



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENERAPAN DESAIN UNTUK PERAKITAN (DFA) PADA
PERAKITAN *COOLBOX* SEPEDA MOTOR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

TRI PURWADI

0706267396

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JANUARI 2012**

i

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Tri Purwadi
NPM : 0706267396
Tanda Tangan : 
Tanggal : 11 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

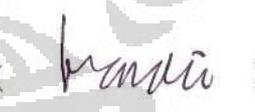
Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Tri Purwadi
NPM : 0706267396
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : PENERAPAN DESAIN UNTUK PERAKITAN
(DFA) PADA PERAKITAN COOLBOX SEPEDA
MOTOR

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng ()

Penguji : Dr. Ir. Engkos A. Kosasih, M.T. ()

Penguji : Dr. Ir. Budihardjo, Dipl.-Ing ()

Penguji : Dr. Agus S. Pamitran, S.T, M.Eng ()

Ditetapkan di :
Tanggal :

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur saya panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ir Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral
- (3) M Arya MN, selaku rekan peneliti yang telah membantu penelitian ini secara langsung
- (4) Tim IbIKK *Coolbox* 2011, Ary Maulana dan Guruh Darsono yang banyak berjasa dalam pengembangan *coolbox* sampai dengan sekarang, dan
- (5) Sahabat dan teman-teman seperjuangan Mesin 2007 yang telah banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah Subhanahu wa Ta'ala berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 11 Januari 2012

Penulis

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

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

Nama : Tri Purwadi
NPM : 0706267396
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

**PENERAPAN DESAIN UNTUK PERAKITAN (DFA) PADA PERAKITAN
COOLBOX SEPEDA MOTOR**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 11 Januari 2012

Yang menyatakan



(Tri Purwadi)

v

ABSTRAK

Nama : Tri Purwadi
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : PENERAPAN DESAIN UNTUK PERAKITAN (DFA) PADA
PERAKITAN *COOLBOX* SEPEDA MOTOR

Adanya kemudahan dalam memiliki sepeda motor mengakibatkan jumlah sepeda motor meningkat pesat. Hal ini menyebabkan pula meningkatnya kebutuhan akan aksesoris sepeda motor yang salah satunya adalah box sepeda motor. Box sepeda motor yang ada di pasaran dipergunakan untuk menyimpan barang, terpikirlah suatu ide untuk meningkatkan fungsi box sepeda motor yang dapat dipergunakan untuk menyimpan barang/bahan yang memerlukan kondisi dingin seperti makanan dan minuman dan untuk keperluan delivery darah (blood carrier), vaksin ataupun ASI.

Coolbox sepeda motor ini telah mengalami pengembangan sejak dimulai 2008 lalu, namun pengembangan hanya diarahkan untuk mencapai target temperatur yang serendah mungkin dengan melakukan berbagai modifikasi terhadap box sepeda motor yang telah ada. Setelah target temperatur sudah terpenuhi, timbul pertanyaan baru yaitu tentang bagaimana cara membuat *coolbox* ini layak untuk diterima konsumen karena *coolbox* yang ada masih belum dapat diproduksi secara masal disebabkan proses produksinya yang rumit dan tidak standar.

Oleh karena itu penulisan skripsi ini ditujukan untuk menjawab pertanyaan tersebut yaitu pembuatan *coolbox* dengan mempertimbangkan aspek desain untuk manufaktur dan perakitan atau yang lebih dikenal dengan istilah *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA). Dari hasil penerapan *Design for Assembly* (DFA) didapat total waktu perakitan *coolbox* untuk desain awal sekitar 399,16 detik dan nilai efisiensi sekitar 8%, sedangkan total waktu perakitan untuk redesain adalah sekitar 313,01 detik dengan nilai efisiensi 10%.

Kata kunci: *coolbox*, DFA, perakitan, termoelektrik,

ABSTRACT

Name : Tri Purwadi
Major : Mechanical Engineering
Title : APPLICATION DESIGN FOR ASSEMBLY (DFA) FOR
MOTORCYCLE *COOLBOX* ASSEMBLING

Acquiring motorcycle in Indonesia is relatively very easy, that's why the number of motorcycle in Indonesia is increasing very high. Because of the increase of the number of motorcycle, there is an increase in the number of motorcycle accessories and one of them is motorcycle box. Motorcycle box in the market was only used to store some stuff such as helmet or jacket. Then comes an idea to add more value to the motorcycle box to be used as a *coolbox* that can store goods/stuff that need to be stored in cool condition like food and beverages or maybe as a blood carrier, vaccine carrier or ASI.

This *coolbox* already undergo some developments since its debut in 2008 but this development only targeted to make a *coolbox* that can reach as low as temperature possible with any necessary modification. After the target temperature can be reached, then comes a question on how to make this *coolbox* acceptable to the market since this *coolbox* was not yet ready for mass production because the manufacture of this *coolbox* is really complicated and not following any standards.

Therefore the writing of this thesis aimed to answer those questions on how to create a *coolbox* by considering the principle of design for manufacturing and assembly (DFMA). From the results of the application of Design for Assembly (DFA) obtained *coolbox* total assembly time for the initial design of approximately 399,16 seconds and the value of efficiency of about 8%, while the total assembly time for the redesign is about 313,01 seconds with a value of efficiency about 10%.

Keywords: *coolbox*, *DFA*, *assembly*, *thermoelectric*,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	2
1.4 BATASAN MASALAH	2
1.5 METODOLOGI PENELITIAN.....	3
1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 PENDINGIN TERMoeLEKTRIK.....	5
2.1.1 Sejarah Peltier	5
2.1.2 Prinsip Kerja Pendingin Termoelektrik	5
2.1.3 Parameter Penggunaan Elemen Termoelektrik.....	7
2.1.4 Komponen Dasar Sistem Pendingin Termoelektrik.....	8
2.1.5 Sistem Termoelektrik Bertingkat.....	10
2.1.6 Aplikasi Termoelektrik Secara Garis Besar.....	10
2.2 DESIGN FOR ASSEMBLY (DFA).....	11
2.2.1 Metode Rancangan Perakitan Manual (DFA) Dari Boothroyd- Dewhurst.....	12

2.2.2	Manual Assembly	13
2.2.3	Efisiensi Perakitan (Assembly Efficiency)	15
BAB 3 PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK <i>COOLBOX</i> SEPEDA MOTOR		17
3.1	PENGEMBANGAN <i>COOLBOX</i>	17
3.2	PERENCANAAN PRODUK	22
3.3	ANALISA PRODUK PESAING	23
BAB 4 PEMBAHASAN		25
4.1	PERHITUNGAN DFA PADA PERANCANGAN	25
4.1.1	Desain Akhir <i>Coolbox</i>	25
4.1.2	Penerapan Design for Assembly (DFA)	25
4.1.3	Analisa Komponen pada desain awal	26
4.1.4	Analisa Komponen Setelah Redesain	33
4.1.5	Susunan <i>Coolbox</i> Setelah Dirakit	45
4.2	HASIL PERHITUNGAN DFA PADA RE-DESAIN	46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		52
5.1	KESIMPULAN	52
5.2	SARAN	52
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Aliran Peltier	6
Gambar 2.2 Arah Aliran Elektron Pada Modul Termoelektrik.....	7
Gambar 2.3 Profil Temperatur Modul TEC	8
Gambar 2.4 Susunan Dasar Sistem Pendingin Termoelektrik	9
Gambar 2.5 Beberapa Susunan Sistem Termoelektrik	9
Gambar 2.6 Modul Sistem Bertingkat (A) Peltier Paralel (B) Peltier Cascade. ...	10
Gambar 2.7 Prinsip Rotasi Simetri Alpha Dan Beta.....	14
Gambar 2.8 Rotasi simetri alpha dan beta berbagai bentuk komponen.....	14
Gambar 2.9 Metode Fastening Secara Umum	15
Gambar 3.1 Pengembangan Awal Rancang Bangun Coolbox	17
Gambar 3.2 Cool-Hot Box	18
Gambar 3.3 Cool-Hot Box Tampak Depan Dan Belakang.....	18
Gambar 3.4 Hasil Akhir Cool Box Milik Febri Firmansyah	19
Gambar 3.5 Kipas Di Dudukan Braket Carrier Box Milik Febri Firmansyah.....	19
Gambar 3.6 <i>Coolbox</i> Tipe CB-02	20
Gambar 3.7 Sirip Alumunium <i>Coolbox</i> Tipe CB-02	20
Gambar 3.8 Casing Teflon <i>Coolbox</i> Tipe CB-02.....	21
Gambar 3.9 <i>Coolbox</i> Program Riset Pengabdian Masyarakat UI 2010.....	22
Gambar 3.10 Mobicool <i>Coolbox</i>	24
Gambar 4.1 Desain Akhir <i>Coolbox</i>	25
Gambar 4.2 Body Atas Setelah Redesain	35
Gambar 4.3 Styrofoam Setelah Redesain.....	35
Gambar 4.4 Tutup Dalam Setelah Redesain	36
Gambar 4.5 Seal Setelah Redesain	37
Gambar 4.6 Body Bawah B	37
Gambar 4.7 Kipas 10cm.....	38
Gambar 4.8 Tampak Atas Dan Bawah Sub Perakitan Box Bagian Bawah B.....	39
Gambar 4.9 Frame Peltier Housing.....	39
Gambar 4.10 Heatsink.....	40
Gambar 4.11 Susunan Peltier.....	40
Gambar 4.12 Susunan Sub Perakitan Peltier Housing	41
Gambar 4.13 Body Bawah A	42
Gambar 4.14 Sub Perakitan Peltier Housing.....	42
Gambar 4.15 <i>Peltier Housing</i> Dipasang Pada Box Bagian Bawah A.....	43
Gambar 4.16 Ruang Pendingin	43
Gambar 4.17 Tutup Dalam Body Bawah.....	44
Gambar 4.18 Susunan Assembly Dari <i>Coolbox</i>	45
Gambar 4.19 <i>Coolbox</i> Setelah Dirakit	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Pernyataan Misi	23
Tabel 4.1 Spesifikasi Teknis <i>Coolbox</i> Sepeda Motor	26
Tabel 4.2 <i>Design For Manual Assembly Worksheet</i> Desain Awal <i>Coolbox</i> Sepeda Motor	46
Tabel 4.3 <i>Design For Manual Assembly Worksheet</i> Redesain Sub Assembly Box Atas	48
Tabel 4.4 <i>Design For Manual Assembly Worksheet</i> Redesain Sub Perakitan Body Box Bawah B	48
Tabel 4.5 <i>Design For Manual Assembly Worksheet</i> Redesain Sub-Assmebly Peltier Housing	49
Tabel 4.6 <i>Design For Manual Assembly Worksheet</i> Redesain Cool Box Sepeda Motor	50
Tabel 4.7 Total <i>Time Manual Assembly</i> Redesain <i>Coolbox</i> Sepeda Motor	51



DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
E	Disain Efisiensi (DFA index)	
NM	Jumlah part minimum secara teoritis	buah
P_{in}	Daya input	watt
Q_c	Kalor yang diserap pada bagian <i>cold side</i> elemen Peltier	watt
Q_h	Kalor yang dilepaskan pada bagian <i>hot side</i> elemen Peltier	watt
T	Suhu	°C
t_a	Waktu perakitan dasar tiap part	detik
T_c	Temperatur Permukaan Sisi Dingin Peltier/Cold Side	°C
T_h	Temperatur Permukaan Sisi Panas Peltier/hot side	°C
TM	Jumlah waktu perakitan seluruh part	detik
α	Sumbu tegak lurus terhadap sumbu utama	derajat
β	Sumbu segaris terhadap sumbu utama	derajat
Δ	Perubahan kuantitas	

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Gambar Teknik <i>Neo Coolbox</i>	56
Lampiran 2	: Tabel Manual Handling	70
Lampiran 3	: Tabel Insertion Handling	72



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Adanya kemudahan dalam memiliki sepeda motor mengakibatkan jumlah sepeda motor meningkat pesat. Pada akhir tahun 2008 tercatat ada 49 juta buah sepeda motor (data Mabes Polri) dengan penambahan secara nasional 10 persen per tahun, maka pada akhir tahun 2009 jumlah sepeda motor akan mencapai 53,9 juta dan dari jumlah tersebut 10% nya berada di DKI Jakarta. Pada tahun 2011 industri sepeda motor roda dua menargetkan pertumbuhannya sebesar 15% dan di kuartal pertama 2011 tercatat sudah 2,7 juta kendaraan roda dua terjual.

Dengan pertumbuhan dan jumlah sepeda motor yang sangat signifikan ini maka menyebabkan meningkatnya juga jumlah aksesoris motor yang beredar yang mana salah satunya adalah box sepeda motor. Box sepeda motor tidak semata berfungsi sebagai aksesoris untuk mempercantik atau menambah gagah motor namun juga sebagai sarana penyimpanan barang atau sejenisnya.

Namun demikian box sepeda motor yang ada di pasaran semata hanya dipergunakan untuk menyimpan barang misalnya seperti helm atau jacket sehingga terpikirlah ide untuk meningkatkan fungsi box sepeda motor sebagai *coolbox* yang dapat dipergunakan untuk menyimpan barang/bahan yang memerlukan kondisi dingin seperti makanan dan minuman atau bahkan dapat dipergunakan untuk keperluan *delivery* darah (*blood carrier*), vaksin ataupun ASI.

Coolbox sepeda motor ini sendiri telah mengalami pengembangan-pengembangan sejak dimulai 2008 lalu, namun pengembangan tersebut hanya diarahkan untuk mencapai target temperatur yang serendah mungkin dengan melakukan berbagai modifikasi terhadap box sepeda motor yang telah ada. Pengembangan tersebut antara lain dengan memodifikasi sistem pendingin termoelektrik maupun sistem insulasi dari *coolbox* tersebut. Namun kemudian setelah target temperatur sudah terpenuhi, timbul pertanyaan baru yaitu tentang

bagaimana cara membuat *coolbox* ini layak untuk diterima konsumen karena *coolbox* yang ada masih belum dapat diproduksi secara massal disebabkan proses produksinya yang rumit dan tidak standar.

Untuk menjawab pertanyaan tersebut, pembuatan *coolbox* dengan mempertimbangkan aspek desain untuk manufaktur dan perakitan atau yang lebih dikenal dengan istilah *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA). DFMA merupakan gabungan dari *Design for Manufacturing* (DFM) dan *Design for Assembly* (DFA). DFA merupakan salah satu model perancangan untuk suatu proses perakitan, yang menguraikan desain komponen maupun produk secara keseluruhan, dimulai dari awal proses hingga identifikasi kesulitan dalam perakitannya agar dapat diatasi sebelum komponen diproduksi

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Topik besar yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini:

- Bagaimana melakukan perancangan produk *coolbox* yang mudah, murah dan efisien di dalam proses perakitannya

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai pada penulisan tugas akhir ini adalah:

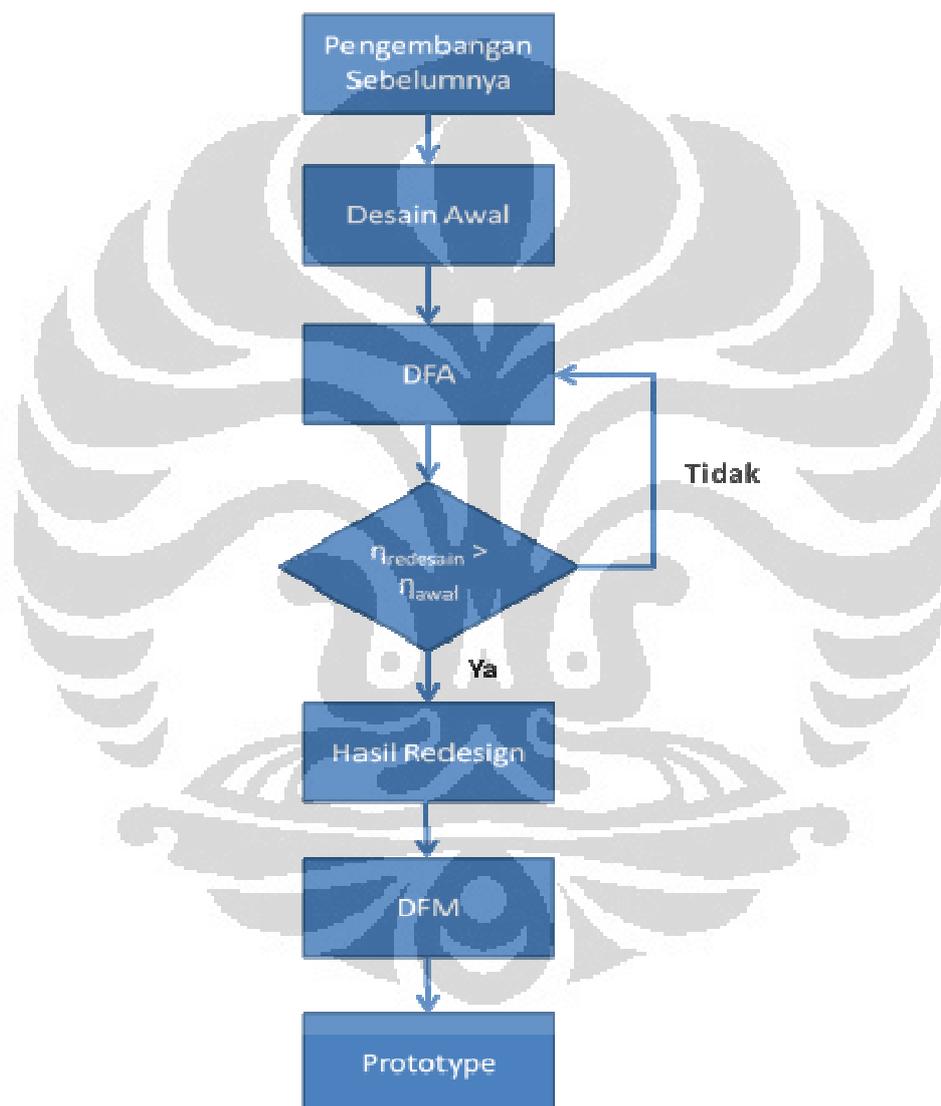
- Menerapkan konsep pengembangan produk dengan menerjemahkan misi produk menjadi spesifikasi teknik untuk menghasilkan rancangan *coolbox* yang sesuai kebutuhan pengguna.
- Merancang produk *coolbox* sesuai spesifikasi teknik yang ingin dicapai dengan menerapkan kaidah *Design for Assembly* (DFA).

1.4 BATASAN MASALAH

- Produk *coolbox* ini dirancang untuk digunakan pada sepeda motor dengan volume penyimpanan ± 8 liter, dan menggunakan double elemen peltier atau elemen peltier yang disusun paralel secara termal sebagai pompa kalor.

- Dalam pembuatan *coolbox* sepeda motor ini diasumsikan aspek perpindahan kalor/ thermalnya sudah terpenuhi atau target temperatur yang ingin di capai sudah terpenuhi

1.5 METODOLOGI PENELITIAN



1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN

Penulisan penulisan tugas akhir dilakukan berdasarkan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penulisan, perumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah dan metodologi penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memberikan dasar atau acuan secara ilmiah yang berguna dalam membentuk kerangka berfikir yang akan digunakan dalam pelaksanaan penulisan, teori-teori yang digunakan dan masing-masing konsep diuraikan keterkaitannya.

