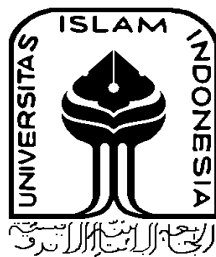


**Perancangan Ulang Penghapus *Whiteboard* Menggunakan
Metode *Reverse Engineering***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh:

Nama : Rahadian Naufal Hadinugroho
No. Mahasiswa : 14525013
NIRM : 2014040440

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini, Rahadian Naufal Hadinugroho menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul "Perancangan Ulang Penghapus Whiteboard Menggunakan Metode Reverse Engineering" adalah hasil dari tulisan saya sendiri. Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui sebagai tulisan saya sendiri atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya.

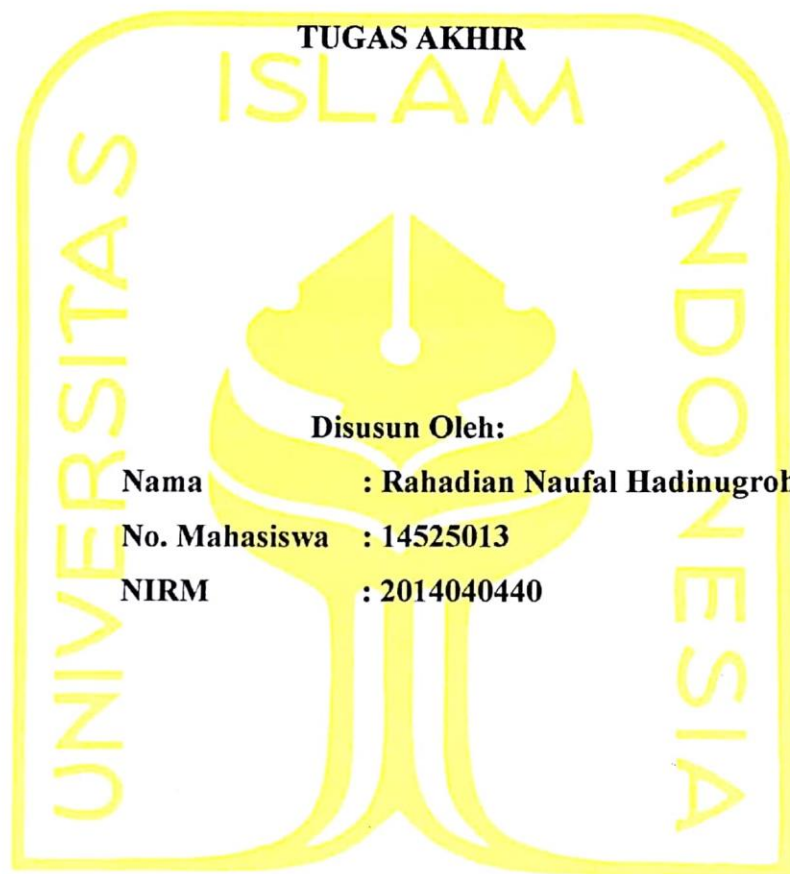
Yogyakarta, 13 November 2018



Rahadian Naufal Hadinugroho

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Perancangan Ulang Penghapus Whiteboard Menggunakan Metode Reverse Engineering



Yogyakarta, 16 November 2018

Pembimbing I,

Muhammad Ridlwan, S.T., M.T

Pembimbing II,

Faisal Arif Nurgasang, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Perancangan Ulang Penghapus Whiteboard Menggunakan Metode Reverse Engineering

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Rahadian Naufal Hadinugroho

No. Mahasiswa : 14525013

NIRM : 2014040440

Tim Penguji

Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc.

Ketua

Tanggal : 10/12/18

Arif Budi W, S.T., M.Eng.

Anggota I

Tanggal : 5/12/2018

Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T.

Anggota II

Tanggal : 7/12/2018

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Risdiyono S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Tugas akhir ini saya persembahkan kepada keluarga
saya terutama Papa dan mama yang selalu
memberikan doa dan semangat untuk keberhasilan
hidup saya*

HALAMAN MOTTO

“...Maka berlomba-lombalah kamu (dalam berbuat) kebaikan...”

(Qs. Al-Baqarah :148)

“Dan (ingatlah), tatkala Tuhanmu memberitakan: "Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambahkan (nimat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih".

(Qs. Ibrahim :7)

“Barang siapa menempuh jalan dalam rangka menuntut ilmu, niscaya Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga”

(HR. Muslim)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah :5-6)

“Aja gampang gumunan, aja gampang getunan, aja gampang kagetan, aja gampang aleman”

(NoName)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wa barakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas berkat dan rahmat yang luar biasa memberikan kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Ulang Penghapus *Whiteboard* Menggunakan Metode *Reverse Engineering*” dapat terselesaikan dalam waktu yang ditentukan. Adapun Laporan Tugas Akhir merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebagai kelulusan strata (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Dalam proses Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari peranan dan bantuan beberapa pihak. Adapun kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat dan memanjatkan doa untuk saya selama mengerjakan tugas akhir,
2. Yangti dan Yangkung yang selalu memberikan semangat dan memanjatkan doa untuk saya selama mengerjakan tugas akhir,
3. Ketua Program Studi Teknik Mesin UII, Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.,
4. Dosen pembimbing tugas akhir 1 Muhammad Ridlwan, S.T., M.T yang telah memberikan banyak saran serta masukan selama penyelesaian laporan ini,
5. Dosen pembimbing tugas akhir 2 Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. yang telah memberikan banyak saran serta masukan selama penyelesaian laporan ini,
6. Seluruh dosen dan staff karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia,
7. Teman seperjuangan akhir semester Riny Herliyansyah yang telah memberikan motivasi, semangat dan masukan serta banyak bantuan

kepada penulis dalam mengerjakan tugas akhir maupun selama kuliah di semester akhir,

8. Teman seperjuangan tugas akhir Marroli Meilanov, Aris P. Wibowo, Siddiq Sinudarsono yang telah memberikan bantuan, motivasi, semangat, serta masukan selama penulis mengerjakan tugas akhir,
9. Teman #JapCorp Aris, Marroli, Siddiq, Ramadhan, Adi, Yahya, Fendi, Jendral Dzikri, Haikal, Fauzan yang telah memberikan banyak cerita selama penulis kuliah di Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia,
10. Teman satu kelompok Tugas Akhir Dion Armayudha dan Muhamad Rizal yang telah memberikan banyak cerita saat mengerjakan tugas akhir,
11. Railfans Cabang Pathuk Reno Surya Rindiatama, Dzulfikar Zuhair dan Muhammad Angga Prasetyo yang telah menemani penulis dalam mengerjakan laporan tugas akhir di Warung Kupi,
12. Kakak angkatan Sutan Dwi Cahyo yang telah memberikan masukan serta saran kepada penulis selama mengerjakan tugas akhir,
13. Nashtiti dan Ghina yang telah memberikan bantuan ilmu kepada penulis saat mengerjakan tugas akhir,
14. Dan semua pihak yang telah mendukung penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini sesuai dengan yang diharapkan serta bermanfaat baik untuk pihak kampus. Namun penulis sadar bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mohon maaf dan berharap adanya kritik serta saran dari semua pihak yang dapat membangun demi terciptanya laporan tugas akhir yang lebih baik.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Yogyakarta, 16 November 2018

Penulis,

Rahadian Naufal Hadinugroho

NIM. 14525013

ABSTRAK

Penghapus *whiteboard* yang hanya berbentuk persegi dianggap kurang ergonomis dan terkadang penghapus terlepas dari tangan saat digunakan. Dari permasalahan ini, diciptakan penghapus *whiteboard* baru yang sesuai dengan antropometri tangan menggunakan metode *Reverse Engineering*. Metode ini dapat membantu dalam hal modifikasi produk yang sudah ada sehingga menjadi produk yang lebih baik dari sebelumnya. Dalam proses *Reverse Engineering*, tahapan dibagi ke dalam 3 fasa dasar yaitu *Product Digitization*, *Shape Reconstruction*, *3D CAD Modelling*. Sedangkan proses perancangan penelitian ini dibagi menjadi empat tahapan besar yaitu, proses *scanning*, proses *refinement*, pembuatan prototipe dan yang terakhir adalah pengujian produk. Hasil dari pengujian pada penelitian ini didapatkan produk penghapus baru model C sebagai produk yang paling banyak diminati responden sebanyak 40,6%.

Kata Kunci: *reverse engineering*, ergonomi, *3D scanning*, prototipe

ABSTRACT

A whiteboard eraser that is only square is considered to be less ergonomic and sometimes the eraser detaches from the hand when it used. From this problem, a new whiteboard eraser was created in accordance with the hand anthropometry using the reverse engineering method. This method can help in terms of modifying existing products so that they become better products than before. In the reverse engineering process the stages are divided into 3 basic phases namely product digitization, shape reconstruction, and 3D CAD modeling. While the research design process is divided into four major stages, namely the scanning process, refinement process, prototype making and the last is product testing. The results of the testing in this study found that the new eraser model, model C, as the most popular product of respondents was 40.6%.

Kata Kunci: *reverse engineering*, ergonomic, *3D scanning*, prototype

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	ix
Abstract	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Desain	6
2.2.2 Perancangan dan Pengembangan Produk	7
2.2.3 Ergonomi	8
2.2.4 Antropometri	9
2.2.5 <i>Reverse Engineering</i>	11
2.2.6 Proses <i>3D Scanning</i>	14
Bab 3 Metode Penelitian	16
3.1 Alur Penelitian	16
3.2 Proses Perancangan	17

3.2.1	Observasi	17
3.2.2	Kriteria Desain.....	18
3.2.3	<i>3D Scanning</i>	18
3.2.4	Perancangan Desain.....	20
3.2.5	Pembuatan Prototipe.....	22
3.2.6	Proses <i>3D Printing</i>	24
3.2.7	Pemilihan dan Pengujian Menggunakan <i>USE Questionnaire</i>	27
3.3	Peralatan dan Bahan.....	28
3.3.1	<i>Laser Scanner</i> 3D Systems Sense 2 Cubify	28
3.3.2	<i>Software</i> Autodesk Fusion 360.....	29
3.3.3	<i>Software</i> Repetier Host 2.1.3.....	30
3.3.4	Mesin <i>3D Printing</i> Prusa i3.....	31
3.3.5	Penghapus <i>Whiteboard</i>	31
3.3.6	PLA (Polylactic Acid)	32
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	33
4.1	Hasil Perancangan Penghapus	33
4.2	Perbandingan Hasil Perancangan dengan Data Antropometri Tangan Orang Indonesia.....	35
4.2.1	Perbandingan Panjang Penghapus Baru	36
4.2.2	Perbandingan Lebar Penghapus Baru.....	38
4.2.3	Perbandingan Tinggi Penghapus Baru	41
4.3	Hasil Pemilihan Desain dan Pengujian <i>USE Questionnaire</i>	42
Bab 5	Penutup.....	46
5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya	46
Daftar Pustaka		47
LAMPIRAN		49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Antropometri Tangan Orang Indonesia serta Dimensionalnya (Nurmianto, 1991)	10
Tabel 3.1 Data Antropometri yang Menjadi Acuan	22
Tabel 3.2 Spesifikasi Sense	28
Tabel 4.1 Dimensi Penghapus A	33
Tabel 4.2 Perbandingan Dimensi Penghapus B	34
Tabel 4.3 Dimensi Penghapus C	35
Tabel 4.4 Dimensi Penghapus D	35
Tabel 4.5 Dimensi Panjang Produk Penghapus Baru	37
Tabel 4.6 Dimensi Panjang Tangan Menurut Antropometri dalam mm	38
Tabel 4.7 Dimensi Lebar Produk Penghapus Baru	39
Tabel 4.8 Dimensi Lebar Telapak Tangan Menurut Antropometri dalam mm....	40
Tabel 4.9 Tinggi Penghapus Baru	42
Tabel 4.10 Dimensi Tebal Telapak Tangan Menurut Antropometri dalam mm..	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Penghapus Objek Scan	2
Gambar 2.1 Skema Desain Manajemen (Laksmi, 2003).....	9
Gambar 2.2 Antropometri tangan.....	11
Gambar 2.3 Proses <i>Reverse Engineering</i> (www.partner3d.com, 2016).....	12
Gambar 2.4 Fase dasar <i>Reverse Engineering</i> (Anwer & Mathieu, 2016)	13
Gambar 2.5 Proses 3D Scanning (www.partner3d.com, 2016)	15
Gambar 3.1 <i>Flowchat</i> Penelitian	16
Gambar 3.2 Hasil Kuisioner Terbuka.....	18
Gambar 3.3 <i>3D Systems SENSE 2</i>	19
Gambar 3.4 Proses <i>3D Scanning</i>	19
Gambar 3.5 Modifikasi Sederhana pada <i>Software 3D Systems Sense</i>	20
Gambar 3.6 Proses <i>Scale</i>	23
Gambar 3.7 Proses Modifikasi	23
Gambar 3.8 Proses <i>Convert</i> Pertama.....	24
Gambar 3.9 Proses <i>Convert</i> Kedua.....	24
Gambar 3.10 Pengaturan Slicer RepetierHost Pertama.....	25
Gambar 3.11 Pengaturan Slicer RepetierHost Kedua	26
Gambar 3.12 Estimasi Waktu 3D Printing	26
Gambar 3.13 Pengaturan Kecepatan Serta Temperatur <i>Bed</i> dan <i>Nozzle</i>	27
Gambar 3.14 Laser <i>scanner 3D Systems 2 Cubify</i>	29
Gambar 3.15 Autodesk Fusion 360 (www.autodesk.com).....	29
Gambar 3.16 Repetier Host (www.makersteve.com, 2018).....	30
Gambar 3.17 3D Printer Prusa i3 Akrilik.....	31
Gambar 3.18 Penghapus <i>Whiteboard</i>	31
Gambar 3.19 Material PLA	32
Gambar 4.1 Perbandingan Desain Penghapus A dengan Penghapus Konvensional	33
Gambar 4.2 Perbandingan Desain Penghapus B dengan Penghapus Konvensional	34

Gambar 4.3 Perbandingan Desain Penghapus C dengan Penghapus Konvensional	34
Gambar 4.4 Perbandingan Desain Penghapus D dengan Penghapus Konvensional	35
Gambar 4.5 Panjang Tangan Tampak Depan.....	37
Gambar 4.6 Panjang Tangan Tampak Belakang	37
Gambar 4.7 Lebar Telapak Tangan Bagian Depan	39
Gambar 4.8 Lebar Telapak Tangan Bagian Belakang.....	39
Gambar 4.9 Tebal Telapak Tangan (sampai ibu jari).....	41
Gambar 4.10 Hasil Pemilihan Desain	43
Gambar 4.11 Hasil USE <i>Questionnaire</i>	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan spidol dan papan tulis putih (*whiteboard*) digunakan di beberapa instansi pendidikan sebagai sarana dalam praktik belajar mengajar yang telah menggantikan fungsi kapur beserta papan tulis hitam (*blackboard*) sejak beberapa tahun terakhir karena dianggap lebih bersih dan ekonomis. Penghapus yang digunakan pada *whiteboard* hanya berbentuk persegi ternyata menghasilkan masalah yang dianggap kurang ergonomis saat penggunaannya.

Bentuk penghapus yang sangat sederhana yaitu berbentuk persegi, membuat para pengguna penghapus kurang nyaman saat penggunaannya. Penghapus berbentuk sederhana seperti yang dapat dilihat pada gambar 1.1 digunakan pada penelitian sebagai objek yang di-*scan* karena dari bentuknya yang hanya persegi panjang serta memiliki dimensi tinggi yang kecil, sering menyebabkan penghapus tersebut terlepas dari genggamannya saat digunakan. Dari permasalahan tersebut, perubahan bentuk penghapus menjadi lebih sesuai dengan antropometri tangan diharapkan dapat membuat pengguna menjadi lebih nyaman saat menggunakannya. Untuk mewujudkan penghapus yang mampu mengatasi permasalahan tersebut, maka diperlukan sebuah inovasi yang praktis dan kreatif. Salah satu metode yang dapat membantu membuat sebuah produk baru berdasarkan dengan produk yang sudah ada sebelumnya adalah metode *reverse engineering*. Metode ini sangat membantu dalam hal memodifikasi produk yang sudah ada sehingga dapat menjadi lebih baik saat digunakan.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan permasalahan yang telah dibahas diatas untuk membuat penghapus *whiteboard* yang ergonomis dengan mempertimbangkan antropometri telapak tangan orang Indonesia. Dalam pembuatan produk baru terdapat dua jenis metode dasar yaitu *forward engineering* dan *reverse engineering*. Untuk mengembangkan produk yang telah tersedia dipasaran dan digunakan oleh orang banyak, metode *reverse engineering* dapat menjadi metode yang tepat untuk digunakan. Hal ini disebabkan *reverse*

engineering sangat membantu dalam hal memperbaiki atau memodifikasi produk yang sudah ada serta menghabiskan waktu yang relatif lebih cepat dalam proses modifikasinya.



