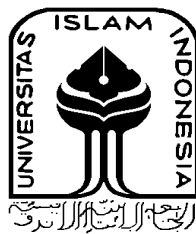


**PERANCANGAN PENGHAPUS *WHITEBOARD*
MENGUNAKAN METODE TRIZ**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Dion Armayudha Hatmanto
No. Mahasiswa : 14525069
NIRM : 2014071085

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

2018

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah yang maha mengetahui, dengan ini saya menyatakan, bahwa karya ini merupakan hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang telah saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila dikemudian hari saya terbukti melanggar peraturan dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual, maka saya bersedia mengikuti hukuman ataupun sanksi apapun sesuai hukum yang diberlakukan Universitas Islam Indonesia.

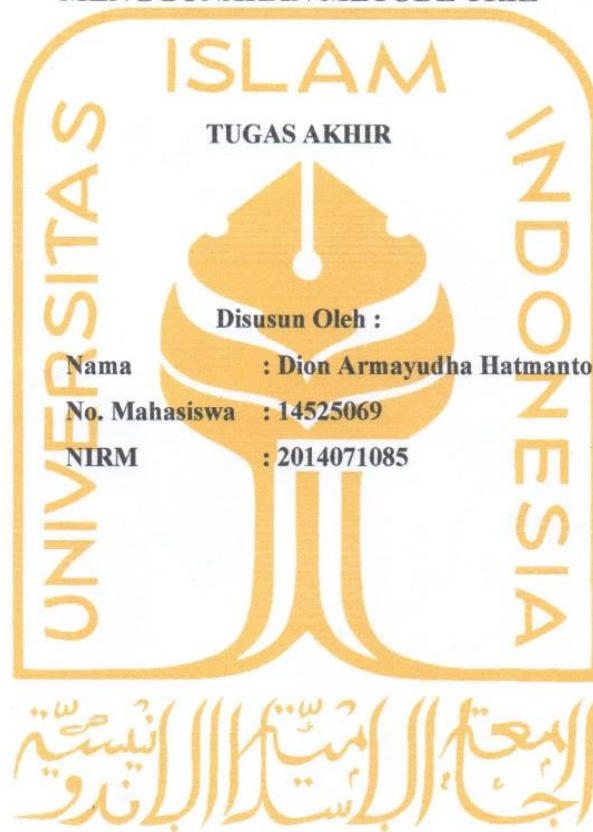
Yogyakarta, 16 November 2018



Dion Armayudha Harto into
14525069

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PERANCANGAN PENGHAPUS *WHITEBOARD*
MENGUNAKAN METODE TRIZ**



Disusun Oleh :

Nama : Dion Armayudha Hatmanto

No. Mahasiswa : 14525069

NIRM : 2014071085

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 PENGHAPUS *WHITEBOARD*
MENGGUNAKAN METODE TRIZ

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : **Dion Armayudha Hatmanto**

No. Mahasiswa : **14525069**

NIRM : **2014071085**

Tim Penguji

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

Ketua

Tanggal : 11 Desember 2018

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

Anggota I

Tanggal : 11 Desember 2018

Purtojo, S.T., M.Sc

Anggota II

Tanggal : 11 Desember 2018

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng Risdianto, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN



Puji Syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wata'ala yang telah melimpahkan rahmat hidayahNya kepada semua mahlukNya. Dengan kekuatan yang engkau berikan dan kasih sayang yang engkau pancarkan, sehingga dapat terselesaikannya Laporan Tugas Akhir yang sederhana ini. Sholawat dan salam kita panjatkan kepada nabi kita Muhammad Shollallahu'alaihi wassalam yang telah membawa agama penyelamat yaitu agama Islam dan sebagai pemberi safa'at pada hari akhir nanti.

Dengan ini saya persembahkan karya ini kepada

Ayah dan ibunda tercinta yang selalu memberi semangat dan doa kepada saya saat melaksanakan tugas akhir serta memberikan kasih sayangnya yang tiada terputus oleh waktu.

Teman-teman dan sahabatku yang selalu membantu disaat susah maupun senang yang mungkin akan kukenang sampai tua nanti.

Halaman Motto

"Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur (terhadap karunia Allah)." (Q.S. Yusuf: 87)

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan." (Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya." (Q.S. Al-Baqarah: 286)

"Saat orang-orang menganggapmu tidak bisa apa-apa, jangan pedulikan. Karena yang bisa mengubah nasibmu adalah kamu, bukan orang lain" (Rock Lee)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wa barokatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wata'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga dengan izinNya laporan tugas akhir yang berjudul **PERANCANGAN PENGHAPUS WHITEBOARD MENGGUNAKAN METODE TRIZ** ini dapat diselesaikan tepat waktu.

Sholawat serta salam kita haturkan kepada nabi kita Muhammad shollallohu 'alaihi wassaalam yang telah membawa manusia dari jurang kegelapan menuju dunia yang terang benderang seperti hari ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin. Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universita Islam Indonesia Yogyakarta.

Dengan bimbingan, dorongan serta dari berbagai pihak, akhirnya Tugas Akhir ini bisa terselesaikan. Pada kesempatan ini penulis dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo M.T. selaku dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T.,M.Eng selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia
3. Bapak Muhammad Ridlwan, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing I dalam Tugas Akhir
4. Bapak Faisal Arif Nurgersang, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing II dalam Tugas Akhir
5. Seluruh dosen dan staff karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia
6. Kedua Orang Tua serta keluarga yang telah mendukung penuh dan selalu memberikan doa.
7. Achmad Siddiq Zamzamy yang telah memberi arahan dan membantu saya saat melaksanakan tugas akhir.

8. Bagas Shiddiq Dhewanto yang telah bersedia membantu mengurus Armayudha Store saat saya melaksanakan tugas akhir.
9. K.O.H grup yang beranggota adit, adi, zamzam, badiq, simbah, kipli, tempe, ridwan, ucup yang telah menempuh kuliah bersama-sama.
10. Semua teman-teman Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala bantuannya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan di Tugas Akhir ini. Segala saran dan kritikan yang membangun sangat akan diharapkan untuk menyempurnakan dikemudian hari. Akhir kata, semoga Tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wa barokatuhu

Yogyakarta, 16 November 2018

Penulis,

Dion Armayudha Hatmanto

ABSTRAK

Dewasa ini penggunaan spidol sebagai media penyampaian materi sudah banyak digunakan. Permasalahan yang timbul adalah partikel-partikel halus sisa spidol yang telah mengering terkumpul di bagian penampung kotoran dan kemampuan penghapus yang menurun seiring lamanya penggunaan. Dengan menggunakan metode TRIZ, didapatkan ide bahwa sebuah penghapus whiteboard yang memiliki penyemprot cairan pembersih dan bagian alas penghapus yang dapat diganti. Ide tersebut diwujudkan dalam sebuah purwarupa yang dibuat menggunakan mesin 3D print. Dari penelitian ini dihasilkan sebuah purwarupa penghapus whiteboard yang memiliki kemampuan menghapus sisa spidol lebih baik dibandingkan dengan penghapus yang sudah ada sebelumnya.

Kata kunci : Sisa spidol, Metode TRIZ, 3D print

ABSTRACT

Nowdays, the use of markers as a medium for delivering lessons has been widely used. The problem that arises is that the fine particles of the remaining markers that have dried up accumulate in the reservoir and the ability of the eraser decrease with the long usage. Using the TRIZ method, it was found the idea that a whiteboard eraser which has a cleaning fluid sprayer and an eraser base can be replaced. The idea manifested in a prototype made using a 3D print machine. This study produced a prototype of whiteboard eraser which has the ability to remove the rest of the marker better than the pre-existing eraser.

Keywords: Marker remnants, TRIZ method, 3D print

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iv
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	Error! Bookmark not defined.
Halaman Persembahan	1
Halaman Motto	2
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	3
Abstrak	5
Abstract.....	6
Daftar Isi	7
Daftar Tabel.....	9
Daftar Gambar	10
Pendahuluan	12
1.1 Latar Belakang.....	12
1.2 Rumusan Masalah.....	13
1.3 Batasan Masalah	13
1.4 Tujuan Penelitian	13
1.5 Sistematika Penulisan	13
Bab 2 Tinjauan Pustaka	15
2.1 Kajian Pustaka	15
2.2 Dasar teori.....	15
2.2.1 TRIZ	16
2.2.2 <i>Sketching</i>	23
2.2.3 Ergonomi	25
2.2.4 Antropometri	26
2.2.5 Kuisinoner	28
2.2.6 3D <i>print</i>	29
Bab 3 Metode Penelitian	31
3.1 Alur Penelitian	31
3.2 Peralatan dan Bahan.....	32
3.3 Pemunculan Ide.....	32

3.3.1	Mengidentifikasi Kontradiksi	33
3.3.2	Mengkategorikan Fitur Sesuai Kontradiksi	33
3.3.3	Menggunakan Matrik TRIZ.....	33
3.3.4	<i>Braimstroming</i>	35
3.3.5	Konsep Desain	36
3.3.6	Membuat Desain Alternatif	39
3.3.7	Pemilihan Desain	41
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	43
4.1	Proses pembuatan purwarupa penghapus	43
4.1.1	Pembuatan Bodi Penghapus	43
4.1.2	Pembuatan Bagian Alas Penghapus	45
4.1.3	Pemilihan Botol Penyemprot.....	46
4.1.4	Proses <i>Finishing</i>	47
4.1.5	Hasil Pembuatan Purwarupa.....	49
4.2	Pengujian Purwarupa	50
4.2.1	Hasil pengujian	50
Bab 5	Penutup.....	54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya	54
Daftar Pustaka		55

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Data Antropometri telapak tangan Orang Indonesia.....	27
Tabel 4-1 Hasil Pengujian Purwarupa	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Penghapus <i>Whiteboard</i> Setelah Digunakan Secara Terus Menerus.	15
Gambar 2-2 Ruang Lingkup Penerapan Metode TRIZ	17
Gambar 2-3 Diagram Lima Level Invention TRIZ	18
Gambar 2-4 Tabel 39 Kontradiksi TRIZ.	22
Gambar 2-5 Tingkatan Jenis Pensil	24
Gambar 2-6 Cara Menggores Tipis	24
Gambar 2-7 Menggunakan Objek Sebagai Acuan	25
Gambar 2-8 Hasil Menggambar Sketsa.....	25
Gambar 2-9 Antropometri Tangan Manusia.....	27
Gambar 2-10 Mesin 3D Printing 3 Axis.....	30
Gambar 2-11 Mesin 3D Printing 5 Axis.....	30
Gambar 3-1 Matriks 40 Prinsip Inventif TRIZ.....	34
Gambar 3-2 Konsep Desain A.....	36
Gambar 3-3 Konsep Desain B.....	37
Gambar 3-4 Konsep Desain C.....	37
Gambar 3-5 Konsep Desain D.....	38
Gambar 3-6 Desain Alternatif A	39
Gambar 3-6 Desain Alternatif B.....	40
Gambar 3-7 Desain Alternatif C.....	40
Gambar 3-8 Desain Alternatif D.....	41
Gambar 3-9 Grafik Kuisioner Terbuka	42
Gambar 3-10 Desain Akhir Penghapus <i>Whiteboard</i>	42
Gambar 4-1 Proses Pengaturan 3D Print.....	43
Gambar 4-2 Proses Pembuatan Bodi Penghapus.....	44
Gambar 4-3 Hasil Pembuatan Bodi Penghapus.....	44
Gambar 4-4 Hasil Pembuatan Wadah Botol Penyemprot dan Pengunci.....	45
Gambar 4-5 Proses Pembuatan Bagian Alas Penghapus.....	45
Gambar 4-6 Hasil Pembuatan Bagian Alas Penghapus.....	46
Gambar 4-7 Botol Penyemprot Cairan Pembersih	47
Gambar 4-8 Proses <i>Finishing</i>	48