BAB III PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN

BAB III merupakan perancangan dan pengembangan produk *Coolbox* Sepeda Motor

BAB IV PEMBAHASAN

Pada BAB IV disajikan perhitungan DFA dan hasil perhitungan DFA.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V merupakan BAB terakhir berisi kesimpulan dari penulisan yang dilakukan dan saran-saran sebagai bahan masukan dan untuk penulisan-penulisan selanjutnya.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENDINGIN TERMOELEKTRIK

Pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) adalah alat pendingin yang menggunakan elemen peltier dalam sistemnya sebagai pompa kalor. Efek peltier adalah efek yang terjadi apabila sebuah perangkat termoelektrik mengkonversi energi listrik menjadi perbedaan temperatur. Bila hal yang sebaliknya terjadi yaitu terjadi konversi dari perbedaan temperatur menjadi energi listrik maka dinamakan efek *seebeck*.

2.1.1 Sejarah Peltier

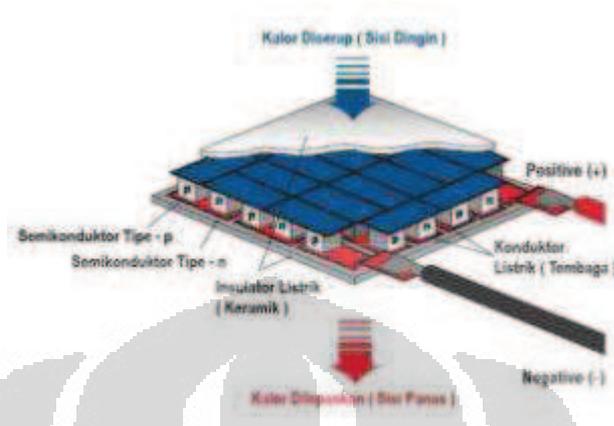
Efek peltier pertama kali ditemukan oleh Jean Charles Athanase Peltier pada tahun 1834 dengan memberikan tegangan pada dua sambungan logam yang berbeda, yang ternyata menghasilkan perbedaan temperatur. Sedangkan termoelektrik sebagai sebuah sistem pertama kali diteliti pada tahun 1950. termoelektrik ini digunakan pada sistem pengkondisian ruangan (AC) dan sistem pendingin.

Penggunaan elemen peltier semakin berkembang bersamaan dengan perkembangan teknologi material semikonduktor menghasilkan alat yang dinamakan pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*). Teknologi termoelektrik ini berkembang dengan pesat baik pada bidang aplikasi pendinginan maupun pemanasan.

2.1.2 Prinsip Kerja Pendingin Termoelektrik

Prinsip kerja pendingin termoelektrik berdasarkan efek peltier, ketika arus DC dialirkan ke elemen peltier yang terdiri dari beberapa pasang sel semikonduktor tipe p (semikonduktor yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah) dan tipe n (semikonduktor dengan tingkat energi yang lebih tinggi), akan mengakibatkan salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi lainnya menjadi panas (kalor dilepaskan), seperti pada Gambar 2.1 , sisi

elemen peltier yang menjadi sisi panas maupun dingin tergantung dari arah aliran arus listrik.



Gambar 2.1 Skema Aliran Peltier

(Sumber : Melcore Website-edited)

Hal yang menyebabkan sisi dingin elemen peltier menjadi dingin adalah mengalirnya elektron dari tingkat energi yang lebih rendah pada semikonduktor tipe-p, ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu semikonduktor tipe-n. Agar elektron tipe p yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah dapat mengalir maka elektron menyerap kalor yang mengakibatkan sisi tersebut menjadi dingin. Sedangkan pelepasan kalor ke lingkungan terjadi pada sambungan sisi panas, dimana elektron mengalir dari tingkat energi yang lebih tinggi (semikonduktor tipe-n) ke tingkat energi yang lebih rendah (semikonduktor tipe-p), untuk dapat mengalir ke semikonduktor tipe p, kelebihan energi pada tipe n dibuang ke lingkungan sisi tersebut menjadi panas.

Penyerapan kalor dari lingkungan terjadi pada sisi dingin yang kemudian akan dibuang pada sisi panas dari elemen peltier. Sehingga nilai kalor yang dilepaskan pada sisi panas sama dengan nilai kalor yang diserap ditambah dengan daya yang diberikan ke modul, sesuai dengan persamaan :

$$Q_h = Q_c + P_{in} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

Q_h = kalor yang dilepaskan pada bagian *hot side* elemen Peltier (Watt)

Q_c = kalor yang diserap pada bagian *cold side* elemen Peltier (Watt)

P_{in} = daya input (Watt)

Pada Gambar 2.2 elektron mengalir dari semikonduktor pada tipe p yang kekurangan energi, menyerap kalor pada bagian yang didinginkan kemudian mengalir ke semikonduktor tipe n. Semikonduktor tipe n yang kelebihan energi membuang energi tersebut ke lingkungan dan mengalir ke semikonduktor tipe p dan seterusnya.



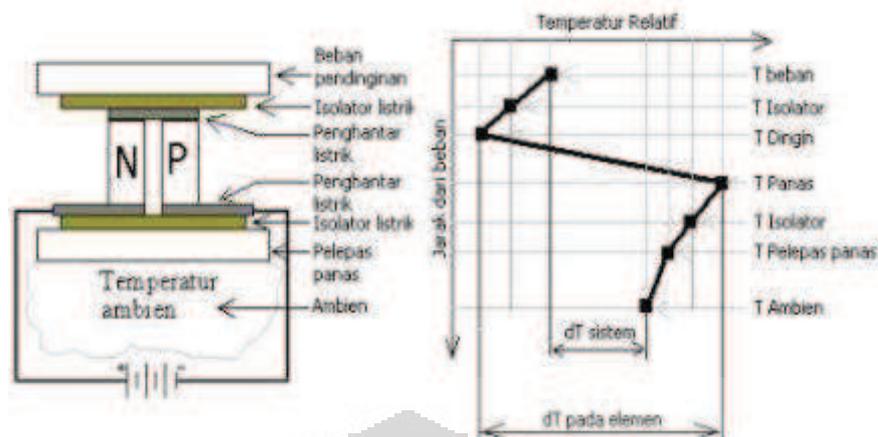
Gambar 2.2 Arah Aliran Elektron Pada Modul Termoelektrik

(Sumber : Jurnal Teknologi, maret 2007)

2.1.3 Parameter Penggunaan Elemen Termoelektrik

Didalam penggunaan elemen termoelektrik terdapat tiga parameter penting yang perlu diperhatikan yaitu:

- Temperatur Permukaan Sisi Panas Peltier/hot side (T_h)
- Temperatur Permukaan Sisi Dingin Peltier/Cold Side (T_c)
- Beban kalor yang dapat ditransfer dari kompartemen dingin (Q_c) dpanas modul, yaitu:
 - Temperatur ambien lingkungan
 - Efisiensi *Heat sink* yang digunakan pada sisi panas modul.



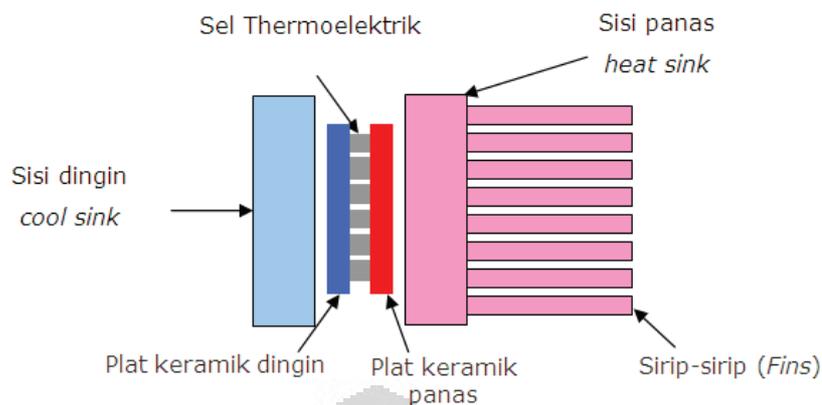
Gambar 2.3 Profil Temperatur Modul TEC

(Sumber : Seminar Tahunan Teknik Mesin, 6-7 Desember 2004)

Pada Gambar 2.3 tentang profil temperatur sistem termoelektrik. Ada 2 ΔT temperatur yaitu ΔT sistem dan ΔT elemen. ΔT sistem adalah perbedaan temperatur antara beban pendinginan dan lingkungan, sedangkan ΔT elemen adalah perbedaan temperatur antara sisi dingin elemen peltier dan sisi panas elemen peltier. Secara umum pencapaian ΔT ($T_{\text{panas}} - T_{\text{dingin}}$) dari modul termoelektrik selalu mendekati konstan. Jika T_{panas} semakin rendah maka T_{dingin} semakin dingin, bila T_{panas} semakin tinggi maka T_{dingin} tidak terlalu dingin

2.1.4 Komponen Dasar Sistem Pendingin Termoelektrik

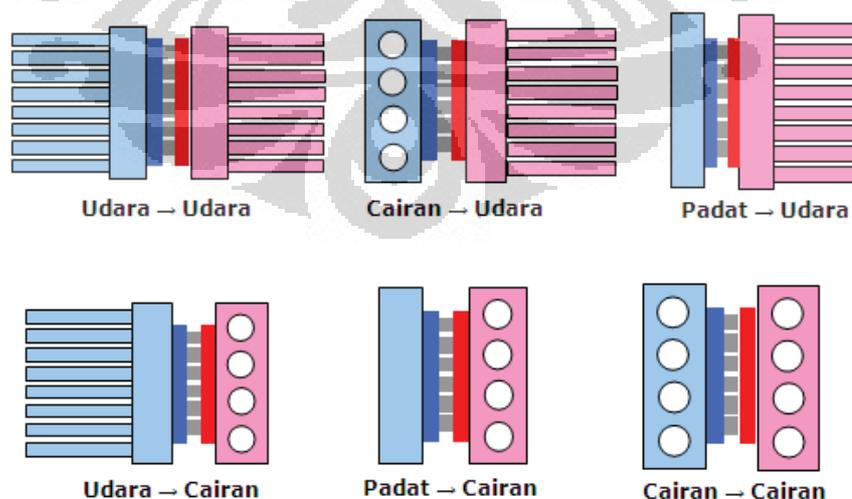
Pendingin termoelektrik memerlukan *heat sink* yang berfungsi untuk menyerap kalor pada sisi dingin elemen peltier maupun membuang kalor pada sisi panas peltier. Susunan dasar pendingin termoelektrik setidaknya terdiri dari elemen peltier dan *heat sink* baik pada sisi dingin elemen peltier maupun sisi panas, seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Susunan Dasar Sistem Pendingin Termoelektrik.

(Sumber : The Development of Portable Blood Carrier By Using Thermoelectrics and Heat Pipes, The 10th Internasional Conference On Quality In Research (QIR), Depok 4-6 Desember 2007.)

Bagian yang didinginkan dapat langsung dihubungkan dengan sisi dingin elemen peltier maupun dihubungkan terlebih dahulu dengan alat penukar kalor sebelum dihubungkan dengan sisi dingin elemen peltier. Alat penukar kalor tersebut dapat berupa fluida. Kalor yang dihasilkan pada sisi panas elemen peltier disalurkan ke lingkungan melalui udara baik secara konveksi paksa maupun alami atau dengan media pendingin air maupun cairan lainnya. Pada Gambar 2.5 menggambarkan beberapa susunan pendingin termoelektrik dengan berbagai cara perpindahan kalor baik dari media udara, cairan dan padat.

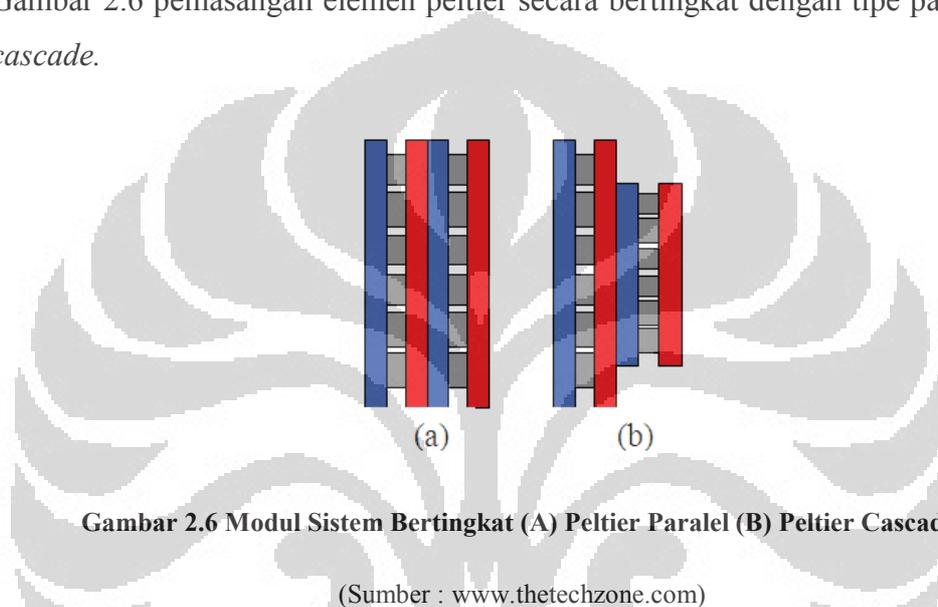


Gambar 2.5 Beberapa Susunan Sistem Termoelektrik

(Sumber Gambar 2.5: The Development of Portable Blood Carrier By Using Thermoelectrics and Heat Pipes, The 10th Internasional Conference On Quality In Research (QIR), Depok 4-6 Desember 2007.)

2.1.5 Sistem Termoelektrik Bertingkat

Sistem bertingkat pada modul termoelektrik digunakan hanya jika modul tunggal tidak bisa mencapai perbedaan temperatur yang diinginkan. Penambahan modul akan mengakibatkan daya yang dibutuhkan semakin besar. Terlihat pada Gambar 2.6 pemasangan elemen peltier secara bertingkat dengan tipe paralel dan *cascade*.



Gambar 2.6 Modul Sistem Bertingkat (A) Peltier Paralel (B) Peltier Cascade.

(Sumber : www.thetechzone.com)

Kemampuan memompa panas dari beban pada sistem bertingkat dapat ditingkatkan tergantung pada jumlah tingkat modul. Semakin banyak tingkat maka semakin besar selisih antara T_h dengan T_c . Karena selisih T_h dan T_c yang semakin besar, maka kalor yang dapat dipindahkan dari beban juga semakin besar.

2.1.6 Aplikasi Termoelektrik Secara Garis Besar

Aplikasi termoelektrik telah digunakan diberbagai bidang, tidak hanya sebagai pendingin tetapi juga sebagai pembangkit daya, sensor energi termal maupun digunakan pada bidang militer, ruang angkasa, instrument, biologi, medikal, dan industri serta produk komersial lainnya.

Aplikasi termoelektrik sebagai alat pendingin terdiri dari aplikasi untuk mendinginkan peralatan elektronik, *air conditioner* maupun lemari pendingin.

Penggunaan termoelektrik juga diaplikasikan pada tutup kepala sebagai pendingin kepala. Pada dunia otomotif juga telah dikembangkan termoelektrik intercooler.

Aplikasi termoelektrik sebagai pembangkit daya dibagi menjadi 2 bagian sebagai pembangkit daya rendah dan pembangkit daya tinggi. Aplikasi pembangkit daya rendah meliputi pemanfaatan panas tubuh manusia untuk menjalankan jam tangan, sedangkan pembangkit daya tinggi pada termoelektrik memanfaatkan panas dari sisa panas buang yang dihasilkan dari industri maupun pemanfaatan sisa panas dari pembakaran bahan bakar.

Kelebihan Pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) antara lain ketahanan alat yang baik, tidak menimbulkan suara, tidak adanya bagian mekanikal yang bergerak sehingga tidak menimbulkan getaran, perawatan yang mudah, ukuran yang kecil, ringan, ramah terhadap lingkungan karena tidak menggunakan refrigeran yang dapat merusak ozon, termoelektrik dapat juga digunakan pada lingkungan yang sensitif, tidak adanya ketergantungan terhadap posisi peletakan, ketelitian kontrol temperatur $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ dapat dicapai dengan menggunakan termoelektrik, dan cocok digunakan pada aplikasi kotak pendingin dibawah 25 Watt. Sedangkan kelemahan termoelektrik adalah efisiensi yang rendah dan adanya kondensasi pada suhu tertentu. Sehingga sampai saat ini pendingin termoelektrik hanya efektif pada aplikasi untuk objek pendinginan dan daya yang kecil.

2.2 DESIGN FOR ASSEMBLY (DFA)

Rancangan untuk perakitan (*design for assembly / DFA*) adalah bagian dari sistem rancangan untuk manufaktur (*design for manufacturing / DFM*). Perakitan (*assembly*) memegang peranan penting dalam suatu proses manufaktur suatu produk. Dalam perakitan semua komponen datang bersama dan semua kesalahan ataupun kekurangan yang ditimbulkan pada awal proses menjadi tampak. Misalnya, jika rancangan tidak baik maka dalam perakitan terjadi kesulitan, apalagi jika ditambah adanya kesalahan toleransi, maka komponen/part tidak dapat dirakit dengan baik. Oleh karena itu level performansi dalam perakitan

Universitas Indonesia

dapat dilihat sebagai indikator yang bagus bagi cara-cara pembuatan produk. Untuk itu juga, dalam pendekatan terhadap rancangan produk dan rancangan proses direkomendasi untuk membentuk analisa DFA sebagai langkah pertama sebelum DFM sebab DFA mempunyai pengaruh yang paling penting pada rancangan ulang produk. Secara umum dikenal tiga macam operasi perakitan.

- a. Perakitan manual (*manual assembly*)
- b. Mesin-mesin perakitan khusus (*fixed automation*)
- c. Perakit robot (*robotic assembly, flexible automation*)

2.2.1 Metode Rancangan Perakitan Manual (DFA) Dari Boothroyd-Dewhurst

Metode ini didasarkan pada studi yang mendalam dari operasi perakitan dengan tujuan untuk menentukan parameter operasional yang menyelesaikan atau menjawab pada persoalan biaya dan waktu perakitan. Studi-studi percobaan telah dilakukan untuk mengukur pengaruh dari simetri, ukuran, berat, ketebalan, dan fleksibilitas pada waktu angkat manual. Tambahan percobaan juga dilakukan untuk memperhitungkan pengaruh dari ketebalan pada pemegangan dan manipulasi komponen yang menggunakan penjepit, pengaruh geometri pegas, dan pengaruh dari berat pada waktu pembawaan untuk komponen yang membutuhkan dua tangan bagi pemegangan dan manipulasi. Dengan memperhatikan rancangan komponen bagi kenyamanan pemasukan atau penyisipan secara manual, percobaan dan analisa-analisa teori telah dibuat pada pengaruhnya terhadap rancangan pegangan pada waktu pemasukan manual, rancangan komponen untuk menghindari 'jamming' selama perakitan, pengaruh dari geometri komponen pada waktu pemasukan, dan pengaruh penghalang jalan masuk dan keterbatasan penglihatan pada operasi-operasi perakitan. Sebagai hasil, suatu klasifikasi dan sistem pengkodean bagi pembawaan (*handling*) manual, pemasukan atau penyisipan (*insertion*) dan proses pengikatan (*fastening*) dihadirkan dalam bentuk suatu sistem standard waktu bagi perancang untuk menggunakannya dalam penghitungan waktu perakitan manual.