Gambar 1.1 Penghapus Objek Scan

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, rumusan masalah yang didapatkan penulis adalah bagaimana cara membuat penghapus yang ergonomis sesuai dengan ukuran antropometri telapak tangan menggunakan metode *reverse engineering*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah diberikan agar penelitian ini menjadi lebih fokus dan maksimal. Batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Software* yang digunakan dalam *reverse engineering* adalah Autodesk Fusion 360,
2. Hanya membahas perubahan *body* penghapus *whiteboard*,
3. Proses *scanning* dilakukan di Laboratorium Digital Architecture,
4. Produk yang dihasilkan berupa prototipe,
5. Prototipe dibuat menggunakan mesin *3D Printing*,
6. *Software* yang digunakan untuk proses *slicing* adalah RepetierHost,
7. Mesin *3D Printing* menggunakan Prusa i3,
8. Data antropometri yang digunakan milik Nurmianto (1991).

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat prototipe penghapus baru yang sesuai dengan antropometri telapak tangan orang Indonesia menggunakan metode *reverse engineering* sebagai metode pembuatannya.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat dari penelitian atau perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat membuat produk penghapus baru yang ergonomis sesuai dengan antropometri tangan orang Indonesia,
2. Dapat mengaplikasikan metode *reverse engineering* dalam pembuatan produk baru,
3. Perancangan ini dapat digunakan sebagai referensi pengembangan produk oleh produsen penghapus *whiteboard*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun secara berurutan untuk mempermudah dalam pembahasan. Penulisan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut.

1. Bab 1 Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab 2 Tinjauan Pustaka

Berisi tentang kajian pustaka dan menjelaskan dasar teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

3. Bab 3 Metode Penelitian

Berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan metode penelitian yang digunakan.

4. Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Berisi tentang hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian dan perancangan yang telah dilakukan.

5. Bab 5 Penutup

Berisi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Menurut UU No. 18 Tahun 2002, inovasi merupakan kegiatan penelitian, pengembangan, atau perekayasaan yang bertujuan mengembangkan penerapan praktis nilai dan konteks ilmu pengetahuan yang baru, atau cara baru untuk menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah ada ke dalam produk atau proses produksi.

Inovasi mempunyai 4 ciri, yang pertama inovasi memiliki suatu ciri khas atau khusus yang artinya inovasi mempunyai ciri khusus dalam arti program, ide, tatanan, sistem, termasuk hasil yang diharapkan. Ciri kedua yaitu inovasi memiliki unsur kebaruan yang artinya inovasi harus memiliki karakteristik dari pemikiran yang memiliki orisinalitas dan kebaruan. Selanjutnya ciri yang ketiga, inovasi berjalan melalui sebuah program yang terencana, maksudnya adalah suatu inovasi tercipta dengan tidak tergesa-gesa, akan tetapi dilakukan dengan pemikiran yang terstruktur dan matang. Ciri yang terakhir adalah, inovasi yang diciptakan memiliki tujuan. Inovasi yang dilakukan harus mempunyai arah dan tujuan yang ingin dicapai, termasuk cara dan bagaimana arahnya agar inovasi tersebut dapat tercapai.

Seseorang yang inovatif akan terus berupaya melakukan suatu perbaikan, menyajikan suatu hal baru/unik yang berbeda dengan yang sudah ada. Kreatif dan inovatif menurut Widiанти adalah suatu kemampuan untuk memindahkan sumber daya yang sudah ada dan kurang produktif menjadi lebih produktif dari sebelumnya (Widiанти, 2016). Hasil dari penelitian ini, inovasi yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode *reverse engineering* dalam pembuatan suatu produk.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Adrian Ciocanea dkk, penelitian menggunakan *reverse engineering* untuk pembuatan bilah rotor dari turbin mikro-hidrokinetik sumbu horizontal. *Reverse engineering* dipilih karena beberapa bagian bilah rotor dari turbin sudah tidak lagi tersedia dan data desain tidak tersedia. Hasil dari penelitian tersebut, didapatkan kesimpulan bahwa *reverse*

engineering harus dipertimbangkan dalam semua kasus kerja, tidak hanya pada proses desain ulang. Akurasi geometrik saat memindai suatu *part* harus diproses secara hati-hati. Untuk yang terakhir, validasi eksperimental dari data desain yang dihasilkan dari proses rekaya terbalik harus dilakukan. Dengan cara ini prosedur *trial and error* dapat menjadi lebih murah karena simulasi berdasarkan turbin yang ada menurunkan resiko kegagalan dan mengurangi biaya ekonomi (Ciocănea, Nicolaie, & Băbuțanu, 2017).

Pada penelitian lain oleh Monica Carfagni dkk, melakukan sebuah penelitian tentang *reverse engineering*. Hal yang dapat diambil dari penelitian ini adalah tujuan utama pada proses *reverse engineering* adalah untuk mengekstrasi informasi dari data mentah yang telah diperoleh untuk merekonstruksi model CAD parametrik yang tepat sampai sedekat mungkin dengan desain objek asli. Aspek lain yang perlu dipertimbangkan untuk mengevaluasi kinerja metode *reverse engineering* adalah jenis model yang dihasilkan pada akhir proses rekontruksi dan kegunaanya (Buonamici et al., 2018).

2.2 Dasar Teori

Penelitian ini menggunakan dasar teori untuk mendasari teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

2.2.1 Desain

Kata desain dapat diartikan sebagai perancangan, rencana atau suatu gagasan. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, disebutkan bahwa kata desain sama dengan perancangan, akan tetapi kata merancang atau rancang bangun sering disamakan dengan kata desain sepertinya belum bisa mengartikan kata desain secara luas.

Desain yang baik tidak berhenti hanya sampai diatas kertas, akan tetapi desain yang baik merupakan suatu aktivitas praktis yang meliputi unsur-unsur lain seperti ekonomi, sosial, teknologi dan budaya dalam berbagai keberagamannya. Desain yang hanya berhenti diatas kertas hanya akan terjerumus kedalam kebudayaan konsep belaka. Ini dapat terjadi karena desain yang baik adalah desain yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Selain itu pengertian dari

masyarakat pada suatu desain haruslah kritis, karena tanpa unsur tersebut tidak akan terjadi pertumbuhan desain yang sehat (Muhajirin, 2007).

Tinjauan desain merupakan suatu ilmu untuk mencermati, mengamati dan mengkritisi suatu fenomena yang terjadi pada suatu desain (karya desain, falsafah, strategi desain, sejarah desain, teori-teori tentang desain, metode desain, nilai estika atau perubahan gaya hidup) maupun hal-hal lain yang berkaitan dengan dunia perancangan secara umum yang bersifat teraga (karya fisik) maupun tak teraga (konseptual) sehingga dampaknya luas pada masyarakat. Ilmu mengenai tinjauan desain belum berkembang secara baik dibandingkan dengan ilmu sejarah desain maupun metodologi desain. Namun secara historis, tinjauan desain yang dipaparkan oleh Pevsner dan Adolf Loose merupakan suatu rintisan yang memaparkan desain dalam kajian kritis pada awal abad ke 20 (Sachari & Sunarya, 2000).

2.2.2 Perancangan dan Pengembangan Produk

Produk merupakan suatu keluaran (*out put*) yang diperoleh dari sebuah proses produksi (*transnformasi*) dan penambahan nilai yang dilakukan terhadap bahan baku (*material input*) (Gunawa, 2012). Sedangkan pengertian dari produksi adalah semua kegiatan yang termasuk dalam proses menciptakan dan menambah kegunaan suatu barang atau jasa.

Perancangan dan pengembangan produk merupakan serangkaian aktivitas yang dimulai dari analisis persepsi dan peluang pasar, kemudian diakhiri dengan tahap produksi, penjualan dan pengiriman produk. Perancangan dan pengembangan produk juga dapat diartikan sebagai urutan langkah atau kegiatan dimana suatu perusahaan berusaha untuk menyusun, merancang dan mengkomersilkan suatu produk. Dalam produk tersebut tidak terbatas mengenai produk yang bersifat fisik tetapi juga produk yang tidak bersifat fisik yaitu jasa (LKN, 2006).

Dalam perancangan dan pengembangan produk, desain baru dapat dianggap sebagai pengembangan barang yang pada inti dasarnya sama dengan produk yang telah berada pada pasaran akan tetapi kualitasnya menjadi lebih baik. Desain dapat menjadi salah satu titik ukur produk baru yang diminati atau tidak

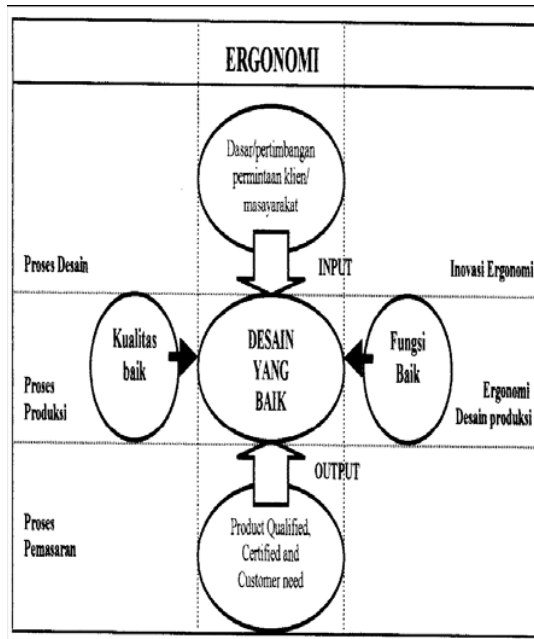
diminati oleh konsumen yang berada di pasaran. Beberapa karakteristik perancangan yang dapat digunakan sebagai acuan jika melakukan proses perancangan memiliki yaitu memiliki orientasi terhadap tujuan, mempunyai anggapan bahwa terdapat sekumpulan solusi yang mungkin jumlahnya tidak terbatas akan tetapi pada akhirnya dapat memilih salah satu ide yang dapat diambil dan yang mempunyai batasan.

2.2.3 Ergonomi

Istilah “ergonomic” menggunakan bahasa serapan yang berasal dari Bahasa Latin yaitu *ergon* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai suatu ilmu yang mempelajari aspek-aspek manusia dan lingkungan pekerjaannya yang ditinjau secara psikologi, anatomi, fisiologi, *engineering*, manajemen dan desain atau perancangan. Sedangkan pengertian ergonomi menurut Pusat Kesehatan Kerja Departemen Kesehatan Kerja Republik Indonesia, ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari perilaku manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan mereka. Secara singkat dapat dikatakan bahwa ergonomi adalah penyesuaian tugas pekerjaan dengan kondisi tubuh manusia untuk menurunkan stres yang akan dihadapi (Napitupulu, 2009).

Fokus dalam pelaksanaan ergonomi adalah harus menghilangkan hambatan yang terjadi pada kualitas, produktivitas dan kinerja manusia yang aman dan pas pada produk, tugas dan lingkungan untuk manusia, bukan memaksa manusia untuk beradaptasi dengan pekerjaan. Dalam rangka untuk menilai kesesuaian antara orang dan pekerjaan mereka, ergonomi akan mempertimbangkan pekerja, tempat kerja dan desain pekerjaan (Jaffar, Abdul-Tharim, Mohd-Kamar, & Lop, 2011).

Ergonomi merupakan salah satu syarat untuk mencapai desain yang *qualified*, *certified*, dan *customer needed*. Ilmu ergonomi akan menjadi suatu ikatan yang simultan dan menciptakan suatu sinergi dalam memunculkan gagasan, proses desain serta desain final. Ergonomi diperlukan dalam penelitian ini sebagai acuan dalam pembuatan desain. Dengan adanya ergonomi, desain yang akan dibuat diharapkan sesuai dengan tujuan perancangan yaitu perancangan ulang produk penghapus yang sesuai dengan bentuk telapak tangan. Dalam gambar 2.1 dibawah, dapat dilihat skema desain manajemen yang baik (Luthfianto & Siswiyanti, 2013).



Gambar 2.1 Skema Desain Manajemen (Laksmi, 2003)

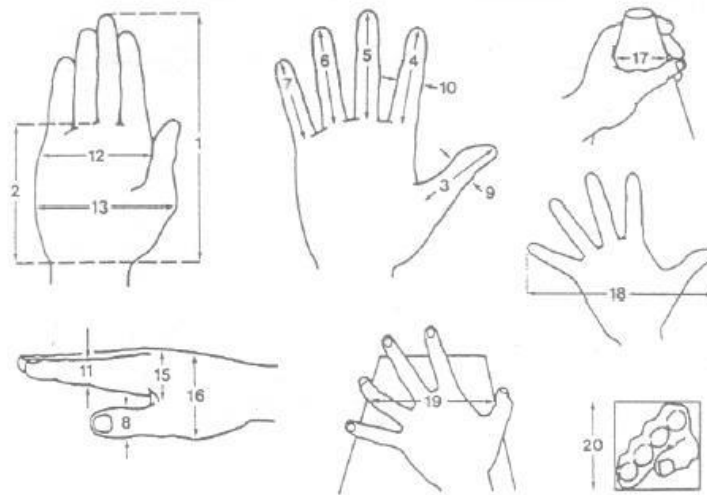
2.2.4 Antropometri

Antropometri berasal dari kata “anthro” yang memiliki arti manusia dan “metri” yang memiliki arti ukuran. Antropometri secara *definitive* dinyatakan sebagai suatu studi yang menyangkut pengukuran dimensi tubuh manusia dan aplikasi rancangan yang menyangkut geometri fisik, massa dan kekuatan tubuh.

Pengertian antropometri menurut Stevenson (1989) dan Nurmianto (1991) adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik tubuh manusia berupa ukuran, bentuk dan kekuatan, serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Data numerik antropometri tangan orang Indonesia menurut Nurmianto dapat dilihat pada tabel 2.1 sedangkan pada gambar antropometri tangan manusia dapat dilihat pada gambar 2.2.