Gambar 4-9 Hasil Purwarupa Penghapus	49
Gambar 4-7 Papan Tulis Dengan Coretan Spidol	50

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, hampir semua institusi pendidikan baik tingkat dasar maupun universitas sudah tidak lagi menggunakan kapur tulis dan *blackboard* sebagai media untuk belajar mengajar. Sebagian besar telah beralih menggunakan *whiteboard* dan spidol. Salah satu penyebab utama adalah faktor kebersihan dan kesehatan. Penggunaan kapur tulis menghasilkan partikel-partikel kasar yang dapat mengganggu pernafasan. Namun pada kenyataannya, dengan beralih menggunakan spidol dan *whiteboard* ternyata masih ditemukan masalah yang serupa. Permasalahan nyata yang ditemui adalah partikel-partikel halus sisa spidol yang telah mengering terkumpul di bagian penampung kotoran. Hal ini dapat mengganggu karena menghasilkan noda yang dapat menempel pada bagian tubuh atau pakaian. Selain itu, sisa-sisa spidol juga terlihat masih terlihat membekas di *whiteboard* sehingga mengganggu untuk proses menyampaikan materi ajar.

Salah satu penyebabnya adalah ketidakmampuan penghapus yang tersedia untuk membersihkan spidol secara tuntas. Bagian utama penghapus tersebut pada umumnya terbuat dari busa dan kain yang apabila digunakan terus menerus akan berkurang kemampuannya untuk membersihkan karena partikel-partikel halus menempel pada bagian kain penghapus tersebut. Kain pada penghapus ini sulit dibersihkan sehingga apabila ingin mendapatkan hasil yang optimal harus membeli penghapus baru.

Oleh karena itu, diperlukan sebuah inovasi untuk menciptakan sebuah penghapus yang dapat mengatasi beberapa permasalahan tersebut. Salah satu metode yang dapat membantu untuk melakukan inovasi kreatif adalah metode TRIZ. Melalui metode ini, ide kreatif dapat dimunculkan dengan mengidentifikasi fitur-fitur yang ingin ditingkatkan dengan mengeliminir kontradiksi yang terjadi. Diharapkan melalui penelitian ini diperoleh sebuah penghapus baru yang mampu membersihkan sisa-sisa spidol pada *whiteboard* secara tuntas dan dapat mengurangi partikel-partikel halus yang terkumpul di bagian penampung kotoran

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang terjadi, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana cara membuat penghapus *whiteboard* yang dapat membersihkan spidol secara tuntas dan mampu mengurangi partikel-partikel halus yang jatuh ke bagian penampung kotoran?

1.3 Batasan Masalah

Agar tujuan yang diinginkan dapat dicapai dengan maksimal, maka penulis memberikan batasan-batasan masalah dalam penelitian antara lain sebagai berikut:

1. Desain menggunakan software CAD.
2. Perancangan berdasarkan tangan orang Indonesia.
3. Hasil perancangan merupakan purwarupa penghapus *whiteboard*.
4. Cairan yang digunakan adalah cairan pembersih merk X .
5. Perancangan tidak membahas biaya produksi.
6. Purwarupa dibuat menggunakan mesin 3D print merk prusa i3.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan perancangan ini adalah untuk menciptakan sebuah penghapus baru yang dapat membersihkan spidol secara tuntas pada *whiteboard* dan mengurangi partikel-partikel halus yang jatuh ke bagian penampung kotoran.

1.5 Sistematika Penulisan

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

Bab I PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi kajian pustaka dan menjelaskan dasar teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

Bab III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan metode penelitian yang digunakan.

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi tentang hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

Bab V PENUTUP

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penghapus *whiteboard* adalah alat untuk menghapus spidol pada *whiteboard*. Penghapus yang tersedia memiliki kemampuan menghapus dengan baik, namun dengan penggunaan penghapus secara terus menerus mengakibatkan partikel-partikel halus terakumulasi pada kain penghapus yang mengakibatkan kemampuan penghapus tersebut berkurang seperti yang dapat dilihat pada gambar 2-1 berikut ini.



Gambar 2-1 Penghapus *Whiteboard* Setelah Digunakan Secara Terus Menerus

Untuk mendapat kualitas produk yang baik, harus bisa meminimalisir permasalahan yang sering terjadi. Untuk menyelesaikan permasalahan yang sulit dengan ketidaktahuan solusi yang akan digunakan, maka akan menggunakan metode TRIZ (Savransky, 2000) .

2.2 Dasar teori

Dalam melakukan penelitian, penulis menggunakan dasar teori untuk mendasari teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

2.2.1 TRIZ

TRIZ adalah bahasa dari bahasa Rusia, *Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch*. Diterjemahkan dalam bahasa Inggris menjadi “*Theory of Inventive Problem Solving*”. TRIZ adalah hasil dari suatu analisis menyeluruh dari inovasi dunia teknologi yang paling kreatif sebagai uraian dalam literatur hak paten di seluruh dunia. Analisis ini telah dilaksanakan selama periode 50 tahun dengan jumlah total hak paten yang dianalisa sekarang kira-kira 3 juta (Sáez-Martínez, González-Moreno, & Hogan, 2014). Pada 1946 di USSR, G. S. Altshuller mengetahui bahwa diantara sejumlah besar paten muncul ide yang serupa dan solusi analog pada area yang berbeda, era berbeda, dan permasalahan yang berbeda. Dan dia menyadari bahwa meskipun penemuan original dan kreatif secara natural memiliki pola umum. Jadi dia berpikir bahwa jika kita harus mencari pola penemuan dari paten yang bagus dan mempelajarinya, maka semua orang menjadi inventor/penemu. Selanjutnya, Altshuller mempelajari database paten, mencari prinsip penemuan, dan dikembangkan dari dasar ke atas, perlakuan tahap demi tahap suatu pandangan baru dari teknologi dan sebuah metodologi untuk menyelesaikan permasalahan teknologikal (Mann, 2001).

Tujuan sebenarnya dari pengembangan TRIZ adalah untuk menciptakan suatu metode penyelesaian permasalahan yang kreatif. TRIZ telah sukses dalam menciptakan sistem baru metodologi yang bisa menyelesaikan. Permasalahan dengan cepat.

TRIZ memiliki beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan metode inovasi secara tradisional, yaitu:

1. Meningkatkan penjualan melalui produktivitas yang kreatif.
2. Penelitian untuk menghasilkan solusi inovasi dan inovasi dengan cepat.
3. Pendekatan ilmiah yang ditemukan untuk meramalkan evolusi pada sistem teknologi, produk, dan proses.

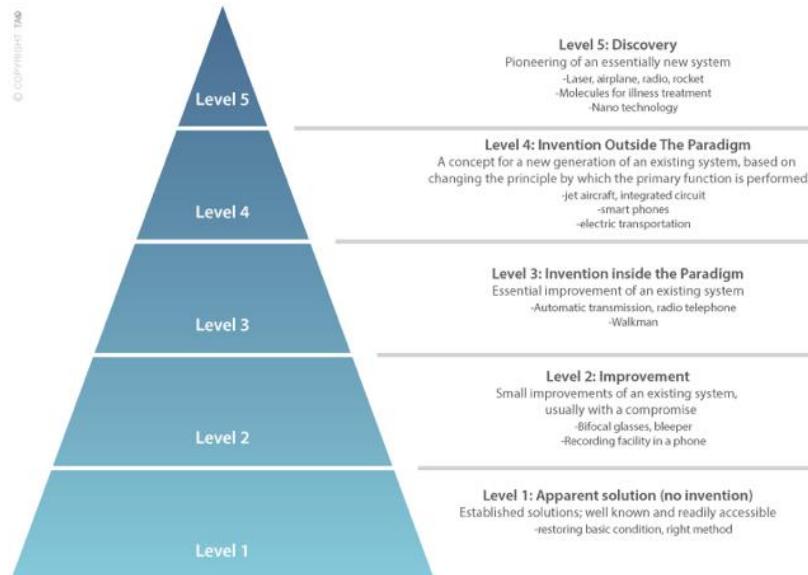


Gambar 2-2 Ruang Lingkup Penerapan Metode TRIZ

Pada gambar 2-2 ditunjukkan adalah integrasi TRIZ ke dalam manajemen inovasi secara tepat akan membantu perusahaan mengoptimalkan potensi TRIZ secara penuh untuk tugas dan ruang lingkup penggunaannya sebagai berikut :

1. Mengembangkan konsep untuk produk baru, proses, dan stragtegi bisnis.
2. Meramalkan evolusi sistem teknologi, produk, dan proses.
3. Pencarian solusi secara luang dan lengkap serta melindungi profesor disuatu perusahaan dari hak paten.
4. Mengevaluasi keinginan dan kebutuhan pelanggan yang belum sampaikan.
5. Identifikasi kegagalan sejak dini dan mencari pemecahan masalah pada produk yang ada maupun produk baru.
6. Merupakan solusi yang baik bagi manajemen ide dan pengetahuan.

Adapun Atshuller menyusun ide dan meneliti masalah teknik bahwa penemuan dapat dikelompokkan menjadi lima level tingkatan penemuan(Gadd, 2011). Seperti yang dapat dilihat pada gambar 2-3 berikut ini.



Gambar 2-3 Diagram Lima Level Invention TRIZ

1. Level 5 : Menemukan fenomena baru.
2. Level 4 : Penemuan di luar paradigma rancangan memerlukan teknologi baru dari bidang pengetahuan yang berbeda.
3. Level 3 : Penemuan di dalam paradigma rancangan yang memerlukan penyelesaian kontradiksi fisik .
4. Level 2 : Perbaikan dengan penemuan yang memerlukan penyelesaian kontradiksi teknis.
5. Level 1 : Solusi nyata (tidak ada inovasi) dihasilkan dalam perbaikan yang sederhana.

Metode TRIZ bisa memberikan kemudahan pemecahan masalah yang biasa terjadi pada level 2 dan 3 yaitu dengan cara menentukan kontradiksi. Atshuller membagi kontradiksi menjadi dua yaitu kontradiksi teknik (*technical contradiction*) dan kontadiksi fisik (*physical contradiction*).

1. Kontradiksi teknik

Kontradiksi teknik adalah jika disuatu sisi menaikkan sebuah fitur, maka disisi lain akan ada fitur yang menurun. Contoh jika ingin menaikkan kualitas sebuah helm (carbon), maka disisi lain biaya produksi akan meningkat (harga helm menjadi mahal).

2. Kontradiksi Fisik

Kontradiksi fisik adalah apabila disuatu sisi menginginkan sebuah fitur meningkat, tetapi disisi lain fitur tersebut harus menurun. Contoh kontradiksi fisik adalah penggunaan material *titanium* pada rangka motor balap. Material *Titanium* harus kuat dan kaku akan tetapi material *titanium* juga harus memiliki bobot yang ringan.