2.2.2 Manual Assembly

Proses assembly secara manual dapat dibagi dua:

- 1) *Handling (acquiring and grasp, moving, and orienting the part)*
- 2) *Insertion dan fastening.*

Pada kedua proses tersebut akan ditemui banyak sekali hambatan dan kesulitan yang harus dikurangi atau dihilangkan pada saat proses manufaktur komponen.

2.2.2.1 Manual Handling

Dalam memperhitungkan waktu untuk handling maka hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perancangan komponen agar mempermudah *assembling* adalah:

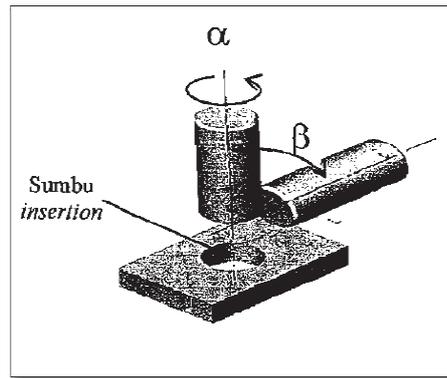
a. Apakah part bisa diambil dengan:

- Satu tangan.
- Satu tangan dengan bantuan alat.
- Dua tangan. Dua tangan dengan bantuan orang lain.

b. Orienting (Part Symmetry)

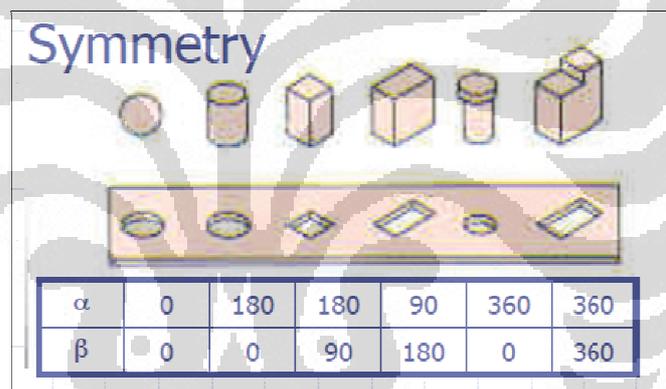
Yaitu seberapa derajat part/komponen dapat diputar tegak lurus garis sumbu (α) atau segaris sumbu (β) untuk reorientasinya. Didefinisikan sebagai berikut:

- Alpha symmetry, dimana part harus diputar pada sumbu tegak lurus ke sumbu insertion untuk mengulang orientasinya.
- Beta symmetry, dimana part harus diputar pada sumbu insertion untuk mengulang orientasinya.



Gambar 2.7 Prinsip Rotasi Simetri Alpha Dan Beta

Setiap komponen terkadang memiliki simetri rotasi yang berbeda, tergantung bentuk dan ukuran benda. Gambar berikut menunjukkan rotasi simetri pada beberapa komponen



Gambar 2.8 Rotasi simetri alpha dan beta berbagai bentuk komponen

- c. Kemudahan part untuk diambil dan dimanipulasi, seperti:
 - Acquiring dan grasp, akan membutuhkan tool.
 - Tidak terjadi nesting dan tangling.
- d. Ketebalan produk
 - Ketebalan untuk silinder didefinisikan sebagai radiusnya.
 - Ketebalan untuk non silinder adalah tinggi maksimal dari permukaan plat.
- e. Ukuran komponen

Ukuran part didefinisikan sebagai ukuran dimensi nondiagonal paling besar dari outline part ketika diproyeksikan pada permukaan plat.

Universitas Indonesia

2.2.2.2 Manual Insertion And fastening

Adalah penggabungan komponen dengan komponen lainnya atau dengan sub assembling yang terdiri dari:

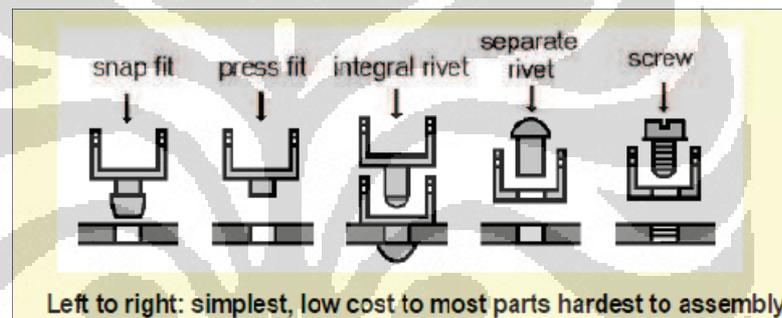
➤ *Insertion*

Pada saat *insertion* harus dihindari hal-hal sebagai berikut:

- *Holding Down*
- *Alignment*

➤ *Fastening*

Fastening adalah menyatukan suatu komponen dengan komponen lainnya secara fix atau dikunci. Secara umum dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2.9 Metode Fastening Secara Umum

2.2.3 Efisiensi Perakitan (Assembly Efficiency)

Disini ada 2 faktor utama yang mempengaruhi biaya perakitan dari suatu produk atau sub perakitan, yaitu:

1. Jumlah total dari part dalam suatu produk,
2. Kenyamanan pembawaan, pemasukan, dan pengikatan rakitan dari produk.

Tujuan dari metodologi DFA adalah untuk mencari suatu pengukuran yang mengungkapkan ke dua faktor tersebut diatas. Pengukuran ini disebut efisiensi perakitan (Assembly Efficiency) untuk perakitan manual (E)

$$E = NM \cdot ta / TM \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- E = Disain Efisiensi (DFA index)
- NM = Jumlah part minimum secara teoritis
- ta = Waktu perakitan dasar tiap part (rata-rata diambil 3 detik)
- TM = Jumlah waktu perakitan seluruh part

Jadi efisiensi perakitan adalah rasio dari waktu perakitan ideal terhadap waktu perakitan yang sebenarnya. Acuan untuk pengukuran ini diberikan berdasarkan pada jumlah minimum dari komponen, yang menghadirkan suatu situasi yang ideal. Untuk acuan ini Boothroyd-Dewhurst memberikan 3 kriteria yang harus dipenuhi atau dijawab sebelum melakukan pemisahan atau pengurangan komponen/*part* melalui cara penggabungan, yaitu:

1. Apakah *part* mempunyai pergerakan relatif terhadap *part-part* lain yang telah dirakit sebelumnya?
2. Apakah *part* diharuskan mempunyai jenis material yang berbeda atau harus diisolasikan terhadap *part* lain yang terakit?
3. Apakah *part* adalah terpisahkan dari *part* rakitan yang lain?

Jika paling tidak satu dari ke 3 pertanyaan tersebut dijawab ‘ya’ maka komponen perlu ditetapkan sebagai komponen yang terpisah atau dengan kata lain tidak bisa digabungkan.

BAB 3

PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK *COOLBOX* SEPEDA MOTOR

3.1 PENGEMBANGAN *COOLBOX*

Untuk membuat sebuah *carrier box* sepeda motor yang mempunyai *feature* pendingin, di perlukan suatu unit pendingin yang mampu diaplikasikan pada sepeda motor yang mempunyai beberapa keterbatasan ruang serta dayanya. Pengembangan dan pengujian box motor berpendingin ini sudah dilakukan dengan cara memodifikasi *carrier box* motor yang sudah ada dipasaran dengan volume sekitar 30 L, pemakaian tegangan aki sepeda motor sebesar 12 VDC serta penggunaan elemen *peltier* ganda, berlanjut dengan penggunaan heat pipe dan heat-sink fan sebagai transfer panas ke lingkungan seperti yang terlihat pada Gambar 3.1.



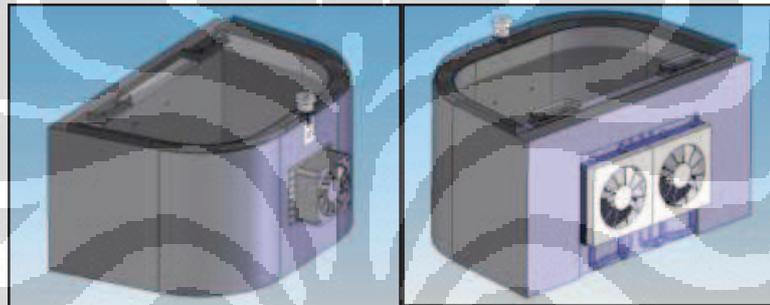
Gambar 3.1 Pengembangan Awal Rancang Bangun Coolbox

Pengembangan berlanjut dari perancangan Cool-hot box dengan menggunakan pompa kalor termoelektrik dan heat-pipe yang di lakukan oleh Budi Susanto pada Juli 2009. *Carrier box* sepeda motor yang mempunyai *feature* pendingin dan pemanas yang ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Cool-Hot Box

Penempatan posisi *peltier* berada di sisi depan dan belakang *box* yang dipasang bersama fan seperti yang terlihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.3 Cool-Hot Box Tampak Depan Dan Belakang

Kesimpulan dari pengembangan cool-hot box ini antara lain:

1. Penambahan thermostat digunakan sebagai pengatur suhu panas, karena tanpa menggunakan thermostat, temperature yang dihasilkan terlalu tinggi untuk kebutuhan penyimpanan makanan.
2. Cool-hot box ini di desain sesuai dengan bentuk dari box motor dan bisa di pasang di motor dengan sumber tegangan dari aki.

Berikutnya pengembangan cool box ramah lingkungan untuk kendaraan roda dua berbasis termoelektrik dikerjakan oleh Febri Firmansyah pada Desember 2009. Mengacu pada penulisan sebelumnya bahwa dengan elemen *peliter* ganda memakai rangkaian listrik yang disusun secara seri atau paralel serta penggunaan

heat-sink fan yang dapat menghasilkan ruang pendingin yang baik merupakan acuan untuk mengembangkan *cool box* selanjutnya seperti terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hasil Akhir Cool Box Milik Febri Firmansyah

Pengembangan box motor berpendingin yang dilakukan dengan memodifikasi pada *carrier box* motor dan penggunaan elemen *peltier* ganda serta *heat-sink fan* yang penempatannya berada di bawah *carrier box*.



Gambar 3.5 Kipas Di Dudukan Braket Carrier Box Milik Febri Firmansyah

Tujuan dari penempatan sistem pendingin berada di bawah *carrier box* agar transfer panas ke lingkungan lebih optimal sehingga menghasilkan temperatur yang lebih rendah serta dari segi estetikanya juga bagus.

Desain ini adalah desain yang keempat setelah desain sebelumnya kurang optimal dalam pencapaian suhu dingin. Desain yang pertama hanya menggunakan *heat-pipe*. Desain yang kedua, box aluminium dilubangi sebesar dimensi *peltier* dan ditempel sirip aluminium dan desain yang ketiga menggunakan *heat sink*, *heat pipe* tapi penempatannya kurang tepat sehingga hasil tidak maksimal. Dan desain

ini hanya menggunakan heat sink fan tapi bisa mendapatkan suhu dingin lebih rendah dari desain sebelumnya.

Kemudian berikutnya adalah pengembangan cool box tipe cb-02 multi fungsi ramah lingkungan berbasis termoelektrik untuk kendaraan roda dua oleh Mangsur pada Desember 2010 seperti yang terlihat pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Coolbox Tipe CB-02

Pengembangan box motor dilanjutkan dengan memodifikasi pada *carrier box* motor dan penggunaan sirip aluminium dan alas teflon sebagai dudukan dan pendukung sistem isolasi termal pada *coolbox* cb-02



Gambar 3.7 Sirip Aluminium Coolbox Tipe CB-02

Ketebalan alas sirip aluminium di kurangi 2 mm, sehingga diperoleh dimensi akhir dengan ketebalan sekitar 3 mm seperti terlihat pada Gambar 3.7. Hal ini bertujuan untuk mengurangi beban pendinginan saat diletakkan sebagai cool sink di ruang kabin dan mempercepat pelepasan kalor kelingungan saat diletakkan sebagai heat sink saat dikonveksi oleh kipas. Dan dibuat bentuk sama yaitu untuk mempermudah saat pembuatan dan mempermudah saat pemasangan,

sehingga tidak menjadi masalah ketika tertukar posisinya saat pemasangan awal maupun saat proses perbaikan jika sistem pendingin ini mengalami masalah. Pengerjaannya menggunakan mesin milling CNC untuk mendapatkan permukaan yang rata dan dilanjutkan dengan amplas sampai dengan grade 600 untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang merata. Dan untuk finishing permukaannya menggunakan Alco Metal Polish untuk menghaluskan permukannya.



Gambar 3.8 Casing Teflon *Coolbox* Tipe CB-02

Fungsi dari casing teflon seperti terlihat pada Gambar 3.8 adalah sebagaiudukan block spacer, cold sink dan heat sink. Dan juga membatasi proses serapan kalor agar udara pada ruang cool box tidak menyebar ke lingkungan dan juga mencegah masuknya kalor yang dari lingkungan ke dalam ruang cool box, serta memperkuat ketahanan terhadap benturan.

Dari pengembangan *coolbox* cb-02 ini didapat kesimpulan antara lain:

1. Penggunaan peltier yang lebih berkualitas dapat meningkatkan kinerja pendinginan alat secara keseluruhan.
2. Pengembangan alat selanjutnya bisa difokuskan pada perbaikan isolator untuk meminimalkan kebocoran termal.
3. Untuk meningkatkan COP (*Coefficient of Performance*) dapat dipertimbangkan dengan penambahan rangkaian listrik berupa pemutus arus yang diatur sesuai dengan target suhu kabin dan di tempatkan pada rangkaian power suplai.

Pengembangan yang terakhir yang dilakukan yaitu membuat Cool box multi fungsi ramah lingkungan untuk diusulkan pada Program Riset Pengabdian Masyarakat UI pada tahun 2010 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9

Universitas Indonesia

Coolbox ini diarahkan untuk produksi secara massal namun banyak kendala yang dihadapi antara lain adalah sulitnya proses manufaktur karena penggunaan part yang tidak standar dan juga keterbatasan rancangan karena masih mempergunakan box motor yang ada dipasaran yang kemudian dimodifikasi sedemikian rupa untuk mendapatkan hasil yang diinginkan sehingga turut mempersulit pembuatan *coolbox* sepeda motor ini. Oleh karena itu *coolbox* sepeda motor ini masih belum mungkin untuk produksi massal. Dari perancangan *coolbox* sepeda motor untuk hibah riset inilah kemudian semua rancangan yang pernah dibuat, serta kelebihan – kekurangannya akan dikaji kembali dalam penulisan skripsi ini sehingga akan menghasilkan rancangan yang memenuhi kaidah Design for Manufacturing and Assembly (DFMA).



Gambar 3.9 *Coolbox* Program Riset Pengabdian Masyarakat UI 2010

3.2 PERENCANAAN PRODUK

Proses perancangan dan pengembangan produk *coolbox* motor diawali dari pernyataan misi (*mission statement*) yang merupakan titik awal dari seluruh tahapan proses yang memuat deskripsi produk, sasaran bisnis utama, pasar utama, asumsi dan stakeholder untuk produk *coolbox* motor ini yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tabel Pernyataan Misi

Deskripsi Produk	<ul style="list-style-type: none"> • Box motor dengan nilai tambah berupa kemampuan untuk menyimpan dalam kondisi dingin
Sasaran Utama Bisnis	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat box motor yang tidak hanya dapat membawa barang namun juga dapat digunakan untuk menyimpan dalam kondisi dingin
Pasar Utama	<ul style="list-style-type: none"> • Layanan antar untuk barang/jasa yang membutuhkan kondisi dingin • Industri makanan dan minuman • Rumah sakit, Poliklinik dan/atau puskesmas • Layanan antaran ASI
Asumsi – Asumsi	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan elemen peltier (termoelektrik) sebagai pompa kalor • Ditempatkan pada sepeda motor • Menggunakan suplai daya sendiri berupa aki 12V
Stakeholder	<ul style="list-style-type: none"> • Pembeli dan pengguna • Perusahaan dengan layanan antar barang/jasa dalam kondisi dingin • Industri <i>injection molding</i> • Laboratorium perpindahan kalor DTM FTUI

3.3 ANALISA PRODUK PESAING

Benchmarking atau menganalisa produk pesaing merupakan informasi penting untuk mendapatkan spesifikasi produk yang akan didisain. Analisa hubungan antara produk baru dengan produk pesaing penting dalam menentukan kesuksesan komersial suatu pengembangan produk.

Produk *coolbox* yang di pasaran sudah ada yang sifatnya portable dan mudah dibawa dan juga menggunakan elemen termoelektrik sebagai komponen pompa kalornya. Contoh produk *coolbox* yang sudah ada dipasaran dapat dilihat pada gambar Gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10 Mobicool Coolbox

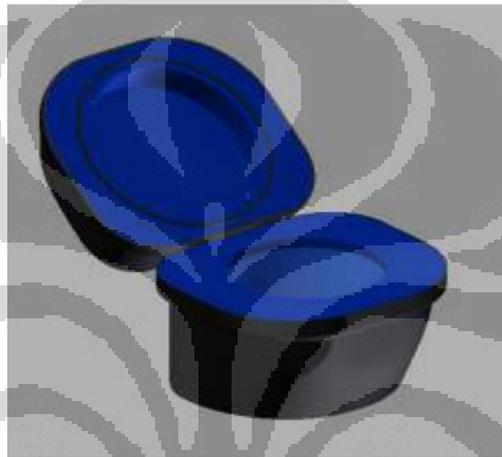
Sumber: http://www.mobicool.com/pages/products/outdoor/t08_full.htm

Namun demikian diantara produk *coolbox* tersebut, belum ada produk *coolbox* yang secara khusus di desain untuk dipasang pada sepeda motor sehingga dapat dibilang pesaing *coolbox* untuk diaplikasikan pada sepeda motor belum ada sehingga peluang pengembangan *coolbox* ini masih terbuka sangat lebar

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1 PERHITUNGAN DFA PADA PERANCANGAN

4.1.1 Desain Akhir *Coolbox*



Gambar 4.1 Desain Akhir *Coolbox*

Gambar 4.1 di atas merupakan salah satu tampak desain akhir *Coolbox* setelah dilakukan re-desain dan akan dibandingkan dengan desain lama. Re-desain merupakan hasil dari analisa terhadap semua komponen pada produk ini. Dengan mempertimbangkan bentuk dasar serta fungsi utama dari tiap komponen, ada beberapa komponen yang perlu dieliminasi dan digabung tetapi tidak merubah fungsi utama dari komponen tersebut.

4.1.2 Penerapan Design for Assembly (DFA)

Hasil dari penerapan Design for Assembly (DFA) pada *coolbox* akan diketahui seberapa besar optimasi desain yang telah dilakukan. Analisa komponen dilakukan sebelum dan sesudah penerapan DFA dan biasanya mempengaruhi jumlah part dan total waktu yang diperlukan dalam perakitan *coolbox*.

