5	0.85
Banyaknya Kaki tongkat	8.49	3	0.25	3	0.25	3	0.25	3	0.25
Tidak Mudah Berkarat	11.03	3	0.33	3	0.33	3	0.33	3	0.33
<b>Net Score</b>		3.00		3.37		3.33		3.70	
<b>Rating</b>		4		2		3		1	
<b>Status</b>		No		No		No		Acc	

Dari tabel 4.17 didapatkan bahwa konsep D memiliki *netscore* tertinggi dengan nilai 3,70. Jadi produk inilah yang nantinya yang akan digunakan dalam proses perancangan lebih lanjut.

### 4.3 Analisa Tegangan Von-Mises Tongkat Lansia

#### 4.3.1 Membangun Model Analisa Struktur (*Preprocessor*)

Untuk membuat model analisa struktur menggunakan aplikasi *generative structural analysis*. *Generative structural analysis* merupakan suatu aplikasi yang dapat menganalisa tegangan yang terjadi pada model secara presisi dengan berbagai macam keadaan pembebanan. Aplikasi *generative structural analysis* dapat diakses dari *start menu* pada aplikasi *analysis and simulation* dari *CATIA V5R14*, seperti Gambar 4.6 di bawah ini.

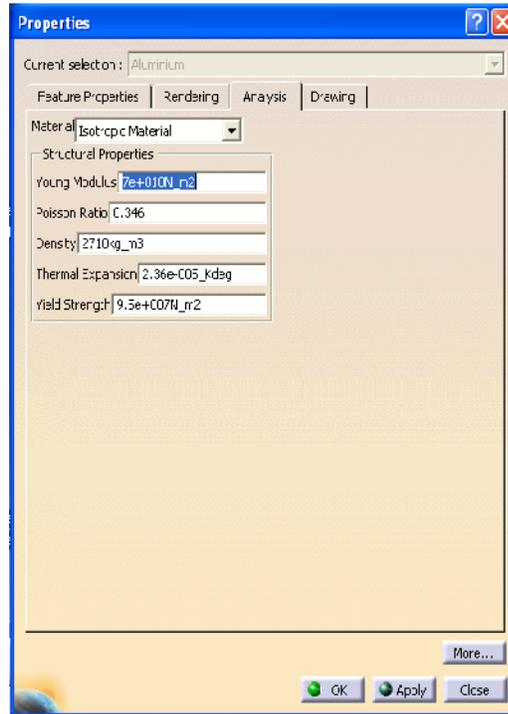


Gambar 4.7 Tampilan *generative structural analysis*

Tipe-tipe analisa yang disediakan oleh *CATIA V5R14* adalah *static analysis*, *frequency analysis* dan *free frequency analysis*. Dimana masing-masing tipe analisa mempunyai kegunaannya oleh karena itu dalam menentukan tipe analisa sesuai dengan *user*. Tipe analisa yang digunakan adalah *tipe static analysis*.

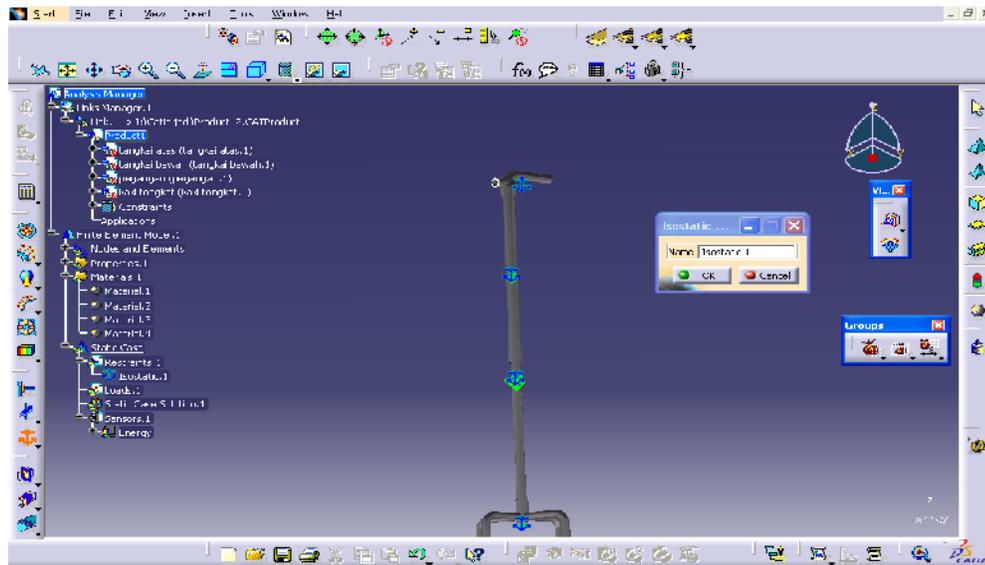
Tahap *preprocessor* merupakan tahapan yang sangat rumit, hal ini dikarenakan banyaknya proses-proses yang harus dilakukan sebelum melakukan analisa struktur dari suatu model, antara lain :

1. Material yang digunakan sudah terdefinisi. Pendefinisan material berdasarkan material propertis tersebut.pemberian dalam *software* catia dapat terlihat pada Gambar 4.7 di bawah ini:



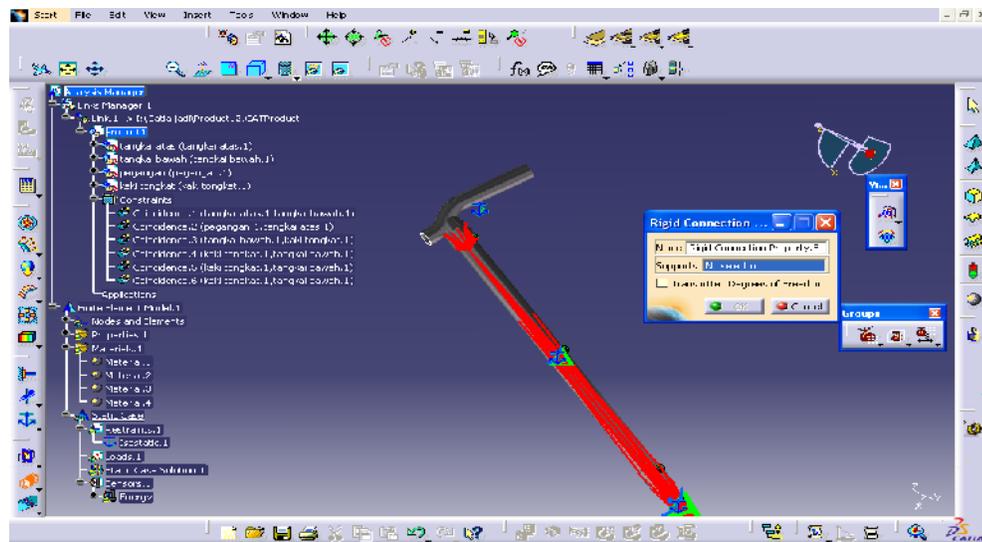
Gambar 4.8 Pemberian material *properties*

2. Memberikan *restraint* kepada model. *Restraint* merupakan suatu tool yang berguna untuk membuat mudah dalam proses *solution*. *Restraint* yang diberikan pada model ini adalah *advanced restraint* dan *iso static restraint*. ini dapat di tunjukkan pada Gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.9 Memberikan *restraint* pada model

3. Memberikan *constraint* kepada model. *Constraint* merupakan suatu tool yang berfungsi agar komponen-komponen menjadi satu kesatuan body, pada perancangan ini menggunakan *Rigid Connection constraint*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.9 di bawah ini.



Gambar 4.10 Memberikan *constraint* pada model

4. Memberikan beban pada model. Beban yang dimaksud ini adalah beban eksternal, dimana beban yang digunakan adalah gaya distribusi. Pada perancangan ini beban yang digunakan sebesar 50 N. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.11 di bawah ini.



Gambar 4.11 Memberikan beban pada model

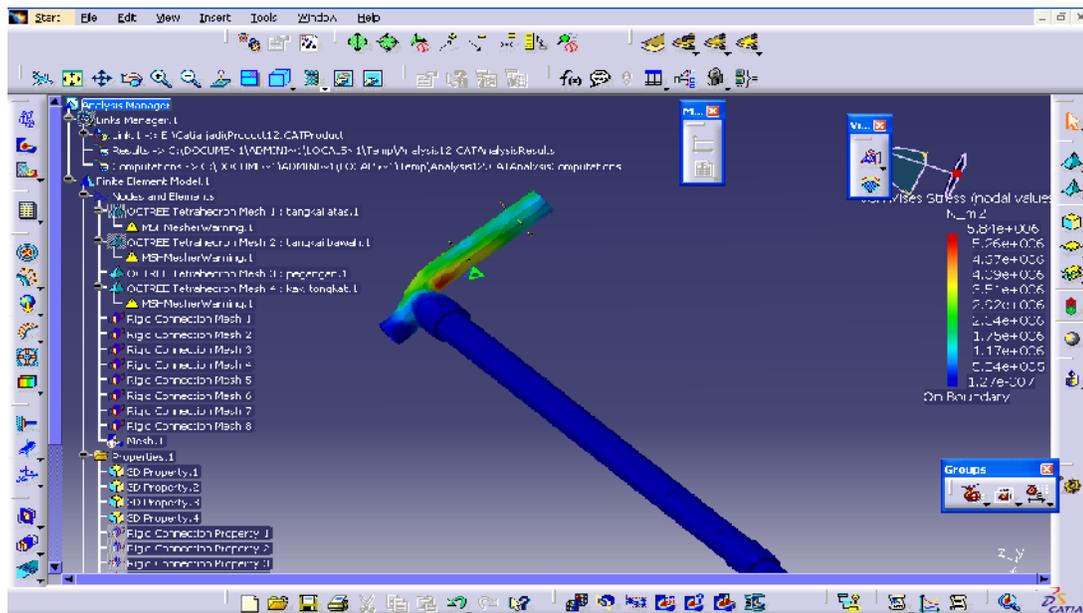
#### 4.3.2 Analisa Tegangan Struktur Tongkat Lansia

Langkah selanjutnya adalah memberi perintah kepada *CATIA V5R14* untuk mulai proses perhitungan mencari solusi atas tahapan yang telah diberikan pada *preprocessor* dengan menggunakan metode elemen hingga. Untuk dapat memulai proses perhitungan dengan memberi perintah *compute*. Waktu yang dibutuhkan *CATIA V5R14* untuk mendapatkan hasil perhitungan tergantung pada *performance* dari komputer (*memory*, kapasitas *hardisk*, *processor*, *motherboard*) dan kompleksitas dari permasalahan yang ada (model geometri, model pembebanan,

ukuran *meshing*). Untuk perancangan ini menggunakan *automeshing*, hal ini dikarenakan kompleksitasnya permasalahan yang ada dan performance dari komputer yang standard untuk menganalisa struktur dengan menggunakan *CATIA V5R14*.

Pada *post processor* yang bertujuan untuk melihat hasil perhitungan yang telah dilakukan setelah pembuatan model baik model geometri maupun elemen hingga. Adapun beberapa hal dari tahap ini yang ditampilkan antara lain tegangan von mises, tegangan principal, defleksi. Dalam tugas akhir ini hasil *post processor* yang dibutuhkan hanya tegangan von mises pada struktur, yaitu berapa dan dimana tegangan maksimum dan minimum yang terjadi pada model.

Dari hasil pemodelan analisa didapatkan hasil komputasi analisa tegangan yang terjadi pada rangka dengan bantuan *software CATIA V5R14* adalah sebagai berikut :



Gambar 4.12 Tegangan maksimum dan minimum yang terjadi pada rangka dengan pembebanan 5 kg

Dari hasil perhitungan secara komputasi didapatkan tegangan maksimum yang bekerja pada rangka tersebut yaitu  $5,84e+006 \text{ N/m}^2$  terletak pada bagian pegangan

tongkat sedangkan tegangan minimum yang bekerja ada rangka yaitu  $1,27e+007\text{N/m}^2$  terletak pada bagian tangkai pipa atas.