Inventive principles merupakan metode yang digunakan untuk penentuan prinsip. Prinsip daya cipta yang digunakan dalam mengembangkan suatu filter dari objek, acuan itu disebut parameter teknik yang terdiri dari 39 jenis parameter. Cara untuk menentukan parameter teknik adalah dengan melihat masalah yang terdapat pada produk. Antara masalah pada produk yang diteliti dengan parameter teknik harus tepat sasaran. Hal tersebut dikarenakan parameter teknik merupakan dasar yang digunakan untuk menentukan prinsip menggunakan acuan 40 *inventive principles* yang direkomendasikan oleh Altshuller (Sibaliya & Vidosav, 2014).

Untuk menyelesaikan kontradiksi tersebut, Altshuller menyusun 39 parameter kontradiksi dan 40 prinsip TRIZ berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap paten-paten. Kontradiksi desain antara dua parameter kinerja dapat diselesaikan dengan menggunakan satu atau lebih 40 dasar inovasi. Dasar penggunaan secara sukses untuk 1263 kontradiksi ditunjukkan dalam sebuah matriks kontradiksi. Untuk mewakili kondisi kontradiksi teknis ini, TRIZ telah memilih 39 parameter sistem dan menyediakan matriks permasalahan berukuran 39 x 39 (Altuntaş & Yener, 2012). 39 parameter merupakan karakteristik terpenting pada sistem keteknikan, seperti :

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. Massa, panjang, volume | 6. Ketepatan pengukuran |
| 2. Keandalan | 7. Ketepatan proses manufaktur |
| 3. Kecepatan | |
| 4. Temperatur | 8. Kenyamanan dalam penggunaan, dan lain-lain material) |
| 5. Kerugian (kehilangan material) | |

Adapun 39 tabel matrik kontradiksi (Gadd, 2011). Seperti yang dapat dilihat berikut ini.

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1. Weight of moving object | 2. Weight of stationary object |
|----------------------------|--------------------------------|

- | | |
|--|--|
| 3. Length of moving object | 21. Power |
| 4. Length of stationary object | 22. Loss of energy |
| 5. Area of moving object | 23. Loss of substance |
| 6. Area of stationary object | 24. Loss of information |
| 7. Volume of moving object | 25. Loss of time |
| 8. Volume of stationary object | 26. Quantity of substance |
| 9. Speed | 27. Reliability |
| 10. Force (intensity | 28. Measurement accuracy |
| 11. Stress or pressure | 29. Manufacturing precision |
| 12. Shape | 30. External harm affects the object |
| 13. Stability of the object's
composition | 31. Object generated-harmful factor |
| 14. Strength | 32. Ease of manufacture |
| 15. Duration of action by a moving
object | 33. Ease of operation |
| 16. Duration of action by a
stationary object | 34. Ease of repair |
| 17. Temperature | 35. Adaptability of versatility |
| 18. Illumination intensity | 36. Device complexity |
| 19. Use of energy by moving object | 37. Difficulty of detecting and
measuring |
| 20. Use of energy by a stationary
object | 38. Extent of automation |
| | 39. Productivity |

Dalam TRIZ, terdapat 40 prinsip pemecahan masalah, untuk permasalahan inventif yang kompleks. Ke-40 prinsip yang dirumuskan oleh Atshuller adalah berikut ini :

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1. Segmentation (fragmentation) | 7. "Nested doll" |
| 2. Separation | 8. Weight compensation |
| 3. Local quality | 9. Preliminary counteraction |
| 4. Symmetry change | 10. Preliminary action |
| 5. Merging (consolidation) | 11. Beforehand compensation |
| 6. Multifunctionality | 12. Equipotentially |

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 13. "The other way around | 27. Cheap disposables |
| 14. Curvature increase | 28. Mechanical substitution |
| 15. Dynamic parts | 29. Pneumatics and hydraulics |
| 16. Partial or excessive action | 30. Flexible shells and thin films |
| 17. Dimensionality change | 31. Porous materials |
| 18. Mechanical vibration | 32. Optical property changes |
| 19. Periodic action | 33. Homogeneity |
| 20. Continuity of useful action | 34. Discarding and recovering |
| 21. Hurrying | 35. Parameter changing |
| 22. "Blessing in disguise" | 36. Phase transitions |
| 23. Feedback | 37. Thermal expansion |
| 24. Intermediary (mediator) | 38. Strong oxidants |
| 25. Self-service | 39. Inert atmosphere |
| 26. Copying | 40. Composite materials |

Parameter tersebut saling membandingkan antara fitur yang akan dinaikkan (improving feature) dan fitur yang tidak diharapkan (*worsening feature*). Sehingga akan membentuk tabel 39 kontradiksi TRIZ yang menghasilkan usulan ide sesuai dengan 40 prinsip inventif TRIZ seperti yang dapat dilihat pada gambar 2-4 berikut ini.

Improve this one without making this one worse

Technical Contradictions

Parameters

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1 Weight of moving object	-	15 8	29 34	-	-	29 17	29 2	2 8	8 10	10 36	10 14	1 35	28 27	5 34	-	6 29	19 1	35 12	-	12 36	6 2	5 35	-
2 Weight of stationary object	-	-	10 1	29 35	35 30	13 2	14 2	-	8 10	13 29	13 10	26 39	28 2	-	2 27	28 19	19 32	-	18 19	15 19	18 19	5 8	-
3 Length of moving object	8 15	29 34	-	-	15	17 4	7 17	13 4	17	1 8	1 8	8 35	19	-	10 15	32	8 35	24	-	1 35	7 2	4 29	-
4 Length of stationary object	35 28	40 29	-	-	17 7	10 40	35 8	2 14	-	28 10	1 14	13 14	39 37	15 14	-	1 40	3 35	3 25	-	12 8	6 28	10 28	-
5 Area of moving object	2 17	29 4	-	14 15	-	7 14	17 4	29 30	19 30	10 15	5 34	11 2	3 15	-	2 15	15 32	16	19 13	19 32	-	19 10	15 17	10 35
6 Area of stationary object	-	30 2	14 18	26 7	9 39	-	-	-	1 18	10 15	35 36	36 37	-	-	2 10	35 39	38	-	17 32	17 7	10 14	30	18 39
7 Volume of moving object	2 26	29 40	-	1 7	4 35	1 7	4 17	-	29 4	15 35	35 35	1 15	28 10	9 14	6 35	-	34 39	2 13	35	-	35 6	7 15	36 39
8 Volume of stationary object	-	35 10	19 14	35 8	2 14	-	-	-	2 18	37	24 35	34 28	9 14	-	35 34	38	35 6 4	-	-	-	30 6	10 39	35 34
9 Speed	8 28	13 38	14 8	13	29 30	7 29	-	-	13 28	6 18	35 15	28 33	8 3 26	5 19	-	26 30	10 13	8 15	-	19 35	14 20	10 13	-
10 Force (intensity)	8 1	18 13	17 19	19 10	1 18	15 9	2 36	13 28	-	18 21	10 35	35 10	35 10	-	35 10	-	19 17	1 16	19 35	8 35	-	-	-
11 Stress or pressure	10 36	13 29	35 10	35 1	10 15	10 15	6 35	35 24	6 35	36 35	35 4	35 33	9 18	3 19 3	35 39	19 2	14 24	10 35	2 36	10 35	-	-	-
12 Shape	8 10	15 10	29 34	13 14	5 34	14 4	7 2	35 15	35 10	34 15	-	33 1	30 14	14 26	-	22 14	13 15	2 6 34	14 24	10 35	2 36	10 35	-
13 Stability of the object's composition	21 35	26 39	13 15	1 28	37	2 11	39	28 10	34 28	33 15	10 35	2 35	22 1	-	17 9	13 27	39 3	35 1	32 3	27 4	32 35	14 2	2 14
14 Strength	1 8	40 26	1 15	15 14	3 34	9 40	10 15	9 14	8 13	10 18	10 3	10 30	13 17	-	27 3	30 10	35 19	19 35	10 35	10 26	35	35 28	-
15 Duration of action by moving object	19 3	34 31	-	2 19	9	3 17	19	19 30	5	16	27	38 25	35	10	-	19 35	2 19	28 6	-	19 10	28 27	3 18	-
16 Duration of action by stationary object	-	6 27	19 16	-	1 40	35	-	35 34	38	-	-	39 35	3 23	-	-	19 18	36 40	-	-	16	27 16	18 38	-
17 Temperature	36 22	22 35	15	15	3 35	35 38	34 39	35 6	2 28	35 10	35 39	14 22	1 35	10 30	19 13	19 18	32 30	19 15	-	2 14	21 17	21 36	-
18 Illumination intensity	19 1	2 35	19 32	19 32	6 26	2 13	13 19	26	2 13	19 26	32 3	32 3	35 19	2 19	-	32 35	32 1	32 35	32	13 16	1 6	13 1	-
19 Use of energy by moving object	12 18	28 31	-	12 28	-	15 19	25	35 13	18	8 15	16 26	23 14	12 2	19 13	5 19 9	28 35	-	19 24	2 15	-	6 19	12 22	35 24
20 Use of energy by stationary object	-	19 9	6 27	-	-	-	-	-	-	36 37	-	-	27 4	29 18	35	-	19 2	35 32	-	-	28 27	18 31	-

Gambar 2-4 Tabel 39 Kontradiksi TRIZ.

Cara menggunakan matriks tersebut adalah dengan membandingkan kontradiksi yang ingin ditingkatkan pada bagian kolom (*improving feature*) dengan kontradiksi yang tidak diharapkan pada bagian baris (*worsening feature*).

Cara menggunakan matriks tersebut adalah dengan membandingkan parameter yang ingin diperbaiki pada bagian baris (*improving feature*) dengan parameter yang menjadi kontradiksi pada bagian kolom (*worsening feature*).

Hasil persilangan antara baris dan kolom parameter-parameter tersebut terdapat angka-angka yang merupakan angka dari 40 prinsip TRIZ. Angka dalam persilangan matriks tersebut merupakan usulan TRIZ untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi. Beberapa kolom pada tabel matrik kontradiksi TRIZ tidak terdapat angka-angka menunjukkan bahwa pada persilangan *improving feature* dengan *worsening feature* tersebut tidak terdapat kontradiksi teknik (*technical contradiction*) maupun kontradiksi fisik (*physical contradiction*).

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam memecahkan masalah untuk mendapatkan usulan ide menggunakan metode TRIZ.

1. Mengidenfitikasi permasalahan pada produk

2. Mengidentifikasi kontradiksi yang terjadi pada produk, tentukan fitur yang akan dinaikkan (*improving feature*) dan fitur yang tidak diharapkan (*worsening feature*).
3. Mengkategorikan fitur yang akan dinaikkan (*improving feature*) dan fitur yang tidak diharapkan (*worsening feature*) sesuai dengan 39 kontradiksi TRIZ.
4. Menggunakan tabel kontradiksi TRIZ untuk mendapatkan usulan kemudian disesuaikan dengan 40 prinsip inventif TRIZ.
5. *Brainstorming* untuk menentukan usulan yang paling tepat.