Berdasarkan rancangan akhir pengembangan *coolbox* yang telah dilakukan, spesifikasi teknis *coolbox* sepeda motor ditunjukkan pada **tabel 4.1**

Tabel 4.1 Spesifikasi Teknis *Coolbox* Sepeda Motor

No	Parameter	Spesifikasi
1	Voltase	12 V
2	Daya	48 Watt
3	Sistem Pendingin	4 Elemen peltier Tersusun paralel secara termal dan seri secara kelistrikan
4	Temperatur	± 10 °C
5	Volume	± 8 L
6	Berat	± 3 kg

4.1.3 Analisa Komponen pada desain awal

Analisa penanganan/pembawaan (*handling*) serta penyisipan (*insertion*) dilakukan pada beberapa komponen sub-perakitan box bagian atas dari desain awal pada saat melakukan perakitan :

➤ Box Bawah

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan,mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada halangan untuk penempatan

➤ Heatsink

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan,mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada halangan untuk penempatan

➤ Kipas 12cm

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 450 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan,mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen tidak mudah mencapai posisi yang diinginkan - Diperlukan penahanan dalam memposisikan selama perakitan - Ada halangan untuk penempatan

➤ Baut M4 x 7

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 360 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen tidak mudah mencapai posisi yang diinginkan

<ul style="list-style-type: none"> - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Ada halangan untuk penempatan
--	---

➤ Mur

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 180 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengencangan mur dilakukan setelah disisipkan - Tidak mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Ada halangan untuk penempatan

➤ Styrofoam 1

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Tidak mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada halangan untuk penempatan

➤ Busa Peltier

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan,mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Tidak mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada halangan untuk penempatan

➤ Peltier

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan,mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Tidak mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada halangan untuk penempatan

➤ Styrofoam 2

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan

<ul style="list-style-type: none"> - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada halangan untuk penempatan
--	---

➤ Panci

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Ada halangan pandangan dan akses untuk penempatan

➤ Underlayer

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Ada halangan pandangan dan akses untuk penempatan

➤ Seal

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 540 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Diperlukan penahanan selama perakitan

➤ Styrofoam 4

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Tidak mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada halangan untuk penempatan

➤ Panci 18 cm

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 360 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan: >2mm, Ukuran : > 15mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Ada kesulitan dalam akses pandangan,mudah untuk menyesuaikan - Tidak mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan

➤ Underlayer 3 mm

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Tidak mudah untuk menyesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

➤ Seal Acrylic Luar

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 180 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Tidak mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

➤ Seal Acrylic Dalam

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 180 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Tidak mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan

- Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm	- Tidak ada tahanan untuk penempatan
-------------------------------------	--------------------------------------

➤ Acrylic

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Tidak mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Ada tahanan untuk penempatan

➤ Seal Panci Box Atas

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

4.1.4 Analisa Komponen Setelah Redesain

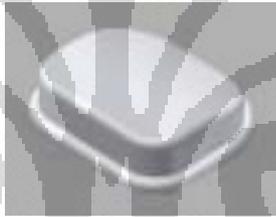
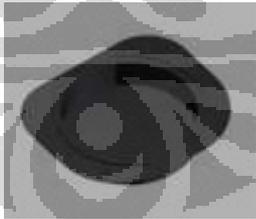
Setelah re-desain komponen pada *coolbox* terbagi beberapa sub perakitan, ada 3 sub perakitan yaitu, *peltier housing*, box atas dan body bagian bawah B. Urutan perakitan :

Universitas Indonesia

1. Merakit sub perakitan box atas
2. Merakit sub perakitan body bawah B
3. Merakit sub perakitan peltier housing,
4. Kemudian terakhir, merakit pada body bawah A sebagai *base* dan pemasangan semua komponen sub perakitan hingga menjadi *coolbox*

Analisa dilakukan pada hasil re-desain selama perakitan. Pada **tabel 4.1** ada beberapa komponen dari sub perakitan box bagian atas yang tereliminasi dan berubah desain serta terjadinya penghematan waktu dalam perakitan hasil dari re-desain komponen.

Tabel 4.1 Komponen desain awal yang dire-desain

No	Design change / eliminasi	Time saving (detik)
1	Styrofoam 4 dan 5 digabung menjadi satu styrofoam 	5,45
2	Panci 18 cm, acrylic dan underlayer digabung menjadi komponen tutup dalam 	19,2
3	Seal acrylic luar dan dalam dan seal panci box atas diganti dengan seal karet 	24,58

4.1.4.1 Analisa Komponen Sub-perakitan Box Bagian Atas

Berikut beberapa komponen dari sub-perakitan box bagian atas hasil re-desain setelah penerapan DFA:

➤ Body Atas



Gambar 4.2 Body Atas Setelah Redesain

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

➤ Styrofoam

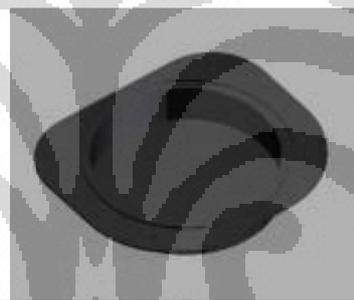


Gambar 4.3 Styrofoam Setelah Redesain

Universitas Indonesia

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

➤ Tutup Dalam



Gambar 4.4 Tutup Dalam Setelah Redesain

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

➤ Seal Karet

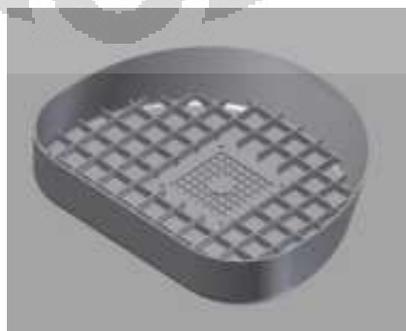


Gambar 4.5 Seal Setelah Redesain

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 540 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

4.1.4.2 Analisa Komponen Sub-perakitan Box Bagian Bawah B

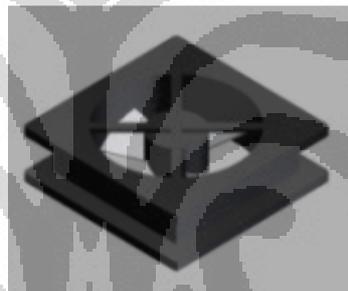
➤ Body Bawah B



Gambar 4.6 Body Bawah B

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

➤ Kipas 10cm

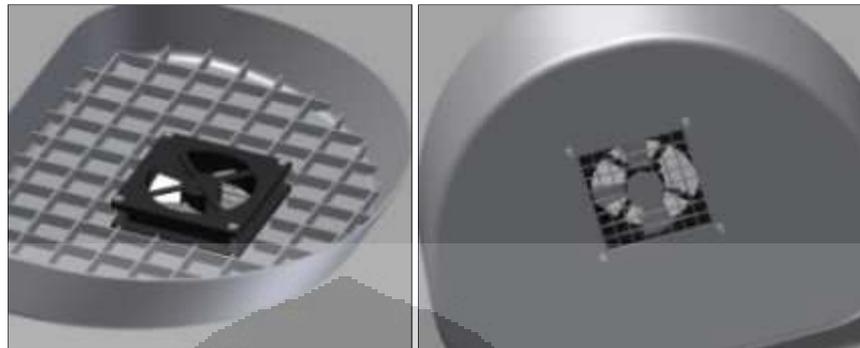


Gambar 4.7 Kipas 10cm

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

Universitas Indonesia

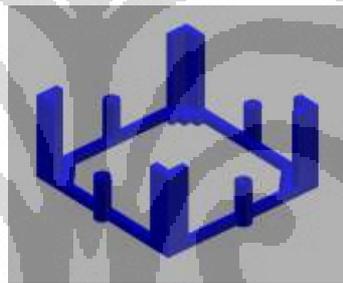
Pemasangan kipas pada body bawah B menjadi bagian sub-perakitan Box bagian bawah B



Gambar 4.8 Tampak Atas Dan Bawah Sub Perakitan Box Bagian Bawah B

4.1.4.3 Analisa Komponen Sub-perakitan Peltier Housing

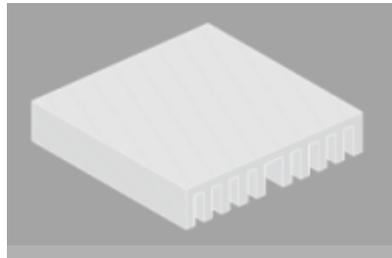
➤ Peltier Housing



Gambar 4.9 Frame Peltier Housing

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 450 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

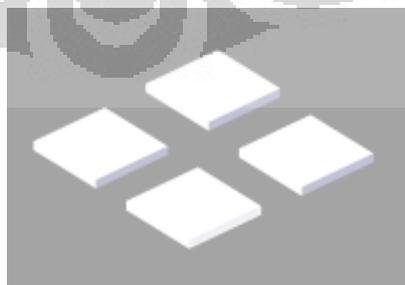
➤ Heatsink



Gambar 4.10 Heatsink

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 450 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

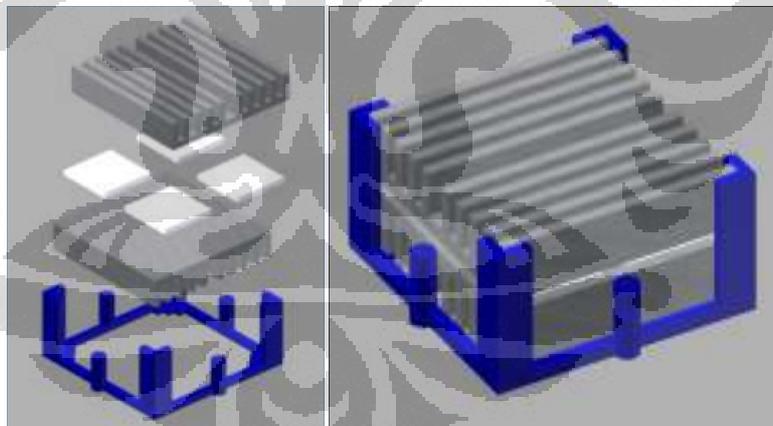
➤ Peltier



Gambar 4.11 Susunan Peltier

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

Pemasangan heatsink, peltier dan coldsink pada *frame* menjadi bagian sub-perakitan peltier housing



Gambar 4.12 Susunan Sub Perakitan Peltier Housing

4.1.4.4 Analisa Komponen Sub-perakitan Box Bagian Bawah A

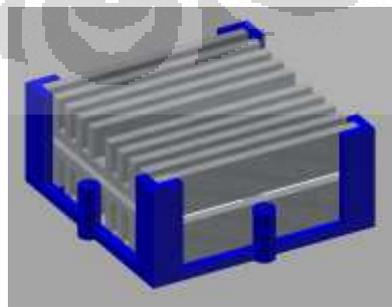
➤ Body Bawah A



Gambar 4.13 Body Bawah A

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

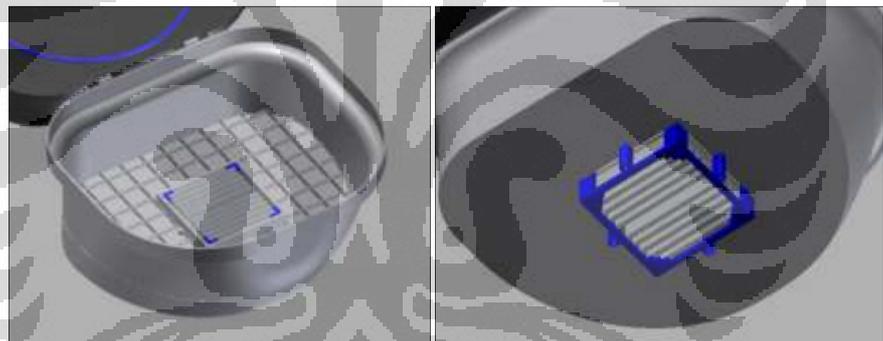
➤ Peltier Housing



Gambar 4.14 Sub Perakitan Peltier Housing

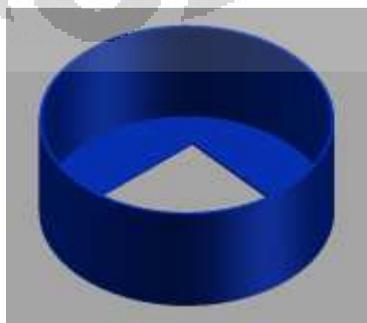
Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 450 - Pengambilan, pengarahannya, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

Pemasangan peltier housing pada body bawah A merupakan awal dari penggabungan beberapa *sub-perakitan* untuk menjadi satu produk



Gambar 4.15 Peltier Housing Dipasang Pada Box Bagian Bawah A

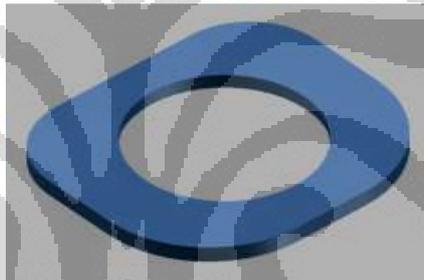
➤ Ruang Pendingin



Gambar 4.16 Ruang Pendingin

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 360 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

➤ Tutup Dalam Body Bawah

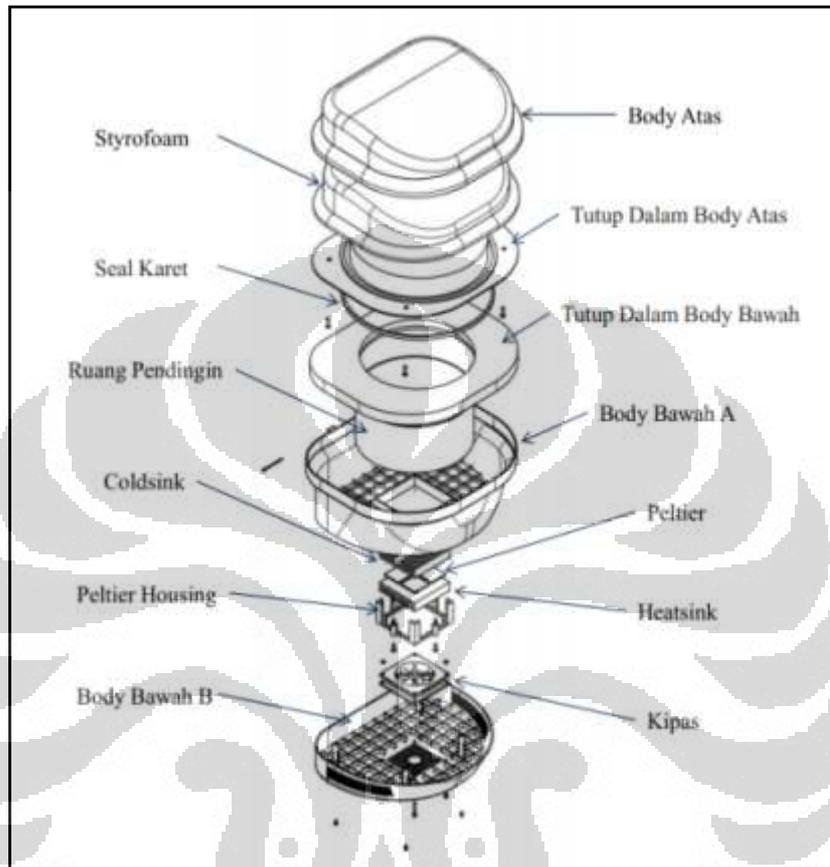


Gambar 4.17 Tutup Dalam Body Bawah

Handling	Insertion
<ul style="list-style-type: none"> - Mudah, cukup satu tangan , tidak perlu alat. - Alpha+Beta : 720 - Pengambilan, pengarahan, pergerakan : Tidak sulit - Ketebalan : >2mm, Ukuran : > 15mm - Tidak ada kesulitan dalam akses pandangan, mudah untuk menyesuaikan 	<ul style="list-style-type: none"> - Komponen dapat dengan mudah mencapai posisi yang diinginkan - Mudah untuk disesuaikan dan memposisikan selama perakitan - Tidak ada tahanan untuk penempatan

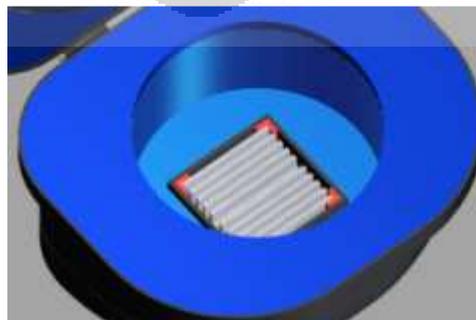
4.1.5 Susunan *Coolbox* Setelah Dirakit

Susunan komponen dibuat vertikal serta penggunaan beberapa komponen standar dapat membuat lebih mudah pengguna dalam merakit dan memakainya.



Gambar 4.18 Susunan Assembly Dari *Coolbox*

Setelah semua komponen digabung dan dipasang sedemikian rupa menjadi satu kesatuan, terlihat bentuk *coolbox* yang *compact* dan lebih ringan dari desain sebelumnya.