Setelah didapatkan besar tegangan von mises kritisnya, maka langkah selanjutnya adalah mengadakan evaluasi terhadap kegagalan material akibat pembebanan. Digunakan persamaan di bawah ini untuk mengevaluasi konsep desain yang telah dirancang.

$$\frac{S_y}{N} = \frac{\sqrt{2}}{2} \left[ (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_4)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

dimana

$S_y$  = Tegangan luluh yang diijinkan

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  = Tegangan utama

Tegangan equivalent atau tegangan von mises ( $\sigma_e$ ) adalah :

$$\sigma_e = \frac{\sqrt{2}}{2} \left[ (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_4)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Maka persamaan menjadi :

$$\sigma_e \text{ maksimum} \leq \frac{S_y}{N}$$

Dimana tegangan luluh yang di ijinakan ( $S_y$ ) adalah  $4.8e+007$  (tabel 4.10) dan perhitungan analisa tegangan menggunakan angka keamanan 6 dikarenakan menggunakan material lunak dan paduan, maka

$$e \text{ maksimum} = \frac{9.5e+007 \text{ N/m}^2}{6}$$

$$\sigma_e \text{ maksimum} \leq 1583 \text{ N/m}^2$$

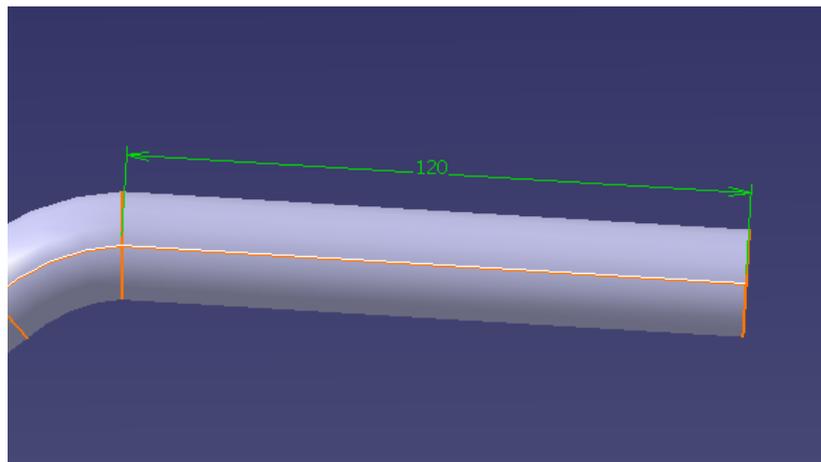
Agar material tidak terjadi kegagalan maka tegangan equivalent (tegangan Von-Mises) yang terjadi tidak boleh melebihi dari  $1583 \text{ N/m}^2$ . Dari perhitungan tegangan maksimum dengan menggunakan *software* Catia didapat tegangan maksimumnya adalah  $5,84e+006\text{N/m}^2$ . ini dapat ditarik kesimpulan bahwa tegangan

equivalent atau tegangan von mises masih dibawah tegangan yang diijinkan, dengan kata lain rangka aman untuk digunakan.

#### 4.4 Analisa Tegangan Menggunakan Metode Elemen Hingga

##### 4.4.1 Menentukan Dimensi

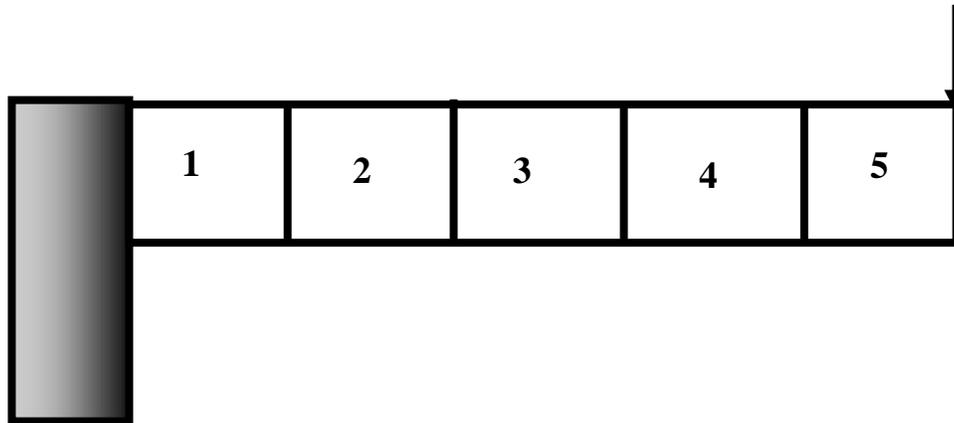
Dari hasil secara perhitungan manual didapatkan tegangan terbesar yang bekerja pada rangka tersebut yaitu  $2,505 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$  terletak pada bagian ujung pegangan tongkat  $\sigma_x$  5( elemen 5) (M.K Aditya Wardana; 2011). Sehingga analisis dan perhitungan dilakukan pada bagian pegangan tongkat lansia.



Gambar 4.13 Pegangan Tongkat

Pada pipa diatas menunjukan jarak panjang pegangan pipa memiliki jarak sepanjang 120 mm dengan radius 21.

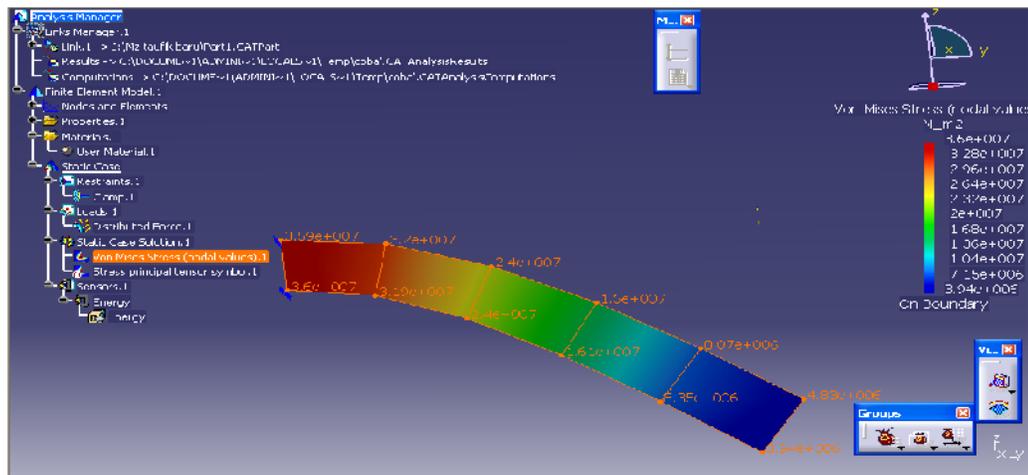
#### 4.4.2 Analisa Matriks Kekakuan Elemen Segiempat dengan software CATIA



Gaya yang diberikan pada elemen sebesar 55 N, karena moment dianggap tidak ada maka gaya langsung diteruskan pada lengan yang akan dicari tegangan dan regangannya dengan menggunakan metode elemen hingga. Dari hasil pemodelan analisa elemen bidang segiempat 2 dimensi didapatkan hasil komputasi analisa tegangan yang terjadi pada rangka dengan bantuan *software CATIA V5R14* adalah sebagai berikut :

Perhitungan Von Mises Stress dan translational displacement Perhitungan von mises stress dan translational displacement dilakukan menggunakan software Catia versi 5 realese 18, Hasil dan analisis perhitungan adalah sebagai berikut :

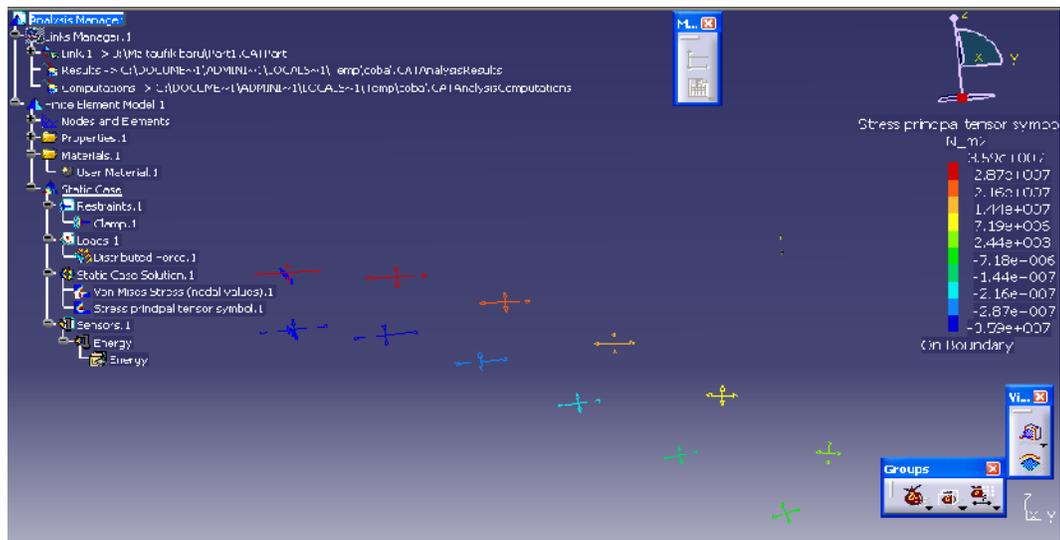
#### Perhitungan Von Mises Stress:



Gambar 4.14 Distribusi Stress pada elemen bidang pegangan tongkat

Distribusi stress disepanjang bidang diperlihatkan dalam gambar diatas. Stress terbesar terjadi pada elemen bidang yang terikat sebesar  $3,6 \times 10^7 \text{ N/mm}^2 = 3,6 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ , minimum stress  $3,9 \times 10^6 \text{ N/mm}^2 = 3,9 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$

hasil komputasi analisa tegangan principal (Stress Principal) yang terjadi pada bidang segiempat dengan bantuan *software CATIA V5R14* adalah sebagai berikut



Gambar 4.15 Distribusi Stress Principal pada elemen bidang pegangan tongkat

Distribusi stress disepanjang permukaan antara lain:

No Elemen	Distribusi Stress/Elemen
1	$\sigma_1 = 3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$
2	$\sigma_1 = 3,2 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -3,19 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$
3	$\sigma_1 = 2,4 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -2,39 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$
4	$\sigma_1 = 1,6 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -1,61 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$
5	$\sigma_1 = 8,08 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -8,14 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$

#### 4.4.3. Teory Kegagalan ( *Failure Theories* )

##### 4.4.3.a. *Maximum Normal- Stress Teory (MNST)*

Teori menyatakan maksimum-normal-menekankan bahwa kegagalan terjadi setiap kali salah satu pokok dua tegangan sama dengan tegangan titik luluh. Menduga

$$\sigma_1 > \sigma_2$$

Teori ini memprediksi bahwa kegagalan terjadi setiap kali

$$\sigma_1 = S_y$$

Atau

$$\sigma_2 = -\sigma_c$$

Diketahui *Material Properties* Aluminium:

<i>Properties</i>	Nilai
<i>Density</i> (x1000kg/m <sup>3</sup> )	2.7
<i>Poisson Ratio</i>	0.346
<i>Elastic Modulus</i> (GPa)	70 – 80
<i>Tensile Strenght</i> (Mpa)	115
<i>Yeild Strenght</i> (Mpa)	95
<i>Hardness</i> (HB500)	30
<i>Shear Strenght</i> (Mpa)	83
<i>Fatigue strenght</i> (Mpa)	62
<i>Thermal Expansion</i> (x10 <sup>-6</sup> /°C)	23.6
<i>Elongation</i> (%)	25

$$S_y = 9,5 \times 10^7 \text{ Pa ( N/m}^2 \text{ )} = 95 \text{ Pa ( N/mm}^2 \text{ )}$$

- **Untuk Elemen 1**

$$\sigma_1 = 3,59 \times 10^1 N/mm^2$$

$$\sigma_2 = -3,59 \times 10^1 N/mm^2$$

Sehingga :

$$3,59 \times 10^1 < 95$$

(Jadi tegangan pada elemen 1 dinyatakan aman, karena  $\sigma_1 < S_y$ )

- **Untuk Elemen 2**

$$\sigma_1 = 3,2 \times 10^1 N/mm^2$$

$$\sigma_2 = -3,19 \times 10^1 N/mm^2$$

Sehingga :

$$3,2 \times 10^1 < 95$$

(Jadi tegangan pada elemen 2 dinyatakan aman, karena  $\sigma_1 < S_y$ )

- **Untuk Elemen 3**

$$\sigma_1 = 2,4 \times 10^1 N/mm^2$$

$$\sigma_2 = -2,39 \times 10^1 N/mm^2$$

Sehingga :

$$2,4 \times 10^1 < 95$$

(Jadi tegangan pada elemen 3 dinyatakan aman, karena  $\sigma_1 < S_y$ )

- **Untuk Elemen 4**

$$\sigma_1 = 1,6 \times 10^1 N/mm^2$$

$$\sigma_2 = -1,61 \times 10^1 N/mm^2$$

Sehingga :

$$1,6 \times 10^1 < 95$$

(Jadi tegangan pada elemen 4 dinyatakan aman, karena  $\sigma_1 < S_y$ )

- **Untuk Elemen 5**

$$\sigma_1 = 8,08 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -8,14 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$$

Sehingga :

$$8,08 \times 10^{-1} < 95$$

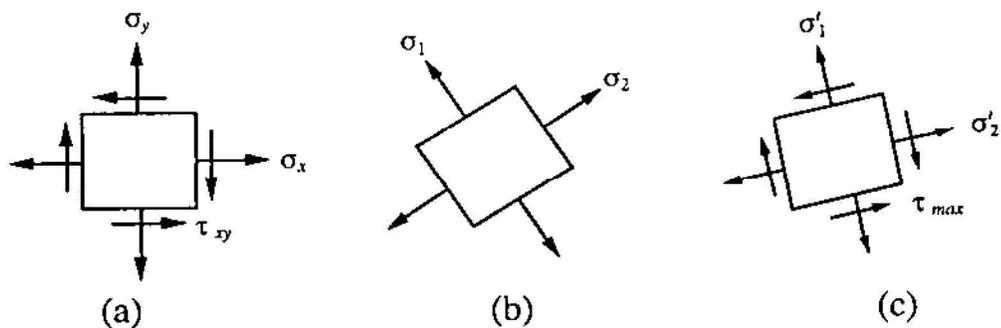
((Jadi tegangan pada elemen 5 dinyatakan aman, karena  $\sigma_1 < S_y$ )