2.2.2 *Sketching*

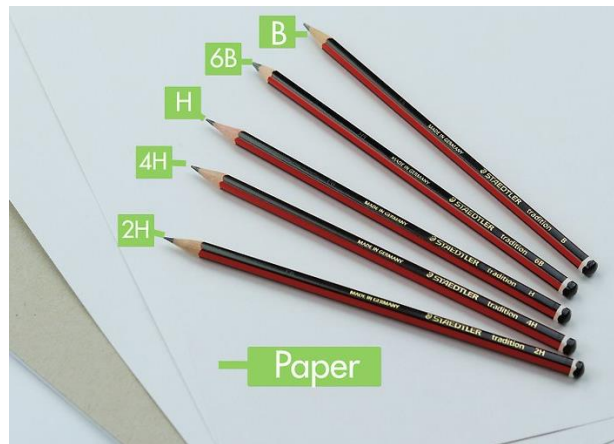
Sketching merupakan langkah awal penerapan ide sebelum memasuki ketahap desain yang lebih detail menggunakan software CAD. Langkah ini merupakan langkah yang cepat untuk menerapkan atau menggambarkan sebuah ide melalui coretan pada sebuah kertas. *Sketching* dapat dipahami sebelumnya sebagai gambar yang dibuat dengan cara informal, dan belum memperkirakan dimensi secara detail. Di sisi lain, gambar teknik adalah deskripsi rinci tentang suatu sistem rekayasa desain, dengan dimensi yang tepat. *Sketching* merupakan representasi bergambar yang sepenuhnya mendefinisikan satu konsep, desain atau ide (Martin-Erro, Dominguez Somonte, & Espinosa Escudero, 2016). Istilah "ideasketching" terkait dengan properti pemikiran visual untuk melahirkan ide. *Sketching* juga diterapkan membantu menganalisis masalah secara visual, "sebuah media untuk berpikir grafis dalam tahap eksplorasi perancang arsitektur bekerja" (Ware, 2013)

Sketching adalah metode yang cepat, mudah dan efektif untuk pembuatan desain. Metode ini juga merupakan sebuah menyelesaikan masalah pada tahap awal sebuah desain (Company, Contero, Varley, Aleixos, & Naya, 2009). Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan sketching.

1. Pemilihan Alat Yang Tepat

Pemilihan pensil dalam proses *sketching* menentukan hasil goresan pada kertas, pensil dengan kode H adalah pensil paling keras digunakan untuk

membuat garis tipis, sedangkan jika pensil dengan kode B adalah pensil paling lunak digunakan untuk membuat garis tebal. Contoh tingkatan pensil seperti yang dapat dilihat pada gambar 2-5 berikut ini.



Gambar 2-5 Tingkatan Jenis Pensil

2. Cara menggores

Untuk membuat sketsa dengan pensil sebaiknya menggores dengan ringan dan tipis saja sehingga ketika ada yang salah lebih mudah untuk dihapus dan digores ulang seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-6 berikut ini.



Gambar 2-6 Cara Menggores Tipis

3. Menggunakan objek sebagai acuan

Objek gambar adalah hal penting terutama bila yang mau digambar adalah jenis gambar realis. Untuk gambar abstrak atau ekspresif melihat-lihat obyek tertentu sebagai referensi juga cukup membantu seperti yang dapat dilihat pada gambar 2-7 berikut ini.



Gambar 2-7 Menggunakan Objek Sebagai Acuan

4. Menggambar dengan cepat

Menggambar cepat adalah membuat sketsa tanpa henti dan dengan garis-garis tak terputus untuk menggambar objek, tanpa pernah memeriksa kertas. Cara ini membuat penggambar hanya menatap objek tanpa memeriksa hasil garis pada kertas. Untuk menghapus garis bisa dilakukan pada akhir setelah sketsa selesai seperti yang dapat dilihat pada gambar 2-8 berikut ini.



Gambar 2-8 Hasil Menggambar Sketsa

2.2.3 Ergonomi

Istilah “ergonomi” menggunakan Bahasa serapan yang berasal dari Bahasa Latin yaitu *ergon* (kerja) dan *nomos* (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai suatu ilmu yang mempelajari aspek aspek manusia daam lingkungan pekerjaannya yang ditinjau secara psikologi, anatomi, fisiologi, *engineering*, manajemen dan desain atau perancangan.

Pengertian ergonomic menurut pusat kesehatan kerja departemen kesehatan kerja Republik Indonesia, ergonomic merupakan ilmu yang mempelajari perilaku manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan mereka. Sasaran penelitian ergonomi adalah manusia pada saat bekerja dalam lingkungan. 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).

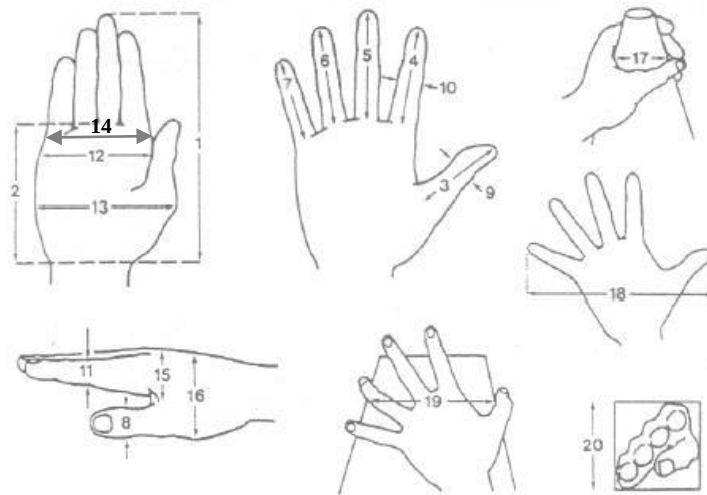
2.2.4 Antropometri

Antropometri berasal dari kata “anthro” yang memiliki arti manusia dan “metri” yang memiliki arti ukuran. Antropometri secara definitif 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.

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

Data antropometri yang diperlukan untuk ergonomi diantaranya adalah data antropometri bidang kerja tangan. Antropometri bidang kerja tangan untuk diterapkan pada ergonomi yang terpenting adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-9 berikut ini.



Gambar 2-9 Antopometri Tangan Manusia

Data Antropometri Telapak Tangan Orang Indonesia serta Dimensionalnya (Nurmianto, 1991) dapat dilihat dalam tabel 2-1 berikut ini.

Tabel 2-1 Data Antropometri Telapak Tangan Orang Indonesia

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

2.2.5 Kuisioner

Kuisioner adalah metode pengumpulan data dengan cara mengajukan pertanyaan kepada responden baik secara langsung maupun tidak langsung (Walgito, Bimo, 1987). Tujuan pokok kuisioner adalah mendapatkan data yang relevan dengan tujuan penelitian dan mendapatkan data dengan reabilitas dan validitas tinggi. Jenis kuisioner dibagi ada 2 yaitu :

1. Kuisioner terbuka

Kuisioner yang memiliki daftar pertanyaan yang memberi kesempatan kepada responden untuk menuliskan jawabannya sendiri tanpa disediakan oleh peneliti (Pujiastuti, 2010).

2. Kuisioner tertutup

Kuisioner yang memiliki daftar pertanyaan namun jawabannya sudah disediakan peneliti. Kuisioner ini dianggap lebih efektif, karena responden hanya memilih jawaban yang disediakan oleh peneliti .

Ada beberapa syarat kuesioner yang baik dan mampu menjadi alat untuk mengumpulkan data bagi peneliti. Adapun syarat kuesioner yang baik di antaranya adalah sebagai berikut;

Pertanyaan dibuat dengan bahasa yang jelas dan tidak ambigu atau multitafsir.

1. Pertanyaan berkaitan dengan masalah yang akan dipecahkan dalam penelitian, dan menggunakan bahasa baku yang mudah dipahami.

2. Untuk hasil yang lebih maksimal, saat memberikan kuisioner kepada responden peneliti harus memilih waktu yang tepat, dan usahakan jangan sampai mengganggu pihak responden.

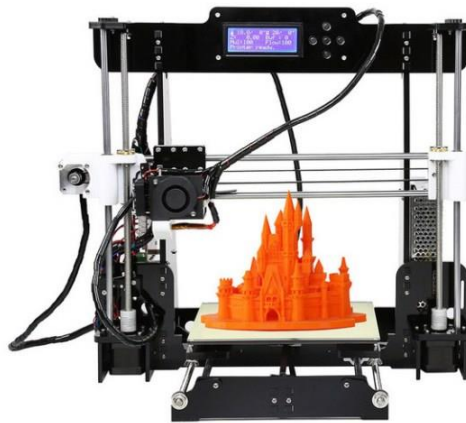
2.2.6 3D print

Sebuah produk yang akan diproduksi secara massal memerlukan sebuah purwarupa awal sehingga bisa menilai apakah suatu produk desain telah memenuhi kriteria yang diinginkan dan siap untuk diproduksi secara massal. *Prototyping* akan sangat membantu menentukan proses produksi selanjutnya dan nilai investasi yang harus dikeluarkan. Untuk keperluan pembuatan prototyping awal tersebut, salah satu alternatifnya adalah menggunakan printer 3D. Salah satu keuntungan penggunaan printer 3D untuk membuat *prototyping* adalah dapat membuat purwarupa dalam waktu yang singkat dan biaya yang murah dibandingkan pembuatan purwarupa secara konvensional. Mesin rapid prototyping ini menjadi alat vital dalam dunia industri. Namun untuk industri di Indonesia belum banyak digunakan dikarenakan harga mesin tersebut relatif mahal untuk industri-industri berkembang di Indonesia(Sumantri, 2012).

Pembuatan purwarupa menggunakan mesin 3D dengan cara mengubah material PLA dari bentuk padat kedalam cairan melalui nosel berdiameter kecil. *Rapid Prototyping* atau *Layered Manufacturing* adalah proses fabrikasi suatu produk dengan layer by layer, atau penambahan raw material berturut-turut pada layer hingga terbentuk produk yang sesuai dengan model(Rinanto & Sutopo, 2018).

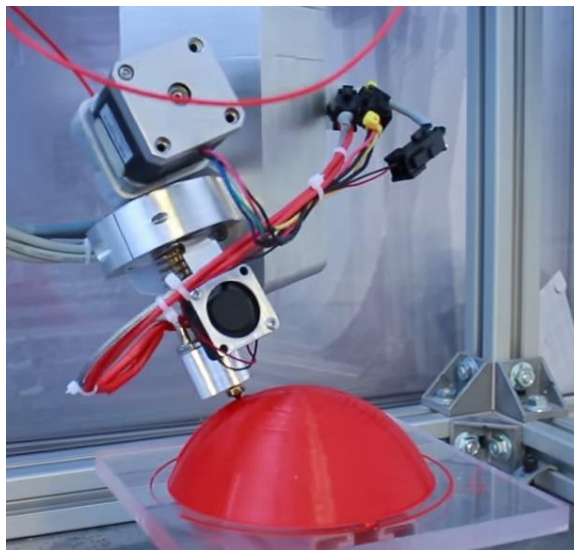
Mesin 3D print banyak digunakan didalam dunia industri antara lain : industri medis, bio-printing, industri penerbangan, industri otomotif, dll. 3D printing memiliki keuntungan biaya yang minim dan proses pembuatan yang relative lebih cepat disbanding membuat purwarupa menggunakan metode lain, contohnya menggunakan cor alumunium(Al-maliki & Al-maliki, 2015).