Gambar 4.19 *Coolbox* Setelah Dirakit

4.2 HASIL PERHITUNGAN DFA PADA RE-DESAIN

Hasil dari analisa dan perhitungan pada tiap komponen *coolbox* dimasukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Design For Manual Assembly Worksheet Desain Awal Coolbox Sepeda Motor

Components Name	α	β	Number of Items (RP)	Tool aquire time (TA)	Handling-Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv
Box Bawah	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	1	Place in Fixture
Heat sink(12x14)	360	360	2	0	30	1.95	00	1.5	6.9	1	add
Kipas 12cm	360	90	1	0	10	1.5	26	9.5	11	1	add and hold
Baut M4 7cm	360	0	4	2.9	10	1.5	41	7.5	38.9	0	add
Mur	180	0	4	2.9	00	1.13	59	12	55.42	0	add and screw fastening
sterofeam1	360	360	1	0	30	1.95	02	2.5	4.45	0	add
Busa Peltier	360	360	1	0	30	1.95	02	2.5	4.45	0	add
peltier	360	360	4	0	30	1.95	02	2.5	17.8	1	add
Sterofoam 2	360	360	1	0	30	1.95	02	2.5	4.45	0	add
panci	360	360	1	0	30	1.95	21	7.4	9.35	1	add
coldsink	360	360	2	0	30	1.95	23	9.6	23.1	1	add
Baut M3 10cm	360	0	4	2.9	10	1.5	41	7.5	38.9	0	add and screw fasten
Mur	180	0	4	2.9	00	1.13	59	12	55.42	0	add and screw fastening
sterofeam 3	360	360	1	0	30	1.95	02	2.5	4.45	0	add
Busa ATI (1cm)	360	360	1	0	30	1.95	02	2.5	4.45	0	add
Underlayer 3mm	360	360	1	0	30	1.95	02	2.5	4.45	0	add

Universitas Indonesia

Seal acrylic luar	180	360	1	0	25	2.57	07	6.5	9.07	0	add
seal acrylic dalam	180	360	1	0	25	2.57	07	6.5	9.07	0	add
reorientasi	-	-	-	-	-	-	61	4.5	4.5	0	reorient and adjust
Acrylic	180	360	1	0	20	1.8	09	7.5	9.3	1	add
seal Panci box bawah	180	360	1	0	25	2.57	07	6.5	9.07	0	add
reorientasi	-	-	-	-	-	-	61	4.5	4.5	0	reorient and adjust
Box atas	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	1	Place in Fixture
Sterofoam 4	360	360	1	0	30	1.95	02	2.5	4.45	0	add
sterofoam 5	360	360	1	0	30	1.95	02	2.5	4.45	0	add
panci 18 cm	360	0	1	0	10	1.5	21	7.4	8.9	1	add
Underlayer 3mm	360	360	1	0	30	1.95	02	2.5	4.45	0	add
Seal acrylic luar	180	0	1	0	25	2.57	07	6.5	9.07	0	add
seal acrylic dalam	180	0	1	0	25	2.57	07	6.5	9.07	0	add
reorientasi	-	-	-	-	-	-	61	4.5	4.5	0	reorient and adjust
Acrylic	360	360	1	0	20	1.8	09	7.5	9.3	1	add
seal Panci box atas	180	0	1	0	25	2.57	07	6.5	9.07	0	add
									399.16	10	Totals

Universitas Indonesia

Tabel 4.3 *Design For Manual Assembly Worksheet* Redesain Sub Assembly Box Atas

Components Name	α	β	Number of Items (RP)	Tool acquire time (TA)	Handling-Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv
Body atas	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	1	Place in Fixture
Styrofoam	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	0	add
Tutup Dalam Body Atas	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	1	add
Seal Karet	180	0	1	0	0	1.13	00	1.5	2.63	0	add
Sekrup	360	0	4	2.9	83	5.6	38	6	49.3	0	add and fasten
									62.28	2	Total

Tabel 4.4 *Design For Manual Assembly Worksheet* Redesain Sub Perakitan Body Box Bawah B

Components Name	α	β	Number of Items (RP)	Tool acquire time (TA)	Handling-Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv
Body Bawah B	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	1	Place in Fixture
Kipas 10 cm	360	90	1	0	10	1.5	02	2.5	4	1	add
Mur	360	0	4	0	10	1.5	28	10.5	48	0	add and hold
Baut	360	0	4	2.9	00	1.13	31	5.3	28.62	0	add and screw fastening
									84.07	2	Total

Tabel 4.5 Design For Manual Assembly Worksheet Redesain Sub-Assmebly Peltier Housing

Components Name	α	β	Number of Items (RP)	Tool aquire time (TA)	Handling-Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv
Peltier Housing	360	90	1	0	10	1.5	00	1.5	3	0	Place in Fixture
Heatsink	360	90	1	0	10	1.5	01	2.5	4	1	Add
Peltier	360	360	4	0	30	1.95	01	2.5	17.8	1	Add
Coldsink	360	90	1	0	10	1.5	01	2.5	4	1	Add
									28.8	3	Total

Tabel 4.6 Design For Manual Assembly Worksheet Redesain Cool Box Sepeda Motor

Components Name	α	β	Number of Items (RP)	Tool aquire time (TA)	Handling-Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv
Body Bawah A	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	1	Place in Fixture
Peltier Housing (Sub-Assembly)	360	360	1	0	30	1.95	01	3	4.95	3	add
Sekrup	360	0	4	2.9	10	1.5	31	5.3	30.1	0	add and screw fastening
Box Bawah B (Sub-Assembly)	360	360	1	0	91	3	03	3.5	6.5	2	add
Sekrup	360	0	4	2.9	10	1.5	31	5.3	30.1	0	add and screw fastening
Reorientasi	-	-	-	0	-	0	61	4.5	4.5	0	reorient and adjust
Sterofoam Bawah	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	0	add
Ruang pendingin	360	0	1	0	10	1.5	01	2.5	4	1	add
Tutup Dalam Body Bawah	360	360	1	0	30	1.95	03	3.5	5.45	1	add
Sekrup	360	0	4	2.9	10	1.5	31	5.3	30.1	0	add an screw fastening
Box Atas (Sub-Assembly)	360	360	1	0	91	3	03	3.5	6.5	2	add
Pin	180	0	2	0	00	1.13	03	3.5	9.26	0	add
									138.36	10	Total

Tabel 4.7 Total Time Manual Assembly Redesain Coolbox Sepeda Motor

Components Name	Time Assembly	Minimum Part Count
Box Atas	62.28	2
Box Bawah B	84.07	2
Peltier Housing	28.8	3
Assembly Box	137.86	3
Total	313.01	10

Perbandingan waktu perakitan sebelum dan setelah DFA pada *coolbox*:

➤ Sebelum DFA

Total Komponen : 32
 Waktu perakitan : 399,16 detik
 Efisiensi : 0,08 (8%)

➤ Setelah DFA

Total Komponen : 20
 Waktu perakitan : 313,01 detik
 Efisiensi : 0,10 (10%)

Hasil yang didapat setelah penerapan DFA terbukti lebih efisien, dengan perubahan desain serta penggantian beberapa komponen, diharapkan *coolbox* dapat diterima pengguna dan dibuat secara massal.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan analisa DFA produk *coolbox* sepeda motor ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan DFA untuk :
 - Desain Awal
Total waktu assembling : 399,16 detik
Efisiensi 8%
 - Redesain
Total waktu assembling : 313,01 detik
Efisiensi 10%
2. Pengembangan produk *coolbox* sepeda motor dapat direalisasikan, walaupun masih banyak keterbatasan dan kekurangannya, terutama didalam pabrikasi komponen yang masih dibuat secara manual.

5.2 SARAN

Hasil yang didapat merupakan analisa pada perakitan, sedangkan untuk pembuatan *coolbox* ini dapat diterapkan aplikasi *Design for Manufacturing* untuk mendapat biaya serta waktu dalam proses pembuatannya. Penelitian selanjutnya diharapkan bisa dapat lebih mendetail, seperti ke bagian sistem kelistrikan dan isolasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Boothroyd, G., & Dewhurst, P. (2002). *Product Design for Manufacture and Assembly* (2nd Edition ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.

Firmansyah, F. (2009). *Pengembangan Coolbox Ramah Lingkungan Untuk Kendaraan Roda Dua Berbasis Termoelektrik*. Depok: Universitas Indonesia.

Hakim, I. I., & Mangsur. (November 2011). Food Beverage Delivery Services dengan Cool Box. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin X* (hal. 2). Depok: Universitas Indonesia.

Mangsur. (2010). *Pengembangan Cool Box Tipe CB-02 Multi Fungsi Ramah Lingkungan Berbasis Termoelektrik Untuk Kendaraan Roda Dua*. Depok: Universitas Indonesia.

Penjualan Sepeda Motor 2009 Masih Prospektif, 7 Maret 2009 <<http://cetak.kompas.com/read/2009/03/07/05160725/penjualan.sepeda.motor.2009.masih.prospektif>>

Riffat, S., & Ma, X. (2002). Thermoelectrics: a review of present and potential applications. *Pergamon*, 23.

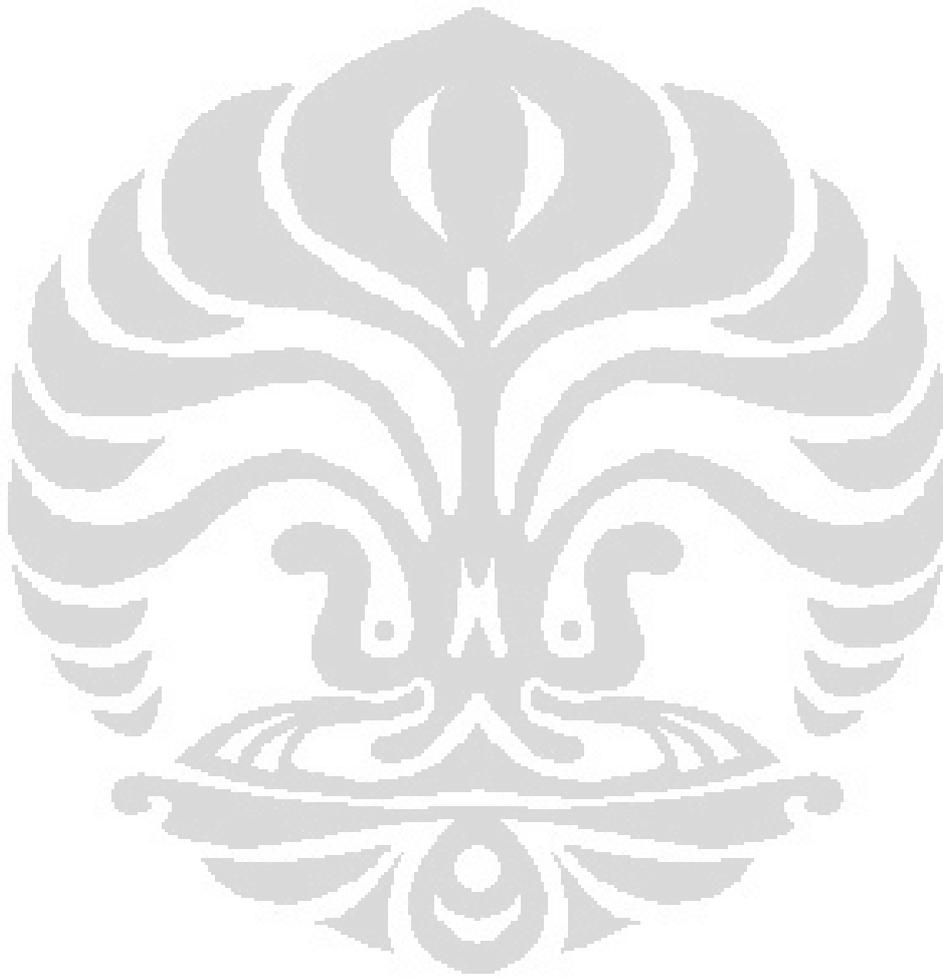
Setiyanto, Oki A. (2007). *Penerapan Design For Manufacture And Assembly Pada Produk Mesin Gilas Type Mgd-4 Di Pt Barata Indonesia (Persero)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Sugiyanto. (2008). *Pengembangan oolbox*. Depok: Universitas IndConesia.

Susanto, B. (2009). *Rancang Bangun Coolbox Cool-Hot Box Dengan Menggunakan Pompa Kalor Termoelektrik dan Heat Pipe*. Depok: Universitas Indonesia.

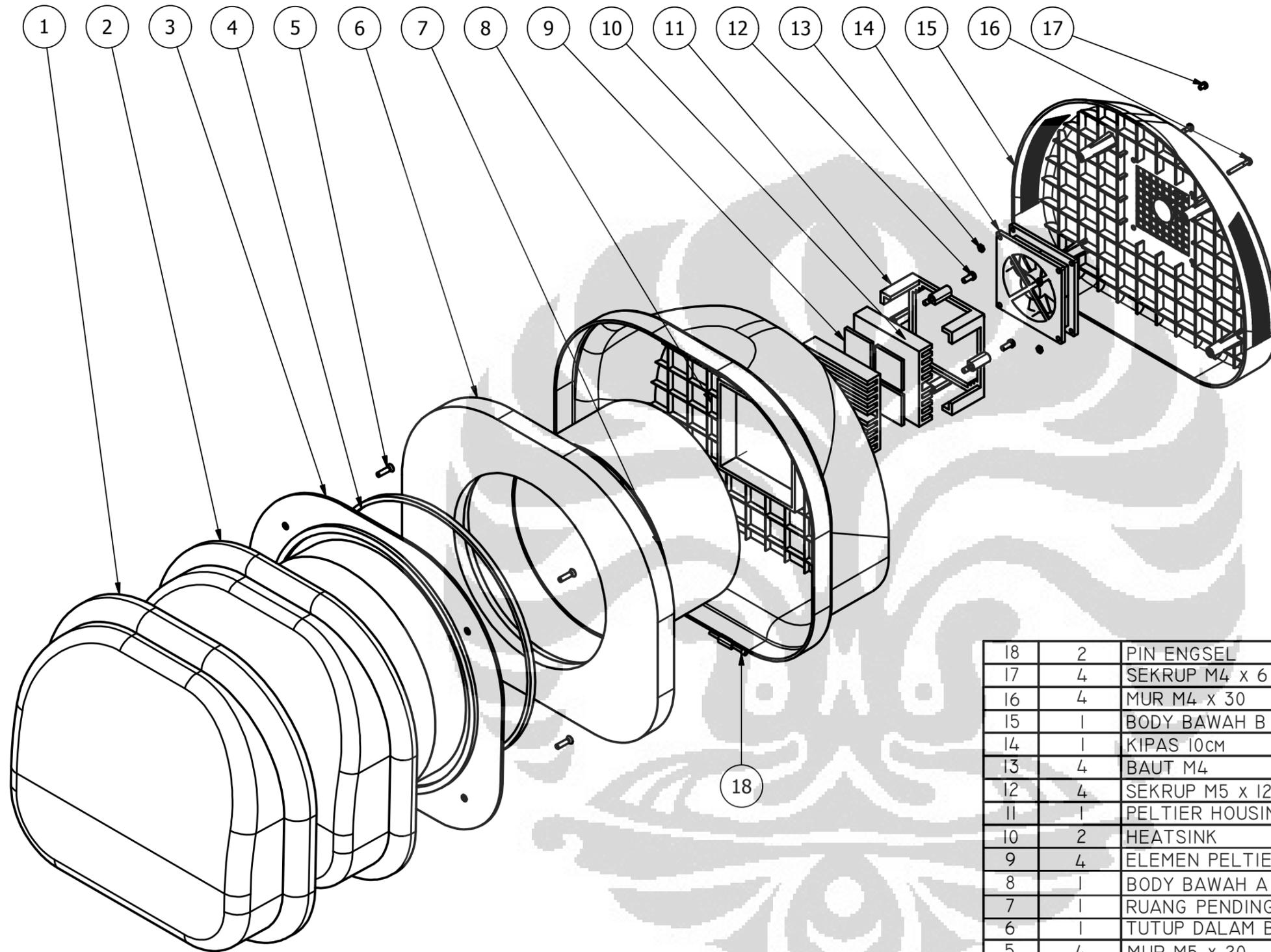
The Development of Portable Blood Carrier By Using Thermoelectrics and Heat Pipes, The 10th Internasional Conference On Quality In Research (QIR), Depok 4-6 Desember 2007

Veranika, R. M. (2007). *Aplikasi Design For Assembly (DFA) Pada Perancangan Produk Vaccine Carrier*. Depok: Universitas Indonesia.





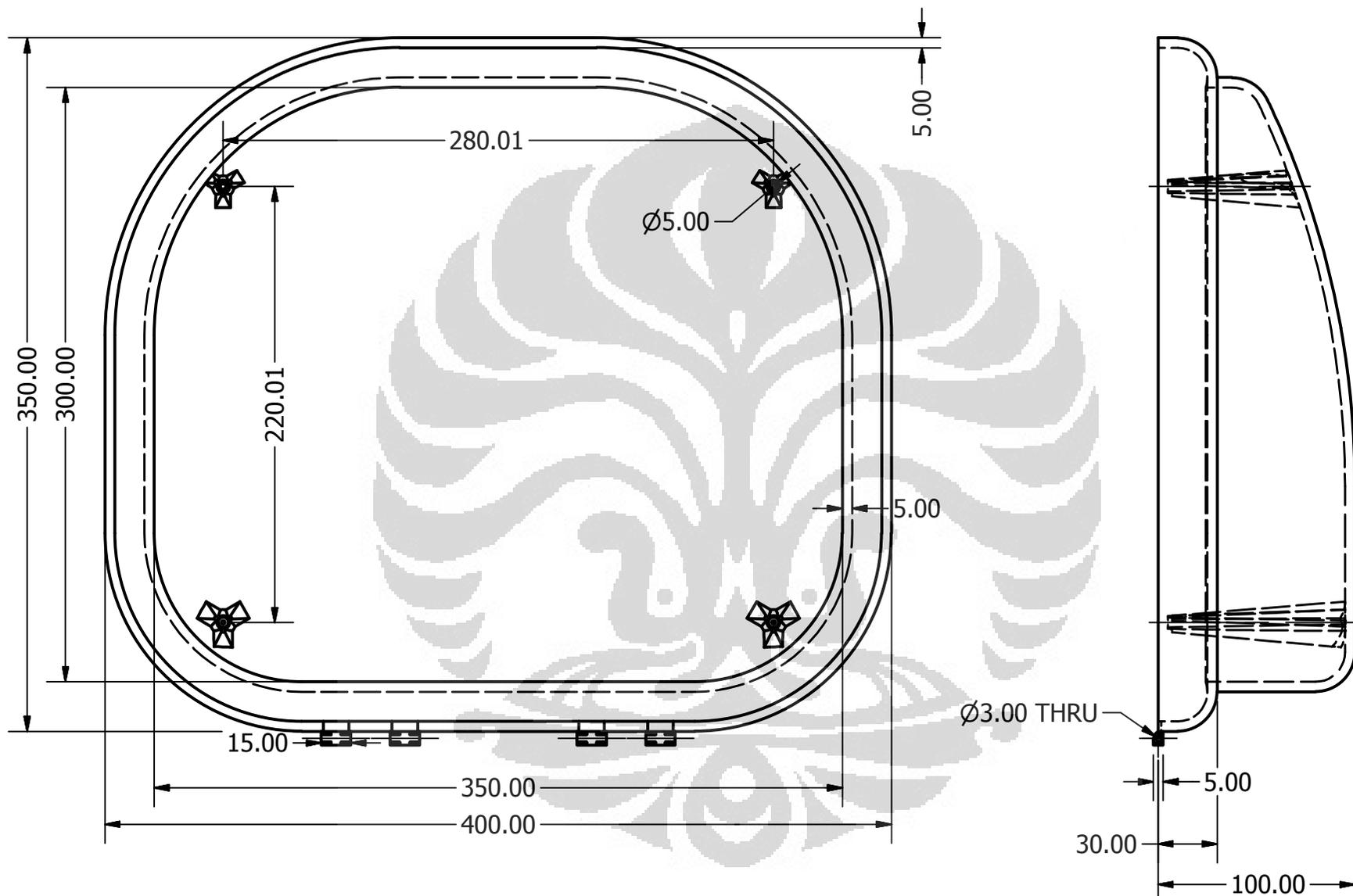
LAMPIRAN



18	2	PIN ENGSEL	S38C	
17	4	SEKRUP M4 x 6	S45C	
16	4	MUR M4 x 30	SS4I	
15	1	BODY BAWAH B	ABS	
14	1	KIPAS 10cm		
13	4	BAUT M4	S20C	
12	4	SEKRUP M5 x 12	S45C	
11	1	PELTIER HOUSING	ABS	
10	2	HEATSINK	AL	
9	4	ELEMEN PELTIER		
8	1	BODY BAWAH A	ABS	
7	1	RUANG PENDINGIN	ABS	
6	1	TUTUP DALAM BODY BAWAH	ABS	
5	4	MUR M5 x 20	SS4I	
4	1	SEAL KARET	RUBBER	
3	1	TUTUP DALAM BODY ATAS	ABS	
2	1	STYROFOAM BODY ATAS		
1	1	BODY ATAS	ABS	
No.	JML	NAMA BAGIAN	BAHAN	CATATAN