Tabel 2.1 Data Antropometri Tangan Orang Indonesia serta Dimensionalnya
(Nurmianto, 1991)

NO	Dimensi	Pria			Wanita		
		5th	50th	95th	5th	50th	95th
1	Panjang Tangan	163	176	189	155	165	181
2	Panjang Telapak Tangan	92	100	108	87	94	101
3	Panjang Ibu Jari	45	48	51	42	45	48
4	Panjang Jari Telunjuk	62	67	72	60	65	70
5	Panjang Jari Tengah	70	77	84	69	74	79
6	Panjang Jari Manis	62	67	72	59	64	69
7	Panjang Jari Kelingking	48	51	54	45	48	51
8	Lebar Ibu Jari	19	21	23	16	18	20
9	Tebal Ibu Jari	19	21	23	15	17	19
10	Lebar Jari Telunjuk	18	20	22	15	17	19
11	Tebal Jari Telunjuk	16	18	20	13	13	17
12	Lebar Telapak Tangan (metacarpal)	74	81	88	68	73	78
13	Lebar Telapak Tangan (sampai ibu jari)	88	98	108	82	89	96
14	Lebar Telapak Tangan (minimum)	68	75	82	64	59	74
15	Tebal Telapak Tangan (metacarpal)	28	31	34	25	27	29
16	Tebal Telapak Tangan (sampai ibu jari)	41	48	47	41	44	47
17	Diameter Genggam (maksimum)	45	48	51	43	46	49
18	Lebar Maksimum (ibu jari sampai kelingking)	177	192	206	169	184	199
19	Lebar Fungsional Maksimum (ibu jari ke jari lain)	122	132	142	113	123	134
20	Segi Empat Minimum yang dapat dilewati Telapak Tangan	37	62	67	51	56	61



Gambar 2.2 Antropometri tangan

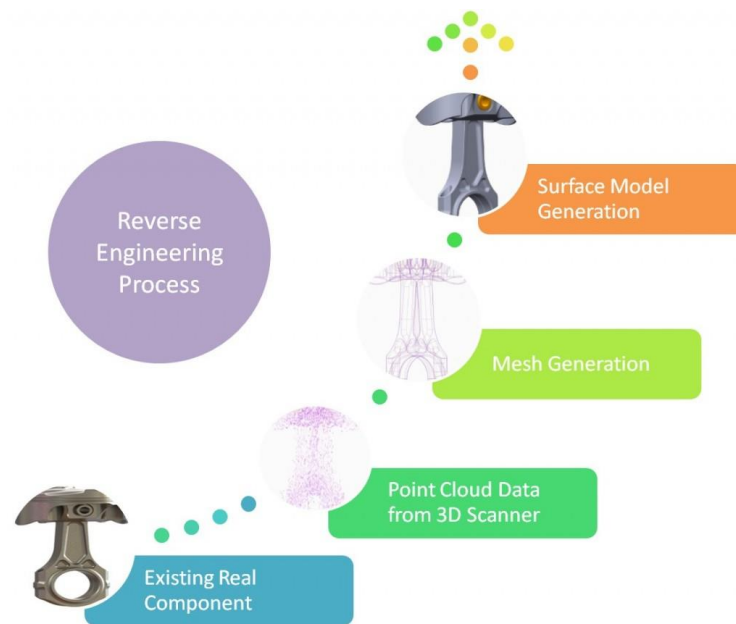
Dalam menentukan ukuran stasiun kerja, alat kerja dan produk pendukung lainnya, data antropometri tenaga kerja mempunyai peranan penting. Menurut Sutarman (1972), bahwa dengan mengetahui ukuran antropometri tenaga kerja, dapat menciptakan suatu desain alat kerja yang sesuai dengan pekerja yang akan bekerja menggunakan alat kerja tersebut dengan harapan dapat menciptakan kenyamanan, kesehatan, keselamatan dan estetika kerja (Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng, 2004).

2.2.5 *Reverse Engineering*

Reverse engineering merupakan suatu proses untuk mencari dan menemukan sistem teknologi, fungsi dan operasi yang bekerja pada suatu desain, komponen atau objek melalui sebuah proses analisa yang mendalam pada setiap komponen struktur dari desain atau objek yang akan diteliti. Pada dasarnya proses *reverse engineering* termasuk dalam perancangan dan pengembangan produk. Proses ini merupakan sebuah proses untuk mencari dan menemukan sistem teknologi, fungsi dan operasi yang terdapat pada suatu desain, komponen atau objek melalui sebuah proses analisis yang mendalam pada setiap komponen struktur dari desain atau objek yang diteliti. Secara garis besar dapat disimpulkan bahwa *reverse engineering* merupakan sebuah proses peng-ekstrakan informasi

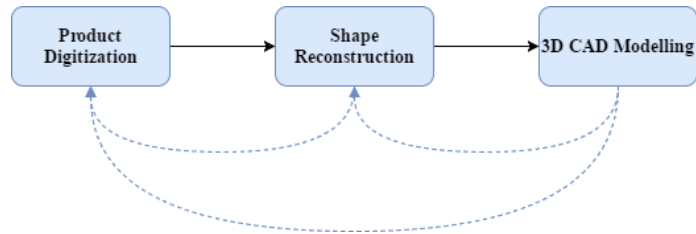
yang ada pada sebuah desain atau objek dari segi dimensi ukuran, cara kerja atau bahkan informasi metode pembentukan desain.

Proses *reverse engineering* dalam bidang industri merupakan kegiatan menganalisis suatu produk yang sudah ada sebagai dasar untuk merancang produk baru yang sejenis dengan memperkecil kelemahan dan meningkatkan keunggulan produk kompetitornya. Selain hal tersebut, proses *reverse engineering* dapat mempersingkat waktu perancangan produk yang akan dibuat karena tidak lagi membuat produk tersebut dari awal. Alur proses *reverse engineering* dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Proses *Reverse Engineering* (www.partner3d.com, 2016)

Pertimbangan aspek geometrik pada produk, menimbulkan pertumbuhan yang luar biasa dalam penelitian proses *reverse engineering*. Ekstraksi geometri dari produk yang ada untuk merekonstruksi model CAD 3D adalah dengan menggunakan pendekatan yang paling sering digunakan. Meskipun banyak persepsi dari proses *reverse engineering* menurut para ahli, semuanya dapat disimpulkan menjadi tiga langkah utama yaitu, Digitalisasi Produk, Rekonstruksi Bentuk dan Pemodelan CAD 3D (Anwer & Mathieu, 2016). Langkah utama *reverse engineering* dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Fase dasar *Reverse Engineering* (Anwer & Mathieu, 2016)

2.2.5.1 *Product Digitization*

Product Digitization atau digitalisasi produk mengacu pada fase digitalisasi produk fisik menggunakan perangkat bantu pengukuran dan pemindaian. Hal ini dapat diperluas untuk mencakup semua proses lain yang dapat mendefinisikan produk virtual seperti simulasi mekanik, simulasi proses manufaktur serta bentuk dan optimasi topologi. Dengan demikian, proses *Reverse Engineering* tidak hanya fokus pada rekonstruksi dari pengukuran, akan tetapi pada integrasi sifat material, proses manufaktur dan variabilitas yang melekat (Anwer & Mathieu, 2016).

2.2.5.2 *Shape Reconstruction*

Fase *Shape Reconstruction* atau rekonstruksi bentuk adalah fase menentukan permukaan yang mendekati bentuk yang tidak diketahui dari objek yang digunakan. Hal ini dapat terjadi karena banyak permukaan yang mendekati bagian asli objek yang diambil. Selain itu, *set point* dapat dikarakterkan dengan kepadatan variabel serta kebisingan karena proses akuisisi. Tantangan utamanya adalah untuk menjamin bahwa topologi permukaan asli tetap dipertahankan, akan tetapi fitur tajam dan batas permukaan direproduksi secara akurat pada permukaan objek yang direkonstruksi (Anwer & Mathieu, 2016). Teknik paling awal yang digunakan adalah NURBS atau *B-Splines* untuk *fit and stitch* dengan *local patch*. Hal ini tidak berlaku ketika sifat fisik seperti material atau kepadatan objek diperhitungkan.

2.2.5.3 *Pemodelan 3D CAD*

Fase ini merupakan langkah terakhir untuk membuat model produk padat menggunakan *Boundary Representation* (B-Rep) atau fitur yang berdasarkan

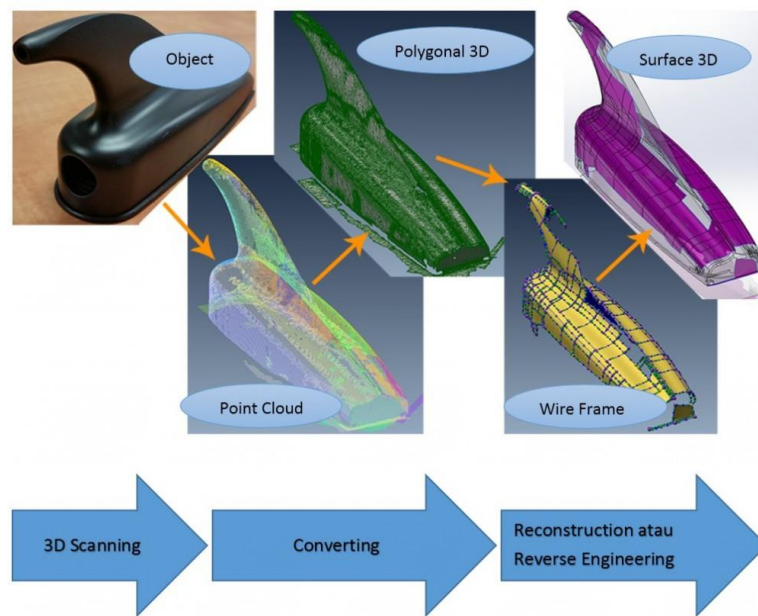
parametrik untuk menambahkan tambahan desain melalui fitur geometrik, parameter dan batasan (Anwer & Mathieu, 2016).

2.2.6 Proses 3D Scanning

Proses ini adalah proses mengumpulkan data permukaan dan bentuk objek kemudian ditampilkan dalam bentuk 3 dimensi. Dalam proses *3D scanning* dibutuhkan alat yang dikenal dengan sebutan *3D Laser Scanner*. Alat ini bekerja dengan mengambil data berupa titik-titik (*point cloud*) yang merupakan titik koordinat dari objek yang nyata.

Struktur alat *3D Laser Scanner* mirip dengan kamera, memiliki sudut pandang *conus* (kerucut tiga dimensi). Alat ini juga mengumpulkan data dari permukaan objek yang terdapat di depannya. Perbedaan kamera dengan *3D Laser Scanner* adalah, kamera mengumpulkan informasi permukaan seperti warna dan insensitas cahaya. Sedangkan pada *3D Laser Scanner*, informasi yang dikumpulkan berupa jarak dari depan *scanner* sampai ke permukaan objek yang diamati. Jika menggunakan sistem koordinat tiga dimensi secara *spherical* maka akan didapatkan variabel sudut dan jarak relatif suatu permukaan dari objek *3D Laser Scanner*. Proses *3D Scanning* dapat dilihat pada gambar 2.5.

3D Scanning dapat membantu dalam pembuatan produk implan yang cepat karena dapat menghilangkan proses pengukuran secara manual. Dalam *3D Scanning*, data *point cloud* sangat membantu untuk merancang produk yang sesuai secara aman. Prinsip perangkat *3D Scanning* mirip dengan kamera pada umumnya yaitu banyak gambar digabungkan untuk membuat bentuk 3D yang virtual. Dalam pembuatan gambar 3D, tiga teknologi utama yang digunakan adalah *photogrammetry*, *stereo vision*, dan *fringe projection* (Haleem & Javaid, 2018).



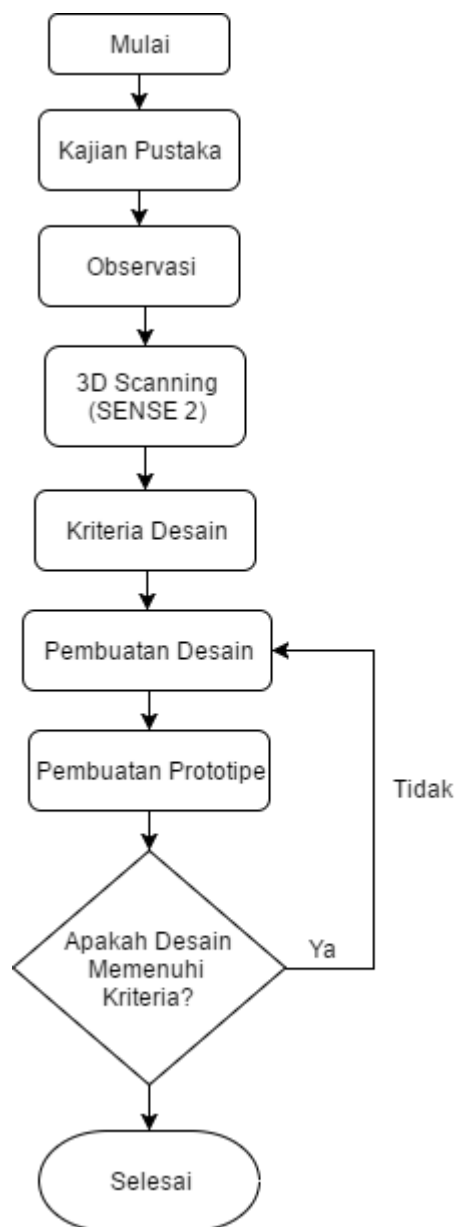
Gambar 2.5 Proses 3D Scanning (www.partner3d.com, 2016)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini memiliki beberapa tahapan penelitian yang dilakukan seperti ditunjukkan dalam gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 *Flowchat* Penelitian

3.2 Proses Perancangan

Penelitian ini membuat empat desain baru sebagai pilihan pada responden untuk memilih desain mana yang paling sesuai dan layak. Dengan memberikan banyak pilihan, diharapkan kesimpulan yang didapatkan semakin bagus. Proses perancangan penghapus terbagi dalam beberapa tahap. Tahapan tersebut adalah melakukan observasi, *3D Scanning*, menentukan kriteria desain, *re-design* penghapus berdasarkan dengan antropometri tangan manusia menggunakan *software* Autodesk Fusion 360, melakukan pembuatan prototipe penghapus dengan mesin *3D Printing* dan yang terakhir adalah pengujian produk penghapus baru menggunakan *USE Questionnaire* dan melakukan perbandingan antara dimensi penghapus baru dengan data numerik antropometri telapak tangan milik Nurmianto (1991).

3.2.1 Observasi

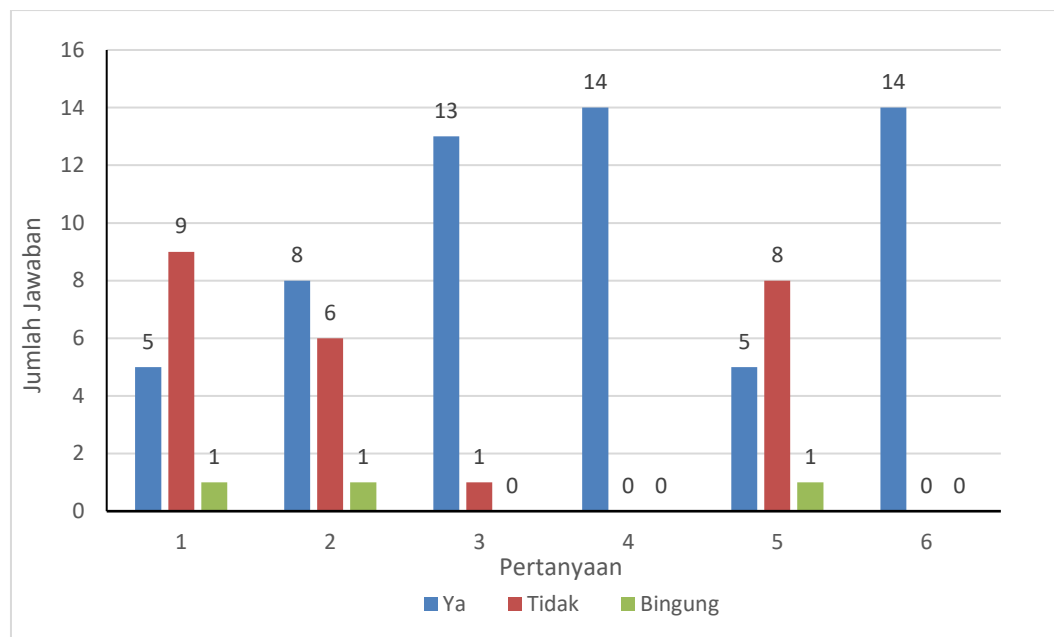
Pada tahap ini, penulis melakukan observasi dalam hal desain dan kebiasaan manusia dalam penggunaan penghapus *whiteboard*. Observasi dilakukan dengan menyebarkan pertanyaan kuisioner ke responden yaitu dosen, guru dan mahasiswa. Pertanyaan yang diberikan kepada responden adalah sebagai berikut:

1. Apakah penghapus papan tulis yang digunakan sekarang ini nyaman untuk dipegang atau digenggam?
2. Apakah penghapus dengan bentuk yang sesuai dengan bentuk tangan dapat mempermudah penggunaan atau pekerjaan anda?
3. Apakah jika terdapat sisa dari spidol yang mengering (biasanya berwarna hitam) mengganggu bapak/ibu?
4. Apakah bapak/ibu tertarik jika terdapat inovasi pada penghapus?
5. Apakah bapak/ibu merasa nyaman dengan berat penghapus saat ini?
6. Jika terdapat penghapus yang bentuknya lebih ergonomis apakah bapak/ibu setuju?