#### 4.4.3.b. Maximum Shear- Stress Theory (MSST)

Menyatakan maksimum-geser-stres teori yang menghasilkan dimulai jika tegangan geser maksimum pada setiap elemen menjadi sama dengan tegangan geser maksimum dalam ketegangan spesimen uji materi yang sama ketika spesimen yang mulai menghasilkan. Specimen dinyatakan gagal apabila :

$$\tau_{\max} > \tau_{yp}$$

Untuk negara dua dimensi umum dari stres, lihat Gb. 1.4, stres pokok dan tegangan geser maksimum dapat dihitung dengan:



Gambar. 1.4 Dua-dimensi keadaan stres

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$\sigma_2 = 0$  karena pada titik luluh Dalam uji tarik,  $\sigma_1 = S_{yt}$ . Jadi dari Persamaan. (1.8), kita memiliki tegangan titik luluh di geser.

$$\tau_{yp} = \frac{1}{2}S_y$$

Persamaan ini dapat diganti ke Persamaan. (1.2) untuk memberikan

$$n_s = \frac{0.5S_y}{\tau_{\max}}$$

Diketahui *Material Properties* Aluminium:

<i>Properties</i>	Nilai
<i>Density</i> (x1000kg/m <sup>3</sup> )	2.7
<i>Poisson Ratio</i>	0.346
<i>Elastic Modulus</i> (GPa)	70 – 80
<i>Tensile Strenght</i> (Mpa)	115
<i>Yeild Strenght</i> (Mpa)	95
<i>Hardness</i> (HB500)	30
<i>Shear Strenght</i> (Mpa)	83
<i>Fatigue strenght</i> (Mpa)	62
<i>Thermal Expansion</i> (x10 <sup>-6</sup> /°C)	23.6
<i>Elongation</i> (%)	25

$$S_y = 9,5 \times 10^7 \text{ Pa ( N/m}^2 \text{ )} = 95 \text{ Pa ( N/mm}^2 \text{ )}$$

- **Untuk Elemen 1**

$$\sigma_1 = 3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \tau_{max} &= \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \\ &= \frac{1}{2} \left( 3,59 \times 10^1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - (-3,59 \times 10^1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}) \right) \\ &= \frac{1}{2} (7,18 \times 10^1 \text{ N/mm}^2) \\ &= 3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{yp} &= \frac{1}{2} S_y \\ &= \frac{1}{2} 95 \text{ N/mm}^2 \\ &= 47,5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$3,59 \times 10^1 < 47,5$$

(Jadi tegangan pada elemen 1 dinyatakan aman, karena  $\tau_{max} < \tau_{yp}$ )

- **Untuk Elemen 2**

$$\sigma_1 = 3,2 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -3,19 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \tau_{max} &= \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \\ &= \frac{1}{2} \left( 3,2 \times 10^1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - (-3,19 \times 10^1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}) \right) \\ &= \frac{1}{2} (6,39 \times 10^1 \text{ N/mm}^2) \end{aligned}$$

$$= 3,19 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \tau_{yp} &= \frac{1}{2} S_y \\ &= \frac{1}{2} 95 \text{ N/mm}^2 \\ &= 47,5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$3,19 \times 10^1 < 47,5$$

(Jadi tegangan pada elemen 2 dinyatakan aman, karena  $\tau_{max} < \tau_{yp}$  )

- Untuk Elemen 3

$$\sigma_1 = 2,4 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -2,39 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \tau_{max} &= \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2) \\ &= \frac{1}{2} \left( 2,4 \times 10^1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - (-2,39 \times 10^1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}) \right) \\ &= \frac{1}{2} (4,79 \times 10^1 \text{ N/mm}^2) \\ &= 2,40 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{yp} &= \frac{1}{2} S_y \\ &= \frac{1}{2} 95 \text{ N/mm}^2 \\ &= 47,5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$2,40 \times 10^1 < 47,5$$

(Jadi tegangan pada elemen 3 dinyatakan aman, karena  $\tau_{max} < \tau_{yp}$  )

- Untuk Elemen 4

$$\sigma_1 = 1,6 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -1,61 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \tau_{max} &= \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \\
 &= \frac{1}{2} \left( 1,6 \times 10^1 \frac{N}{mm} - (-1,61 \times 10^1 \frac{N}{mm}) \right) \\
 &= \frac{1}{2} (3,21 \times 10^1 N/mm^2) \\
 &= 1,605 \times 10^1 N/mm^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_{yp} &= \frac{1}{2} S_y \\
 &= \frac{1}{2} 95 N/mm^2 \\
 &= 47,5 N/mm^2
 \end{aligned}$$

Maka :

$$1,605 \times 10^1 < 47,5$$

(Jadi tegangan pada elemen 4 dinyatakan aman, karena  $\tau_{max} < \tau_{yp}$  )

- **Untuk Elemen 5**

$$\sigma_1 = 8,08 \times 10^{-1} N/mm^2$$

$$\sigma_2 = -8,14 \times 10^{-1} N/mm^2$$

$$\begin{aligned}
 \tau_{max} &= \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \\
 &= \frac{1}{2} \left( 8,08 \times 10^{-1} \frac{N}{mm} - (-8,14 \times 10^{-1} \frac{N}{mm}) \right) \\
 &= \frac{1}{2} (2,436 \times 10^{-1} N/mm^2) \\
 &= 1,218 \times 10^{-1} N/mm^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_{yp} &= \frac{1}{2} S_y \\
 &= \frac{1}{2} 95 N/mm^2 \\
 &= 47,5 N/mm^2
 \end{aligned}$$

Maka :

$$1,218 \times 10^{-1} < 47,5$$

(Jadi tegangan pada elemen 5 dinyatakan aman, karena  $\tau_{max} < \tau_{yp}$  )

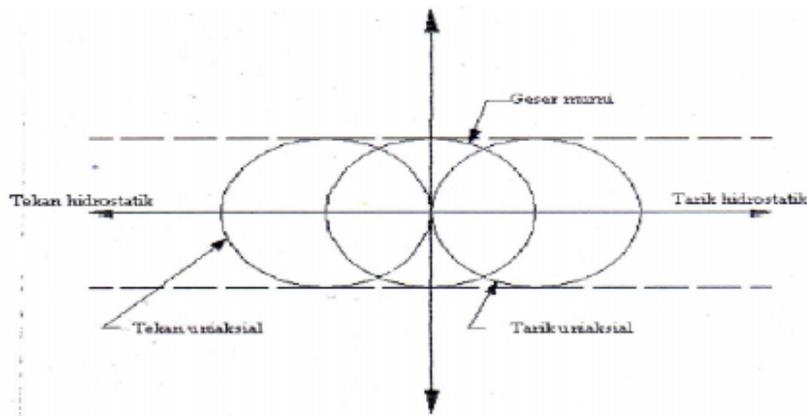
#### 4.4.3.c. Teori Kegagalan Tegangan Geser Maksimum (*Maximum Shear Theory Criterion* )

Diusulkan pertama kali oleh C. A Coulomb (1736 -1806), kemudian disempurnakan oleh Tresca (1864) sehingga sering disebut teori kegagalan Tresca. Teori ini khusus untuk material yang ulet dengan dasar bahwa kegagalan terjadi bila tegangan geser maksimum yang terjadi, melewati harga tegangan geser yang diijinkan pada material.

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

Dan material itu dinyatakan gagal apabila :

$$\tau_{max} > \tau_{yp}$$



Diketahui *Material Properties* Aluminium:

<i>Properties</i>	Nilai
<i>Density</i> (x1000kg/m <sup>3</sup> )	2.7
<i>Poisson Ratio</i>	0.346
<i>Elastic Modulus</i> (GPa)	70 – 80
<i>Tensile Strenght</i> (Mpa)	115
<i>Yeild Strenght</i> (Mpa)	95
<i>Hardness</i> (HB500)	30
<i>Shear Strenght</i> (Mpa)	83
<i>Fatigue strenght</i> (Mpa)	62
<i>Thermal Expansion</i> (x10 <sup>-6</sup> /°C)	23.6
<i>Elongation</i> (%)	25

- **Untuk Elemen 1**

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_2 &= -3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_3 &= \sigma_1 + \sigma_2 \\ &= 0 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\sigma_{yp} &= \frac{1}{2} S_y \\ &= \frac{1}{2} 95 \text{ N/mm}^2 \\ &= 47,5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{max} &= \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \\ &= \frac{3,59 \times 10^1 - (0)}{2} \\ &= \frac{3,59}{2} \\ &= 1,80 \times 10^1\end{aligned}$$

Maka:

$$1,80 \times 10^1 < 47,5$$

(Jadi tegangan pada elemen 1 dinyatakan aman, karena  $\tau_{max} < \tau_{yp}$ )

- **Untuk Elemen 2**

$$\sigma_1 = 3,2 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -3,19 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_3 &= \sigma_1 + \sigma_2 \\ &= 0,01 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \tau_{yp} &= \frac{1}{2} S_y \\ &= \frac{1}{2} 95 \text{ N/mm}^2 \\ &= 47,5 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{max} &= \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \\ &= \frac{3,2 \times 10^1 - (0,01)}{2} \\ &= \frac{3,2}{2} \\ &= 1,60 \times 10^1 \end{aligned}$$

Maka:

$$1,60 \times 10^1 < 47,5$$

(Jadi tegangan pada elemen 2 dinyatakan aman, karena  $\tau_{max} < \tau_{yp}$ )

- **Untuk Elemen 3**

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 2,4 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_2 &= -2,39 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_3 &= \sigma_1 + \sigma_2 \\ &= 0,01 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\tau_{yp} &= \frac{1}{2} S_y \\ &= \frac{1}{2} 95 \text{ N/mm}^2 \\ &= 47,5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{max} &= \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \\ &= \frac{2,4 \times 10^1 - (0,01)}{2} \\ &= \frac{2,39}{2} \\ &= 1,20 \times 10^1\end{aligned}$$

Maka:

$$1,20 \times 10^1 < 47,5$$

(Jadi tegangan pada elemen 3 dinyatakan aman, karena  $\tau_{max} < \tau_{yp}$ )

- **Untuk Elemen 4**

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 1,6 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_2 &= -1,61 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_3 &= \sigma_1 + \sigma_2 \\ &= 0,01 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\sigma_{yp} &= \frac{1}{2} S_y \\ &= \frac{1}{2} 95 \text{ N/mm}^2 \\ &= 47,5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{max} &= \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \\ &= \frac{1,6 \times 10^1 - (0,01)}{2} \\ &= \frac{0,01}{2} \\ &= 0,005 \times 10^1\end{aligned}$$

Maka:

$$0,005 \times 10^1 < 47,5$$

(Jadi tegangan pada elemen 4 dinyatakan aman, karena  $\tau_{max} < \tau_{yp}$ )

- **Untuk Elemen 5**

$$\sigma_1 = 8,08 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -8,14 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_3 &= \sigma_1 + \sigma_2 \\ &= 0,01 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\sigma_{yp} &= \frac{1}{2} S_y \\ &= \frac{1}{2} 95 \text{ N/mm}^2 \\ &= 47,5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_{max} &= \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \\
 &= \frac{8,08 \times 10^{-1} - 0,006}{2} \\
 &= \frac{0,003}{2} \\
 &= 0,003 \times 10^{-1}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$0,003 \times 10^{-1} < 47,5$$

(Jadi tegangan pada elemen 5 dinyatakan aman, karena  $\tau_{max} < \tau_{yp}$ )

#### 4.4.3.d. Teori Kegagalan Distorsi Energi Maksimum (*Maximum Distortory Energy Theory*)

Teori kegagalan ini digunakan untuk menentukan posisi tegangan terbesar dimana pada posisi ini akan terjadi awal kerusakan/kegagalan. Pertama kali diusulkan oleh M.T. Hueber (1904) kemudian diperbaiki dan diperjelas oleh R. Von Mises (1913) dan oleh H. Hencky (1925). Teori ini lebih dikenal dengan nama teori kegagalan Von Mises. Teori kegagalan ini dianalisa pertama melalui tegangan oktahedral yang menyatakan bahwa luluh akan terjadi bila tegangan geser octahedral maksimum yang terjadi melebihi harga batas yang diketahui dari hasil tes tarik material standar dengan beban uniaksial. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S_y = \frac{\sqrt{2}}{2} \left[ (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

dimana

$S_y$  = tegangan luluh material

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  = tegangan- tegangan principal ( $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ )

Diketahui Material Properties Aluminium:

<i>Properties</i>	Nilai
<i>Density</i> (x1000kg/m <sup>3</sup> )	2.7
<i>Poisson Ratio</i>	0.346
<i>Elastic Modulus</i> (GPa)	70 – 80
<i>Tensile Strenght</i> (Mpa)	115
<i>Yeild Strenght</i> (Mpa)	95
<i>Hardness</i> (HB500)	30
<i>Shear Strenght</i> (Mpa)	83
<i>Fatigue strenght</i> (Mpa)	62
<i>Thermal Expansion</i> (x10 <sup>-6</sup> /°C)	23.6
<i>Elongation</i> (%)	25