Mesin 3D printing memiliki 2 tipe jalur pergerakan yaitu, 3 axis dan 5axis seperti yang dapat dilihat pada gambar 2-10 berikut ini.



Gambar 2-10 Mesin 3D Printing 3 Axis

Pada gambar 2-10 ditunjukkan adalah mesin 3D printing yang memiliki 3 axis, maksudnya adalah mesin tersebut hanya bisa bergerak pada 3 sumbu yaitu X, Y dan Z saat proses pembuatan produk.



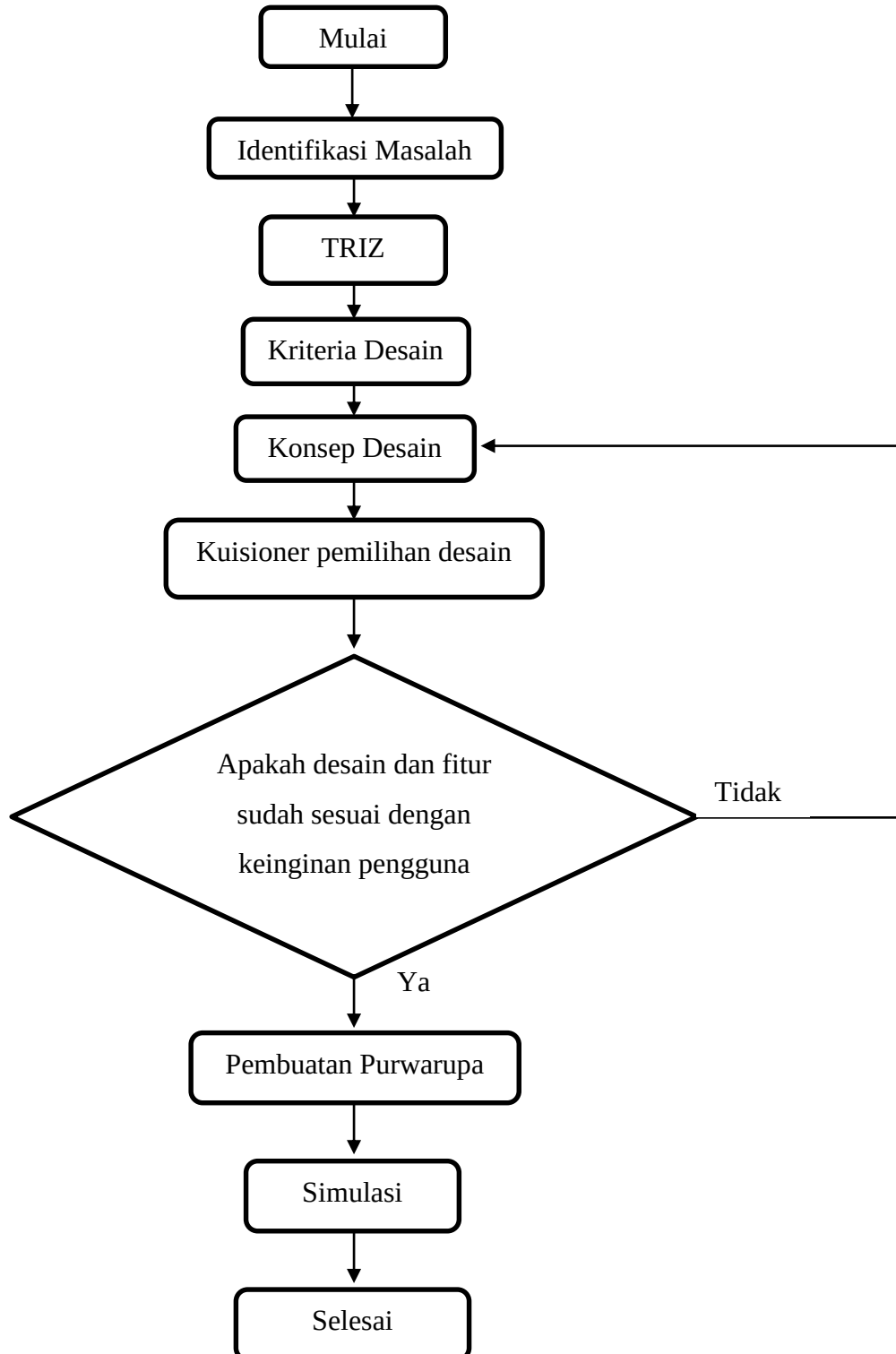
Gambar 2-11 Mesin 3D Printing 5 Axis

Pada gambar 2-11 ditunjukkan adalah mesin 3D printing 5axis. Mesin tersebut memiliki 5 sumbu kerja, yaitu X,Y,Z dan A,B. Mesin ini memiliki keuntungan bisa menghasilkan produk yang detail walaupun mempunyai lekukan rumit, seperti wajah manusia.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan merupakan pendukung untuk menyelesaikan tugas akhir yang dilakukan. Adapun peralatan dan bahan yang digunakan penulis dalam tugas akhir antara lain sebagai berikut :

a. Alat :

1. Software autodesk inventor 2018
2. Software repitier
3. Mesin 3D print prusa i3
4. Styrofoam cutter
5. Obeng +
6. Kunci pas M3

b. Bahan :

1. Material PLA
2. Busa tebal 10mm
3. Gabus tebal 5mm
4. Kain flannel
5. Lem Fox
6. Botol parfum plastik
7. Perekat kain
8. Baut nylon M3x5mm

3.3 Pemunculan Ide

Penelitian dimulai dengan membangkitkan ide menggunakan metode TRIZ untuk membuat konsep desain penghapus yang akan dibuat berdasarkan permasalahan yang ingin diselesaikan. Identifikasi masalah dari latar belakang adalah kurangnya kemampuan menghapus dari penghapus *whiteboard* dan banyaknya sisa-sisa spidol yang menumpuk dibagian penampung kotoran. Oleh karena itu, penulis ingin menciptakan penghapus *whiteboard* yang mempunyai kemampuan menghapus dengan baik serta mengurangi sisa-sisa spidol yang menumpuk pada penampung kotoran. Penulis melakukan langkah-langkah dalam

menggunakan metode TRIZ untuk memecahkan permasalahan yang terjadi sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi Kontradiksi

Dari kasus yang diteliti penulis, maka fitur yang akan dinaikkan (*improving feature*) adalah kemampuan menghapus dari penghapus *whiteboard* karena kemampuan penghapus saat ini belum cukup untuk membersihkan noda mengering yang terdapat pada *whiteboard* dan fitur yang tidak diharapkan (*worsening feature*) yaitu sisa-sisa spidol yang menumpuk pada penampung kotoran karena masih terdapat sisa-sisa noda spidol mengering yang mengumpal pada penampung kotoran.

Kontradiksi tersebut akan dikategorikan sesuai dengan prinsip yang ada dalam metode TRIZ, ada 39 kontradiksi yang berbeda.

2. Mengkategorikan Fitur Sesuai Kontradiksi

Fitur yang akan dinaikkan adalah kemampuan dari penghapus *whiteboard*, sesuai dengan prinsip 39 kontradiksi TRIZ adalah *Productivity*. Dan fitur yang tidak diinginkan adalah kehilangan atau terlepasnya sisa-sisa spidol pada penghapus *whiteboard* yang mengakibatkan kotoran menumpuk pada penampung kotoran, sesuai prinsip kontradiksi TRIZ adalah *lost of substance*.

Jika dua kontradiksi sudah di tentukan, maka akan dilanjutkan untuk mencari hasil usulan dari 40 prinsip inventif TRIZ menggunakan tabel yang sudah tersedia atau dapat menggunakan persilangan kontradiksi TRIZ secara *online*.

3. Menggunakan Matrik TRIZ

Setelah penulis mengetahui fitur yang akan dinaikkan (*improving feature*) dan fitur yang tidak diharapkan (*worsening feature*), langkah selanjutnya yang dilakukan penulis adalah menggunakan matriks kontradiksi TRIZ untuk mendapatkan hasil usulan dari 40 prinsip inventif TRIZ seperti yang ditunjukkan pada gambar 3-1 berikut ini.

		<div>Worsening Feature</div>																											
		<div>Improving Feature</div>																											
		Weight of moving object		Weight of stationary object		Length of moving object		Length of stationary object		Area of moving object		Area of stationary object		Volume of moving object		Volume of stationary object		Speed		Force (Intensity)		Stress or pressure		Shape		Stability of the object's composition		Durability	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	39	40													
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		29, 2, 40, 28		2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	35, 3, 24, 37	5, 34, 31, 35													
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	1, 8, 1, 40	1, 28, 15, 35														
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	14, 4, 28, 29	19													
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	30, 14, 7, 26														
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	10, 26, 34, 2	6, 3													
6	Area of stationary object		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+				1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	2, 38		10, 15, 17, 7														
7	Volume of moving object	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17		+		29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 28, 10	1, 15, 28, 10	10, 6, 2, 34	6, 35, 4													
8	Volume of stationary object		35, 10, 19, 14		35, 8, 2, 14				+		2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	35, 37, 10, 2														
9	Speed	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 34		+	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	1, 18	3, 19, 35, 5														
10	Force (Intensity)	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10		1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	+	18, 21, 40, 34	10, 35, 35, 10	3, 28, 35, 37	19, 2														
11	Stress or pressure	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21	+	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	10, 14, 35, 37	19, 3, 27													
12	Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	+	33, 1, 18, 4	17, 26, 34, 10	14, 26, 9, 25													
13	Stability of the object's composition	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	+	23, 35, 40, 3	13, 27, 10, 35													
14	Loss of substance	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	10, 13, 28, 38	14, 15, 37, 10	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	13, 17, 35	28, 35, 10, 23	27, 3, 26													
15	Duration of action of moving object	19, 5, 34, 31		2, 19, 9		3, 17, 19		10, 2, 19, 30		3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	35, 17, 14, 19	+													

Gambar 3-1 Matriks 40 Prinsip Inventif TRIZ

(www.triz-jurnal.com)

Hasil persilangan antara fitur yang dinaikkan (*improving feature*) dan fitur yang tidak diharapkan (*worsening feature*). Pada kotak tersebut ditunjukkan beberapa angka yang merupakan usulan pemecahan masalah dari TRIZ. Usulan tersebut adalah *Mechanics substitution*, *preliminary action*, *parameter changes*, dan *feedback*.

Adapun maksud dari usulan prinsip inventif TRIZ diuraikan sebagai berikut :

1. *Mechanics substitution*

Yang memiliki pengertian yaitu mengganti alat mekanis dengan arti indera (optik, akustik, rasa atau bau), menggunakan medan listrik, magnet dan elektromagnetik untuk berinteraksi dengan objek, mengubah dari bidang statis ke bidang bergerak, menggunakan bidang dalam hubungannya dengan partikel yang diaktifkan di lapangan (feromagnetik).

Contohnya : mengganti pagar fisik untuk membatasi anjing atau kucing dengan pagar, Untuk mencampur 2 bubuk, elektrostatis mengisi satu positif dan yang

lainnya negatif. Lalu menggunakan kolom untuk mengarahkannya, atau campuran secara mekanis dan biarkan bidang yang diperolehnya menyebabkan butiran serbuk dipasangkan.