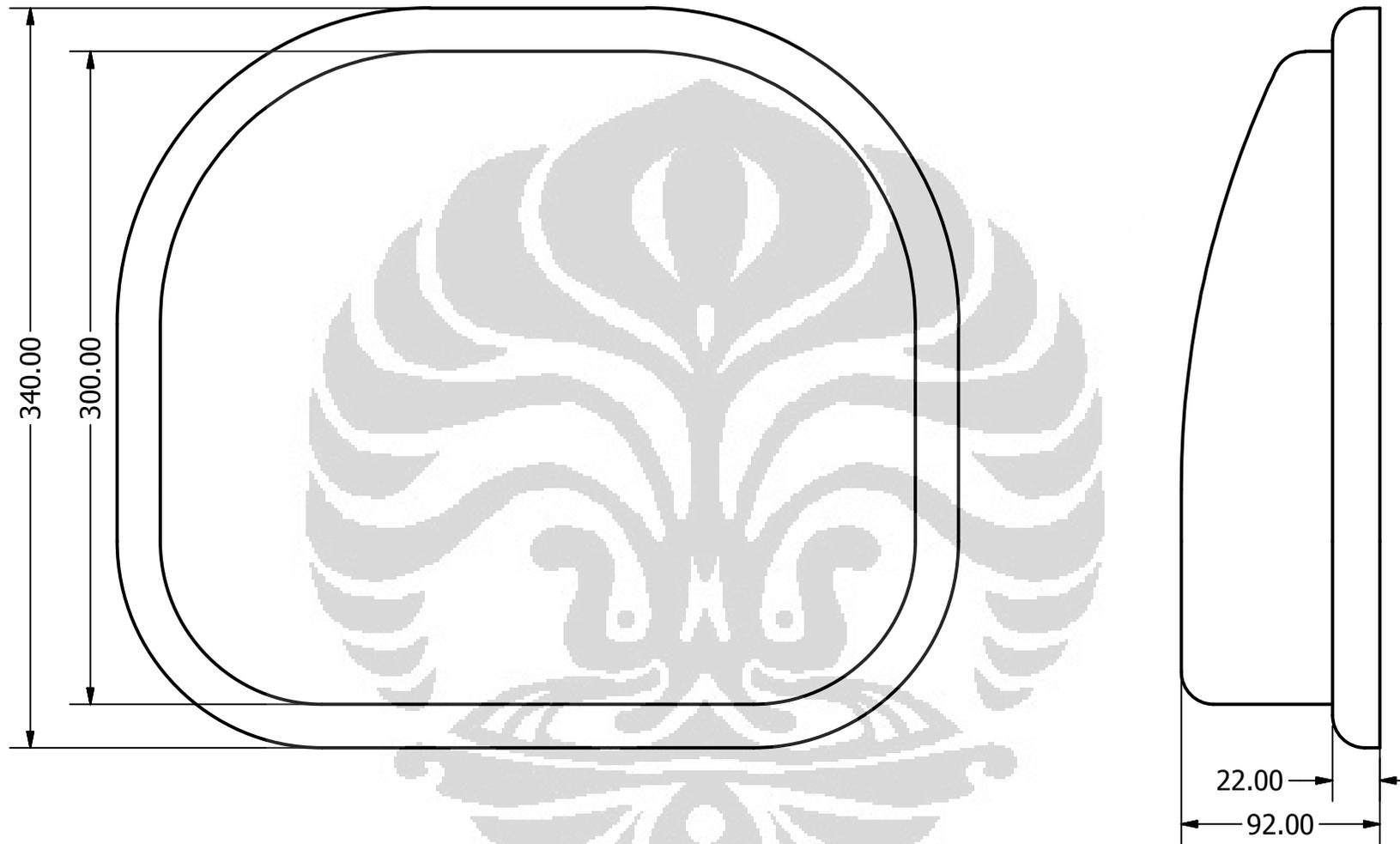
	SKALA : 1:5	DIGAMBAR : TRI PURWADI	KETERANGAN
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396	
	TANGGAL : 11-01-12	DIPERIKSA :	

MESIN-FTUI	NEO COOLBOX	1/14	A3
------------	-------------	------	----



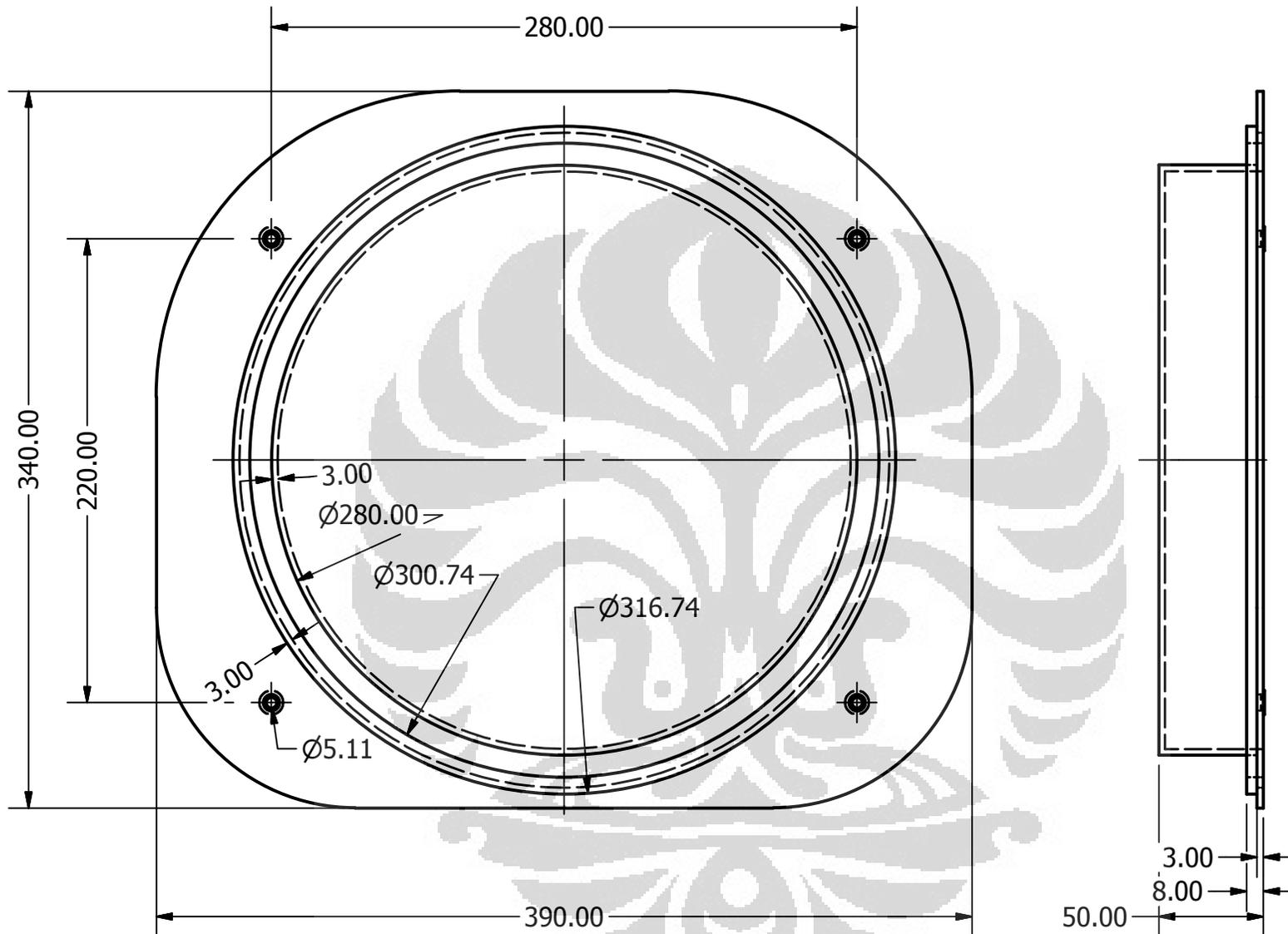
	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : TRI PURWADI		
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396		
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :		
MESIN-FTUI		Body Atas	2 / 14	A4

Peberapan desain : Tri Purwadi, FT UI, 2012

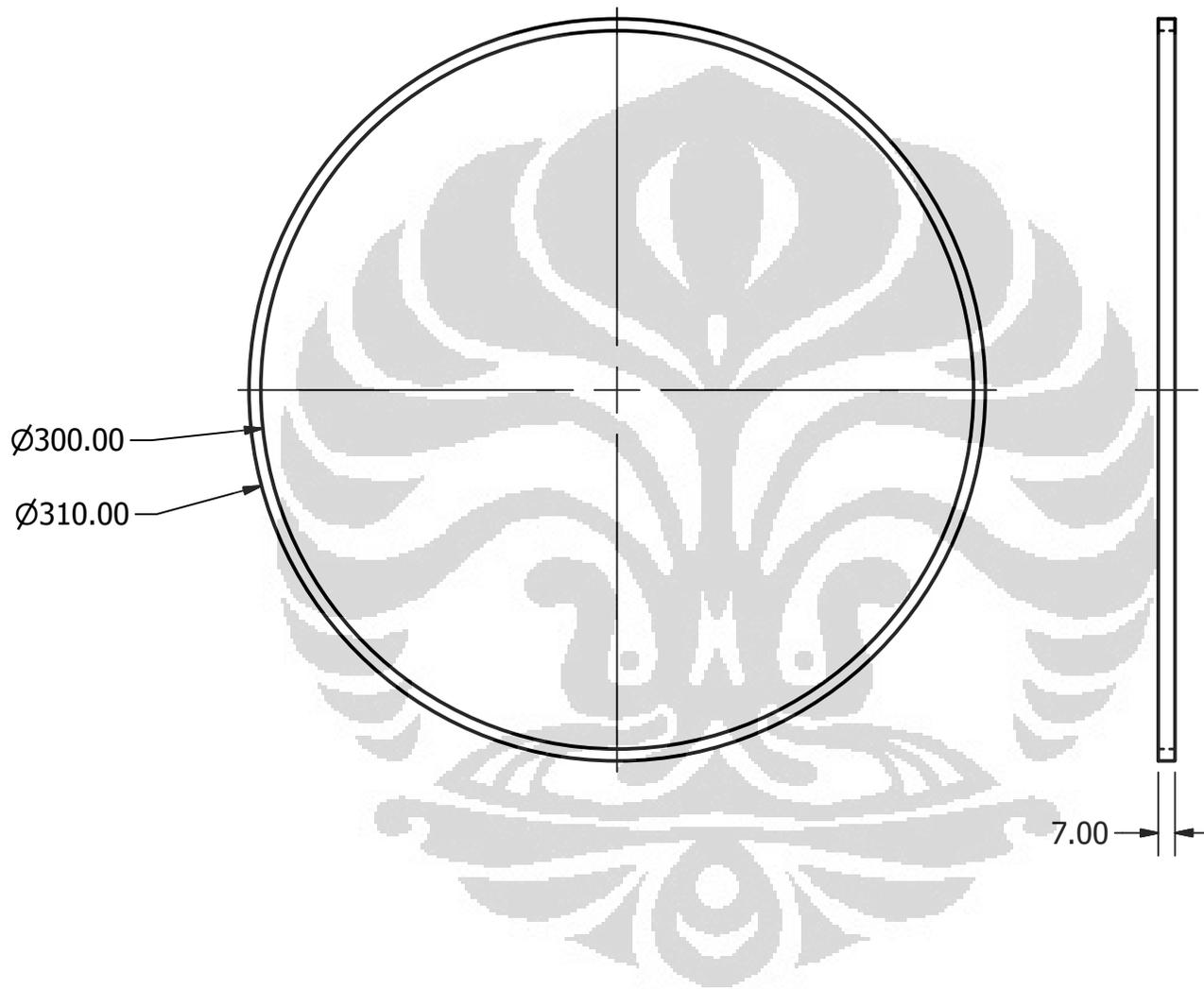


	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : TRI PURWADI			
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396			
	TANGGAL :19-01-12	DIPERIKSA :			
MESIN-FTUI		Stryrofoam Body Atas		3 /14	A4

Peberapan desain : Tri Purwadi, FT UI, 2012

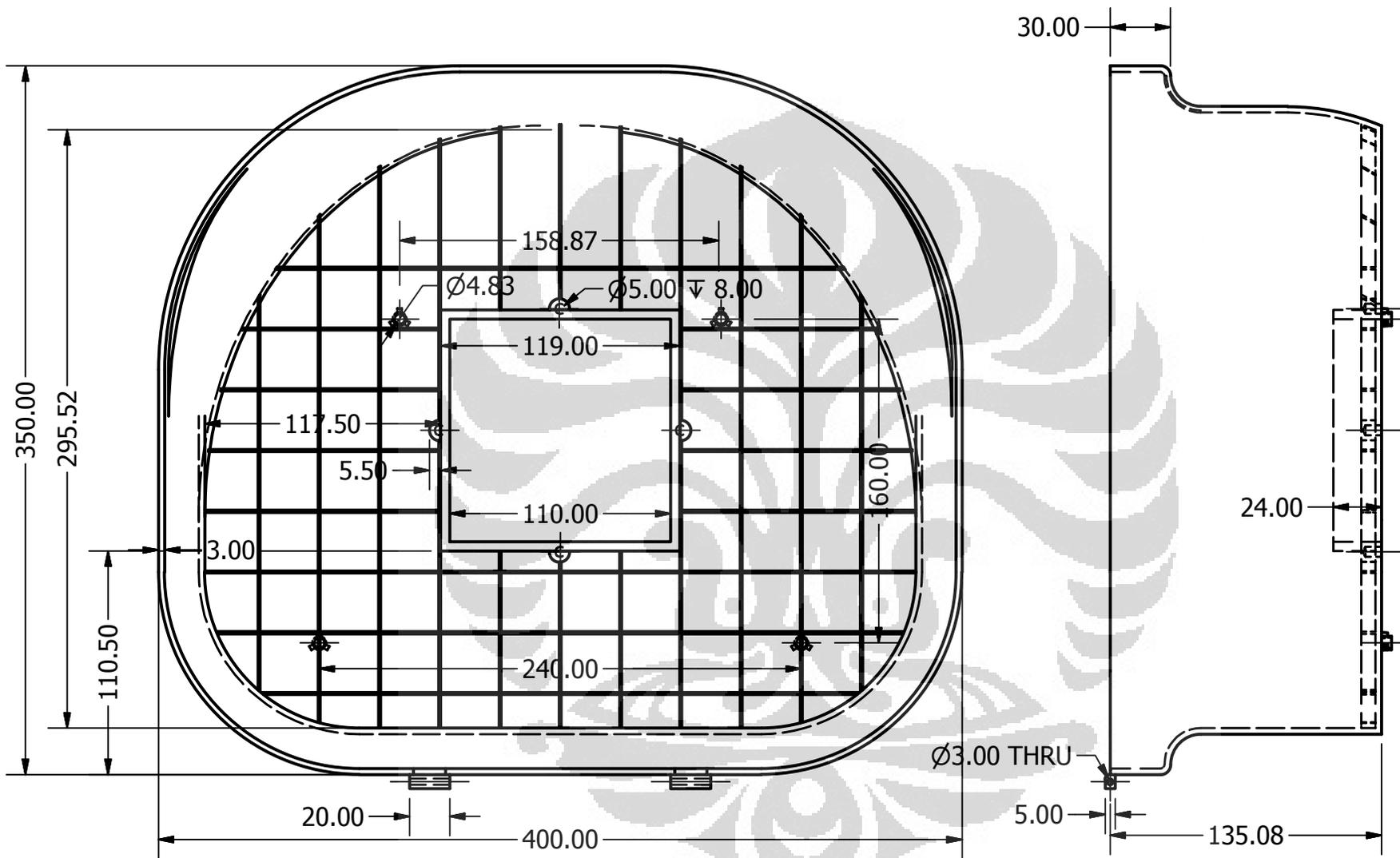


	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : TRI PURWADI			
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396			
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :			
MESIN-FTUI Penerapan desain : Tri Purwadi, FT UI, 2012		Tutup Dalam Body Atas		4 / 14	A4

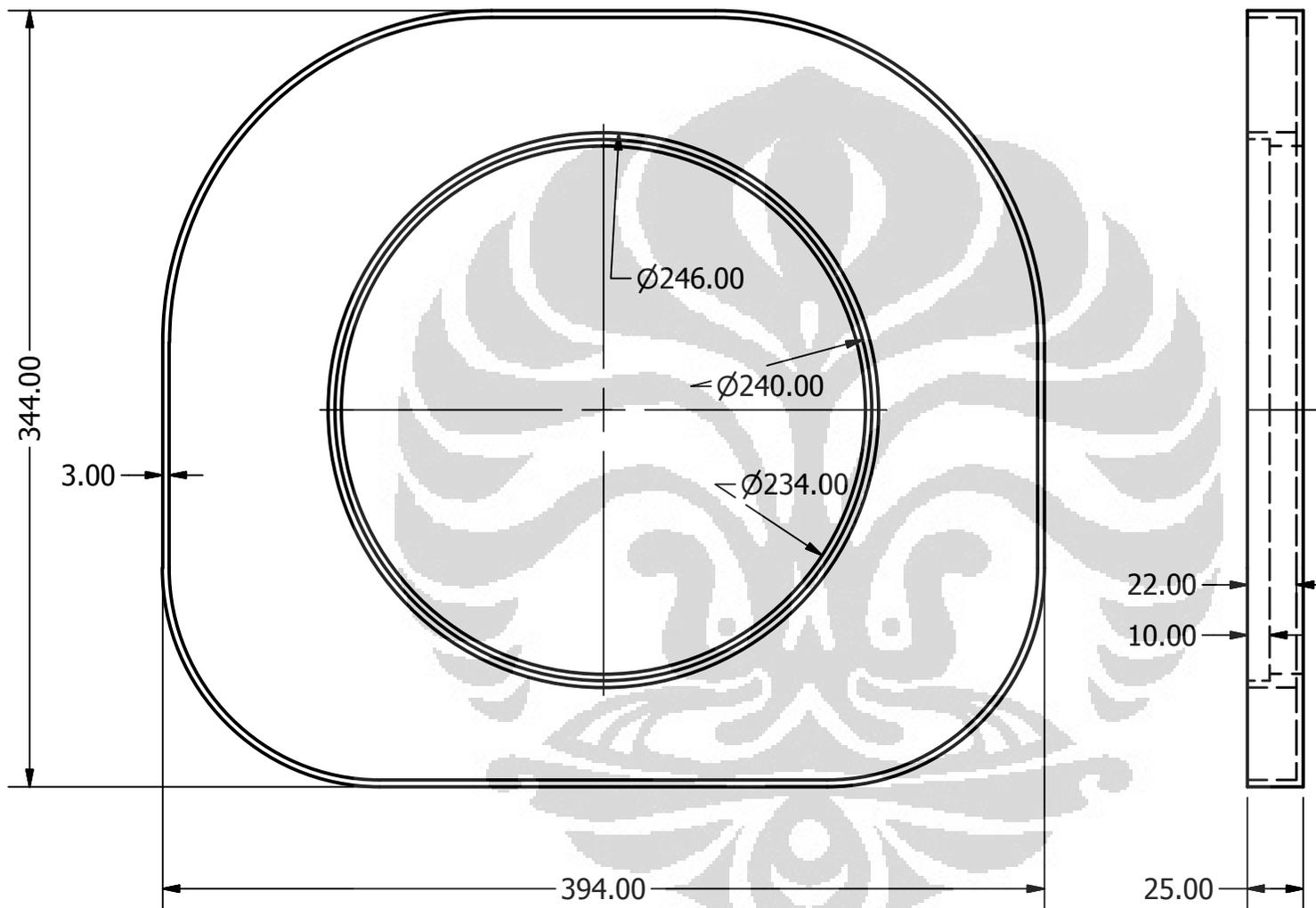


	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : TRI PURWADI		
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396		
	TANGGAL :19-01-12	DIPERIKSA :		
MESIN-FTUI		Seal Karet	5 /14	A4