- **Untuk Elemen 1**

$$\sigma_1 = 3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_3 &= \sigma_1 + \sigma_2 \\ &= 0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} S &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(3,59 \times 10^1 - (-3,59 \times 10^1))^2 + (-3,59 \times 10^1 - (0))^2 \\ &\quad + (0 - (3,59 \times 10^1))^2]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(51,552)^2 + (-12,89)^2 + (-112,89)^2]^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sqrt{2}}{2} [77,332]^{\frac{1}{2}} \\
 &= 6,22 \times 10^1 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka:

$$6,22 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 > 95$$

(Jadi tegangan pada elemen 1 dinyatakan aman, karena  $S > S_y$ )

- **Untuk Elemen 2**

$$\sigma_1 = 3,2 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -3,19 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_3 = \sigma_1 + \sigma_2$$

$$= 0,01 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \text{ Sehingga :}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(3,2 \times 10^1 - (-3,19 \times 10^1))^2 + (-3,19 \times 10^1 - (0,01))^2 \\
 &\quad + (0,01 - (3,2 \times 10^1))^2]^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{\sqrt{2}}{2} [40,83 + 10,24 + 10,17]^{\frac{1}{2}} \\
 &= 5,52 \times 10^1 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka :

$$55,2 \times 10^1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > 95$$

(Jadi tegangan pada elemen 2 dinyatakan aman, karena  $S > S_y$ )

- **Untuk Elemen 3**

$$\sigma_1 = 2,4 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -2,39 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_3 &= \sigma_1 + \sigma_2 \\ &= 0,01 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} S &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(2,4 \times 10^1 - (-2,39 \times 10^1))^2 + (-2,39 \times 10^1 - (0,01))^2 + \\ &\quad (-0,01 \times 10^1 - (2,4 \times 10^1))^2]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{\sqrt{2}}{2} [22,94 + 5,76 + 5,71]^{\frac{1}{2}} \\ &= 4,14 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$= 4,14 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 < 95$$

(Jadi tegangan pada elemen 3 dinyatakan aman, karena  $S > S_y$ )

- **Untuk Elemen 4**

$$\sigma_1 = 1,6 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -1,61 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_3 &= \sigma_1 + \sigma_2 \\ &= -0,01 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(1,6 \times 10^1 - (-1,61 \times 10^1))^2 \\
 &\quad + (-1,61 \times 10^1 - (-0,01 \times 10^1))^2 \\
 &\quad + (-0,01 \times 10^1 - (1,6 \times 10^1))^2]^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{\sqrt{2}}{2} [10,30 + 2,56 + 2,59]^{\frac{1}{2}} \\
 &= 2,77 \times 10^1 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka:

$$2,77 \times 10^1 \text{ N/mm}^2 < 95$$

(Jadi tegangan pada elemen 4 dinyatakan aman, karena  $S > S_y$ )

- **Untuk Elemen 5**

$$\sigma_1 = 8,08 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -8,14 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_3 &= \sigma_1 + \sigma_2 \\
 &= 0,006 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{\sqrt{2}}{2} [(8,08 \times 10^{-1} - (-8,14 \times 10^{-1}))^2 + (-8,14 \times 10^{-1} - \\
 &\quad (0,006 \times 10^{-1}))^2 + (0,006 \times 10^{-1} - (8,08 \times 10^{-1}))^2]^{\frac{1}{2}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sqrt{2}}{2} [263,08 + 65,28 + 66,25]^{\frac{1}{2}} \\
 &= 14,04 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka:

$$= 14,04 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2 < 95$$

(Jadi tegangan pada elemen 5 dinyatakan aman, karena  $S > S_y$ )

#### 4.5 Analisa Ergonomi tongkat Lansia

Analisa ergonomi sepeda menggunakan antropometri masyarakat indonesia dengan percentil rata-rata (lihat pada lampiran 1 ) dan metode *RULA* pada *software CATIA V5R14*.

Secara umum tahapan yang bisa dilakukan untuk menganalisa suatu permasalahan ergonomi dengan menggunakan *CATIA V5R14* adalah sebagai berikut:

##### 4.5.1 *Human Builder*

*Human Builder* adalah suatu sistem membuat model orang yang mana secara detail dapat menginvestigasi desain orang terhadap tempat kerja sebelum diaplikasikan. *Human builder* secara akurat membuat simulasi orang dan interaksi dengan produk untuk menyakinkan bahwa orang dapat bekerja dalam tempat kerja yang dirancang. *Human builder* secara spesifik difokuskan pada membuat dan memanipulasi orang (berdasarkan nilai percentile 5, 50 dan 95) agar dapat berinteraksi dengan sebuah produk. *Tool* yang tersedia dalam *human builder* adalah membuat *manikin*, jenis kelamin, besarnya percentile, teknik memanipulasi *direct kinematics* dan *inverse kinematics*. membuat animasi, simulasi pengelihatian *monocular*, *binocular* dan *ambinocular*. Untuk dapat mengakses *human builder* dengan memilih aplikasi *ergonomic design* dan *analysis* lalu *human builder* pada *start menu*.

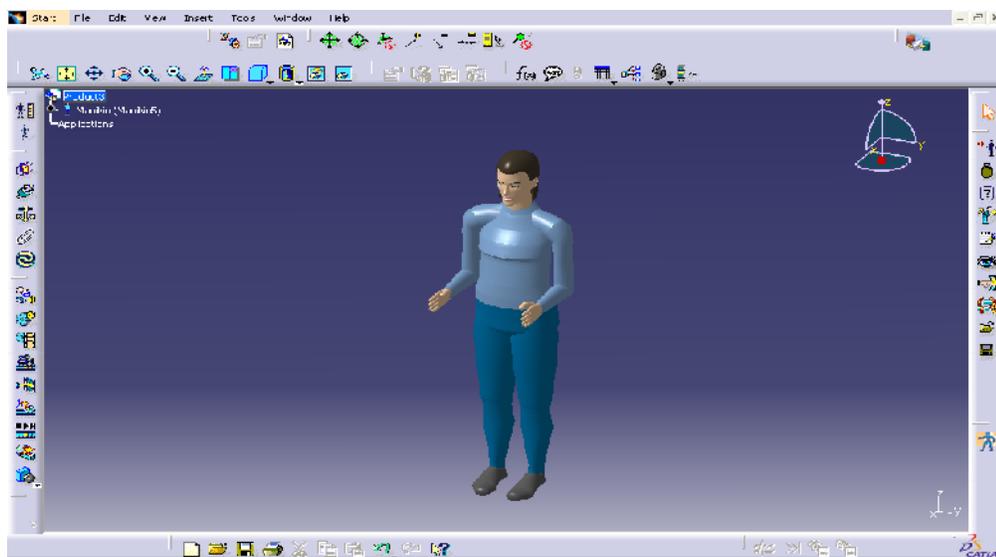
#### 4.5.2 Membuat *manikin*

Membuat manekin merupakan langkah pertama dalam tahapan analisa permasalahan ergonomi. Untuk membuat dengan menggunakan perintah *creation manikin*, perintah ini mempunyai dua opsi yaitu *manikin* dan *option*, ini ditunjukkan pada Gambar 4.13 di bawah ini.



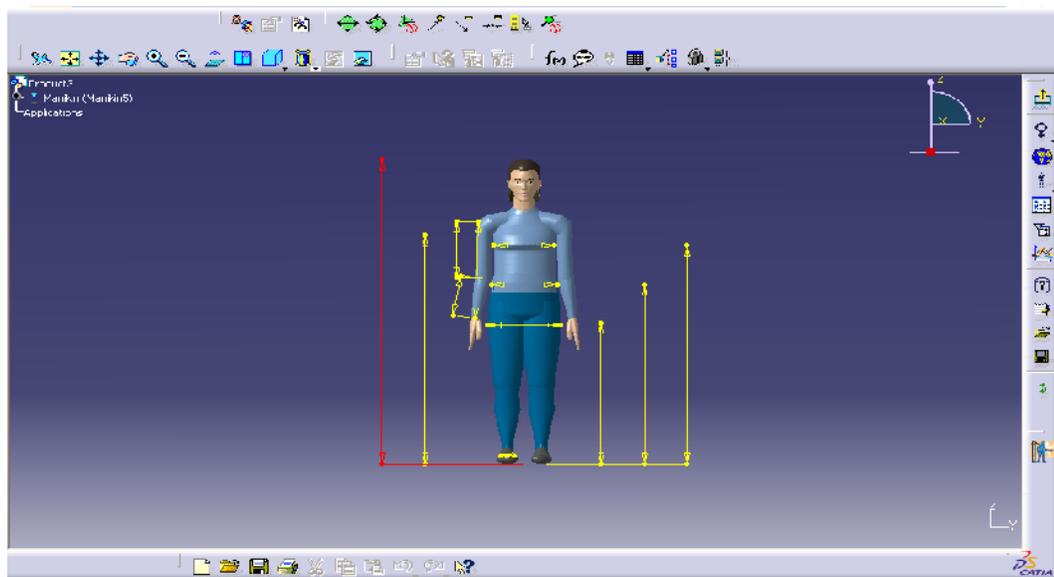
Gambar 4.16 (a).Opsi *manikin*, (b).Opsi *option*

Dimana pada perintah ini *user* dapat memilih dari jenis kelamin populasi dari suatu Negara (Amerika, Jepang, Korea, Kanada, Perancis). Model manikin yang akan dibuat (seluruh body, tangan sebelah kanan atau kiri). Adapun model *manikin* yang terpilih akan terlihat seperti Gambar 4.14 dibawah ini.



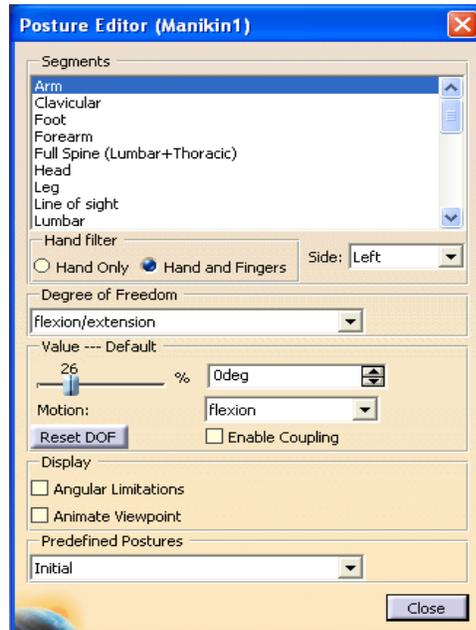
Gambar 4.17 Model *manikin*

Pada perancangan ini penulis mengganti data antropometri *manikin* yang telah dibuat dengan data antropometri masyarakat Indonesia yang didapat dari interpolasi masyarakat British dan Hongkong (Pheasant, 1986) terhadap masyarakat Indonesia (Sumakmur, 1989) serta istilah dimensionalnya dari Nurmianto (1991a dan 1991b), hal ini dilakukan karena tidak tersedianya manikin bangsa Indonesia. (lihat lampiran B). Adapun proses pemasukan data dapat dilihat pada Gambar 4.15 di bawah ini.



Gambar 4.18 Mengganti dengan data antropometri masyarakat Indonesia

Selanjutnya melakukan manipulasi terhadap semua atau sebagian postur tubuh dengan menggunakan perintah *posture editor*. *Posture editor* dibagi menjadi lima bagian, yaitu : *Segments*, *DOF*, *Value*, *Display* dan *Predefined posture*



Gambar 4.19 *Posture editor*

#### 4.5.3 *Human Activity Analysis*

*Human Activity Analysis* mengevaluasi semua elemen dari postur tubuh dengan analisa statik sampai kompleks. Ada empat tipe analisa pada *human activity analysis* yang tersedia pada *CATIA V5R14*, yaitu :

1. *RULA*
2. *Lift/Lower*
3. *Push/Pull*
4. *Carry*

Pada perancangan ini hanya menggunakan analisa *RULA* saja. Untuk mengakses analisa ini dengan memberi perintah *RULA* analisa  dari *ergonomic tools toolbar*. Pada kotak dialog analisa *RULA* akan muncul beberapa pilihan , yaitu :

1. *Manikin* : Menampilkan nama dari *manikin* yang digunakan
2. *Sisi tubuh* : Memilih sisi tubuh mana yang akan dianalisa
3. *Parameter* yang terdiri dari beberapa hal, adalah :

- a. Sikap (*Posture*). Ada tiga pilihan tipe sikap, yaitu :
  - Static (*static*)
  - Intermittent
  - Pengulangan (*repeated*)
- b. Banyaknya pengulangan (*repeated frequency*) merupakan berapa kali pengulangan sikap tubuh tiap menit. Banyaknya pengulangan terbagi menjadi dua :
  - Kurang dari 4 kali tiap menit.
  - Lebih dari 4 kali tiap menit.
- c. *Arm supported/person leaning*
- d. *Arm are working cross midline*
- e. *Chek balance*
- f. Beban.

4. Nilai (*score*) : Menunjukkan nilai yang dihasilkan.

Pada metode ini sisi tubuh dianalisa secara terpisah dan sikap tubuh dibagi menjadi dua grup, yaitu grup A dan B (lihat lampiran C)

Sisi tubuh bagian kiri untuk grup A

- Lengan atas  
*Flexion* : 23<sup>0</sup>
- Lengan bawah  
*Flexion* : 53<sup>0</sup>
- Pergelangan tangan  
*Flexion/* : 0-15<sup>0</sup>  
*Radial deviation/ulnar deviation* : 0<sup>0</sup>

Sisi tubuh bagian kiri untuk grup B

- Leher  
*Flexion/ extension* :  $0^0$
- Punggung  
*Flexion* :  $0^0$
- Kaki : Berat tubuh tidak seimbang

Dari *inputan data* diatas, maka didapatkan hasil analisa tubuh bagian kanan dengan metode RULA untuk bagian tubuh pada kondisi statis, ini ditunjukkan pada Gambar 4.17 dibawah ini.