3.2.2 Kriteria Desain

Kriteria desain didapatkan dari kesimpulan kuisioner terbuka, studi pustaka dan rumusan serta tujuan masalah yang sudah ditentukan. Hasil dari kuisioner terbuka dapat dilihat dalam gambar 3.2. kesimpulan dari kuisioner tersebut adalah lebih dari 50% responden menyatakan “Ya” pada setiap pertanyaan yang diberikan. Oleh sebab itu didapatkan kriteria dari desain penghapus baru yang akan dibuat yaitu,

1. Penghapus baru yang dibuat sesuai dengan antropometri tangan orang Indonesia,
2. Desain penghapus baru tidak terlalu rumit, sederhana tapi nyaman.



Gambar 3.2 Hasil Kuisioner Terbuka

3.2.3 3D Scanning

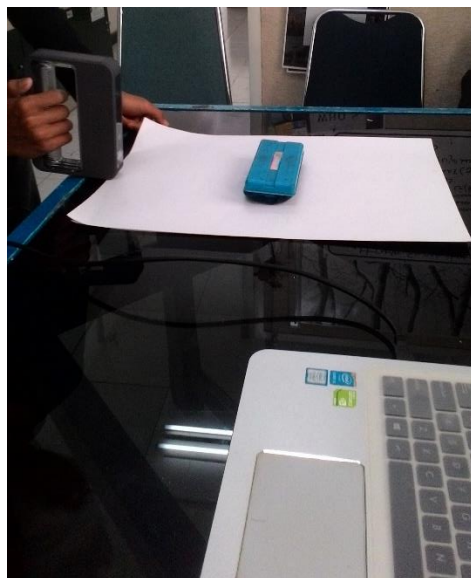
Tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan data numerik yang diubah ke dalam gambar 3 dimensi yang sesuai dengan objek yang di-scan. Hasil dari *3D Scanning* dilakukan sebagai acuan dalam membuat desain baru. Proses *3D Scanning* dilakukan di *Digital Architecture Laboratory* Jurusan Arsitek Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Alat yang digunakan

adalah *3D Systems SENSE 2*. Bentuk alat *3D Systems SENSE 2* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 *3D Systems SENSE 2*

Pada proses *scanning*, objek atau penghapus diletakkan pada kertas polos. Kertas polos digunakan untuk mempermudah sensor alat *3D scan* dalam membidik objek (penghapus *whiteboard*) yang akan direkam dan untuk mempermudah operator dalam memutar objek (penghapus *whiteboard*) selama proses *scanning* berjalan. Proses *3D scanning* dilakukan cukup dengan satu kali putaran karena hasil gambar yang didapatkan sudah tercukupi. Pada gambar 3.4 dapat kita lihat proses *3D Scanning* yang sedang dilakukan.



Gambar 3.4 Proses *3D Scanning*

Setelah proses *scanning*, kita dapat langsung melihat hasil *scan* yang telah dilakukan pada *software* bawaan dari *3D Systems SENSE 2*. Pada *software* tersebut juga kita dapat melakukan modifikasi ringan seperti *crop*, *trim*, *erase* dan merubah

warna seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5. Setelah dilakukan modifikasi, file disimpan dalam format .stl atau .obj .



Gambar 3.5 Modifikasi Sederhana pada *Software* 3D Systems Sense

3.2.4 Perancangan Desain

Pada tahapan ini, dilakukan pembuatan desain baru yang sesuai dengan gambar 3 dimensi hasil *scanning*. Dalam membuat desain baru, harus memiliki kriteria desain yang digunakan sebagai acuan. Dengan adanya acuan, pembuatan desain baru menjadi terarah. Berikut ini merupakan faktor yang mempengaruhi kekuatan dan ketahanan genggamannya, dan faktor yang harus diperhatikan dalam mendesain *hand-tool*:

1. Ukuran jangkauan genggamannya dan diameter
2. Tipe genggamannya
3. Umur
4. Jenis kelamin
Perempuan: 24.5 kg – 35 kg
Laki-laki: 41.9 kg – 59.8 kg
5. Tangan dominan yang digunakan
6. Getaran
7. Postur memutar
8. Sarung tangan
9. Operasi

Kriteria desain untuk kekuatan genggamannya dalam perkembangannya mengalami perubahan, John Benner (Emanuel et al 1980) merumuskannya sebagai berikut:

1. Genggaman sesuai dengan telapak tangan
2. Panjang maksimum genggamannya adalah 12,5 cm
3. Tekanan pada genggamannya maksimum 100 N
4. Berat maksimum dari alat adalah 2,3 kg (disarankan 1,2 kg)

Rumusan *Ergonomic guidelines for hand-tool design* dapat digunakan sebagai acuan pembuatan *hand-tool*. Kriteria tersebut adalah sebagai berikut:

1. Hindari desain yang kaku dengan cara memberikan kontur pada alat sesuai dengan bentuk jari,
2. Hindari penggunaan alat yang menuntut gerakan yang janggal atau tidak dapat digunakan secara efektif dengan postur normal dan tekanan rendah,
3. Hindari alat dengan ujung atau pangkal yang tajam,
4. Permukaan alat non-konduktive, harus aman dan halus,
5. Pastikan ukuran dari alat yang digunakan pas (tidak terlalu kecil) karena alat yang ukurannya tidak sesuai membutuhkan tenaga yang lebih besar dalam penggunaannya,
6. Alat yang digunakan sebaiknya memiliki kapabilitas untuk digunakan dengan tangan kanan maupun tangan kiri,
7. Alat sebaiknya efektif digunakan baik untuk laki-laki maupun perempuan,
8. Alat sebaiknya memiliki tujuan khusus atau alat hanya digunakan untuk kegiatan tertentu,
9. Mempertimbangkan sudut genggamannya dan meminimalkan perputaran pergelangan tangan yang berlebihan,
10. Pastikan keamanan dalam penggunaan alat.

Berdasarkan kriteria desain diatas, dapat disimpulkan bahwa desain baru yang dibuat harus sesuai dengan data antropometri tangan orang Indonesia. Data bagian antropometri telapak tangan tangan orang Indonesia yang menjadi acuan untuk pembuatan produk penghapus baru terdapat pada tabel 3.1. Setelah

menentukan kriteria desain, hal yang selanjutnya yang perlu ditentukan adalah kriteria perancangan. Penentuan ini menjadi acuan yang lebih khusus dalam pembuatan suatu produk. Kriteria perancangan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut,

1. Pengguna merupakan dosen, guru atau mahasiswa
2. Jenis kelamin pengguna laki-laki dan perempuan
3. Data numerik antropometri tangan berdasarkan milik Nurmianto (1991)

Tabel 3.1 Data Antropometri yang Menjadi Acuan

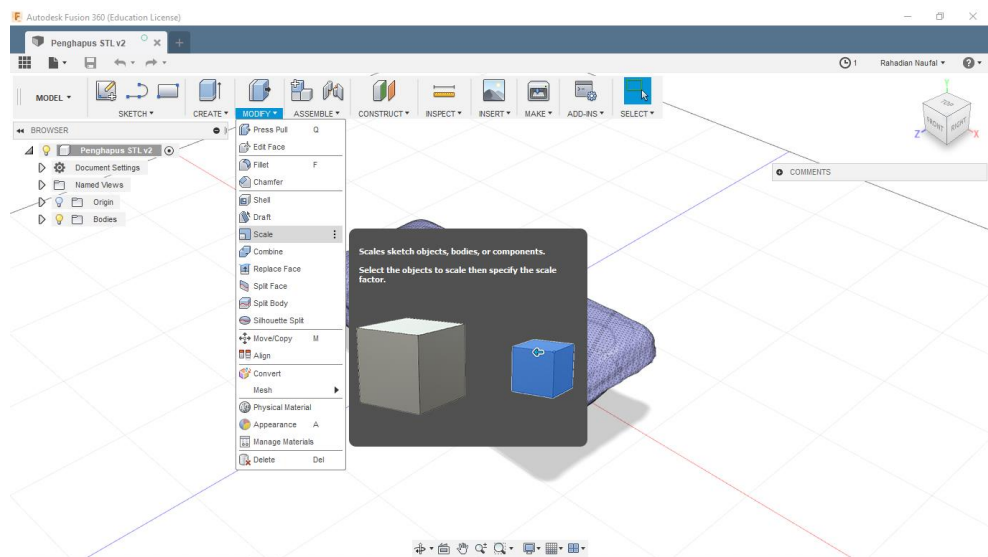
Dimensi	Pria			Wanita		
	5 th	50 th	95 th	5 th	50 th	95 th
Panjang Tangan	168	176	189	165	168	181
Lebar telapak tangan	74	81	80	68	73	78
Lebar telapak tangan sampai ibu jari	88	98	108	82	89	96
Tebal telapak tangan sampai ibu jari	41	48	47	41	44	47

3.2.5 Pembuatan Prototipe

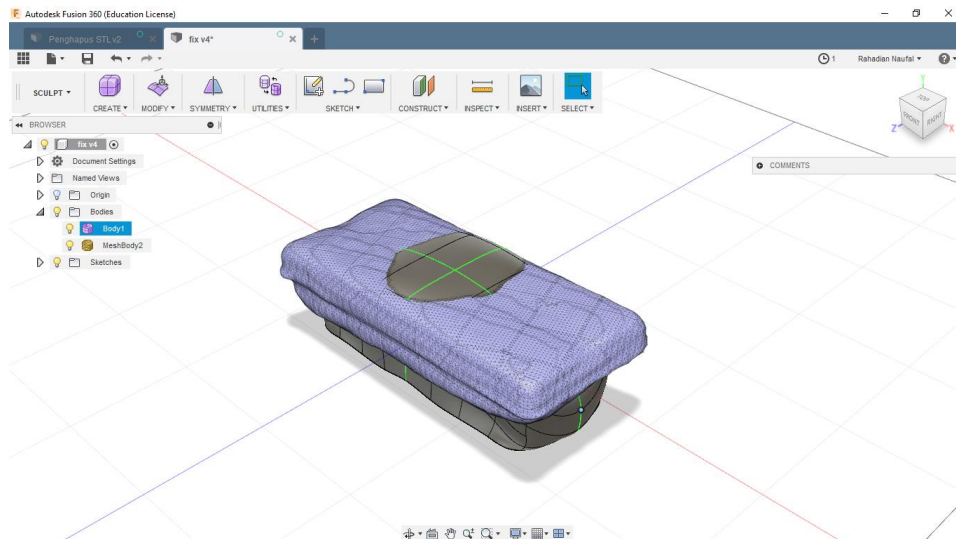
Model dibuat menggunakan *3D Printing* karena proses pengerjaannya dapat dilakukan dalam waktu yang singkat. Pertimbangan lainnya adalah *3d printing* dapat membuat produk yang sama persis dengan apa yang sudah dibuat dalam bentuk desain 3 dimensi. *Refinement* mempunyai tujuan untuk membuat sedikit perubahan, sehingga menutupi kekurangan yang terdapat pada produk yang sudah ada. *Refinement* dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *software Autodesk Fusion 360* sebagai alat bantu. Hasil *scan* yang berupa file .stl atau .obj digunakan sebagai acuan dalam pembuatan desain baru yang berbentuk. Tahapan pertama yaitu mengubah ukuran hasil *scan* menjadi seperti yang kita inginkan menggunakan *toolpath scale* yang terdapat pada *Workspace MODEL*.

Gambar 3.6 merupakan tahapan dalam proses *scale* untuk mengubah dimensi ukuran. Dimensi yang dihasilkan dari proses *scanning* mengalami

peningkatan hingga 10 kali lipat dari dimensi ukuran aslinya. Oleh karena itu fitur *scale* digunakan untuk mengatasi masalah tersebut dan dapat mengembalikan ke ukuran semula. Kemudian, gunakan *Workspace SCULPT* untuk membuat model baru yang berdasarkan pada desain hasil *scanning*. Pada langkah ini dapat membuat desain baru yang dapat dimodifikasi tetapi tetap berpatokan pada hasil *scanning*, *toolpath* yang digunakan adalah *faces*. Pada gambar 3.7 menunjukkan hasil modifikasi yang menggunakan *toolpath faces*.



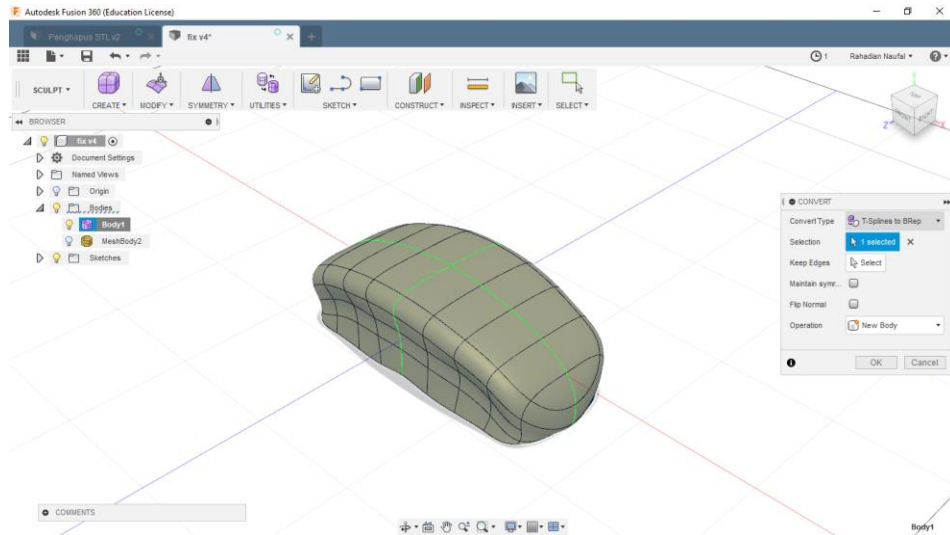
Gambar 3.6 Proses Scale



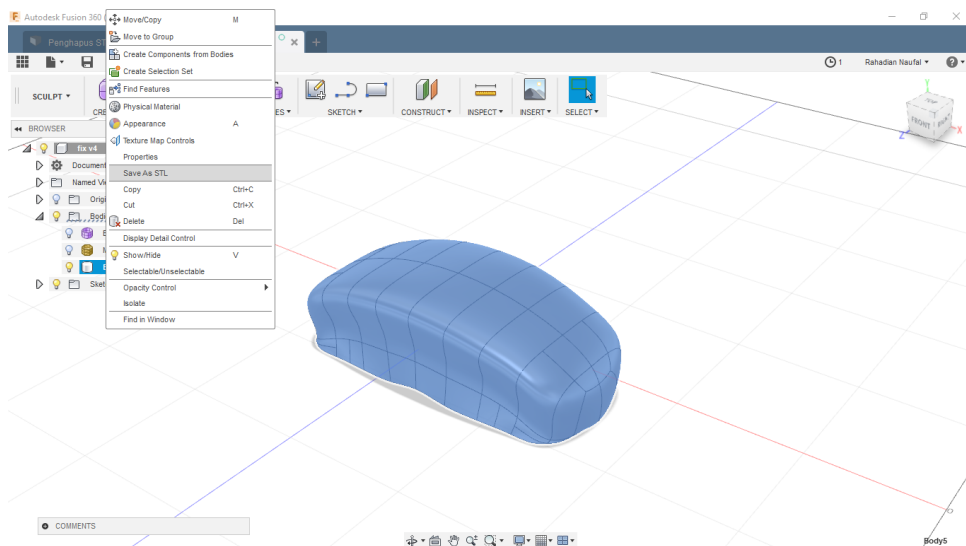
Gambar 3.7 Proses Modifikasi

Setelah modifikasi bentuk telah dilakukan dan mendapatkan bentuk yang sesuai dengan keinginan, langkah selanjutnya adalah melakukan *convert* dari T-Splines ke BRep. Proses *convert* ini menjadi proses *convert* bagian pertama.

Setelah selesai melakukan *convert* yang pertama, proses *convert* yang kedua adalah mengubah format desain menjadi format .stl agar dapat dilanjutkan untuk proses selanjutnya yaitu proses *3D Printing*. Klik kanan pada hasil convert pertama, lalu pilih save to .stl kemudian pilih lokasi file berformat .stl akan disimpan. Pada gambar 3.8 dan gambar 3.9 dapat dilihat proses *convert* pertama dan *convert* kedua.