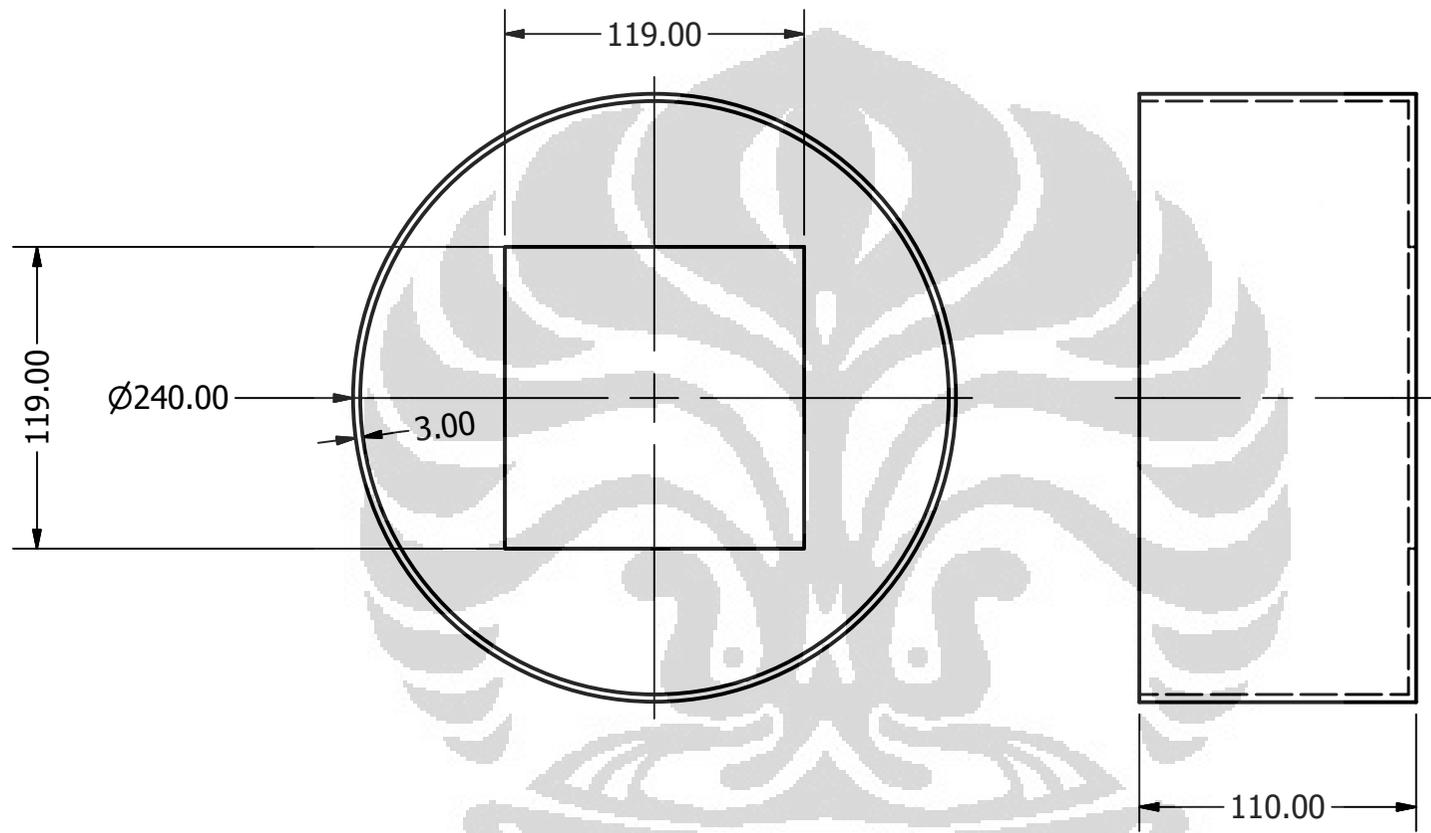
Peberapan desain... Tri Purwadi, FT UI, 2012



	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : TRI PURWADI		
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396		
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :		
MESIN-FTUI Penerapan desain ... Tri Purwadi, FT UI, 2012		Body Bawah A	6 / 14	A4

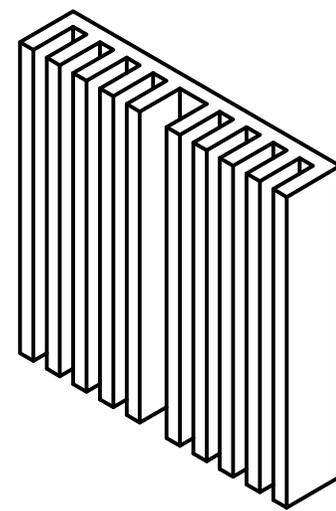
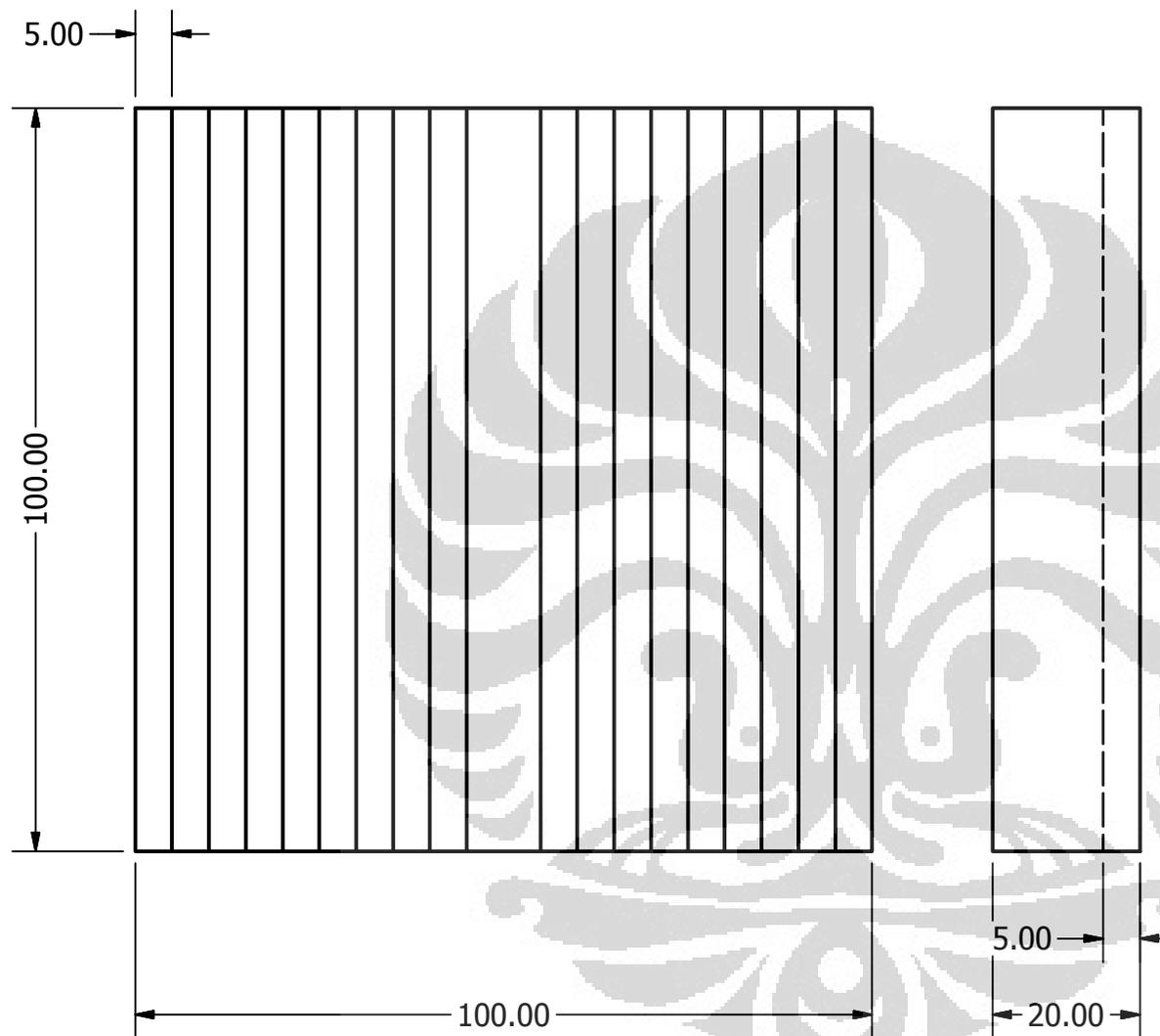


	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : TRI PURWADI			
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396			
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :			
MESIN-FTUI Penerapan desain... Tri Purwadi, FT UI, 2012		Tutup Dalam Body Bawah		7 / 14	A4



	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : TRI PURWADI			
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396			
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :			
MESIN-FTUI		Ruang Pendingin		8 / 14	A4

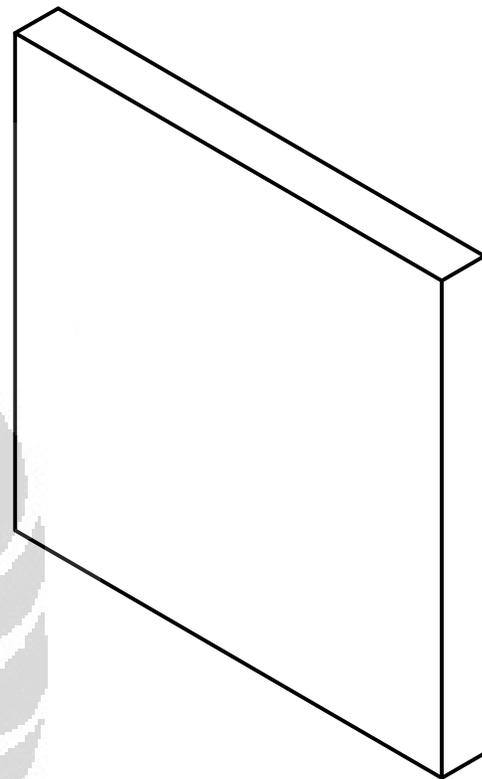
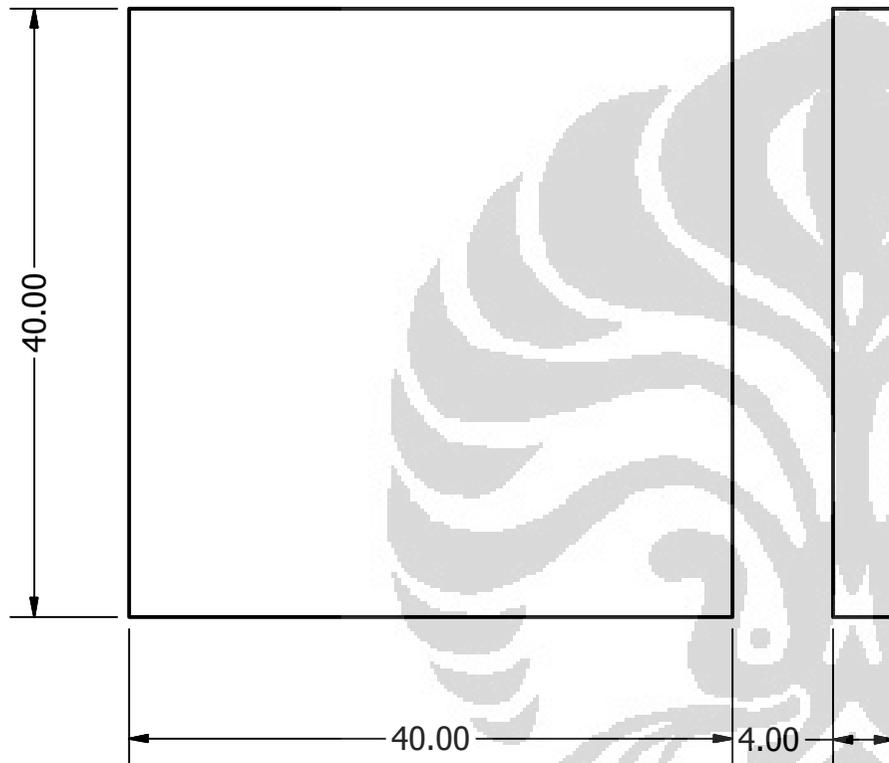
Peberapan desain : Tri Purwadi, FT UI, 2012



SCALE 1 / 2

	SKALA : 1:1	DIGAMBAR : TRI PURWADI		
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396		
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :		
MESIN-FTUI	Heatsink & Coldsink		9 / 14	A4

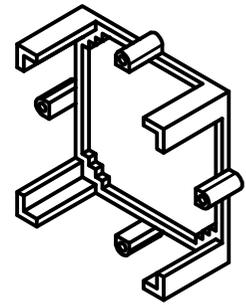
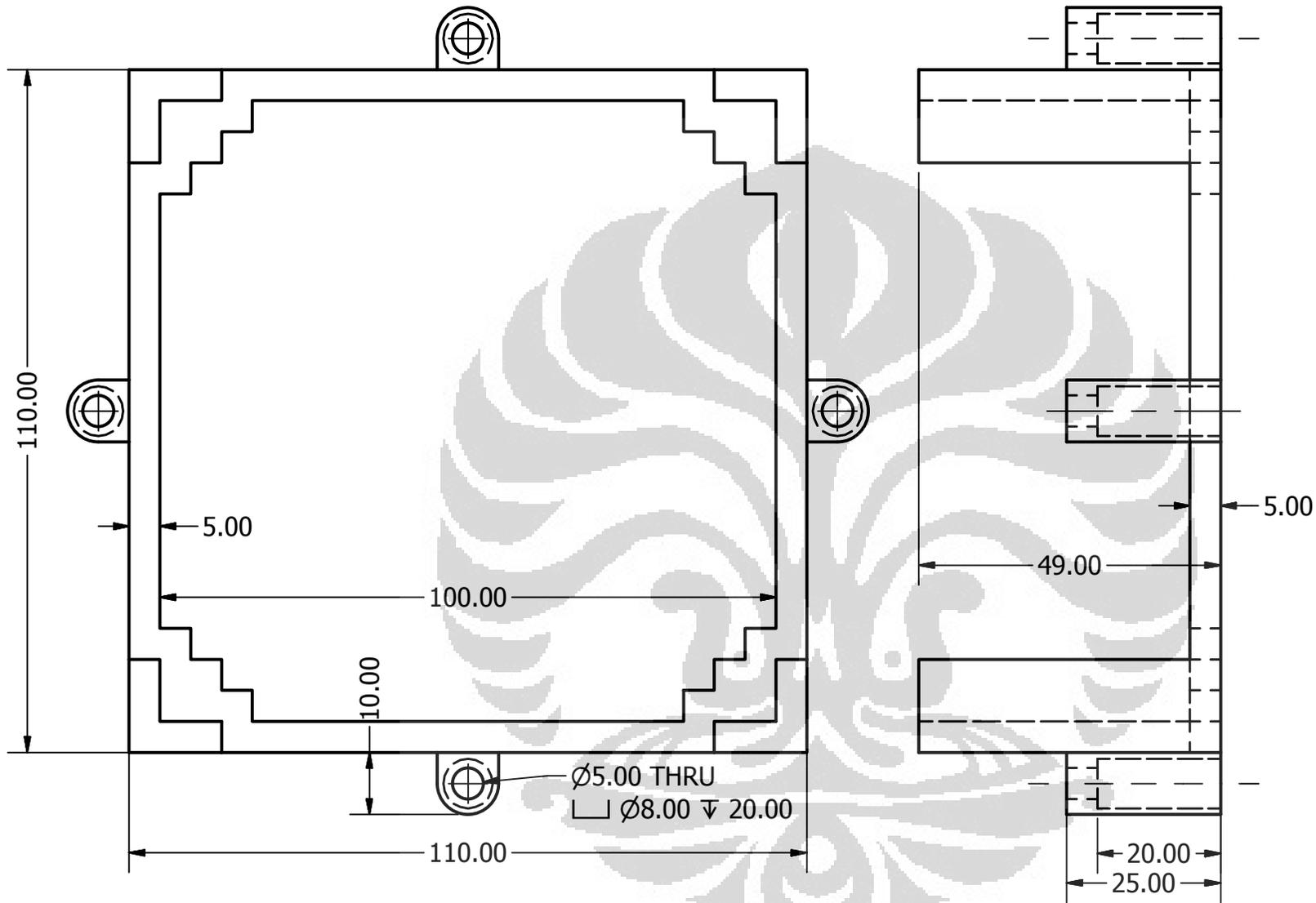
Peberapan desain : Tri Purwadi, FT UI, 2012



SCALE 2:1

	SKALA : 2:1	DIGAMBAR : TRI PURWADI		
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396		
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :		
MESIN-FTUI		Elemen Peltier	10 / 14	A4

Peberapan desain : Tri Purwadi, FT UI, 2012



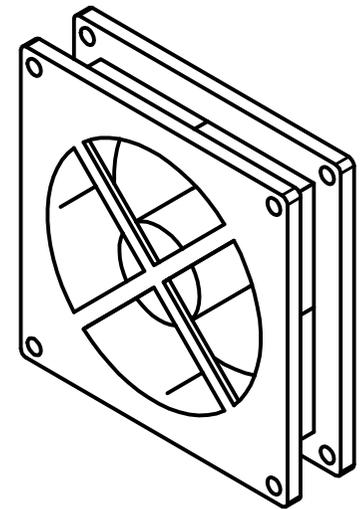
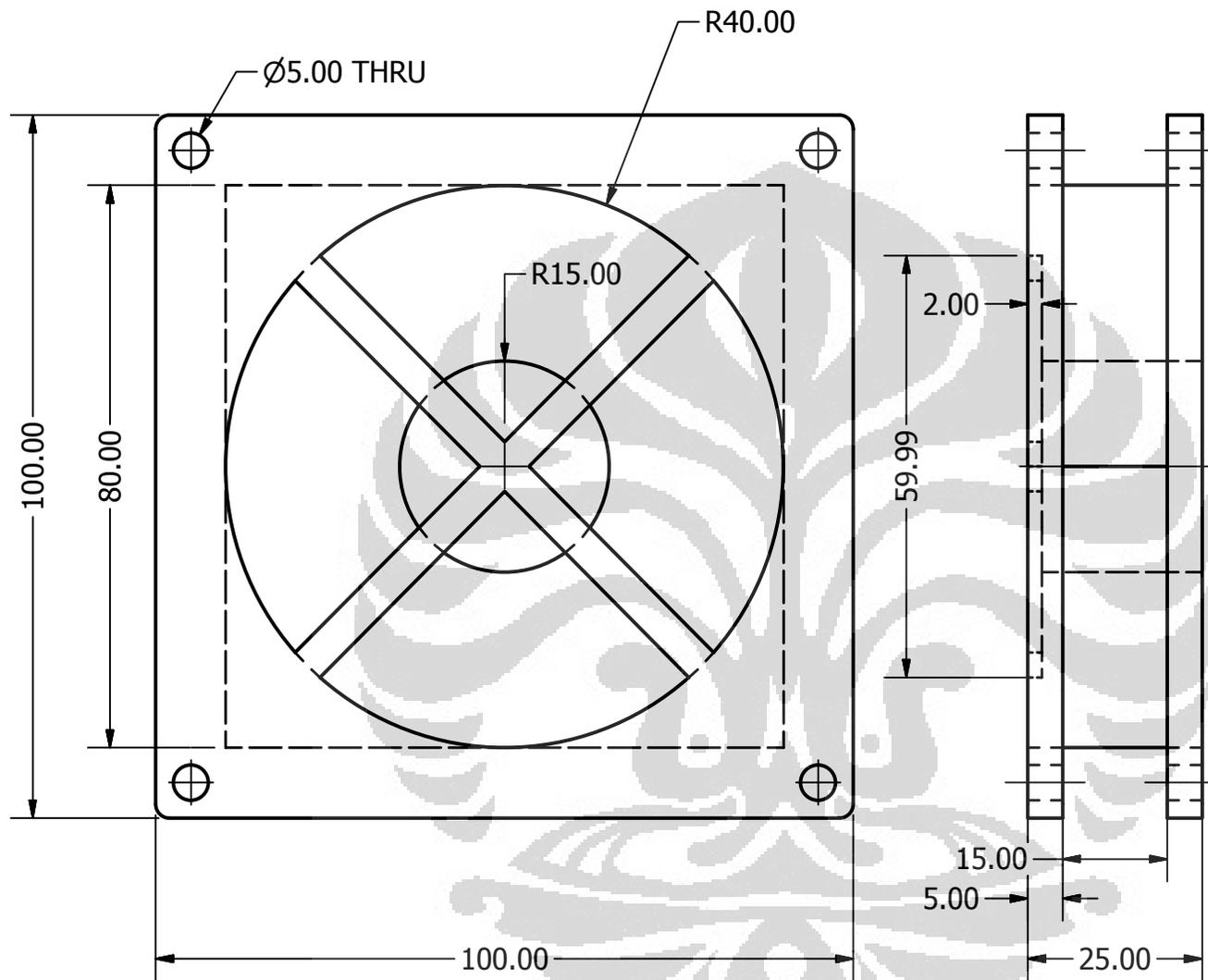
SCALE 1:4