Gambar 4.20 Hasil analisa postur tubuh dengan menggunakan metode *RULA* untuk bagian tubuh sebelah kanan pada posisi statik

Dari hasil analisa postur tubuh pada Gambar 4.16 akan dilakukan perhitungan dengan metode *RULA*. Adapun hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.17 di bawah ini.

**RULA Analysis (Manikin2)**

Side:  Left  Right

Parameters

Posture  
 Static  Intermittent  Repeated

Repeat Frequency  
 < 4 Times/min.  > 4 Times/min.

Arm supported/Person leaning  
 Arms are working across midline  
 Check balance

Load: 0kg

Score  
 Final Score: 2 ■ <<<  
 Acceptable

Details

+ Upper Arm:	1	■
+ Forearm:	1	■
+ Wrist:	3	■
+ Wrist Twist:	1	■
Posture A:	2	■
Muscle:	0	■
Force/Load:	0	■
Wrist and Arm:	2	■
+ Neck:	1	■
+ Trunk:	2	■
Leg:	1	■
Posture B:	1	■
Neck, Trunk and Leg:	1	■

Close

Gambar 4.21 Hasil analisa *RULA*

Dapat dilihat bahwa postur tubuh seperti Gambar 4.18 di atas mendapat nilai 2, dimana angka tersebut menunjukkan bahwa sikap tubuh masih berada dalam range gerakan yang ditentukan baik untuk kerja berulang-ulang maupun statik (*acceptabel*).

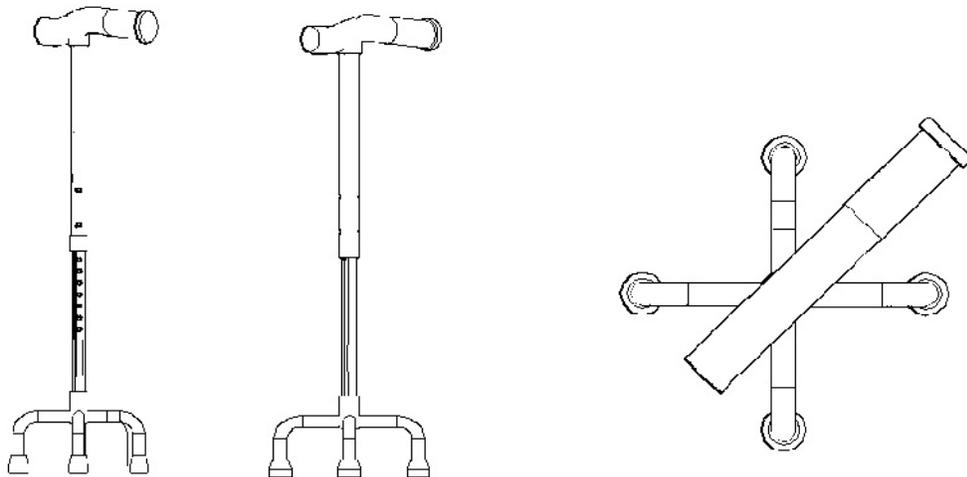
## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Data yang diperoleh dan disusun melalui *House of Quality* menghasilkan bobot Performa Kualitas Kontruksi (PKK) sebagai berikut:

No	PKK	Hasil Bobot PKK%
1	Bahan pegangan plastik	6.04
2	Bahan rangka aluminium	14.47
3	Bahan alas kaki tongkat karet	4.99
4	Bentuk Pegangan L	4.86
5	Sesuai Antropometri	6.27
6	Warna pegangan cerah (putih)	4.60
7	Slide & pengunci mur penguat	8.14
8	Analisa kekuatan rangka catia	14.03
10	Berat tongkat 1.5kg	17.08
11	Banyaknya kaki tongkat 4 buah	8.49
12	Tongkat tahan korosi	11.03

2. Dari pembahasan dapat ditarik kesimpulan, untuk konsep yang digunakan adalah konsep 3:



- Pegangan: plastik
  - Rangka : alumunium
  - Alas kaki: karet
  - Berat tongkat pada konsep 3 adalah 1 kg
  - Bentuk pegangan tongkat L
  - Alat dapat diatur panjang pendek dengan fungsi setelan dari mur dan baut
  - Bagian kepala, rangka, dan kaki dapat dipisahkan
  - Warna pegangan putih dan alas kaki adalah hitam
  - Analisa kekuatan menggunakan Software CATIA
  - Melalui data antropometri dihasilkan tinggi tongkat maksimal adalah 884.5 mm, asumsi berat tongkat adalah 1kg, panjang pegangan tongkat adalah 160 mm dan diameter pegangan tongkat adalah  $\pm 30$  mm.
  - Jumlah kaki adalah 4 buah
3. Beban maksimal pada tongkat lansia adalah 55 N. Tegangan yang terjadi pada bagian rangka tongkat  $5,84e+006N/m^2$  terletak pada bagian pegangan tongkat sedangkan tegangan minimum yang bekerja pada rangka yaitu  $1,27e+007N/m^2$  terletak pada bagian tangkai pipa atas. Jadi ini dapat ditarik kesimpulan bahwa tegangan Von Mises masih dibawah tegangan yang diijinkan, dengan kata lain rangka dinyatakan aman.
4. Hasil Dari analisis tegangan menggunakan metode elemen segitiga (Perhitungan manual) dan elemen segiempat (menggunakan software CATIA)

Jumlah elemen	Hasil perhitungan manual menggunakan (elemen segitiga 2D)	Hasil perhitungan Software menggunakan (elemen segiempat 2D)
1	$\sigma_1 = 4,748 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -5,710 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_1 = 3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -3,59 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$
2	$\sigma_1 = 3,015 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -0,125 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_1 = 3,2 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -3,19 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$
3	$\sigma_1 = 2,76 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = 0 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_1 = 2,4 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -2,39 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$
4	$\sigma_1 = 84 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -1,1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_1 = 1,6 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -1,61 \times 10^1 \text{ N/mm}^2$
5	$\sigma_1 = 5,253 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -2,4 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_1 = 8,08 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$ $\sigma_2 = -8,14 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$

5. Dan theory kegagalan yang didapat menyatakan :

- a. *Maximum Normal- Stress Teory (MNST)*: menyatakan aman. Karena masih berada dalam batas aman.
- b. *Maximum Shear- Stress Teory (MSST)*: menyatakan aman. Karena regangan yang dihasilkan berada dalam batas aman material.
- c. Teori Kegagalan Tegangan Geser Maksimum (*Maximum Shear Theory Criterion*) : menyatakan aman. Karena masih berada dalam batas aman.
- d. Teori Kegagalan Distorsi Energi Maksimum (*Maximum Distorty Energy Theory*) : menyatakan aman. Karena tegangan maximum yang dihasilkan masih berada dalam batas aman.

6. Nilai tingkat resiko cedera yang didapatkan adalah 2, dimana menunjukkan sikap tubuh tersebut diterima (*acceptabel*) dan tidak perlu dirubah untuk jangka panjang.

## 5.2 Saran

1. Kenyamanan dalam penggunaan harus lebih diutamakan selain dari fungsinya sendiri.
2. Perlu adanya produk multifungsi sehingga nilai ekonomis suatu produk akan meningkat dan juga dapat mengurangi biaya produksi.
3. Perlu dilakukan analisis dengan menggunakan metode elemen-elemen yang jauh lebih kecil dan banyak agar didapat hasil yang jauh lebih teliti lagi, dan dengan menggunakan metode elemen hingga 3D agar didapat hasil yang sangat akurat dan detail.
4. Perlu memepertimbangkan penelitian ini untuk di uji coba , sehingga dapat mengetahui keinginan dan kenyamanan *Cutomer*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akao, Yoji. 1998. *Quality Function Deployment: Intergrating Customer Requirement into Product Design*. Productivity Press, Oregon.
- Cohen, Lou. 1995. *Quality Function Deployment, Howto make QFD work for you*. Addison Wesley Publishing Company, Massachussets.
- Grandin, Hartley, jr. 1986. *Fundamentals of the finite Element Method.. Macmillan publishing company*. New York
- Besterfield, Daleh.2003. *Total Quality Manajement*. Pearson education, New Jersey
- Hidayatulloh, Rahmat. 2010. *Studi Ergonomi Perancangan dan Pengembangan Produk Tongkat Lansia dengan Metode Quality Function Deployment ( QFD )*. Jember.
- Ishak, A. 2002, *Rakayasa kualitas*, Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara.
- Jaelani, E. 2009. "Quality Function Deployment (QFD)". [on line]. [www.e-je.blogspot.com](http://www.e-je.blogspot.com). [11 Februari 2009]
- Jono. 2006. *Implementasi metode Quality Funtion Deployment (QFD) guna meningkatkan qualitaskain batik tulis*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Widya Mataram Yogyakarta.
- Kendari Pos. 2008. "Tongkat Perbaiki Keseimbangan Tubuh". Edisi Sabtu, (November 2008).
- Nurmianto, Eko. 1999. *Ergonomi konsep dasar dan aplikasinya*, Edisi pertama, Penerbit Guna Widya.
- Robert D. Cook. 1990. *Konsep dan Aplikasi Metode Elemen Hingga*. PT. EAEOCO. Bandung.
- Sutatio, Yerri. 2004. *Dasar-dasar Metode Elemen Hingga*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Ulrich, Karl T. 2000. *Product Design and Development*, Second Edition, Irwin McGraw-Hill.
- Wardana, M.K. Aditya.2011. *Analisis Kekuatan Pada Produk Tongkat Lansia Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Jember

Wardani, Laksmi. K. 2003. *Evaluasi ergonomi dalam perancangan desain*, Jurusan Desain Interior, Fakultas Seni dan Desain, Universitas Kristen Petra Surabaya.

Zuliantoni, 2006, *Pengembangan produk alat penangkap ular dengan metode QFD*, Faculty of Industrial Technology, Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya.

## A-2. Lembar kuesioner1



## KUISIONER PENGEMBANGAN DAN PERANCANGAN

## PRODUK TONGKAT LANSIA



NAMA CUSTOMER :	PEWAWANCARA :	WINDU PRASETIAWAN
GENDER : PEREMPUAN	NIM :	071910101086
UMUR : th	FAK / PROG. STUDI :	TEKNIK/TEKNIK MESIN
A LAMAT :	TANGGAL WAWANCARA:	

PERTANYAAN	KETERANGAN
<p><b>KOMPONEN DAN BAHAN TONGKAT LANSIA</b></p> <p>1. Apakah tongkat yang Anda gunakan memiliki kekuatan/ketangguhan yang anda inginkan? a. YA b. TIDAK</p> <p>2. Mengapa TIDAK? a. Kurang kokoh b. Mudah patah c. Mudah Berkarat d. Lain-Lain</p> <p>3. Apakah tongkat yang Anda gunakan tahan lama/awet? a. Ya b. TIDAK</p> <p>4. Jika TIDAK, berapa lama anda memakainya? a. &lt; 1 th b. &gt; 1th c. Lain-Lain</p> <p>5. Apakah berat tongkat yang digunakan sesuai dengan keinginan Anda? a. YA b. TIDAK</p> <p>6. Apakah tinggi tongkat yang digunakan sesuai dengan keinginan Anda? a. YA b. TIDAK</p> <p>7. Mengapa TIDAK? a. Tinggi tidak dapat diatur b. Dapat diatur, tapi pengaturan tinggi tongkat tidak sesuai yang di inginkan c. Lain-Lain</p> <p>8. Apakah bentuk pegangan sudah sesuai dengan keinginan Anda? a. YA b. TIDAK</p> <p>9. Mengapa TIDAK? *</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Ukuran b. Bentuk c. Bahan pegangan d. Corak e. ....</li> <li>• Ukuran yang anda inginkan? <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sesuai ukuran lebar tangan</li> <li>b. Lebih dari ukuran lebar tangan</li> <li>c. Lain-lain</li> </ul> </li> <li>• Bentuk yang diinginkan? <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Lurus b. L c. Melengkung d. ....</li> </ul> </li> <li>• Bahan pegangan yang diinginkan? <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Plastik b. Karet c. Besi d. ....</li> </ul> </li> </ul> <p>10. Apakah kaki tumpuan tongkat sesuai dengan keinginan Anda? a. YA b. TIDAK</p> <p>11. Mengapa TIDAK? *</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Jumlah Kaki</li> <li>b. Bentuk alas kaki</li> <li>c. Bahan alas kaki</li> <li>d. Lain-lain</li> <li>• Jumlah Kaki yang diinginkan? <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 1 kaki b. 2 kaki c. 3 kaki d. 4 kaki e. &gt; 4 kaki</li> </ul> </li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentuk alas kaki       <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Bulat    b. Kotak    c. Segi Tiga    d. ....</li> </ul> </li> <li>• Bahan Alas Kaki       <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Plastik    b. Karet    c. Besi    d. ....</li> </ul> </li> <li>• Lain-Lain Keterangan:.....</li> </ul> <p>12. Menurut Anda, apakah ada penambahan suatu komponen yang perlu di tambahkan untuk menunjang kenyamanan tongkat anda..</p> <p>a. ADA    b. TIDAK ADA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jika ADA Komponen :..... Keterangan:.....</li> </ul> <p>13. Apa bahan rangka tongkat yang anda inginkan?</p> <p>a. Alumunium    b. Kayu    c. Plastik    d. Besi    e. ....</p> <p>14. Sesuaikah ukuran tongkat anda sekarang?</p> <p>a. Ya    b. Tidak</p> <p><b>ESTETIKA</b></p> <p>1. Menarikkah tongkat yang Anda miliki sekarang?</p> <p>a. YA    b. TIDAK</p> <p>2. Jika TIDAK, pada komponen apa? *</p> <p>a. Pegangan tongkat</p> <p>b. Batang tongkat</p> <p>c. Kaki tongkat</p> <p>d. Lain-lain</p> <p>❖ Pegangan tongkat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dalam estetika(keindahan). Apa yang perlu di kembangkan?       <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Warna/corak    b. Penambahan asesoris    c. ....</li> </ul> </li> <li>• Warna/Corak pegangan tongkat yang anda inginkan?       <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Cerah    b. Gelap    c. Transparan/bening</li> <li>- Jika cerah, warna yang di inginkan?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Putih    b. Kuning    c. Merah muda    d. Orange    e. Merah</li> <li>f. Biru muda    g. Lain-lain</li> </ul> </li> <li>- Jika gelap, warna yang diinginkan?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Hitam    b. Biru tua    c. Ungu    d. Coklat    e. ....</li> </ul> </li> <li>- Jika transparan/bening, warna yang diinginkan?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Bening polos    b. Bening berwarana (warna.....)</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Lain-lain Keterangan:..... .....</li> </ul> <p>❖ Batang Tongkat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dalam estetika. Apa yang perlu di kembangkan?       <ul style="list-style-type: none"> <li>b. Warna/corak    b. Penambahan asesoris    c. ....</li> </ul> </li> <li>• Warna/corak batang tongkat yang anda inginkan?       <ul style="list-style-type: none"> <li>b. Cerah    b. Gelap    c. Transparan/bening</li> <li>- Jika cerah, warna yang di inginkan?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Putih    b. Kuning    c. Merah muda    d. Orange    e. Merah</li> <li>f. Biru muda    g. Lain-lain</li> </ul> </li> <li>- Jika gelap, warna yang diinginkan?           <ul style="list-style-type: none"> <li>b. Hitam    b. Biru tua    c. Ungu    d. Coklat    e. ....</li> </ul> </li> <li>- Jika transparan/bening, warna yang diinginkan?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Bening polos    b. Bening berwarana (warna.....)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