Gambar 3.8 Proses *Convert* Pertama



Gambar 3.9 Proses *Convert* Kedua

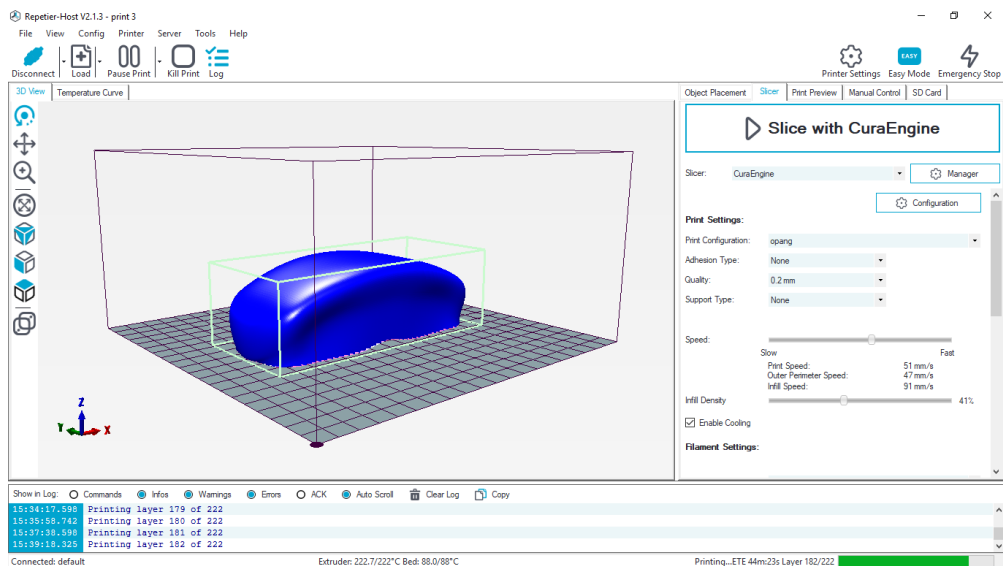
3.2.6 Proses *3D Printing*

Langkah pertama melakukan *import* file yang sebelumnya sudah disimpan dengan menggunakan format stl. Selanjutnya pada *toolpath slicer* atur sesuai

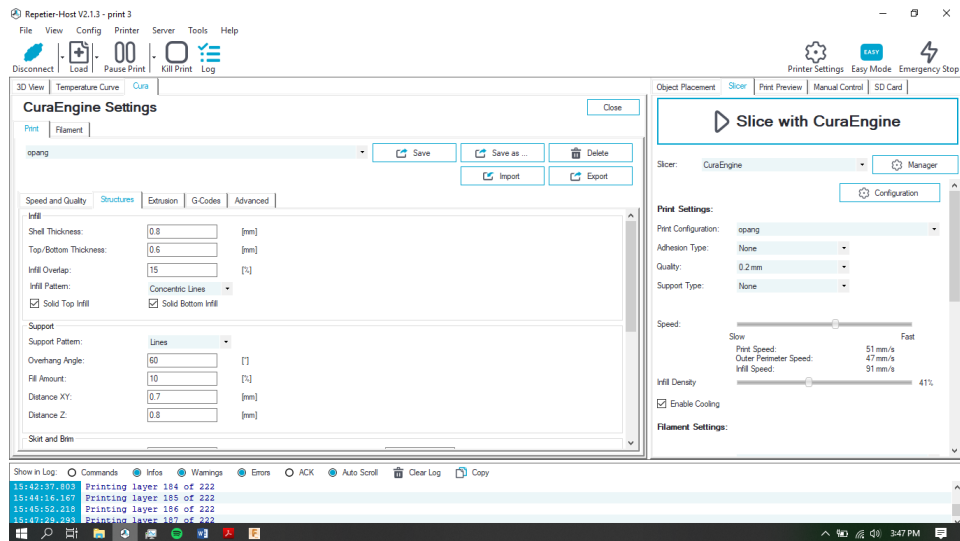
dengan pengaturan yang diinginkan. Dalam *toolpath slicer*, pengaturan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Adhesion type : none
2. Quality : 0.2 mm
3. Support type : none
4. Speed : 51 mm/s
5. Infill Density : 41%
6. Menggunakan *Solid Top Infill* dan *Solid Bottom Infill*
7. *Infill Pattern* menggunakan *Lines*

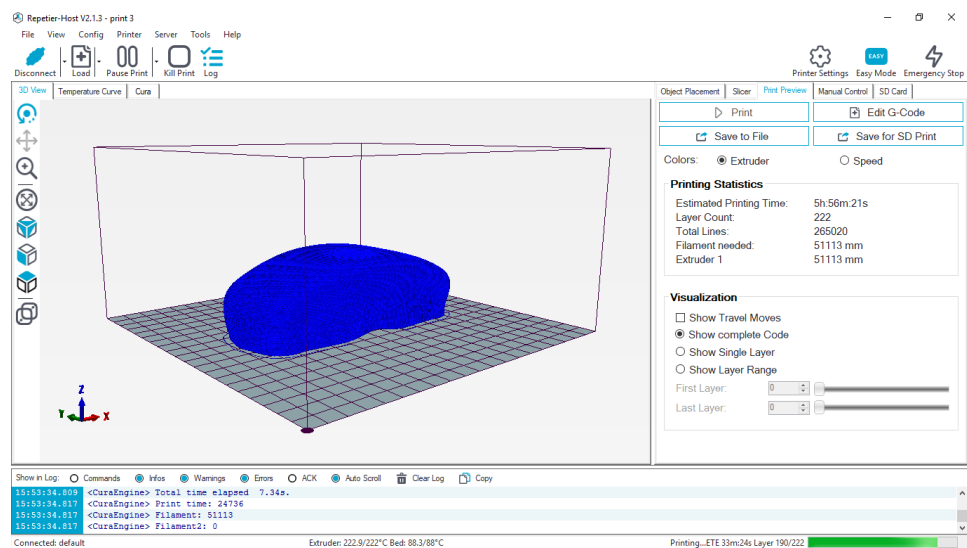
Pengaturan dapat dilihat pada gambar 3.10 dan gambar 3.11



Gambar 3.10 Pengaturan Slicer RepetierHost Pertama

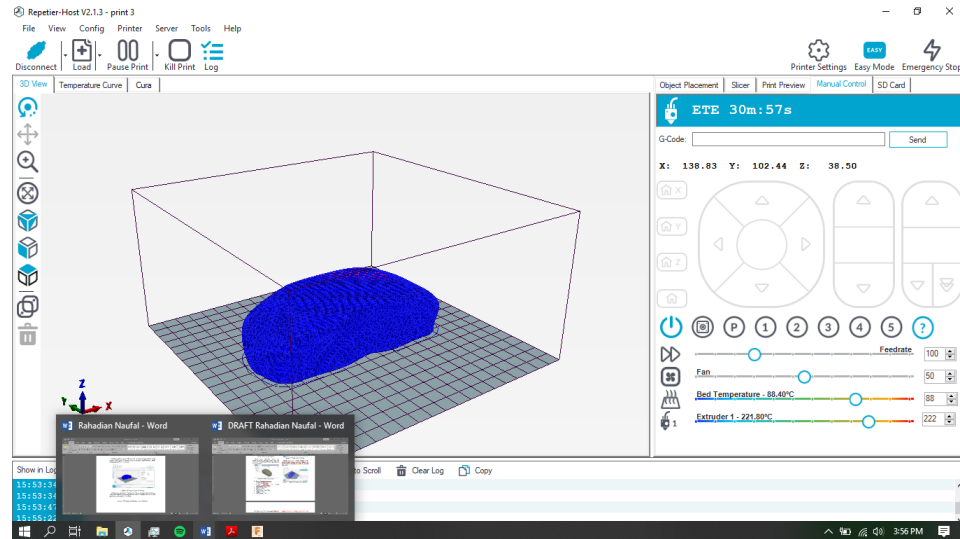


Gambar 3.11 Pengaturan Slicer RepetierHost Kedua



Gambar 3.12 Estimasi Waktu 3D Printing

Setelah pengaturan sesuai, klik *slice with CuraEngine*. Dapat terlihat berupa estimasi waktu yang *3D Printing* untuk mengerjakan model tersebut, seperti terlihat pada gambar 3.12. Setelah proses *slicing* selesai, klik *Print* maka mesin akan bergerak secara otomatis mengikuti G-Code yang telah diterima. Selama proses *3D Printing*, biarkan proses tersebut berjalan dengan sendirinya. Namun, kita dapat mengatur kecepatan serta suhu *bed* maupun suhu *nozzle*, yang dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Pengaturan Kecepatan Serta Temperatur *Bed* dan *Nozzle*

3.2.7 Pemilihan dan Pengujian Menggunakan USE *Questionnaire*

Pengujian yang dilakukan adalah dengan membagikan kuisioner yang berisi empat pilihan desain. Kuisioner pemilihan desain digunakan untuk mengetahui desain mana yang paling dianggap layak oleh responden. Selanjutnya, responden diberikan kuisioner USE *Questionnaire* (*Usefulness, Satisfaction and Ease of use*) yang dapat digunakan untuk mengukur *usability* produk yang dipilih. USE dapat mencakup 3 aspek pengukuran *usability* menurut ISO yaitu efisiensi, efektivitas dan kepuasan (Lund, 2001). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kebanyakan evaluasi produk mengacu pada tiga dimensi tersebut, yaitu *usefulness*, *satisfaction*, dan *ease of use*. Hasil dari beberapa pengamatan juga menunjukkan adanya korelasi dan saling mempengaruhi antara parameter *ease of use* dan *usefulness*. Peningkatan pada parameter *ease of use* akan diikuti dengan peningkatan pada *usefulness* dan sebaliknya. Kedua parameter tersebut akan berkontribusi besar pada *satisfaction* (Khoirida & Falahah, 2012)

Dengan membagi kuisioner ke 30 responden, di dapatkan data yang dapat memberikan kesimpulan apakah produk ini laik. Pengisian pertanyaan pada kuisioner berdasarkan tingkat persetujuan terhadap isi pertanyaan tersebut. Skor kecil menyatakan tingkat ketidaksetujuan yang tinggi, sedangkan skor besar menyatakan tingkat persetujuan yang tinggi. Daftar pertanyaan USE *Questionnaire* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah model penghapus baru membuat anda lebih efektif dalam menghapus?
2. Apakah model penghapus baru berfungsi sesuai dengan harapan anda?
3. Apakah menurut anda model penghapus baru bermanfaat?
4. Apakah anda merasa puas dengan model penghapus baru?
5. Apakah model penghapus baru bekerja sesuai dengan ekspektasi anda?
6. Apakah anda merasa perlu menggunakan penghapus baru?
7. Apakah penghapus baru mudah ketika digunakan?
8. Menurut anda, apakah penghapus baru sesuai bagi pengguna yang sering/jarang menggunakannya?

3.3 Peralatan dan Bahan

Hal ini merupakan salah satu pendukung dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Pembuatan desain dan pembuatan model akan sangat terbantu dengan adanya peralatan dan bahan.

3.3.1 *Laser Scanner 3D Systems Sense 2 Cubify*

Merupakan salah satu alat *scan* yang banyak dijual dipasaran dengan harga yang terjangkau. Sense dibuat oleh perusahaan manufaktur bernama Cubify. Perusahaan ini membuat alat *scanner* Sense dengan dua model, yaitu Sense 1 dan Sense 2. Spesifikasi 3D Systems Sense 2 tertera pada tabel 3.4 sedangkan gambar alat Sense 2 dapat dilihat dalam gambar 3.14

Tabel 3.2 Spesifikasi Sense

Manufaktur	Cubify
Harga	\$ 419
Category	Handled
Technology	Structured Light
Output Format	STL, OBJ, PLY, VRML Models
Max. Resolution	0.9 mm
Max. Accuracy	1 mm
Working Range	0.2 mm

Scanning Area (near)	200 x 200 mm
Scanning Area (far)	2000 x 2000 mm
Texture/Colour	Ya



Gambar 3.14 Laser scanner 3D Systems 2 Cubify

3.3.2 *Software Autodesk Fusion 360*



Gambar 3.15 Autodesk Fusion 360 (www.autodesk.com)

Autodesk Fusion 360 (gambar 3.15) merupakan salah satu *software* keluaran perusahaan Autodesk Inc. Selama 30 tahun, Autodesk telah menjadi peran penting dalam hal desain dan kreasi. Perusahaan ini dimuai sebagai perusaahn *computer aided design* (CAD) yang berbasis desktop serta menjadi pemimpin dalam *software* desain 3D dan rekayasa *software*. Penggunaan *software* ini terdiri atas berbagai lintas manufaktur, arsitektur, bangunan, konstruksi dan media serta hiburan.

3.3.3 Software Repetier Host 2.1.3



Gambar 3.16 Repetier Host (www.makersteve.com, 2018)

Repetier Host (gambar 3.16) dapat diaplikasikan pada perangkat lunak *host* yang kompatibel dengan banyak *firmware*. Pengguna dapat menambahkan posisi file STL pada simulasi *printbed* dan pada mode *licer* secara bersamaan. Beberapa pengaturan yang dapat diatur pada *software* Repetier Host adalah sebagai berikut,

1. *Wall Thicknes*

Untuk mengatur ketebalan dinding luar lapisan arah *horizontal*.

2. *Layer Height*

Untuk mengatur tinggi setiap lapisan

3. *Infill Density*

Mengatur kerapatan

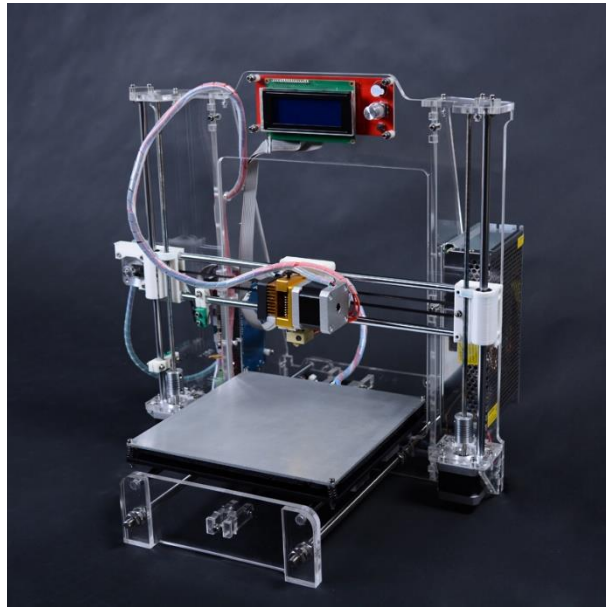
4. *Printing Temperature*

Untuk mengatur suhu *nozzle*

5. *Print Speed*

Untuk mengatur kecepatan

3.3.4 Mesin 3D Printing Prusa i3



Gambar 3.17 3D Printer Prusa i3 Akrilik

Prusa i3 (gambar 3.17) adalah nama printer model *open source* yang dibuat oleh Joseph Prusa. Prusa i3 merupakan salah satu perintis demokratisasi printer 3d domestik, karena sebagian besar printer 3d domestik terinspirasi dari Prusa i3.

3.3.5 Penghapus Whiteboard



Gambar 3.18 Penghapus Whiteboard

Penghapus *whiteboard* (gambar 3.18) digunakan sebagai pendamping papan tulis *whiteboard*. Dalam perkembangannya, penghapus *whiteboard* menggantikan penghapus yang biasa digunakan pada papan tulis kapur. Penggunaan penghapus kapur tidak cocok digunakan pada penghapus *whiteboard* karena bagian yang digunakan untuk menghapus berbahan dasar serat kelapa atau serat sintetik yang memiliki pori-pori besar.