2. *Preliminary action*

Memiliki pengertian yaitu melakukan suatu hal/kegiatan pendukung sebelum hal/kegiatan utama dilakukan, dan mengatur objek sehingga mereka dapat beraksi dari tempat yang paling nyaman dan tanpa kehilangan waktu untuk pengirimannya.

Contohnya : menggunakan sabuk dan mengunci pintu mobil sebelum mengendarainya, Pengaturan Kanban dalam *Just-In-Time* pada pabrik.

3. *Parameter changes*

Memiliki pengertian yaitu mengubah status fisik objek, mengubah konsentrasi atau konsistensi, mengubah tingkat fleksibilitas.

Contohnya : Mengangkut oksigen, nitrogen atau gas minyak bumi sebagai cairan, bukan gas yang bertujuan untuk mengurangi volume, sabun tangan cair terkonsentrasi dan lebih kental daripada sabun batangan pada titik penggunaan, sehingga lebih mudah untuk mengeluarkan dalam jumlah yang pasti, menggunakan peredam yang dapat disesuaikan untuk mengurangi kebisingan antara *shock absorber* dengan bodi.

4. *Feedback*

Memiliki pengertian yaitu menggunakan umpan balik untuk meningkatkan proses atau tindakan, mengubah besaran atau pengaruhnya.

Contohnya : kontrol suara audio otomatis, sinyal dari *gyrocompass* digunakan untuk mengendalikan pilot otomatis pesawat terbang. Mengubah sensitivitas thermostat antara mobil keluarga dan mobil balap.

3.3.1 *Braimstroming*

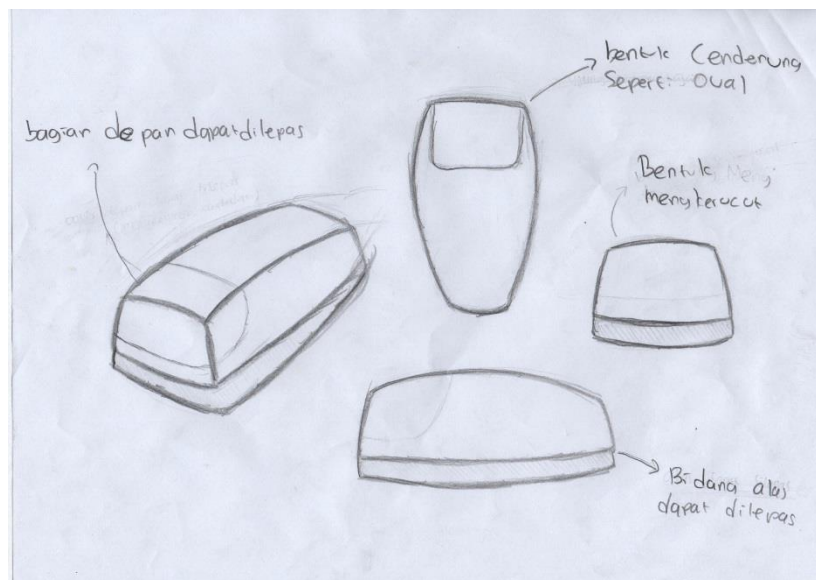
Setelah mendapatkan usulan ide dari metode TRIZ, penulis selanjutnya melakukan *braimstroming*. Berdasarkan usulan dari TRIZ, prinsip yang paling tepat adalah *preliminary action*. *Preliminary action* adalah melakukan sebuah

proses pendukung sebelum melakukan proses utama. Dari hasil usulan metode TRIZ tersebut, didapatkan kriteria desain sebagai berikut :

1. Penghapus yang mampu mengurangi butiran-butiran halus spidol yang menumpuk dibagian penampung kotoran
2. Penghapus yang mampu menghilangkan sisa-sisa spidol kering pada whiteboard.
3. Penghapus yang jika mengganti bagian alas spidol penghapus tanpa membuang penghapus secara keseluruhan

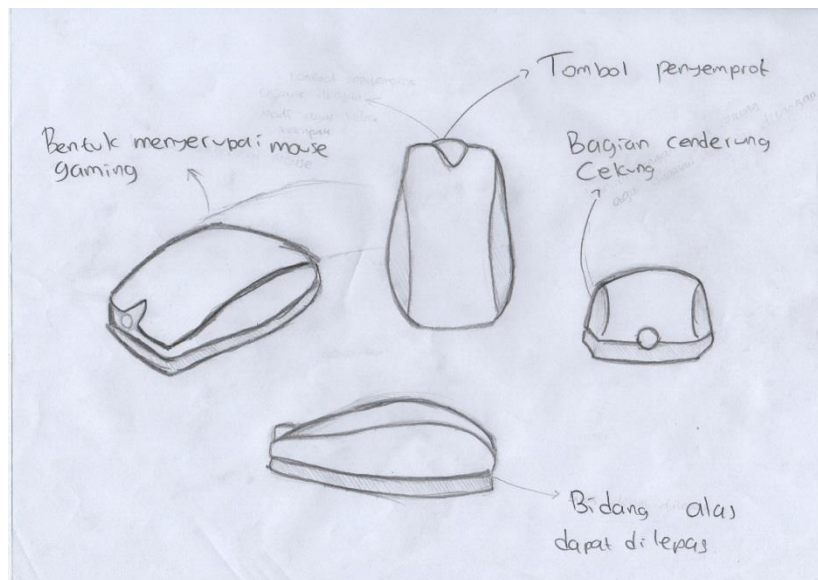
3.3.2 Konsep Desain

Setelah mendapat kriteria desain, penulis membuat konsep desain dengan menggunakan metode *sketching* seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



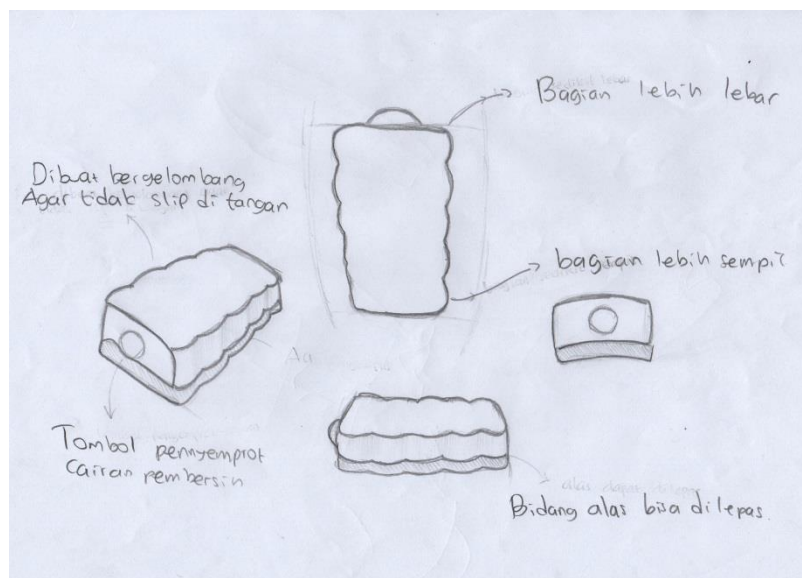
Gambar 3-2 Konsep Desain A

Pada gambar 3-2 ditunjukkan konsep desain A adalah penghapus *whiteboard* dengan fitur penyemprot cairan pembersih yang berada didalam penghapus. Tabung penyemprot dapat dioperasikan jika tutup bagian depan dari penghapus dilepas terlebih dahulu lalu fitur lainnya adalah bagian alas penghapus yang bisa dilepas agar memudahkan penggantian alas jika sudah penuh dengan kotoran tanpa mengganti penghapus seutuhnya.



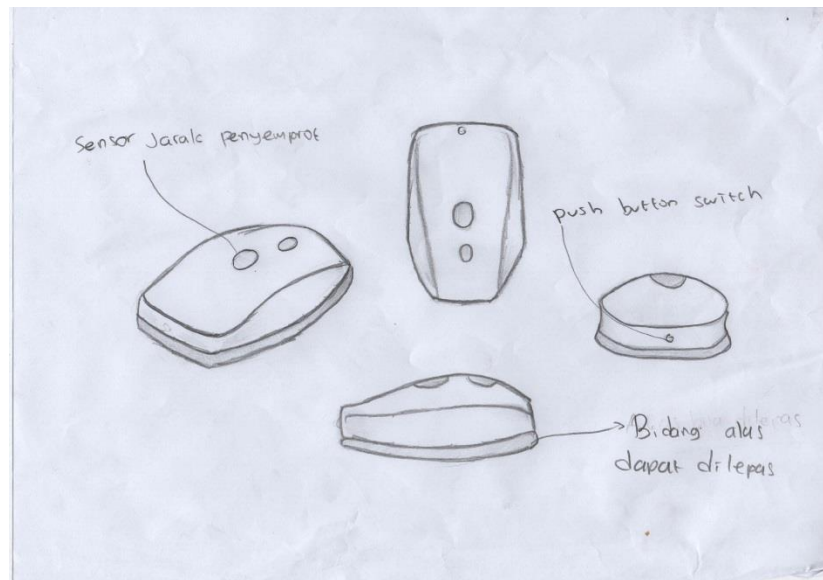
Gambar 3-3 Konsep Desain B

Pada gambar 3-3 ditunjukkan konsep desain B adalah penghapus *whiteboard* dengan bentuk menyerupai mouse *gaming* yang bertujuan agar mudah digenggam tangan. Fitur dari penghapus tersebut adalah penyemprot cairan pembersih yang memiliki tombol penyemprot berada di bagian depan penghapus dan fitur lainnya adalah bagian alas penghapus yang bisa dilepas agar memudahkan penggantian alas jika sudah penuh dengan kotoran tanpa mengganti penghapus seutuhnya.



Gambar 3-4 Konsep Desain C

Pada gambar 3-4 ditunjukan konsep desain C adalah penghapus yang memiliki bentuk bergelombang dibagian samping. Hal tersebut bertujuan agar saat penghapus tidak mudah lepas karena kontur permukaan yang bergelombang. Fitur dari penghapus tersebut adalah penyemprot cairan pembersih yang memiliki tombol penyemprot berada di bagian depan penghapus dan fitur lainnya adalah bagian alas penghapus yang bisa dilepas agar memudahkan penggantian alas jika sudah penuh dengan kotoran tanpa mengganti penghapus seutuhnya.



Gambar 3-5 Konsep Desain D

Pada gambar 3-5 ditunjukan konsep desain D adalah penghapus yang memiliki fitur penyemprot cairan pembersih otomatis dengan menggunakan bantuan sensor jarak yang terpasang menghadap telapak tangan pengguna. Mekanisme tersebut aktif jika pengguna mengaktifkan saklar *push button* yang berada di bagian depan penghapus dan fitur lainnya adalah bagian alas penghapus yang bisa dilepas agar memudahkan penggantian alas jika sudah penuh dengan kotoran tanpa mengganti penghapus seutuhnya.