**PENGOPRASIAN**

1. Apakah pengoprasian tongkat Anda dapat di gunakan dalam berbagai kondisi?
  - a. YA      b. TIDAK
2. Jika TIDAK
  - Pada kondisi apa Anda mengalami kesulitan?
    - a. Berjalan      b. Duduk      c. Menaiki tangga      d. ....
 Alasan  
 :.....  
 :.....
3. Apakah tongkat Anda memiliki flexibilitas yang baik?
  - a. YA      B. TIDAK
4. Mengapa TIDAK? \*
  - a. Model yang terlalu besar
  - b. Tidak dapat di lipat/di diperpendek
  - c. Lain-lain
5. Bila ingin di lipat/diperpendek, seperti apa?
  - a. Sliding      b. lipatan      c. Lain-lain
6. Bila sliding, seperti apa mekanisme penguncian yang Anda inginkan?
  - a. Mur penguat      b. Mur pindahan      c. Pengait      d.....
7. Bila Lipatan, seperti apa mekanisme lipatan yang anda inginkan?
  - a. Lipatan 2 bagian      b. Lipatan beberapa bagian      c.....
8. Saat kondisi tongkat tidak digunakan, apa yang anda lakukan terhadap tongkat tersebut?
  - a. Membiarkannya (acuh)
  - b. Menaruh di dekatnya
  - c. Menyimpannya
  - d. ....
9. Pada kondisi tertentu, seperti mati lampu. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam mencari tongkat lansia? (kondisi lansia tidak memakai tongkat)
  - a. YA      b. TIDAK

**KEAMANAN (SAFETY)**

1. Apakan tongkat yang gunakan memilki tingkat keamanan yang baik?
  - a. YA      b. TIDAK
2. Jika TIDAK, pada bagian apa yang anda yang memilki tingkat keamanan yang baik?
  - a. Pegangan tongkat
  - b. Rangka tongkat
  - c. Kaki tongkat
  - d. Alas tongkat
  - e. Bagian yang lain
    - Mengapa pegangan tongkat?
      - a. Licin      b. Kontur pegangan      c. ....
    - Mengapa rangka tongkat?
      - a. Bahan rangka      b. Bentuk rangka      c. ....
    - Mengapa kaki tongkat?
      - a. Bahan kaki tongkat      b. Bentuk kaki tongkat      c. ....
    - Mengapa alas tongkat?
      - a. Licin      b. Kontur alas tongkat      c. Bahan      d.....
    - Bagian yang lain?
 Bagian :.....  
 Keterangan  
 :.....

**CATATAN:**

## A-2. Lembar kuesioner lanjutan



## KUISIONER PENGEMBANGAN DAN PERANCANGAN

## PRODUK TONGKAT LANSIA



NAMA CUSTOMER :	PEWAWANCARA :	WINDU PRASETIAWAN
GENDER :	PEREMPUAN	NIM : 071910101086
UMUR :	th	FAK / PROG. STUDI : TEKNIK/TEKNIK MESIN
A LAMAT :	TANGGAI WAWANCARA:	

PERTANYAAN	KETERANGAN
<p><b>PEGANGAN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menurut anda, Sudah sesuaikah bahan pegangan dari model tongkat tersebut?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sesuai</li> <li>b. Tidak sesuai</li> </ul>           Alasan:.....</li> <li>- Menurut anda, Sudah sesuaikah warna pegangan dari model tongkat tersebut?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sesuai</li> <li>b. Tidak sesuai</li> </ul>           Alasan: .....</li> <li>- Menurut Anda Bagaimana model bentuk pegangan tongkat sekarang?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sesuai</li> <li>b. Tidak sesuai</li> </ul>           Alasan : .....</li> </ul> <p>• <b>RANGKA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Setelah Anda melihat model tongkat tersebut, Sudah sesuaikah bahan rangka?           <ul style="list-style-type: none"> <li>Ya</li> <li>b. Tidak</li> </ul>           Alasan:.....</li> </ul> <p>• <b>KAKI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bagaimana Model Bentuk kaki tongkat sekarang?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sesuai</li> <li>b. Tidak sesuai</li> </ul>           Alasan: .....</li> <li>- Menurut anda Apakah jumlah kaki 4 itu nyaman digunakan?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Ya</li> <li>b. Tidak</li> </ul>           Alasan : .....</li> </ul> <p>• <b>ALAS KAKI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menurut Anda melihat model tongkat tersebut, Sudah sesuaikah model alas kaki yang saya buat?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sesuai</li> <li>b. Tidak sesuai</li> </ul>           Alasan:.....</li> <li>Alasan : .....</li> <li>- Setelah Anda menggunakan tongkat tersebut, sudah sesuaikah warna alas kaki?           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sesuai</li> <li>b. Tidak</li> </ul>           Alasan : .....</li> </ul> <p>• <b>KEKUATAN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Setelah Anda menggunakan tongkat tersebut, apakah tongkat tersebut memiliki</li> </ul>	

<p>kekuatan yang Anda inginkan?  a. Ya                      b. Tidak  Alasan:.....  - Jika tidak, dibagian mana?.....  -  • <b>BERAT</b>  - Menurut Anda, bagaimana asumsi bobot model Tongkat tersebut?  a. Ringan              b. sedang              c. berat</p> <p>• <b>MEKANISME TINGGI</b>  - Bagaimana mekanisme tinggi tongkat menurut Anda?  a. Sesuai                      b. Tidak sesuai  Alasan : .....</p> <p>• Menurut Anda. Memiliki flexibilitaskah tongkat sekarang?  a. Ya                      b. Tidak  Alasan : .....</p>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Hasil Kuesioner lanjutan (kuisisioner yang ke2) model produk tongkat lansia (*customer saticfaction*):

Dilakukan kepada 30 *customer* melalui wawancara langsung, adapun data yang didapat:

1. Pegangan

a. Bahan

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, semua menjawab bahan pegangan sesuai dengan apa yang mereka inginkan.

b. Warna

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, 25 orang menjawab warna pegangan sesuai, dengan alasan utama warna bagi mereka tidak terlalu diperhatikan, dan sisanya menjawab tidak sesuai dengan alasan utama cepat kotor.

c. Bentuk

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, 30 orang menjawab pegangan tongkat sesuai dengan apa yang mereka inginkan. Dengan alasan utama pegangan yang membentuk sudut  $90^0$  lebih nyaman, dan sisanya menjawab tidak sesuai dengan alasan utama mereka masih asing dengan bentuk  $90^0$ .

## 2. Rangka (tangkai tongkat)

### a. Bahan

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, 27 orang menjawab bahan tangkai sesuai. Sebenarnya untuk bahan tangkai, para *customer* tidak terlalu menghiraukan terbuat dari bahan apa, yang terpenting bagi mereka adalah ringan. Dan 3 orang menjawab tidak sesuai dengan alasan bagi dia kayu adalah bahan utama yang dia inginkan.

### b. Ukuran

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, semua menjawab ukuran sesuai dengan yang mereka inginkan.

## 3. Kaki tongkat

### a. Bentuk

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, 30 orang menjawab bentuk model kaki tongkat sesuai,.

### b. Jumlah kaki

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, 25 orang menjawab jumlah kaki 4 sesuai dengan alasan utama tongkat dapat berdiri setimbang, dan sisanya menjawab tidak sesuai dengan alasan masih bingung jika menggunakan tongkat yang berkaki 4, dan tidak setuju karena tidak ada tongkanya.

## 4. Alas kaki

### a. Bahan

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, 25 orang menjawab setuju karena tidak terlalu licin, sisanya menjawab sama saja meskipun dari bahan karet atau plastik.

b. Bentuk

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, semua menjawab bentuk alas kaki sesuai dengan alasan utama mirip dengan tongkat yang mereka miliki sebelumnya, dan seperti produk kompetitor.

c. Ukuran

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, 5 orang menjawab sesuai dan sisanya menjawab tidak sesuai dengan alasan utama kurang kecil.

5. Kekuatan

Dari 30 *customer* yang di wawancarai 20 oarang menyatakan sesuai, sisanya tidak bisa menyimpulkan karena tidak ada benda kerjanya(tongkat).

6. Berat

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, 20 orang menjawab bahwa asumsi bobot model tongkat itu ringan dan sisanya, 10 orang tidak menjawab dikarenakan tidak ada tongkatnya.

7. Mekanisma tinggi

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, 20 orang menjawab mekanisme tinggi sesuai, para lansia sisanya masih bingung karena tidak ada tongkatnya.

8. Keflexibilitas

Dari 30 *customer* yang diwawancarai, 20 orang menjawab tongkat memiliki keflexibilitas, dan sisanya tidak dengan alasan tidak membutuhkan tongkat yang bisa dipisah-pisahkan.

Kesimpulan dari *customer satisfaction*:

1. Pada pegangan, semua unsur sudah sesuai dengan keinginan *customer*,
2. Pada tangkai tongkat, semua unsur sudah memenuhi keinginan *customer*.
3. Pada kaki tongkat, untuk bentuk dan jumlah kaki tongkat sudah memenuhi keinginan *customer*, namun pada ukuran ada beberapa yang perlu

diperhatikan yaitu terlalu besarnya lebar ke 4 kaki dan juga ukuran tongkat yang kurang presisi.

4. Pada alas kaki, semua unsur sudah memenuhi keinginan *customer*.
5. Bobot pemodelan tongkat lebih ringan dari bobot tongkat lain dengan bahan yang sama.
6. Mekanisme tinggi yang digunakan sudah sesuai keinginan *customer*, namun perlu adanya adaptasi untuk orang yang belum pernah menggunakan tongkat jenis ini.
7. Keflexibilitas tongkat merupakan inovasi baru dalam tongkat ini, dan para *customer* dapat menerimanya.