3.3.6 PLA (Polylactic Acid)



Gambar 3.19 Material PLA

Material PLA (gambar 3.19) dipilih karena memiliki banyak warna baik *solid* maupun tembus pandang serta mengkilap sehingga menarik untuk ditampilkan. Material PLA adalah material yang tepat bagi pengguna *printer* pemula. PLA juga bersifat ramah terhadap anak-anak dan lingkungan serta dapat dengan mudah terurai menjadi kompos karena berbahan dasar dari pati jagung.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Penghapus

Pada penelitian kali ini, 4 desain baru dibuat sebagai pilihan pada responden untuk memilih desain mana yang paling sesuai dan layak. Dengan memberikan banyak pilihan kepada responden, diharapkan kesimpulan yang didapatkan semakin bagus. Pengukuran ulang dimensi penghapus dilakukan untuk memastikan apakah penghapus sesuai dengan kaidah antropometri tangan orang Indonesia berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Nurmianto (1991). Perbandingan produk penghapus baru dapat dilihat pada gambar 4.1 sampai 4.4 sedangkan hasil dari pengukuran penghapus baru dapat dilihat dalam tabel 4.1 sampai 4.4 berikut,

1. Penghapus A



Gambar 4.1 Perbandingan Desain Penghapus A dengan Penghapus Konvensional

Tabel 4.1 Dimensi Penghapus A

Dimensi	Penghapus A	Penghapus Lama
Panjang	140,0 mm	150,0 mm
Lebar maksimum	63,6 mm	65,0 mm
Lebar minimum	59,1 mm	65,0 mm
Tinggi	40,5 mm	15,0 mm

2. Penghapus B



Gambar 4.2 Perbandingan Desain Penghapus B dengan Penghapus Konvensional

Tabel 4.2 Perbandingan Dimensi Penghapus B

Dimensi	Penghapus B	Penghapus Lama
Panjang	156,7 mm	150,0 mm
Lebar maksimum	84,2 mm	65,0 mm
Lebar minimum	69,0 mm	65,0 mm
Tinggi	36,6 mm	15,0 mm

3. Penghapus C



Gambar 4.3 Perbandingan Desain Penghapus C dengan Penghapus Konvensional

Tabel 4.3 Dimensi Penghapus C

Dimensi	Penghapus C	Penghapus Lama
Panjang	129,3 mm	150,0 mm
Lebar maksimum	48,6 mm	65,0 mm
Lebar minimum	48,3 mm	65,0 mm
Tinggi	45,9 mm	15,0 mm

4. Penghapus D



Gambar 4.4 Perbandingan Desain Penghapus D dengan Penghapus Konvensional

Tabel 4.4 Dimensi Penghapus D

Dimensi	Penghapus D	Penghapus Lama
Panjang	126,6 mm	150,0 mm
Lebar maksimum	61,3 mm	65,0 mm
Lebar minimum	55,5 mm	65,0 mm
Tinggi	40,0 mm	15,0 mm

4.2 Perbandingan Hasil Perancangan dengan Data Antropometri Tangan Orang Indonesia

Untuk membandingkan apakah produk baru sesuai dengan data antropometri tangan orang Indonesia, dilakukan perbandingan dimensi yang terdapat pada produk penghapus baru dengan data numerik antropometri. Hal ini dilakukan agar mendapatkan jawaban apakah dimensi produk penghapus baru masih dalam kategori sesuai dengan antropometri. Dalam pembuatan dimensi

produk yang ingin menyesuaikan dengan antropometri, ada beberapa alat yang harus menggunakan persentil 5 ada juga yang harus menggunakan persentil 95. Perbedaan penggunaan ini bukan tanpa tujuan, melainkan agar produk tersebut dapat digunakan oleh pengguna dengan ukuran tubuh yang besar hingga pengguna yang ukuran tubuhnya kecil.

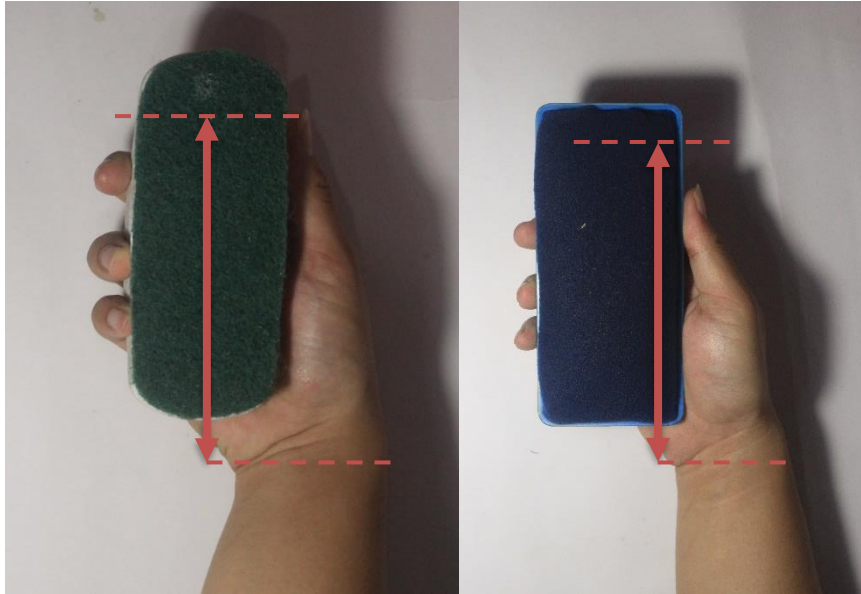
Persentil 5 mengisyaratkan bahwa data dalam persentil tersebut merupakan data rata-rata batas bawah (minimum) yang didapatkan. Sedangkan data pada persentil 50, data yang didapatkan merupakan angka bulat hasil rata-rata dari data yang diperoleh dari responden. Untuk persentil 95 merupakan data rata-rata batas atas (maksimum) yang didapatkan. Sebagai contoh dalam merencanakan tinggi rak yang ada di dapur, persentil yang digunakan adalah persentil 5. Persentil tersebut dipilih agar pengguna yang akan menggunakan rak tersebut mengalami kesulitan saat akan mengambil barang yang terdapat di rak. Berbeda saat merencanakan tinggi pintu yang berada di rumah. Persentil yang digunakan adalah persentil 95. Hal ini dilakukan agar pengguna yang mempunyai tinggi badan diatas tinggi badan rata-rata tidak kesulitan saat akan melewati pintu tersebut.

Dalam pembuatan penghapus, persentil yang digunakan adalah persentil 5. Hal ini dipilih karena penghapus dapat digenggam oleh orang yang mempunyai dimensi ukuran tangan yang kecil maupun dimensi ukuran tangan yang besar. Agar semakin jelas dalam membandingkan, dalam gambar-gambar dibawah dapat terlihat simulasi seseorang dalam posisi menggenggam penghapus. Dalam gambar simulasi tersebut, posisi menggenggam yang dilakukan adalah menggenggam penghapus untuk menghapus papan tulis yang menempel di dinding. Pada gambar-gambar tersebut dapat dilihat pada bagian mana produk penghapus baru maupun penghapus lama akan dibandingkan dengan antropometri tangan.

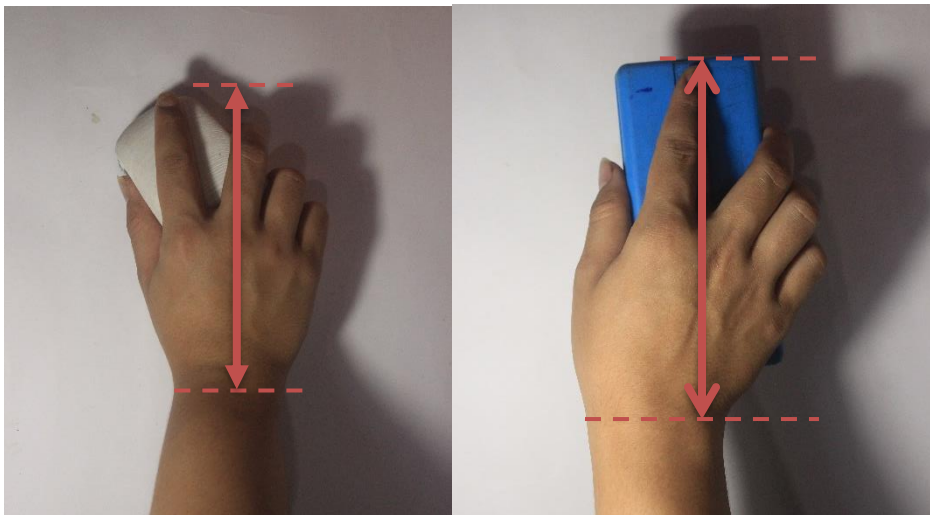
4.2.1 Perbandingan Panjang Penghapus Baru

Dalam gambar 4.5 dan gambar 4.6 dibawah terdapat garis vertikal. Garis ini merupakan garis pengukuran panjang tangan manusia. Perbandingan yang dapat dilakukan adalah membandingkan antara dimensi panjang penghapus baru dengan data Panjang Tangan menurut antropometri. Perbandingan dimensi panjang produk penghapus baru dapat dilihat dalam tabel 4.5 sedangkan data

antropometri milik Nurmianto (1991), panjang tangan orang Indonesia dapat dilihat dalam tabel 4.6,



Gambar 4.5 Panjang Tangan Tampak Depan



Gambar 4.6 Panjang Tangan Tampak Belakang

Tabel 4.5 Dimensi Panjang Produk Penghapus Baru

Produk	Panjang
Penghapus A	140,0 mm
Penghapus B	156,7 mm
Penghapus C	129,3 mm

Penghapus D	126,6 mm
Penghapus Lama	150,0 mm

Tabel 4.6 Dimensi Panjang Tangan Menurut Antropometri dalam mm

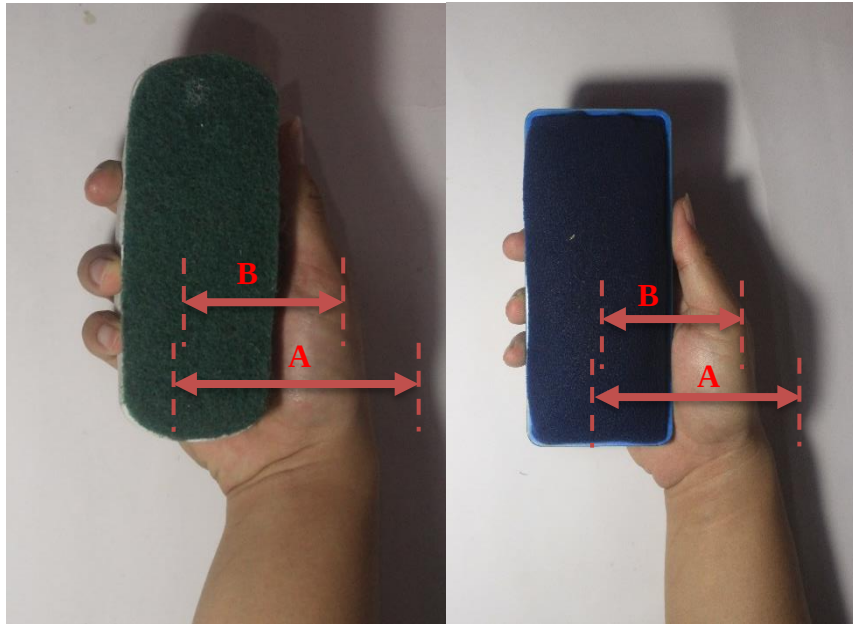
Dimensi	Pria			Wanita		
	5 th	50 th	95 th	5 th	50 th	95 th
Panjang Tangan	168	176	189	165	168	181

Dapat terlihat panjang dimensi produk penghapus baru dan lama masih dibawah dimensi panjang tangan orang Indonesia. Dapat dikatakan dimensi panjang penghapus A, penghapus B, penghapus C, penghapus D dan penghapus lama dapat digunakan dengan pengguna yang memiliki persentil 5 sampai dengan persentil 95 baik pada pria maupun wanita.

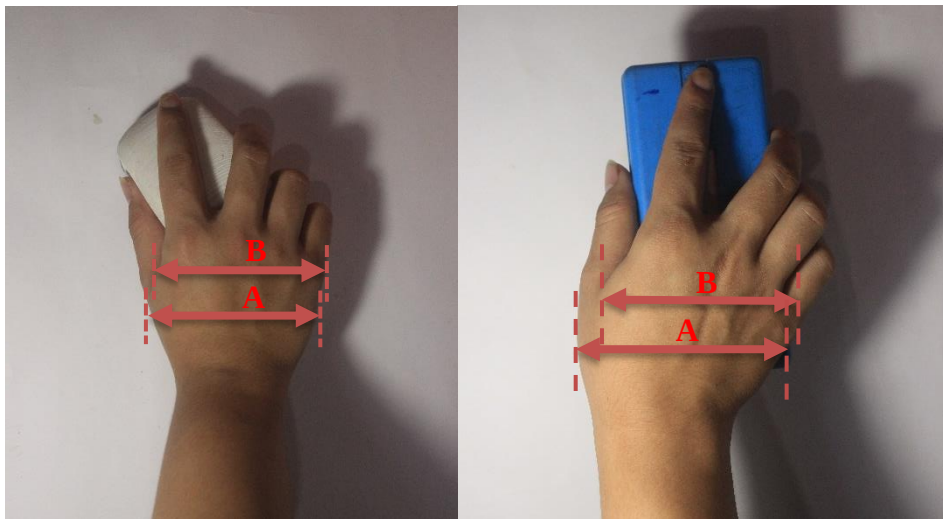
4.2.2 Perbandingan Lebar Penghapus Baru

Dimensi yang akan dibandingkan selanjutnya adalah lebar telapak tangan (*metacarpal*) dan lebar telapak tangan sampai ibu jari. Sedangkan dimensi dari penghapus yang akan dibandingkan adalah lebar maksimum dan lebar minimum.

Dalam gambar 4.7 dan 4.8 dibawah dapat dilihat terdapat dua garis yang membentang secara horizontal. Garis ini merupakan garis pengukuran lebar tangan manusia. Garis A merupakan lebar tangan sampai ibu jari, sedangkan garis B merupakan lebar telapak tangan (*metacarpal*). Dimensi lebar maksimum dan lebar minimum produk penghapus baru dapat dilihat dalam tabel 4.5. Sedangkan data antropometri milik Nurmianto (1991), lebar tangan maksimum dan lebar tangan minimum orang Indonesia dapat dilihat dalam tabel 4.7.



Gambar 4.7 Lebar Telapak Tangan Bagian Depan



Gambar 4.8 Lebar Telapak Tangan Bagian Belakang

Tabel 4.7 Dimensi Lebar Produk Penghapus Baru

Produk	Lebar
Lebar maksimum Penghapus A	63,6 mm
Lebar minimum Penghapus A	59,1 mm
Lebar maksimum Penghapus B	84,2 mm
Lebar minimum Penghapus B	69,0 mm
Lebar maksimum Penghapus C	48,6 mm

Lebar minimum Penghapus C	48,3 mm
Lebar maksimum Penghapus D	61,3 mm
Lebar minimum Penghapus D	55,5 mm
Lebar maksimum Penghapus Lama	65,0 mm
Lebar minimum Penghapus Lama	65,0 mm

Tabel 4.8 Dimensi Lebar Telapak Tangan Menurut Antropometri dalam mm

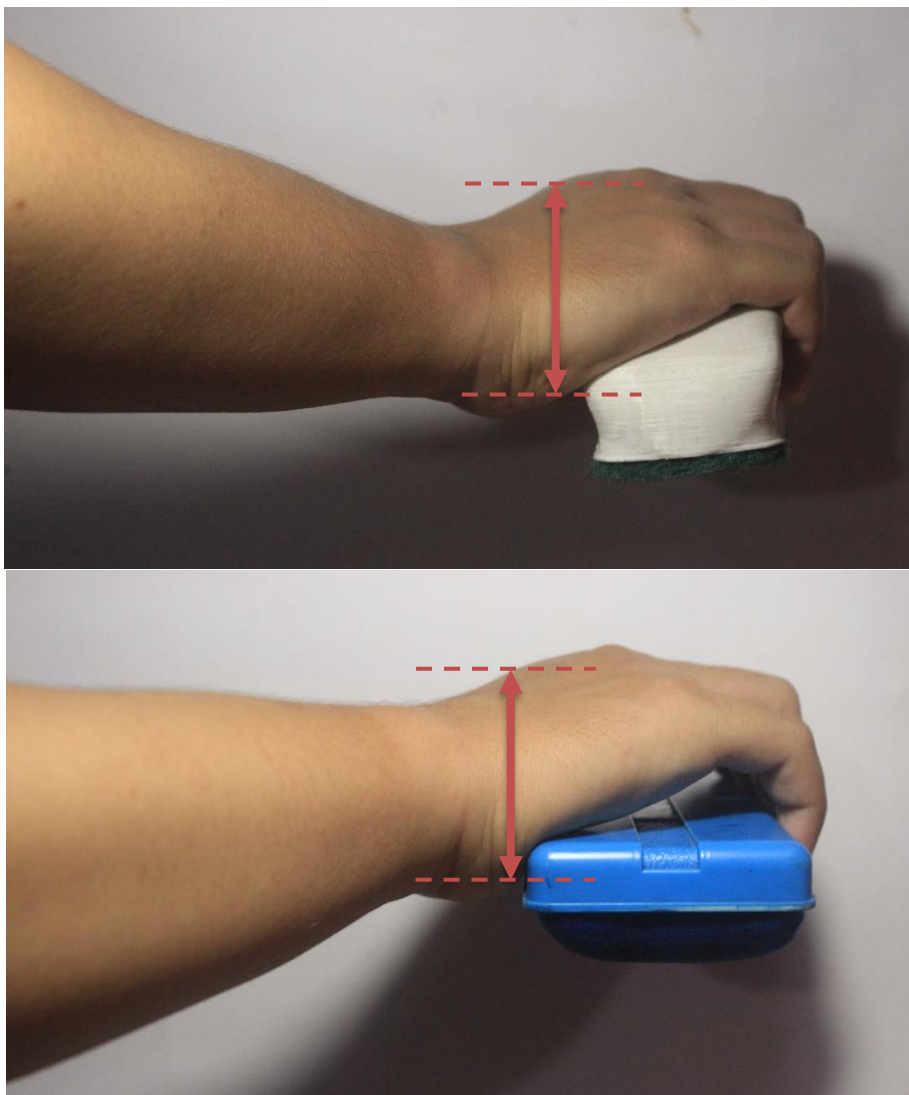
Dimensi	Pria			Wanita		
	5 th	50 th	95 th	5 th	50 th	95 th
Lebar Telapak Tangan (<i>metacarpal</i>)	74	81	88	68	73	78
Lebar Telapak Tangan (sampai ibu jari)	88	98	108	82	89	96

Dapat dilihat lebar maksimum dan lebar minimum dimensi produk penghapus baru A, C, D dan penghapus lama masih dibawah dimensi persentil 5 lebar telapak (*metacarpal*) baik pria dan wanita orang Indonesia. Sedangkan pada produk penghapus baru B, dimensi lebar maksimum diatas persentil 50 pada pria dan diatas persentil pada 95 wanita. Akan tetapi produk penghapus baru B masih memiliki lebar maksimum dibawah persentil 95 lebar telapak tangan (*metacarpal*) baik pada pria Indonesia.