Hasil konsep desain dari *brainstorming* adalah membuat penghapus *whiteboard* memiliki mekanisme untuk membersihkan sisa-sisa spidol mengering yaitu dengan memberikan fitur penyemprot cairan pembersih. Selain fitur

penyemprot cairan pembersih, penulis juga menambahkan fitur pada bagian alas penghapus yang bisa dilepas agar memudahkan penggantian jika bagian alas penghapus sudah kotor tanpa mengganti bodi penghapus. Ide ini didapatkan karena jika penghapus saat ini kotor bagian alasnya, maka akan dibuang sekaligus dengan bodi dari penghapus tersebut.

3.3.3 Membuat Desain Alternatif

Setelah mendapatkan ide fitur melalui *braimstroming*, langkah yang dilakukan penulis selanjutnya adalah membuat desain alternatif penghapus menggunakan *software* CAD. Penulis membuat desain alternatif penghapus dengan menggunakan dimensi dari antropometri telapak tangan orang indonesia persentil 50, yaitu telapak tangan minimum adalah 59-75mm. Adapun hasil desain alternatif penghapus ditunjukkan pada gambar berikut ini.

1. Penghapus model A



Gambar 3-6 Desain Alternatif A

Pada gambar 3-6 ditunjukan adalah penghapus dengan fitur penyemprot cairan pembersih dimana botol penyemprot tersebut bisa digunakan dengan cara melepas tutup bagian depan penghapus dan memiliki fitur bagian alas hapus bisa dilepas menggunakan mekanisme perekat yang biasa digunakan pada tas ransel.

2. Penghapus model B



Gambar 3-6 Desain Alternatif B

Pada gambar 3-6 ditunjukkan adalah penghapus yang memiliki fitur penyemprot cairan pembersih dengan tombol penyemprot berada diujung penghapus tersebut. Penghapus ini juga memiliki fitur bagian alas hapus bisa dilepas menggunakan mekanisme perekat yang biasa digunakan pada tas ransel.

3. Penghapus model C



Gambar 3-7 Desain Alternatif C

Pada gambar 3-7 ditunjukkan adalah penghapus yang memiliki bentuk bergelombang agar tidak mudah lepas jika digunakan oleh pengguna. Penghapus ini memiliki fitur penyemprot cairan pembersih dengan tombol yang berada di

ujung dan memiliki fitur bagian alas hapus bisa dilepas menggunakan mekanisme perekat yang biasa digunakan pada tas ransel.

4. Penghapus model D



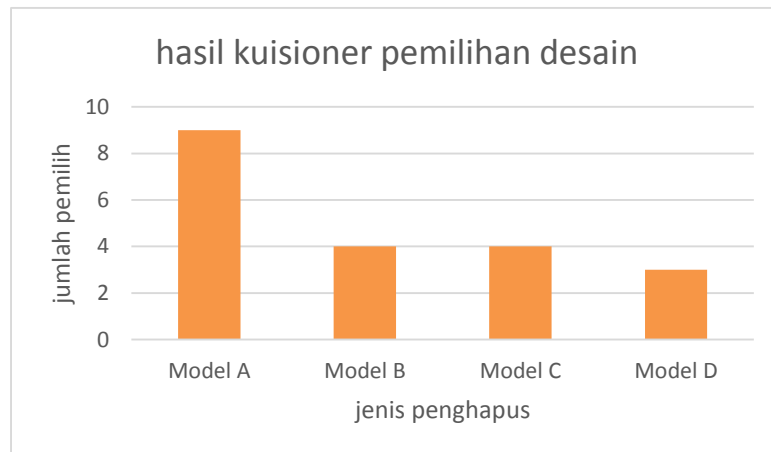
Gambar 3-8 Desan Alternatif D

Pada gambar 3-8 ditunjukkan adalah penghapus yang memiliki fitur penyemprot cairan pembersih otomatis dengan menggunakan sensor jarak yang menghadap kearah telapak tangan pengguna. Sensor ini bekerja dika *swich push button* telah diaktifkan. Penghapus ini juga memiliki fitur bagian alas hapus bisa dilepas menggunakan mekanisme perekat yang banyak digunakan pada tas ransel.

3.3.4 Pemilihan Desain

Pemilihan desain dilakukan dengan cara kuisisioner terbuka kepada pengguna, yaitu dosen dan asisten laboratorium di universitas X dengan jumlah responden 20 orang. Kuisisioner ini hanya menampilkan desain visual untuk pemilihan desain yang selanjutnya akan dibuat purwarupa. Hal ini dilakukan setelah penulis melakukan pertimbangan biaya dan waktu yang dikeluarkan jika kuisisioner dilakukan dengan membuat purwarupa terlebih dahulu dari ke empat desain tersebut. Pemesinan 3D *print* dari satu model purwarupa memakan waktu kurang lebih 23jam, maka dari itu penulis hanya melakukan pemilihan desain

secara visual kepada responden. Hasil kuisioner seperti yang dapat dilihat pada gambar 3-9 berikut ini.



Gambar 3-9 Grafik Kuisioner Terbuka

Data yang ditunjukkan pada grafik diatas adalah sebanyak 45 persen konsumen menyukai desain penghapus model A dari total jumlah responden. Setelah mendapatkan desain akhir, maka langkah selanjutnya yang dilakukan penulis adalah membuat purwarupa penghapus dengan fitur penyempot cairan pembersih dan *replacement plug and play* seperti yang dapat dilihat pada gambar 3-5 berikut ini.



Gambar 3-10 Desain Akhir Penghapus Whiteboard.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses pembuatan purwarupa penghapus

Pembuatan purwarupa penghapus dilakukan di laboratorium jurusan Teknik Mesin fakultas teknologi industri Universitas Islam Indonesia.

4.1.1 Pembuatan Bodi Penghapus

Penulis membuat purwarupa menggunakan mesin 3D print bermerk prusa i3 dengan material PLA dengan spesifikasi :

Tinggi layer	: 0,1mm
Ketebalan <i>shell</i>	: 0,6mm
<i>Fill density</i>	: 30%
Diameter filament	: 1,75mm
Flow	: 100%

Proses pengaturan sebelum mesin 3D print mulai bekerja menggunakan *software* seperti yang dapat dilihat pada gambar 4-1 berikut ini



Gambar 4-1 Proses Pengaturan 3D Print

Setelah dilakukan pengaturan, maka proses pembuatan purwarupa dimulai. Proses pembuatan bodi penghapus berlangsung selama 16jam seperti yang dapat dilihat pada gambar 4-2 berikut ini.



Gambar 4-2 Proses Pembuatan Bodi Penghapus

Pembuatan purwarupa penghapus menggunakan mesin 3D *print* tidak bisa menghasilkan produk yang halus, masih terlihat permukaan yang tidak rata seperti yang dapat dilihat pada gambar 4-3 berikut ini.



Gambar 4-3 Hasil Pembuatan Bodi Penghapus

Pembuatan wadah botol penyemprot dan penguncinya dibuat menggunakan mesin 3D print yang berlangsung selama 7jam. Hasil pembuatan seperti yang dapat dilihat pada gambar 4-4 berikut ini.



Gambar 4-4 Hasil Pembuatan Wadah Botol Penyemprot dan Pengunci

4.1.2 Pembuatan Bagian Alas Penghapus

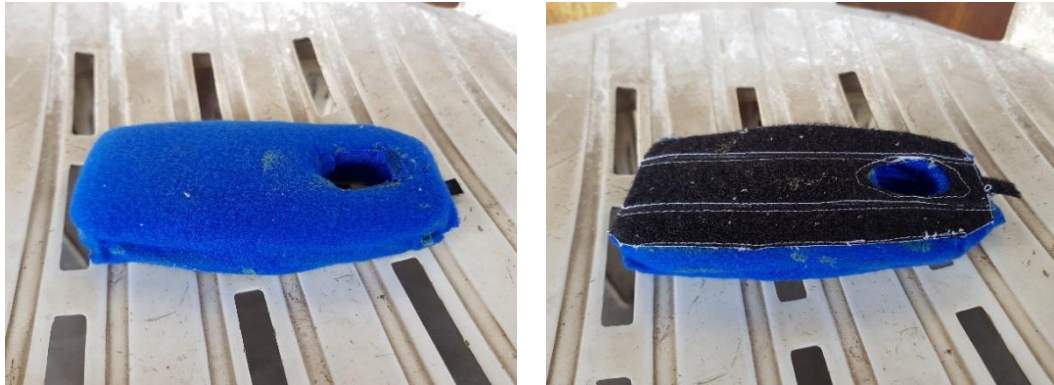
Penulis membuat bagian alas penghapus menggunakan bahan yang sama dengan penghapus saat ini, yaitu busa 10mm lalu dibalut dengan kain flannel. Pemotongan busa menggunakan *styrofoam cutter* agar mudah saat menyesuaikan ukuran busa dengan bagian alas penghapus.

Untuk menggabungkan kedua material itu. Penulis menggunakan lem sepatu bermerk fox dan proses melakukan proses pengeringan selama 6jam. Pada saat memberi lem tidak bisa terlalu banyak dan menunggu kama karena sifat busa yang cepat menyerap cairan. Maka dari itu setelah memberi lem, penulis langsung merekatkan kain flannel dengan busa dengan cepat untuk mengantisipasi lem terserap oleh busa. Proses pembuatan seperti yang dapat dilihat pada gambar 4-5 berikut ini



Gambar 4-5 Proses Pembuatan Bagian Alas Penghapus

Setelah bagian alas penghapus sudah selesai dilem, maka akan digabungkan dengan perekat dengan cara direkatkan menggunakan lem antara perekat dengan kain flannel tersebut. Hal dapat dilihat pada gambar 4-3 berikut ini.



Gambar 4-6 Hasil Pembuatan Bagian Alas Penghapus

Pada gambar 4-6 ditunjukkan bahwa bagian alas penghapus memiliki lubang dibagian ujung yang bertujuan untuk memperlancar cairan pembersih jika disemprotkan dari penghapus langsung menuju ke papan tulis. Pada bagian perekat juga memiliki potongan kecil yang berguna untuk memudahkan saat pengguna melepas bagian alas kotor untuk diganti dengan bagian alas baru tanpa harus menyentuh bagian kain secara langsung.

4.1.3 Pemilihan Botol Penyemprot

Botol penyemprot menggunakan botol parfum plastik dengan spesifikasi 25x50mm. Penulis menggunakan botol parfum plastik karena botol tersebut memiliki massa yang ringan dan harganya cukup terjangkau. Botol ini sanggup menampung cairan sebanyak 30ml seperti yang dapat dilihat pada gambar 4-7 berikut ini.



Gambar 4-7 Botol Penyemprot Cairan Pembersih

Pemilihan botol ini juga mempertimbangkan jika produk penghapus akan dibuat secara massal, maka pabrik pembuat penghapus tidak perlu memproduksi botol penyemprot sendiri, namun hanya membeli botol penyemprot cairan dari vendor yang memproduksinya.

4.1.4 Proses *Finishing*

Setelah purwarupa sudah dibuat menggunakan mesin 3D print, maka akan dilakukan proses *finishing*. Proses ini dilakukan karena hasil pemesinan dari mesin 3D print masih kasar dan memiliki permukaan yang tidak simetris antara sisinya.

Proses *finishing* dilakukan dengan cara mendempul bagian bodi penghapus yang masih belum halus. Setelah bodi penghapus berhasil menjadi halus lalu akan dicat menggunakan warna ciri khas UII, yaitu warna biru seperti yang dapat dilihat pada gambar 4-8 berikut ini.