Saran dari *customer satisfaction*:

1. Minta dibuatkan tongkat seperti model tersebut.

## LAMPIRAN . Data antropometri masyarakat Indonesia

**Antropometri masyarakat Indonesia yang didapat dari interpolasi masyarakat British dan Hongkong (Pheasant, 1986) terhadap masyarakat Indonesia (Suma'mur, 1989) serta istilah dimensionalnya dari (Nurmianto, 1991a ;Nurmianto, 1991b).**

Dimana :  $G_x$  = nilai rata-rata (mean), T = nilai standar deviasi (SD), 5% = nilai 5 persentil, 95% = nilai 95 persentil

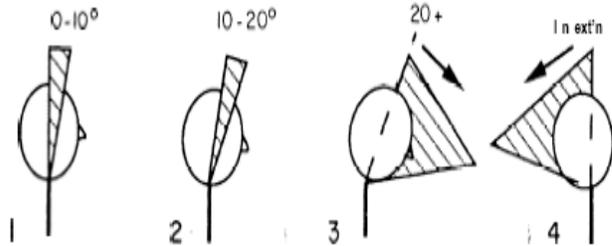
DIMENSI TUBUH	PRIA				WANITA			
	5%	X	95%	S.D	5%	X	95%	S.D
1. Tinggi Tubuh Posisi berdiri Tegak	1.532	1.632	1.732	61	1.464	1.563	1.662	60
2. Tinggi Mata	1.425	1.520	1.615	58	1.350	1.446	1.542	58
3. Tinggi Bahu	1.247	1.338	1.429	55	1.184	1.272	1.361	54
4. Tinggi Siku	932	1.003	1.074	43	886	957	1.028	43
5. Tinggi Genggaman Tangan ( <i>Knuckle</i> ) pada Posisi Relaks ke bawah	655	718	782	39	646	708	771	38
6. Tinggi Badan pada Posisi Duduk	809	864	919	33	775	834	893	36
7. Tinggi Mata pada Posisi Duduk	694	749	804	33	666	721	776	33
8. Tinggi Bahu pada Posisi Duduk	523	572	621	30	501	550	599	30
9. Tinggi Siku pada Posisi Duduk	181	231	282	31	175	229	283	33
10. Tebal Paha	117	140	163	14	115	140	165	15
11. Jarak dari Pantat ke Lutut	500	545	590	27	488	537	586	30
12. Jarak dari Lipat Lutut ( <i>popliteal</i> ) ke Pantat	405	450	495	27	488	537	586	30
13. Tinggi Lutut	448	496	544	29	428	472	516	27
14. Tinggi Lipat Lutut ( <i>popliteal</i> )	361	403	445	26	337	382	428	28
15. Lebar Bahu ( <i>bideltoid</i> )	382	424	466	26	342	385	428	26
16. Lebar Panggul	291	330	371	24	298	345	392	29
17. Tebal Dada	174	212	250	23	178	228	278	30
18. Tebal Perut ( <i>abdominal</i> )	174	228	282	33	175	231	287	34
19. Jarak dari Siku ke Ujung Jari	405	439	473	21	374	409	287	34
20. Lebar Kepala	140	150	160	6	135	146	157	7
21. Panjang Tangan	161	176	191	9	153	168	183	9
22. Lebar Tangan	71	79	87	5	64	71	78	4
23. Jarak Bentang dari Ujung Jari Tangan Kanan ke Kiri	1.520	1.663	1.806	87	1.400	1.523	1.646	75
24. Tinggi Pegangan Tangan ( <i>grip</i> ) pada Posisi Tangan Vertikal ke Atas & Berdiri Tegak	1.795	1.923	2.051	78	1.713	1.841	1.969	79
25. Tinggi Pegangan Tangan ( <i>grip</i> ) pada Posisi Tangan Vertikal ke Atas & Duduk	1.065	1.169	1.273	63	945	1.030	1.115	52
26. Jarak Genggaman Tangan ( <i>grip</i> ) ke Punggung pada Posisi Tangan ke Depan ( <i>horisontal</i> )	649	708	767	37	610	661	712	31

C-2. Diagram untuk menilai sikap tubuh pada Grup B

Neck

Add 1 if the neck is twisting

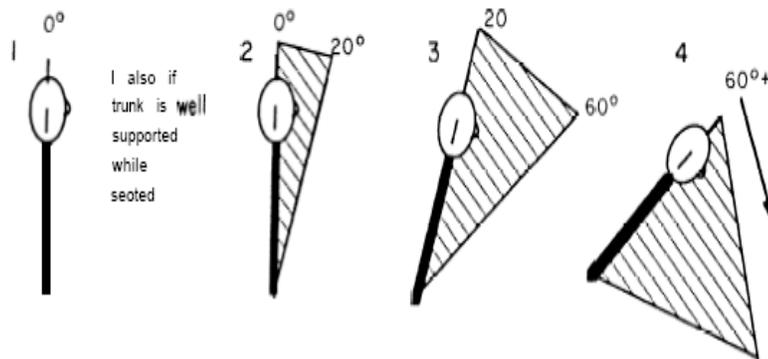
Add 1 if neck is side-bending



Trunk

Add 1 if trunk is twisting

Add 1 if trunk is side-bending



Legs

1 if legs and feet are well supported and in an evenly balanced posture

2 if not



## KUISIONER PENGEMBANGAN DAN PERANCANGAN PRODUK TONGKAT LANSIA



NAMA CUSTOMER : Bu Komariah	PEWAWANCARA : WINDU PRASETIAWAN
GENDER : P	NIM : 071910101086
UMUR : 62 th	FAK / PROG. STUDI : TEKNIK/TEKNIK MESIN
ALAMAT :	TANGGAL WAWANCARA: 26 / 07 / 2011

PERTANYAAN	KETERANGAN
<p><b>KOMPONEN DAN BAHAN TONGKAT LANSIA</b></p>	
<p>1. Apakah tongkat yang Anda gunakan memiliki kekuatan/ketangguhan yang anda inginkan?</p> <p>a. YA <input type="checkbox"/> <del>TIDAK</del></p>	
<p>2. Mengapa TIDAK? *</p> <p>a. Kurang kokoh</p> <p>b. Mudah patah</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Mudah Berkarat</p> <p>d. Lain-Lain</p>	
<p>3. Apakah tongkat yang Anda gunakan tahan lama/awet?</p> <p>a. Ya      b. TIDAK</p>	
<p>4. Jika TIDAK, berapa lama anda memakainya?</p> <p>a. &lt; 1 th    b. &gt; 1th    c. Lain-Lain</p>	
<p>5. Apakah berat tongkat yang digunakan sesuai dengan keinginan Anda?</p> <p>a. YA      <input checked="" type="checkbox"/> TIDAK</p>	
<p>6. Berapa berat yang Anda inginkan?</p> <p>a. ≤ 1 kg    <input checked="" type="checkbox"/> ≤ 2 kg    c. ≤ 3kg    d. &gt; 3kg</p>	
<p>7. Apakah tinggi tongkat yang digunakan sesuai dengan keinginan Anda?</p> <p>a. YA      <input checked="" type="checkbox"/> TIDAK</p>	
<p>8. Mengapa TIDAK?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Tinggi tidak dapat diatur</p> <p>b. Dapat diatur, tapi pengaturan tinggi tongkat tidak sesuai yang di inginkan</p> <p>c. Lain-Lain</p>	
<p>9. Apakah bentuk pegangan sudah sesuai dengan keinginan Anda?</p> <p>a. YA      b. TIDAK</p>	
<p>10. Mengapa TIDAK? *</p> <p>a. Ukuran    b. Bentuk    c. Bahan pegangan    d. Corak    e. <del>Lain-lain</del></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ukuran yang anda inginkan?</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Sesuai ukuran lebar tangan</li> <li>b. Lebih dari ukuran lebar tangan</li> <li>c. Lain-lain</li> <li>• Bentuk yang diinginkan?</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Lurus      b. L      c. Melengkung    d. <del>Lain-lain</del></li> <li>• Bahan pegangan yang diinginkan?</li> </ul>	

a. Plastik	b. Karet	c. Besi	d. Lain-lain
11. Apakah kaki tumpuan tongkat sesuai dengan keinginan Anda?			
a. YA		b. TIDAK	
12. Mengapa TIDAK? *			
a. Jumlah Kaki			
b. Bentuk alas kaki			
c. Bahan alas kaki			
d. Lain-lain			
• Jumlah Kaki yang diinginkan?			
a. 1 kaki	b. 2 kaki	c. 3 kaki	<input checked="" type="checkbox"/> 4 kaki e. > 4 kaki
• Bentuk alas kaki			
<input checked="" type="checkbox"/> Bulai	b. Kotak	c. Segi Tiga	d. Lain-Lain
• Bahan Alas Kaki			
a. Plastik	<input checked="" type="checkbox"/> Karet	c. Besi	d. Lain-Lain
• Lain-Lain			
Keterangan.....			
...			
13. Menurut Anda, apakah ada penambahan suatu komponen yang perlu di tambahkan untuk menunjang kenyamanan tongkat anda..			
<input checked="" type="checkbox"/> ADA		b. TIDAK ADA	
• Jika ADA			
Komponen			
: Diberi alas pada kaki tongkat			
Keterangan:.....			
.....			
14. Apa bahan rangka tongkat yang anda inginkan?			
<input checked="" type="checkbox"/> Alumunium	b. Kayu	c. Plastik	d. Besi e. Lain-lain
15. Sesuikah ukuran tongkat anda sekarang?			
a. Ya		<input checked="" type="checkbox"/> Tidak	
<b>ESTETIKA</b>			
1. Menarikkah tongkat yang Anda miliki sekarang?			
a. YA		b. TIDAK	
2. Jika TIDAK, pada komponen apa? *			
a. Pegangan tongkat			
b. Batang tongkat			
c. Kaki tongkat			

## d. Lain-lain

## ❖ Pegangan tongkat

- Dalam estetika(keindahan). Apa yang perlu di kembangkan?
  - a. Warna/corak    b. Penambahan asesoris    c. Lain-Lain
- Warna/Corak pegangan tongkat yang anda inginkan?
  - Cerah    b. Gelap    c. Transparan/bening
  - Jika cerah, warna yang di inginkan?
    - Putih    b. Kuning    c. Merah muda    d. Orange    e. Merah
    - f. Biru muda    g. Lain-lain
  - Jika gelap, warna yang diinginkan?
    - a. Hitam    b. Biru tua    c. Ungu    d. Coklat    e. Lain-lain
  - Jika transparan/bening, warna yang diinginkan?
    - a. Bening polos    b. Bening berwarna (warna.....)
- Lain-lain  
Keterangan.....  
.....  
.....

## ❖ Batang Tongkat

- Dalam estetika. Apa yang perlu di kembangkan?
  - a. Warna/corak    b. Penambahan asesoris    c. Lain-Lain
- Warna/corak batang tongkat yang anda inginkan?
  - b. Cerah    b. Gelap    c. Transparan/bening
  - Jika cerah, warna yang di inginkan?
    - a. Putih    b. Kuning    c. Merah muda    d. Orange    e. Merah
    - f. Biru muda    g. Lain-lain
  - Jika gelap, warna yang diinginkan?
    - b. Hitam    b. Biru tua    c. Ungu    d. Coklat    e. Lain-lain
  - Jika transparan/bening, warna yang diinginkan?
    - a. Bening polos    b. Bening berwarna (warna.....)

**PENGOPRASIAN**

1. Apakah pengoprasian tongkat Anda dapat di gunakan dalam berbagai kondisi?
    - a. YA     TIDAK
  2. Jika TIDAK
    - Pada kondisi apa Anda mengalami kesulitan?
      - a. Berjalan    b. Duduk    c. Menaiki tangga    d. lain-lain
- Alasan

- .....
- .....
- .....
3. Apakah tongkat Anda memiliki flexibilitas yang baik?
- a. YA  TIDAK
4. Mengapa TIDAK? \*
- a. Model yang terlalu besar
- Tidak dapat di lipat/di diperpendek
- c. Lain-lain
5. Bila ingin di lipat/diperpendek, seperti apa?
- Sliding b. lipatan c. Lain-lain
6. Bila sliding, seperti apa mekanisme penguncian yang Anda inginkan?
- Mur penguat b. Mur pindahan c. Pengait d. Lain-lain
7. Bila Lipatan, seperti apa mekanisme lipatan yang anda inginkan?
- a. Lipatan 2 bagian b. Lipatan beberapa bagian c. Lain-lain
8. Saat kondisi tongkat tidak digunakan, apa yang anda lakukan terhadap tongkat tersebut?
- a. Membiarkannya (acuh)
- Menaruh di dekatnya
- c. Menyimpannya
- d. Lain-lain
9. Pada kondisi tertentu, seperti mati lampu. Apakah Anda mengalami kesulitan dalam mencari tongkat lansia? (kondisi lansia tidak memakai tongkat)
- a. YA b. TIDAK

#### KEAMANAN (SAFETY)

1. Apakah tongkat yang digunakan memiliki tingkat keamanan yang baik?
- a. YA  ~~TIDAK~~ *Kurang*
2. Jika TIDAK, pada bagian apa yang anda yang memiliki tingkat keamanan yang baik?
- a. Pegangan tongkat
- b. Rangka tongkat
- Kaki tongkat
- d. Alas tongkat
- e. Bagian yang lain
- Mengapa pegangan tongkat?
- a. Licin b. Kontur pegangan c. Lain-lain
- Mengapa rangka tongkat?
- a. Bahan rangka b. Bentuk rangka c. Lain-lain
- Mengapa kaki tongkat?
- a. Bahan kaki tongkat b. Bentuk kaki tongkat  ~~Lain-lain~~ *belum ada alas kaki*

<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengapa alas tongkat? a. Licin                      b. Kontur alas tongkat      c. Bahan      d.    Lain-lain</li><li>• Bagian yang lain? Bagian :..... Keterangan :..... .....</li></ul> <p><b><u>CATATAN:</u></b></p>	