Lebar maksimum dan lebar minimum produk penghapus A, C, D dan penghapus lama memiliki dimensi dibawah dimensi lebar telapak tangan (sampai ibu jari) pada persentil 5 baik pada pria maupun pada wanita. Sedangkan produk penghapus B memiliki lebar maksimum penghapus diatas persentil 5 wanita. Akan tetapi produk penghapus baru B masih memiliki lebar maksimum dibawah persentil 5 lebar telapak tangan (sampai ibu jari) pada pria dan dibawah persentil 50 lebar telapak tangan (sampai ibu jari) pada wanita. Dari penjabaran yang telah dilakukan dapat disimpulkan produk penghapus baru A, B, C, D dan penghapus lama masih dapat digunakan oleh orang Indonesia.

4.2.3 Perbandingan Tinggi Penghapus Baru

Dimensi yang akan dibandingkan selanjutnya adalah tebal telapak tangan (sampai ibu jari). Sedangkan dimensi dari produk penghapus baru dan penghapus lama yang akan dibandingkan adalah tingginya. Dalam gambar 4.9 dibawah dapat dilihat terdapat garis yang membentang secara vertikal. Garis ini merupakan garis pengukuran tebal tangan manusia. Dimensi tinggi produk penghapus baru dan penghapus lama dapat dilihat dalam tabel 4.9. Sedangkan menurut data antropometri milik Nurmianto (1991), tebal telapak tangan orang Indonesia dapat dilihat dalam tabel 4.10.



Gambar 4.9 Tebal Telapak Tangan (sampai ibu jari)

Tabel 4.9 Tinggi Penghapus Baru

Produk	Tinggi
Penghapus A	40,5 mm
Penghapus B	36,6 mm
Penghapus C	45,9 mm
Penghapus D	40,0 mm
Penghapus Lama	15,0 mm

Tabel 4.10 Dimensi Tebal Telapak Tangan Menurut Antropometri dalam mm

Dimensi	Pria			Wanita		
	5 th	50 th	95 th	5 th	50 th	95 th
Tebal Telapak Tangan (sampai ibu jari)	41	48	47	41	44	47

Terlihat tinggi dimensi produk baru penghapus A, penghapus B, penghapus D dan penghapus lama masih dibawah dimensi persentil 5 tebal telapak tangan (sampai ibu jari) orang Indonesia. Sedangkan dimensi tinggi pada produk penghapus baru C, diatas persentil 5 pada pria dan diatas persentil 50 pada wanita. Akan tetapi produk penghapus baru C masih memiliki tinggi dibawah persentil 50 pada pria dan dibawah persentil 95 pada wanita. Dari penjabaran yang telah dilakukan dapat disimpulkan produk penghapus baru A, B, C dan D masih dapat digunakan oleh orang Indonesia. Untuk penghapus lama, karena memiliki tinggi yang dimensinya sangat kecil menyebabkan adanya rongga yang terjadi antara permukaan penghapus lama dengan permukaan telapak tangan. Hal ini yang menyebabkan kurang ergonominya penghapus lama saat digunakan. Selain itu, rongga tersebut dapat menyebabkan mudah terlepasnya penghapus lama secara tidak sengaja saat digunakan.

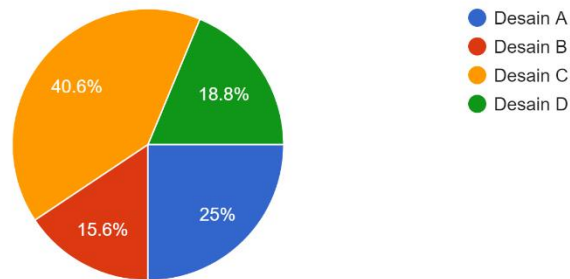
4.3 Hasil Pemilihan Desain dan Pengujian USE Questionnaire

Berdasarkan hasil pengisian dari kuisioner pemilihan desain dapat disimpulkan bahwa responden memilih desain C merupakan desain yang paling

digemari dengan perolehan suara 40,6 %. Sedangkan pada desain A mendapatkan perolehan suara 25%. Untuk desain B mendapatkan perolehan suara 15,6% dan desain D mendapatkan 18.8 % seperti yang ditunjukkan pada gambar grafik 4.10.

Pemilihan Desain Penghapus

32 responses



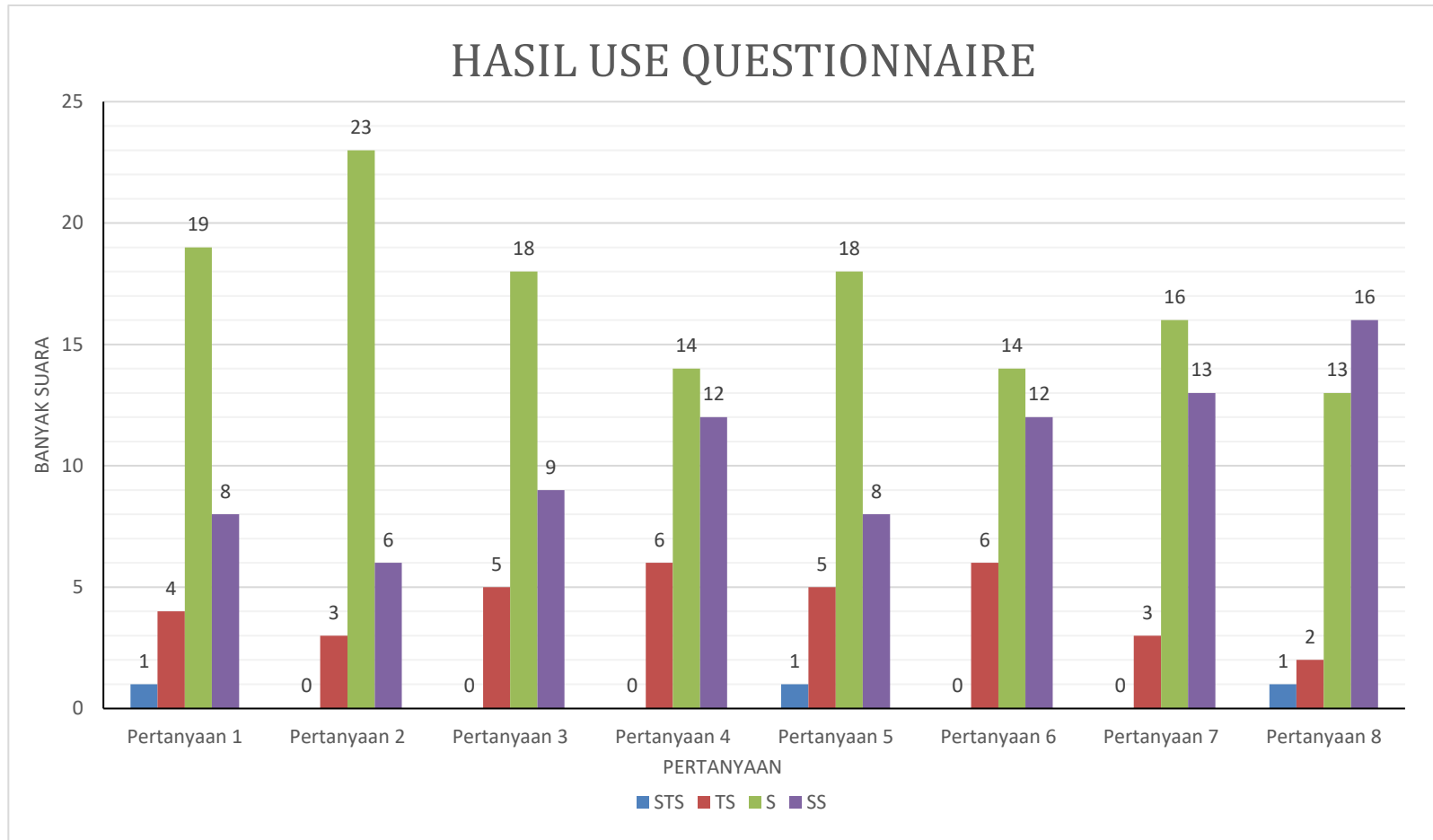
Gambar 4.10 Hasil Pemilihan Desain

Hasil pengisian kuisioner *USE Questionnaire* didapatkan rincian data yang dapat dilihat pada gambar 4.11. Pertanyaan dibagi dalam tiga kategori. Kategori tersebut adalah *usefulness*, *satisfaction* dan *ease of use*. Pertanyaan pertama sampai ketiga merupakan bagian dari pertanyaan *usefulness*, pertanyaan keempat sampai keenam adalah bagian dari pertanyaan *satisfaction*, sedangkan pada pertanyaan ketujuh dan kedelapan merupakan bagian dari pertanyaan *ease of use*.

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan sebanyak 32 suara dapat dilihat bahwa pada pertanyaan pertama responden menyatakan 3,1% (1 suara) sangat tidak setuju, 12,5% (4 suara) tidak setuju, 59,4% (19 suara) setuju dan 25% (8 suara) responden mengatakan sangat setuju. Sedangkan pada pertanyaan kedua responden menyatakan 9,4% (3 suara) tidak setuju. Akan tetapi, 71,9% (23 suara) responden menyatakan setuju dan 18,8% (6 suara) menyatakan sangat setuju bahwa produk penghapus baru membuat responden lebih produktif. Untuk pertanyaan ketiga yaitu apakah model penghapus baru bermanfaat, didapatkan suara 15,6% (5 suara) tidak setuju. Sedangkan 56,3% (18 suara) menyatakan setuju, sisanya 28,1% (9 suara) reponden menyatakan sangat setuju.

Data pada pertanyaan keempat, sebanyak 18,8% (6 suara) menyatakan tidak setuju. Sedangkan 43,8% (14 suara) responden setuju dan 37,5% (12 suara) responden sangat setuju bahwa responden merasa puas dengan model penghapus baru. Pada pertanyaan kelima yaitu apakah produk penghapus baru bekerja sesuai dengan ekspektasi responden. Data yang didapatkan adalah 3,1% (1 suara) menyatakan sangat tidak setuju, 15,6% (5 suara) responden menyatakan tidak setuju, sedangkan 56,3% (18 suara) responden menyatakan setuju dan 25% (8 suara) responden menyatakan sangat setuju. Pada pertanyaan keenam, hanya 18,8% (6 suara) menyatakan tidak setuju. Sebanyak 43,8% (14 suara) responden menyatakan setuju dan 37,5% (12 suara) responden lainnya menyatakan sangat setuju.

Pertanyaan kedelapan yaitu apakah mudah ketika produk penghapus baru digunakan. Dari 32 responden, sebanyak 9,4% (3 suara) menyatakan tidak setuju. Akan tetapi 50% (16 suara) responden menyatakan setuju dan sisanya 40,6% (13 suara) menyatakan sangat setuju. Pada pertanyaan terakhir, hanya 3,1% (1 suara) yang menyatakan sangat tidak setuju, 6,3% (2 suara) responden menyatakan tidak setuju dengan pernyataan apakah penghapus baru sesuai bagi pengguna yang sering atau jarang menggunakannya. Sebanyak 40,6% (13 suara) responden menyatakan setuju dan sisanya 50% (16 suara) responden menyatakan sangat setuju.



Gambar 4.11 Hasil USE *Questionnaire*

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah penelitian selesai dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan dengan pengukuran dimensi penghapus baru secara manual, didapatkan dimensi penghapus masih dibawah data antropometri tangan orang Indonesia menurut Nurmianto (1991).
2. Hasil perancangan penghapus baru dapat dikatan ergonomis berdasarkan hasil *USE Questionnaire* (50% lebih responden menjawab setuju).
3. Penghapus yang baru yang paling banyak dipilih oleh responden adalah penghapus baru C dengan perolehan 40,6 % (13 suara).
4. Metode *reverse engineering* dianggap cocok dalam pembaharuan produk penghapus *whiteboard*.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

1. Perlu adanya pengujian ergonomi yang lebih spesifik agar kesimpulan yang didapatkan semakin tajam.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwer, N., & Mathieu, L. (2016). CIRP Annals - Manufacturing Technology From reverse engineering to shape engineering in mechanical design. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 65(1), 165–168. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.04.052>
- Buonamici, F., Carfagni, M., Furferi, R., Governi, L., Lapini, A., & Volpe, Y. (2018). Journal of Computational Design danEngineering, 5, 145–159.
- Ciocănea, A., Nicolaie, S., & Băbuțanu, C. (2017). Reverse Engineering for the Rotor Blades of a Horizontal Axis Micro-hydrokinetic Turbine. *Energy Procedia*, 112(October 2016), 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1056>
- Gunawa, D. (2012). Perancangan dan Pengembangan Produk, BAB 2, 8–43.
- Haleem, A., & Javaid, M. (2018). 3D scanning applications in medical field : A literature-based review. *Clinical Epidemiology and Global Health*, (May), 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2018.05.006>
- Jaffar, N., Abdul-Tharim, A. H., Mohd-Kamar, I. F., & Lop, N. S. (2011). A literature review of ergonomics risk factors in construction industry. *Procedia Engineering*, 20, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.142>
- Khoirida, A., & Falahah. (2012). Pengukuran Usability Sistem Menggunakan Use Questionnaire (Studi Kasus Aplikasi Perwalian Online Stmik “Amikbandung”). *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 6(2012), 661–671. <https://doi.org/10.1080/14786437008225837>
- LKN. (2006). Perancangan Produk, BAB 2.
- Lund, A. M. (2001). Measuring usability with the USE questionnaire. *STC Usability SIG Newsletter*, 8(2), 1–4. <https://doi.org/10.1177/1078087402250360>
- Luthfianto, S., & Siswiyanti. (2013). Pengujian ergonomi dalam perancangan desain produk, 159–164.
- Muhajirin. (2007). Desain produk, pengertian dan ruang lingkupnya, 9. Retrieved from <http://eprints.uny.ac.id>

- Napitupulu, N. (2009). Universitas Indonesia. *Gambaran Penerapan Ergonomi*, 5–34.
- Sachari, A., & Sunarya, Y. (2000). Pengantar Tinjauan Desain, (August 2016).
- Tarwaka, Bakri, S. H., & Sudiajeng, L. (2004). *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*.
- Widianti. (2016). BAB II Tinjauan Pustaka, 1–19.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Kuisisioner Inovasi Untuk Perancangan Perancangan Pada Penghapus *WhiteBoard*

Nama Koresponden :

Prodi :

Lama Mengajar :

No	Pertanyaan	Ya	Tidak
1.	Apakah penghapus papan tulis yang digunakan sekarang ini nyaman untuk dipegang atau digenggam?		
2.	Apakah penghapus dengan bentuk yang sesuai dengan bentuk tangan dapat mempermudah penggunaan atau pekerjaan anda?		
3.	Apakah jika terdapat sisa dari spidol yang mengering (biasanya berwarna hitam) mengganggu bapak/ibu?		
4.	Apakah bapak/ibu tertarik jika terdapat inovasi pada penghapus?		
5.	Apakah bapak/ibu merasa nyaman dengan berat penghapus saat ini?		
6.	Jika terdapat penghapus yang bentuknya lebih ergonomis,apakah bapak/ibu setuju?		