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

	SKALA : 1:1	DIGAMBAR : TRI PURWADI			
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396			
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :			
MESIN-FTUI		Peltier Housing		11 / 14	A4

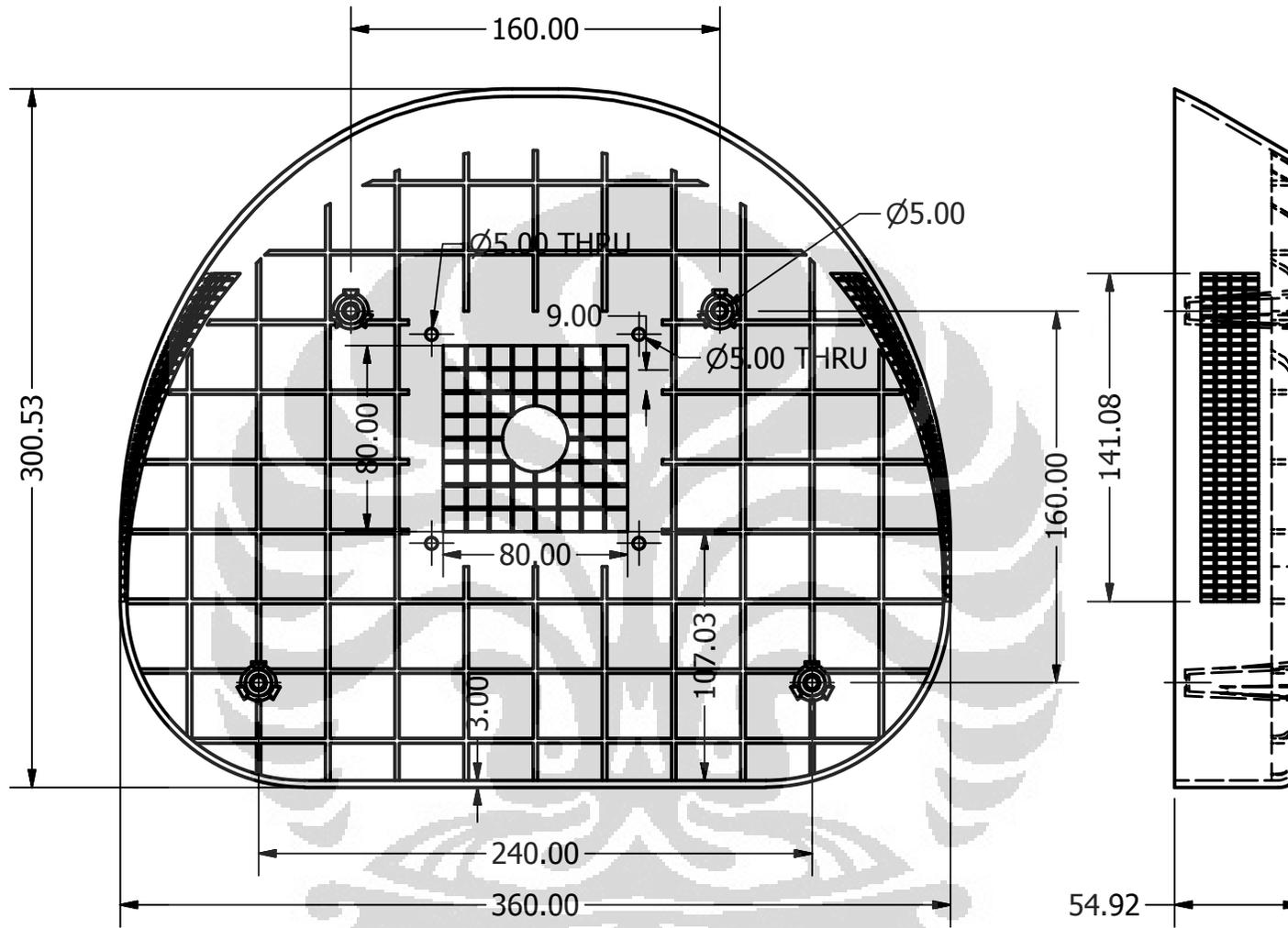
Peberapan desain : Tri Purwadi, FT UI, 2012



SCALE 1:2

	SKALA : 1:1	DIGAMBAR : TRI PURWADI			
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396			
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :			
MESIN-FTUI		Fan 10 cm		12 /14	A4

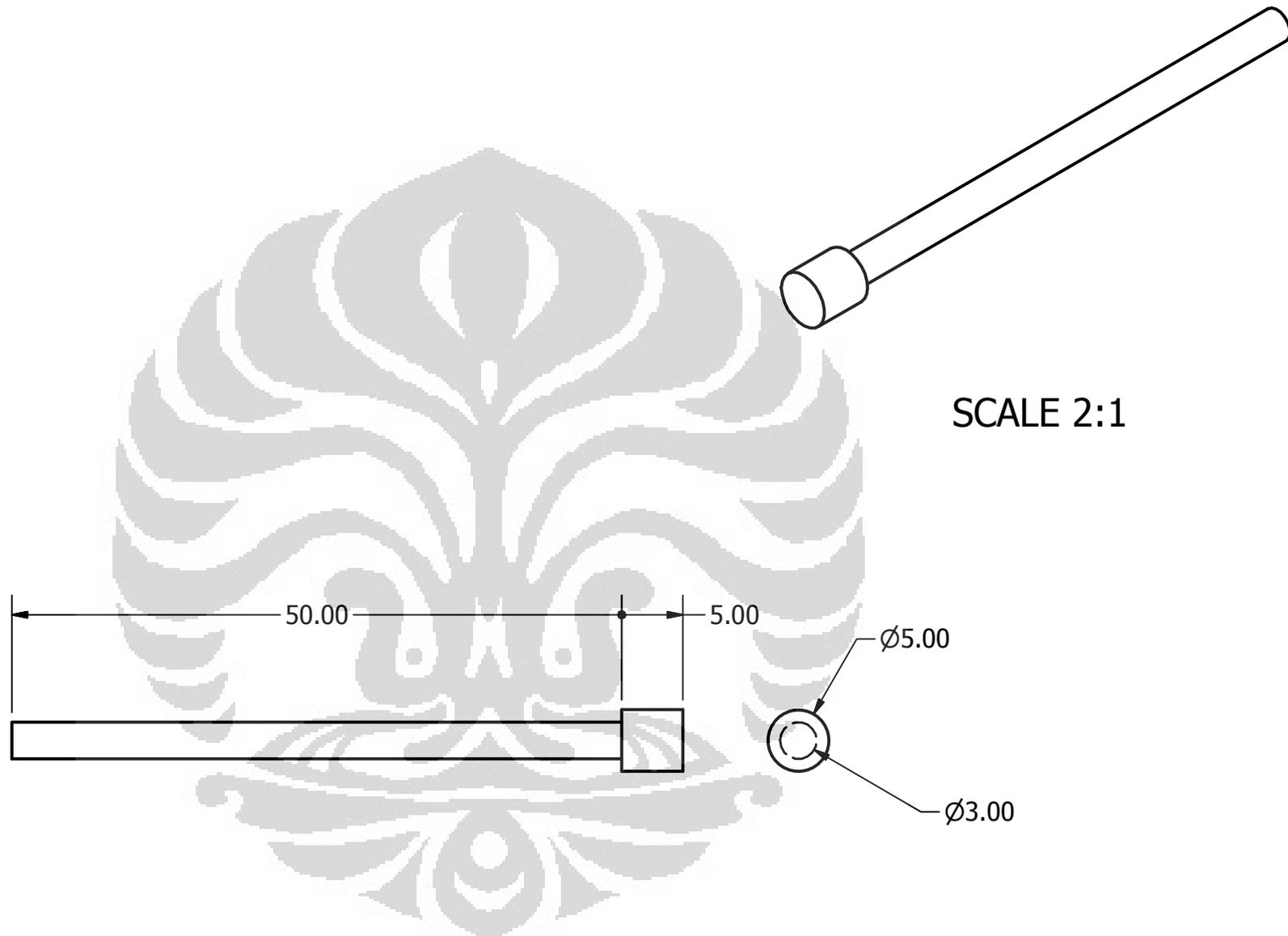
Peberapan desain : Tri Purwadi, FT UI, 2012



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : TRI PURWADI		
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396		
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :		
MESIN-FTUI Penerapan desain : Tri Purwadi, FT UI, 2012		Body Bawah B	13 / 14	A4



	SKALA : 2:1	DIGAMBAR : TRI PURWADI			
	SATUAN : mm	NPM : 0706267396			
	TANGGAL : 19-01-12	DIPERIKSA :			
MESIN-FTUI		Pin Engsel Coolbox		14 / 14	A4

Peberapan desain : Tri Purwadi, FT UI, 2012

Lampiran 2 : Tabel Handling Time

Manual handling: estimated times (seconds)

Key:
 ONE HAND

		Parts are easy to grasp and manipulate					Parts present handling difficulties (1)					
		Thickness >2 mm		Thickness ≤2 mm			Thickness >2 mm		Thickness ≤2 mm			
		Size >15 mm	6 mm ≤ size >15 mm	Size <6 mm	Size >6 mm	Size ≤6 mm	Size >15 mm	6 mm ≤ size ≤15 mm	Size <6 mm	Size >6 mm	Size ≤6 mm	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Parts can be grasped and manipulated by one hand without the aid of grasping tools	$(\alpha + \beta) < 360^\circ$	0	1.13	1.43	1.88	1.69	2.18	1.84	2.17	2.65	2.45	2.98
	$360^\circ \leq (\alpha + \beta) < 540^\circ$	1	1.5	1.8	2.25	2.06	2.55	2.25	2.57	3.06	3	3.38
	$540^\circ \leq (\alpha + \beta) < 720^\circ$	2	1.8	2.1	2.55	2.36	2.85	2.57	2.9	3.38	3.18	3.7
	$(\alpha + \beta) = 720^\circ$	3	1.95	2.25	2.7	2.51	3	2.73	3.06	3.55	3.34	4

ONE HAND with GRASPING AIDS

		Parts need tweezers for grasping and manipulation								Parts need standard tools other than tweezers	Parts need special tools for grasping and manipulation	
		Parts can be manipulated without optical magnification				Parts require optical magnification for manipulation						
		Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present handling difficulties (1)		Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present handling difficulties (1)				
		Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Parts can be grasped and manipulated by one hand but only with the use of grasping tools	$0 \leq \beta \leq 180^\circ$	4	3.6	6.85	4.35	7.6	5.6	8.35	6.35	8.6	7	7
	$\beta = 360^\circ$	5	4	7.25	4.75	8	6	8.75	6.75	9	8	8
	$\alpha \leq \beta \leq 180^\circ$	6	4.8	8.05	5.55	8.8	6.8	9.55	7.55	9.8	8	9
	$\beta = 360^\circ$	7	5.1	8.35	5.85	9.1	7.1	9.55	7.85	10.1	9	10

TWO HANDS for MANIPULATION

		Parts present no additional handling difficulties					Parts present additional handling difficulties (e.g. sticky, delicate, slippery, etc.) (1)					
		$\alpha \leq 180^\circ$		$\alpha = 360^\circ$			$\alpha \leq 180^\circ$		$\alpha = 360^\circ$			
		Size >15 mm	6 mm ≤ size ≤ 15 mm	Size <6 mm	Size >6 mm	Size ≤6 mm	Size >15 mm	6 mm ≤ size ≤ 15 mm	Size <6 mm	Size >6 mm	Size ≤6 mm	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Parts severely nest or tangle or are flexible but can be grasped and lifted by one hand (with the use of grasping tools if necessary) (2)		8	4.1	4.5	5.1	5.6	6.75	5	5.25	5.85	6.35	7

TWO HANDS or assistance required for LARGE SIZE

		Parts can be handled by one person without mechanical assistance								Parts severely nest or tangle or are flexible (2)	Two persons or mechanical assistance required for parts manipulation	
		Parts do not severely nest or tangle and are not flexible										
		Part weight <10 lb				Parts are heavy (>10 lb)						
		Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present other handling difficulties (1)		Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present other handling difficulties (1)				
		$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	8	9	
Two hands, two persons or mechanical assistance required for grasping and transporting parts		9	2	3	2	3	3	4	4	5	7	9

Lampiran 2 : Tabel Handling Time (Lanjutan)

for parts that can be grasped and manipulated with one hand without the aid of grasping tools

sym (deg) = (alpha+ beta)		no handling difficulties			part nests or tangles		
		thickness > 2mm		< 2mm	thickness > 2mm		< 2mm
		size > 15mm	6mm < size < 15mm	size > 6mm	size > 15mm	6mm < size < 15mm	size > 6mm
	0	1	2	3	4	5	
sym < 360	0	1.13	1.43	1.69	1.84	2.17	2.45
360 <= sym < 540	1	1.5	1.8	2.06	2.25	2.57	3.0
540 <= sym < 720	2	1.8	2.1	2.36	2.57	2.9	3.18
sym = 720	3	1.95	2.25	2.51	2.73	3.06	3.34

for parts that can be lifted with one hand but require two hands because they severely nest or tangle, are flexible or require forming etc.

	alpha <= 180		alpha = 360
	size > 15mm	6mm < size < 15mm	size > 6mm
	0	1	2
4	4.1	4.5	5.6

FIG. 3.15 Selected manual handling time standards, seconds (parts are within easy reach, are no smaller than 6 mm, do not stick together, and are not fragile or sharp). (Copyright 1999 Boothroyd Dewhurst, Inc.)

Lampiran 3 : Tabel Inserting Time

Manual insertion: estimated times (seconds)

		Alter assembly no holding down required to maintain orientation and location (3)				Holding down required during subsequent processes to maintain orientation at location (3)						
		Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly		Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly				
		No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)			
		0	1	2	3	6	7	8	9			
Addition of any part (1) where neither the part itself nor any other part is finally secured immediately Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location Part and associated tool (including hands) cannot easily reach the desired location Due to obstructed access or restricted vision (2) Due to obstructed access and restricted vision (2)	0	1.5	2.5	2.5	3.5	5.5	6.5	6.5	7.5			
	1	4	5	5	6	8	9	9	10			
	2	5.5	6.5	6.5	7.5	9.5	10.5	10.5	11.5			
Addition of any part (1) where the part itself and/or other parts are being finally secured immediately Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location and the tool can be operated easily Part and associated tool (including hands) cannot easily reach desired location or tool cannot be operated easily Due to obstructed access or restricted vision (2) Due to obstructed access and restricted vision (2)		No screwing operation or plastic deformation immediately after insertion (snap/press fits, circlips, spire nuts, etc.)		Plastic deformation immediately after insertion				Screw tightening immediately after insertion				
				Plastic bending or torsion		Rivetting or similar operation						
		Easy to align and position with no resistance to insertion (4)	Not easy to align or position during assembly and/or resistance to insertion (5)	Easy to align and position during assembly (4)	Not easy to align or position during assembly				Screw tightening immediately after insertion			
		0	1	2	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	Easy to align and position during assembly (4)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	Easy to align and position with no torsional resistance (4)	Not easy to align or position and/or torsional resistance (5)	
		3	2	5	4	5	6	7	8	9	6	8
		4	4.5	7.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	8.5	10.5
	5	6	9	8	9	10	11	12	13	10	12	
Addition of any part (1) where the part itself and/or other parts are being finally secured immediately Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location and the tool can be operated easily Part and associated tool (including hands) cannot easily reach desired location or tool cannot be operated easily Due to obstructed access or restricted vision (2) Due to obstructed access and restricted vision (2)		Mechanical fastening processes (part(s) already in place but not secured immediately after insertion)				Non mechanical fastening processes (part(s) already in place but not secured immediately after insertion)		Non fastening processes				
		None or localized plastic deformation		Metallurgical processes								
		Bending or similar process	Rivetting or similar processes	Screw tightening or other processes	Bulk plastic deformation (large proportion of part is plastically deformed during fastening)	No additional material required (e.g. resistance, friction welding etc.)	Additional material required	Chemical processes (e.g. adhesive bonding, etc.)	Manipulation of parts or sub-assembly (e.g. orienting, fitting or adjustment of part(s), etc.)	Other processes (e.g. liquid insertion, etc.)		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	9	4	7	5	12	7	8	12	12	9	12	

Key: PART ADDED but NOT SECURED

PART SECURED IMMEDIATELY

SEPARATE OPERATION

Assembly processes where all solid parts are in place

Lampiran 3 : Tabel Inserting Time (Lanjutan)

part inserted but not secured immediately or secured by snap fit							
		secured by separate operation or part				secured on	
		no holding down required		holding down required		insertion by snap fit	
		easy to align	not easy to align	easy to align	not easy to align	easy to align	not easy to align
		0	1	2	3	4	5
no access or vision difficulties	0	1.5	3.0	2.6	5.2	1.8	3.3
obstructed access or restricted vision	1	3.7	5.2	4.8	7.4	4.0	5.5
obstructed access and restricted vision	2	5.9	7.4	7.0	9.6	7.7	7.7

part inserted and secured immediately by screw fastening with power tool
(times are for 5 revs or less and do not include a tool acquisition time of 2.9s)

		easy to align		not easy to align	
		0	1	0	1
no access or vision difficulties	3	3.6	5.3		
restricted vision only	4	6.3	8.0		
obstructed access only	5	9.0	10.7		

FIG. 3.16 Selected manual insertion time standards, seconds (parts are small and there is no resistance to insertion). (Copyright 1999 Boothroyd Dewhurst, Inc.)

		screw tighten with power tool	manipulation, reorientation or adjustment	addition of non solids
		0	1	2
6		5.2	4.5	7

FIG. 3.17 Selected separate operation times, seconds (solid parts already in place). (Copyright 1999 Boothroyd Dewhurst, Inc.)

(Sumber : Boothroyd, G., & Dewhurst, P. (2002). *Product Design for Manufacture and Assembly* (2nd Edition ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.)