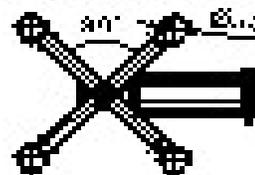
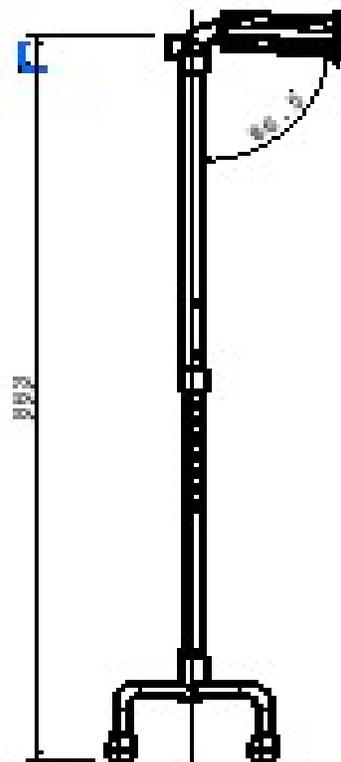
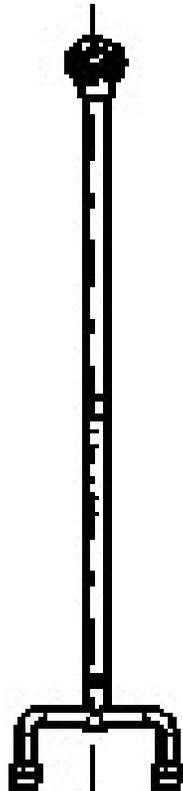
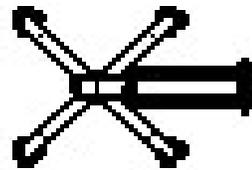
(\* ) = BOLEH MENJAWAB LEBIH DARI 1 JAWABAN

Customer

  
Kamsah

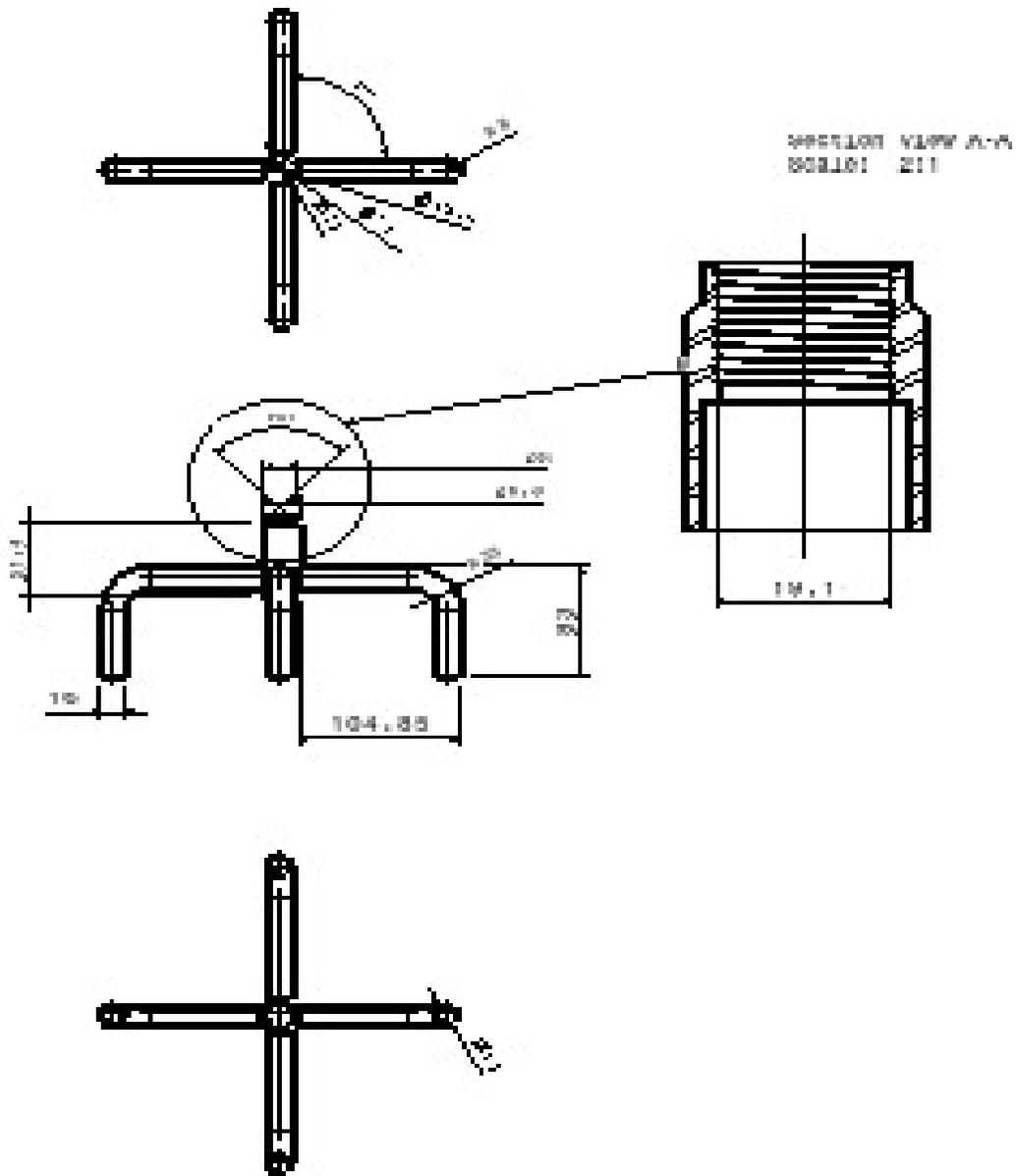
**Lampiran: Dokumentasi Penelitian**  
**Foto Kuisiner**



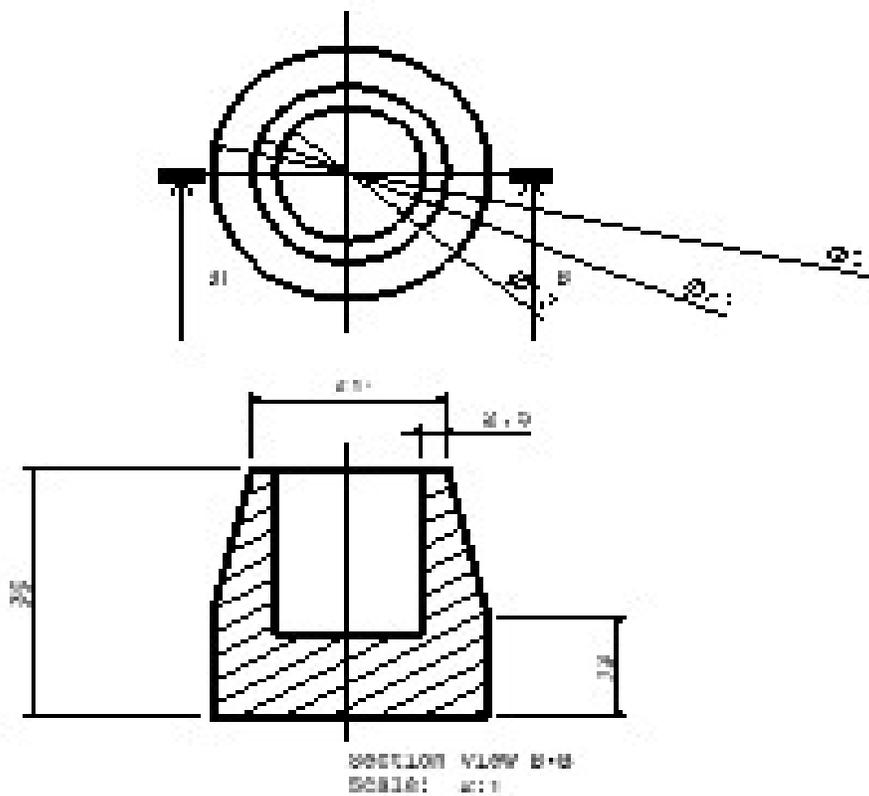


NAMA PEMBAHASAN CHOLLESTIO		FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBERI	
NO. DAFTAR BAHAN BELAJAR TONGKAT		TONGKAT	
A3.			
1:1	0.50		1/1





NAMA PEMBAHASAN LOGO/LOGO		FAKULTAS TEKNIK Universitas Jember		
NAMA PENYUSUN/DESAIN LOGO/LOGO		NAMA LUGRAFI		
A3.				
1:1	D.11		1/1	



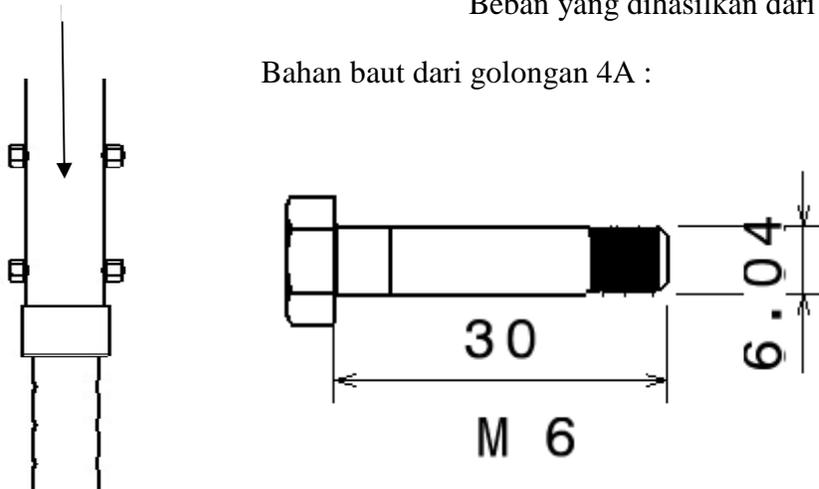
DESAIN PROJEK LAMAR NAMA: IDHRAHMAN NO. PENDAFTARAN: IDHRAHMAN		FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER		
NO. 43.		ALAS KAKI		
1:1	D.00		1/1	

**Perencanaan Mur Baut Penahan**

$F = 5,5 \text{ Kg}$

Beban yang dihasilkan dari tongkat 5,5 Kg

Bahan baut dari golongan 4A :



- 1. Kekuatan Tarik  $\sigma_B = 34 \text{ Kg/mm}^2$
- 2. Batas Mulur  $\sigma_Y = 20 \text{ Kg/mm}^2$
- 3. Modulus elastisitas  $E = 2,1 \times 10^4$
- 4. Ambil titik kerja gaya sebagai  $n = 3/4$
- 5. Panjang ulir baut  $b = 6,1 \text{ mm}$
- 6. Panjang bagian baut yang tak berulir  $l_1 = 23,8 \text{ mm}$
- 7. Panjang efektif baut  $l_2 = 11,2 \text{ mm}$
- 8. Luas penampang yang tak berulir  $A_2 = (\pi/4) 7^2 = 38,46 \text{ mm}^2$
- 9. Konstanta pegas pada baut :

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{E_b} \left( \frac{l_1}{A_d} + \frac{l_2}{A_k} \right) =$$

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{2,1 \times 10^4} \left( \frac{23,8}{38,46} + \frac{11,2}{38,46A} \right)$$

$$= 2,3 \times 10^4 \text{ Kg/mm}^2$$

- 10. Konstanta pegas benda yang di jepit  $C_p$ :

$$C_p = \frac{A_p E_p}{l_p} = \frac{E_p}{l_p} \cdot \frac{\pi}{4} \left| \left( B + k \frac{l_p}{2} \right)^2 - D^2 \right|$$

$$C_p = \frac{A_2 \cdot 2,1 \times 10^4}{30} = \frac{\pi}{4} \left| \left( 15 + \frac{50}{10} \right)^2 - 7^2 \right| = 9,7 \times 10^4 \text{ Kg/mm}$$

- 11. Faktor Penambahan beban axial:

$$\phi = n \frac{C_b}{C_p + C_b}$$

$$\phi = \frac{3}{4} \cdot \frac{2,3}{9,7+2,3} = 0,143$$

12. Faktor pengetatan  $a = 1,4$

13. Faktor pengendoran  $L = 1,6$

14. Gaya jepit awal yang diperlukan :

$$P_o = aL (1 - \phi)P$$

$$= 1,4 \times 1,6 (1 - 0,143) \times 2,75 = 5,26 \text{ kg}$$

15. Gaya aksial baut maximum

$$P_{max} = aL (1 - \phi)P + \phi P + P_r$$

$$P_{max} = 5,26 + 0,143 \times 2,75 = 14,85 \text{ kg}$$

$$\sigma_y A_k = 20 \times 38,46 = 769 \text{ kg}$$

$$P_{max} = 769 \text{ kg} > 14,85 \text{ kg (Baik)}$$

16. Amplitudo tegangan baut :

$$\sigma_{max} = \frac{1}{2} \frac{P_b}{A_K} = \frac{\phi}{2} \cdot \frac{P}{A_k}$$

$$\sigma_{max} = \frac{0,143}{2} \times \frac{2,75}{38,46} = 0,051 \text{ kg/mm}^2$$

17. Batas kelelahan ulir luar, digabung dengan mur yang dipasang ketat

$$\sigma_f = 5 \text{ kg/mm}^2$$

18.  $0,051 \text{ kg/mm}^2 < 5 \text{ kg/mm}^2$ : Baik untuk digunakan

19. Jadi bahan yang digunakan Baja St 37,

Batas tekanan dudukan adalah  $30 \text{ kg/mm}^2$