LAMPIRAN 2

KUISIONER PEMILIHAN DESAIN

Assalamualaikum wr.wb

Perkenalkan saya Rahadian Naufal Hadinugroho mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Saat ini saya sedang melakukan penelitian sebagai bagian dari proses Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Mesin UII Yogyakarta. Dalam Tugas Akhir ini, saya membuat produk penghapus *whiteboard* baru yang ergonomi dengan cara reverse engineering. Kuisisioner ini menyediakan 4 pilihan desain pada bagian pertama dan bagaimana tanggapan anda mengenai desain yang anda pilih pada bagian kedua. Hasil dari kuisisioner ini akan digunakan untuk mengetahui desain mana yang paling banyak diminati dan apakah penghapus ini layak. Terimakasih telah meluangkan waktu anda untuk mengisi kuisisioner ini, semoga segala kebaikan yang anda berikan dapat dibalas kembali oleh Allah SWT.

Wassalamualaikum wr.wb

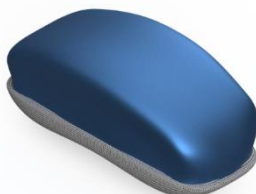
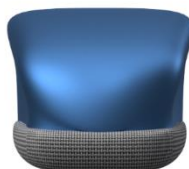
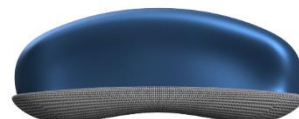
Petunjuk pengisian:

Pilihlah satu dari empat desain dibawah ini yang menurut anda paling cocok digunakan sebagai *body* penghapus papan tulis. Anda cukup melingkari tulisan nama pada desain yang menurut anda cocok. Sebagai bantuan dalam menentukan pilihan, hasil prototipe dari setiap desain dapat anda gunakan untuk alat peraga,

Model Lama



Desain A



Desain B



Desain C



Desain D



LAMPIRAN 3

KUISIONER KEPUASAN

Petunjuk pengisian :

Responden memilih satu jawaban dari setiap pertanyaan dengan cara memberi tanda centang atau silang pada kolom yang telah disediakan,

SS : Sangat Setuju S: Setuju TS: Tidak Setuju STS: Sangat Tidak Setuju

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban			
		STS	TS	S	
1	Membantu saya lebih efektif				
2	Membuat saya lebih produktif				
3	Membuat tujuan yang ingin dicapai lebih mudah terselesaikan				
4	Sesuai dengan kebutuhan saya				
5	Berfungsi sesuai harapan				
6	Bermanfaat				
7	Saya merasa puas				
8	Saya akan merekomendasikan kepada rekan lainnya				
9	Bekerja sesuai dengan ekspektasi saya				
10	Saya rasa perlu menggunakannya				
11	Mudah ketika digunakan				
12	Penggunaannya bersahabat				
13	Sesuai bagi pengguna yang sering/jarang menggunakannya				

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban			
		STS	TS	S	SS
1	Apakah model penghapus baru membuat anda lebih efektif dalam menghapus?				
2	Apakah model penghapus baru berfungsi sesuai dengan harapan anda?				
3	Apakah model penghapus baru bermanfaat?				

4	Apakah anda merasa puas dengan model penghapus baru?				
5	Apakah model penghapus baru bekerja sesuai dengan ekspektasi anda?				
6	Apakah anda merasa perlu menggunakan penghapus baru?				
7	Apakah penghapus baru mudah ketika digunakan?				
8	Menurut anda, apakah penghapus baru sesuai bagi pengguna yang sering/jarang menggunakannya?				

LAMPIRAN 4

CONTOH HASIL PENGISIAN KUISIONER 1

Kuisisioner Inovasi Untuk Perancangan Pada Penghapus *White board*

Nama Koresponden : Andhika Giri Persada
Prodi : Informatika
Lama Mengajar : 4 tahun

No	Pertanyaan	Ya	Tidak
1	Apakah penghapus yang sekarang ini nyaman untuk digunakan/dipegang?		✓
2	Apakah penghapus yang sesuai dengan bentuk tangan dapat mempermudah penggunaan?		✓
3	Apakah sisa dari spidol kering yang ada di penghapus mengganggu bapak/ibu?	✓	
4	Apakah bapak/ibu tertarik jika terdapat inovasi pada penghapus?	✓	
5	Apakah bapak/ibu keberatan jika berat penghapus bertambah ?		✓
6	Jika kami membuat inovasi penyedot debu dan bentuk yang lebih ergonomis apakah bapak/ibu setuju?	✓	

LAMPIRAN 5

CONTOH HASIL PENGISIAN KUISIONER 2

QUESTIONS RESPONSES 32

Re-design Penghapus White Board Menggunakan Metode Reverse Engineering

Assalamualaikum Wr. Wb.

Perkenalkan saya Rahadian Naufal Hadinugroho, mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Saat ini saya sedang melakukan penelitian sebagai bagian dari proses Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Mesin UII Yogyakarta. Dalam Tugas Akhir ini, mahasiswa membuat produk penghapus white board baru yang ergonomi dengan cara reverse engineering. Kuisisioner ini menyediakan 4 pilihan desain pada bagian pertama dan bagaimana tanggapan anda mengenai desain yang anda pilih pada bagian kedua. Hasil dari kuisisioner ini akan digunakan untuk mengetahui desain mana yang paling banyak diminati dan apakah penghapus ini layak. Terimakasih telah meluangkan waktu anda untuk mengisi kuisisioner ini, semoga segala kebaikan yang anda berikan dapat dibalas kembali oleh Allah SWT.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

* Required

Identitas Responden

Nama *

Aliffia Deassy

Usia *

32

Jenis Kelamin *

☐ Pria

☒ Wanita

QUESTIONS RESPONSES 32

Pemilihan Desain

Petunjuk pengisian :
Pilihlah satu dari empat desain dibawah ini yang menurut anda paling cocok digunakan sebagai body penghapus papan tulis. Anda cukup melingkari tulisan nama pada desain yang menurut anda cocok. Sebagai bantuan dalam menentukan pilihan, hasil prototipe dari setiap desain dapat anda gunakan untuk alat peraga.

Model Lama




Pemilihan Desain Penghapus *



☒ Desain A



☐ Desain B

QUESTIONS RESPONSES 32

Kepuasan

Petunjuk pengisian :
Responden memilih satu jawaban dari setiap pertanyaan dengan cara memberi tanda centang atau silang pada kolom yang telah disediakan.
SS : Sangat Setuju
S : Setuju
TS : Tidak Setuju
STS : Sangat Tidak Setuju

Apakah model penghapus baru membuat anda lebih efektif dalam menghapus? *

1 2 3 4

STS ☐ ☐ ☐ ☒ SS

Apakah model penghapus baru berfungsi sesuai dengan harapan anda? *

1 2 3 4

STS ☐ ☐ ☒ ☐ SS

Apakah menurut anda model penghapus baru bermanfaat? *

1 2 3 4

STS ☐ ☐ ☒ ☐ SS

Apakah anda merasa puas dengan model penghapus baru? *

1 2 3 4

STS ☐ ☐ ☐ ☒ SS

QUESTIONS RESPONSES 32

Apakah model penghapus baru bekerja sesuai dengan ekspektasi anda? *

1 2 3 4

STS ☐ ☐ ☒ ☐ SS

Apakah anda merasa perlu menggunakan penghapus baru? *

1 2 3 4

STS ☐ ☐ ☒ ☐ SS

Apakah penghapus baru mudah ketika digunakan? *

1 2 3 4

STS ☐ ☐ ☒ ☐ SS

Menurut anda, apakah penghapus baru sesuai bagi pengguna yang sering/jarang menggunakannya? *

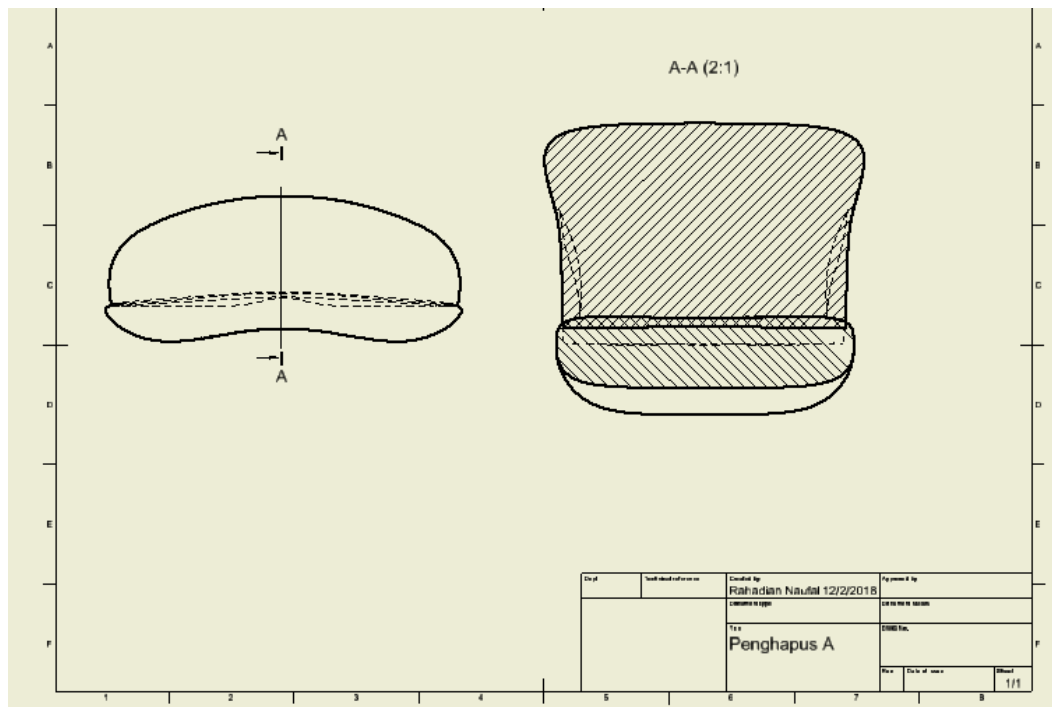
1 2 3 4

STS ☐ ☐ ☒ ☐ SS

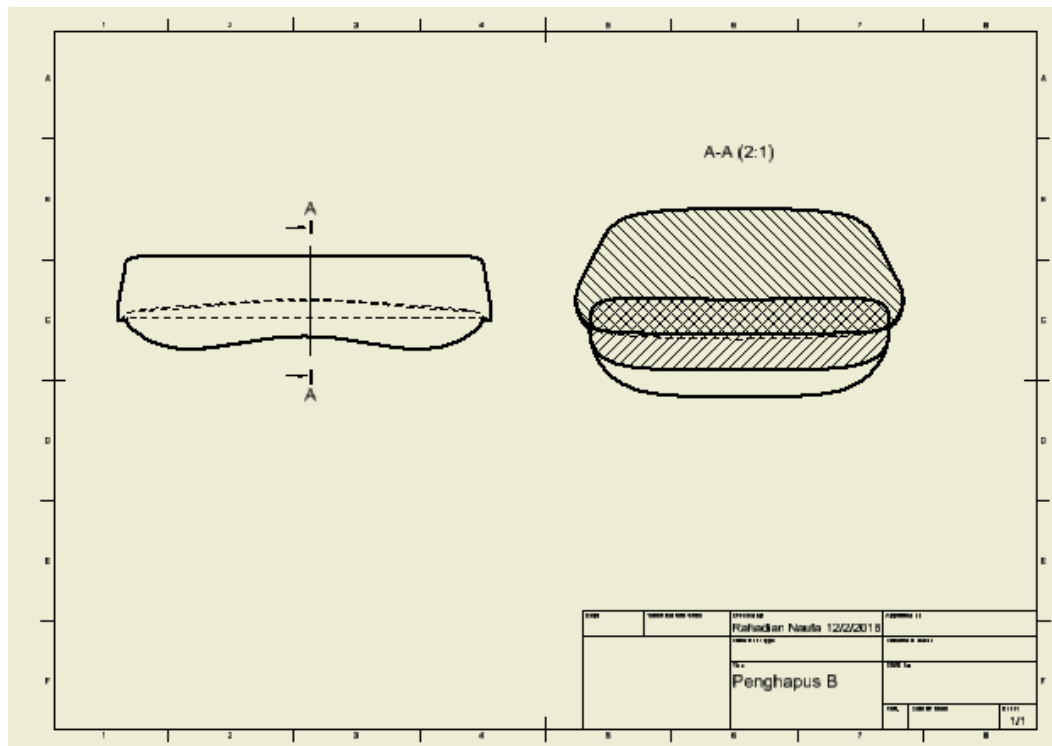
Submitted 11/14/16, 11:06 PM

LAMPIRAN 6

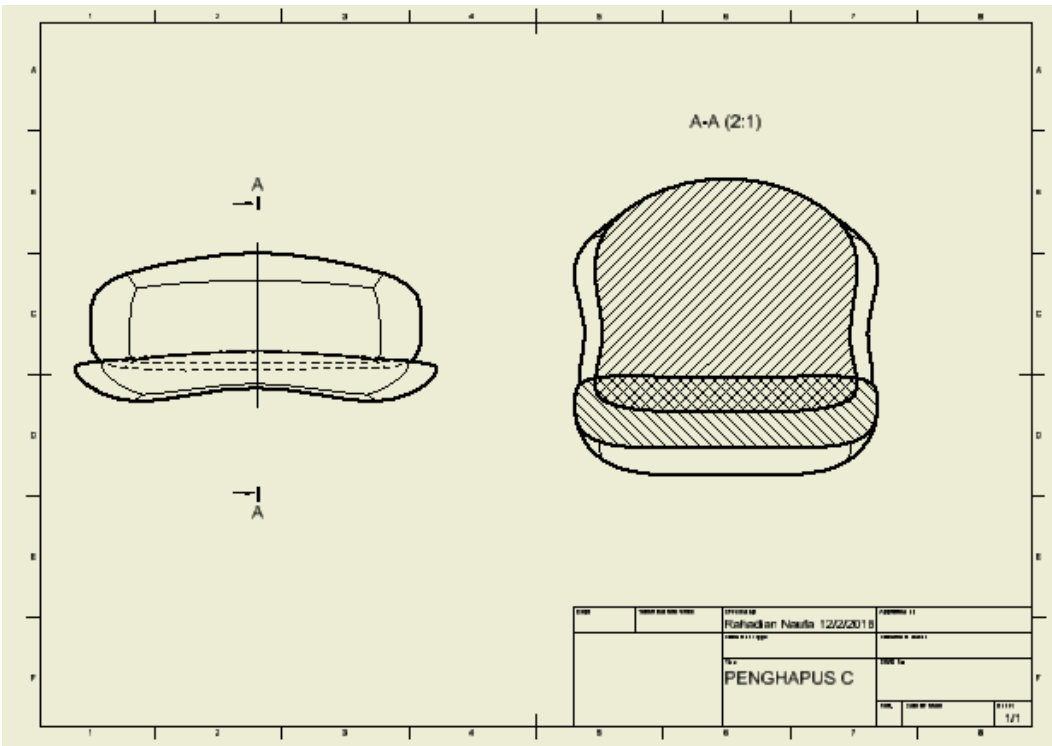
DRAWING PENGHAPUS A



DRAWING PENGHAPUS B



PENGHAPUS C



PENGHAPUS D