Gambar 4-8 Proses *Finishing*

Proses yang paling lama dilakukan adalah saat mendempul bodi karena proses mendempul tidak bisa dilakukan langsung dengan dempul yang tebal, akan tetapi dilakukan dengan cara mendempul tipis-tipis lalu dikeringkan. Setelah kering akan dilakukan mendempul lagi, jika proses mendempul sudah selesai lalu akan dihaluskan menggunakan kertas gosok dengan nomer 1000. Jika proses menghaluskan sudah slesai, produk lalu akan dicat menggunakan cat plastik dan jika sudah kering lalu akan disemprot clear atau vernis.

4.1.5 Hasil Pembuatan Purwarupa

Hasil akhir purwarupa penghapus *whiteboard* yang dirancang menggunakan metode TRIZ seperti yang dapat dilihat pada gambar 4-9 berikut ini.



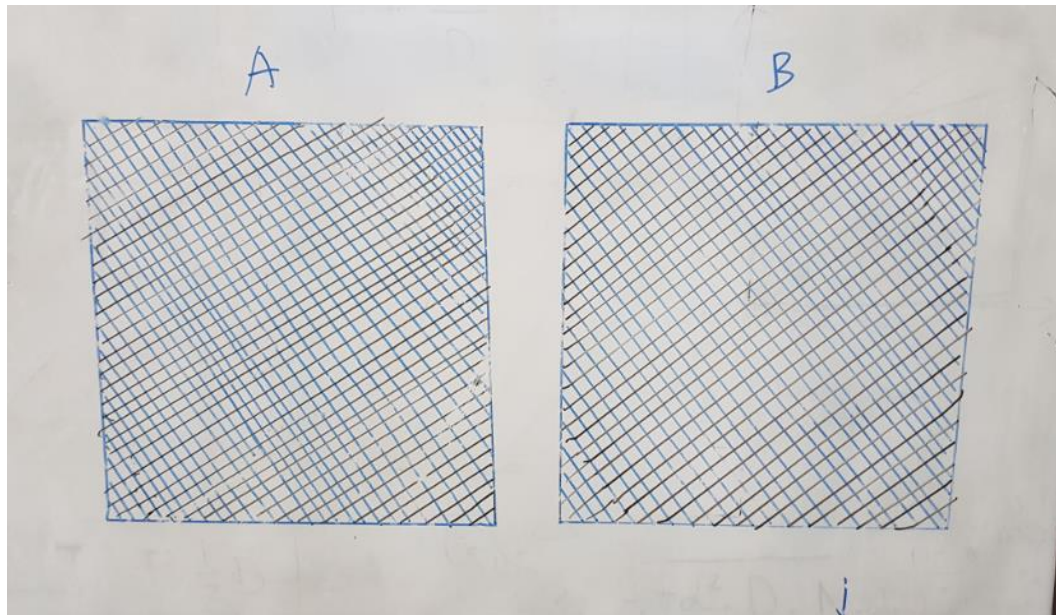
Gambar 4-9 Hasil Purwarupa Penghapus

Hasil purwarupa ini adalah sesuai dengan kuisisioner pemilihan desain yang memilih menghapus model Adengan fitur penyemprot cairan pembersih dan bagian alas yang bisa dilepas pasang (*plug and play*) untuk memudahkan penggantian jika bagian alas tersebut sudah penuh dengan kotoran yang membuat kemampuan menghapus menurun. Purwarupa ini juga memiliki logo UII dibagian atas penghapus untuk memberi identitas bahwa penghapus inovatif ini adalah karya dari mahasiswa Universitas Islam Indonesia.

Hasil purwarupa penghapus inovatif juga lebih sesuai ditangan orang indonesia karena dibuat menggunakan acuan dimensi antropometir telapak tangan orang indonesia. karena jika penghapus konvensional memiliki bentuk dan ukuran bermacam-macam dan tidak memiliki standar khusus yang mengakibatkan saat digunakan terkadang sering terlepas dari genggam tangan karena ukurannya tidak sesuai dengan antropometri.

4.2 Pengujian Purwarupa

Penulis melakukan pengujian pada papan tulis pada ruang kelas 04.12 gedung Fakultas Teknologi Industri dengan asumsi papan tulis tersebut penuh dengan coretan spidol *boardmaker* seperti yang dapat dilihat pada gambar 4-8 berikut ini.



Gambar 4-7 Papan Tulis Dengan Coretan Spidol

Garis yang terdapat pada bidang pengujian memiliki jarak 1cm antar garis, spidol yang digunakan memiliki merk snowman dengan warna biru dan hitam. Pengujian ini bertujuan agar mengetahui kemampuan menghapus antara penghapus inovatif dengan penghapus konvensional saat membersihkan noda spidol dalam keadaan paling ekstrem.

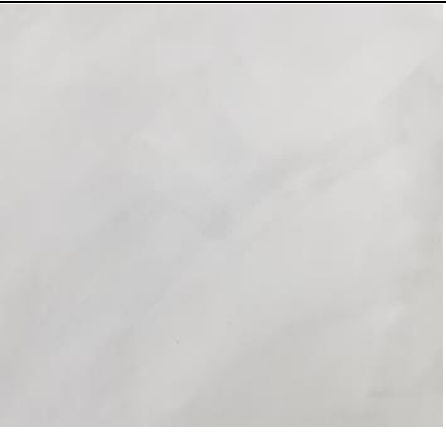
4.2.1 Hasil pengujian

Pengujian penghapus dilakukan sebanyak 10 kali yaitu dengan penghapus lama 5 kali dan penghapus TRIZ 5 kali. Pengujian ini dilakukan pada papantulis yang sama dan bidang hapus yang sama.

Setelah melakukan pengujian pertama selesai, maka penulis membuat garis-garis baru pada bidang pengujian tadi lalu menghapusnya kembali menggunakan penghapus inovatif dan penghapus konvensional. Hasil pengujian penghapus dapat dilihat pada tabel 4-1 berikut ini.

Tabel 4-1 Hasil Pengujian Purwarupa

Pengujian ke	Penghapus lama	Penghapus TRIZ
1		
2		

3		
4		
5		

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 4-1 didapat adalah saat penulis melakukan pengujian menggunakan penghapus lama maka hasilkan papan tulis yang masih meninggalkan sisa spidol seperti yang dapat dilihat pada baris ke lima. Sisa spidol yang tidak tuntas terhapus lama kelamaan semakin banyak seiring dilakukannya pengujian pertama hingga kelima.

Sedangkan jika dilakukan pengujian menggunakan penghapus TRIZ, hasil yang didapat adalah papan tulis cukup bersih dan tidak banyak sisa spidol

yang terlihat pada papan tulis. Akan tetapi, saat penulis melakukan pengujian kelima terdapat sedikit meninggalkan sisa dari proses menghapus. Namun, dibandingkan dengan pengujian kelima menggunakan penghapus lama, hasil pengujian dari penghapus TRIZ masih lebih baik.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah penulis melakukan penelitian, telah dibuat purwarupa penghapus yang dibuat dengan fitur penyemprot cairan pembersih dan bagian alas hapus bisa dibongkar pasang agar memudahkan penggantian. Dari hasil tersebut, penulis menyimpulkan beberapa hal antara lain sebagai berikut. :

1. Untuk menciptakan ide untuk membuat penghapus *whiteboard* yang bisa meminimalisir kotoran noda spidol pada penampung kotoran dan bisa menghilangkan noda mengering pada papan tulis dapat menggunakan metode TRIZ.
2. Telah dibuat penghapus yang bisa membersihkan noda spidol secara tuntas sehingga butiran tidak jatuh ke bagian penampung kotoran karena noda spidol telah menjadi basah dan terserap oleh kain dan busa.
3. Kemampuan menghapus dengan penghapus yang dilengkapi penyemprot cairan pembersih lebih baik dibanding dengan penghapus konvensional setelah dilakukan lima kali pengujian.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

1. Penelitian lebih lanjut pada cairan pembersih yang digunakan
2. Penelitian lebih lanjut pada kain yang digunakan penghapus
3. Pertimbangan produksi massal terkait harga produksi dan harga jual

DAFTAR PUSTAKA

- Al-maliki, J. Q., & Al-maliki, A. J. Q. (2015). The Processes and Technologies of 3D Printing. *International Journal of Advances in Computer Science and Technology*, 4(10), 161–165.
- Altuntaş, S., & Yener, E. (2012). An Approach Based on TRIZ Methodology and SERVQUAL Scale to Improve the Quality of Health-Care Service: A Case Study. *EgeAkademik Bakış / Ege Academic Review*, (January 2012), 95–104.
- Company, P., Contero, M., Varley, P., Aleixos, N., & Naya, F. (2009). Computer-aided sketching as a tool to promote innovation in the new product development process. *Computers in Industry*, 60(8), 592–603.
- Gadd, K. (2011). TRIZ for engineers : enabling inventive problem solving, 486.
- 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.
- Mann, D. (2001). *An Introduction to TRIZ: The Theory of Inventive Problem Solving. Creativity and Innovation Management* (Vol. 10).
- Martin-Erro, A., Dominguez Somonte, M., & Espinosa Escudero, M. del M. (2016). the Role of Sketching in Engineering Design and Its Presence on Engineering Education, (March), 3465–3471.
- Napitupulu, N. (2009). Universitas indonesia. *Gambaran Penerapan Ergonomi*, 5–34.
- Pujihastuti, I. (2010). Isti Pujihastuti Abstract. *Jurnal Agribisnis Dan Pengembangan Wilayah*, 2(1), 43–56.
- Rinanto, A., & Sutopo, W. (2018). Perkembangan Teknologi Rapid Prototyping : Study Literatur Perkembangan Teknologi Rapid Prototyping : Study Literatur, (January 2017).
- Sáez-Martínez, F. J., González-Moreno, Á., & Hogan, T. (2014). The role of university in eco-entrepreneurship: Evidence from the eurobarometer survey on attitudes of european entrepreneurs towards eco-innovation.

- Environmental Engineering and Management Journal*, 13(10), 2541–2549.
- Savransky, S. D. (2000). *Engineering of Creativity. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).
- Sibaliya, T., & Vidosav, M. (2014). Six Sigma – TRIZ, (June 2009).
- Sumantri, D. (2012). Peningkatan Kinerja Mesin Rapid Prototyping Berbasis Fused Deposition Modelling.
- Tarwaka, Bakri, S. H., & Sudiajeng, L. (2004). *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*.
- Ware, C. (2013). Visual Thinking Processes. *Information Visualization*, (January 1990), 375–423.
- Walgito, Bimo. 1981. *Psikologi Umum*. Yogyakarta:Yayasan Penerbitan Fakultas Psikologi UGM

LAMPIRAN

- Kuisisioner Pemilihan Desain
- Desain Penghapus *whiteboard*
- Tabel matriks TRIZ

LAMPIRAN 1

KUISIONER PEMILIHAN DESAIN

Kuisisioner pemilihan desain

Tujuan penelitian :

Untuk mengetahui keinginan pengguna terhadap desain dan fitur sebuah penghapus *whiteboard*

Data responden :

Profesi di UII : ☐ Dosen ☐ Asisten laboratorium
 Lama mengajar : ☐ 1-5 Tahun ☐ 5-10 tahun ☐ 10-20 tahun

Petunjuk umum :

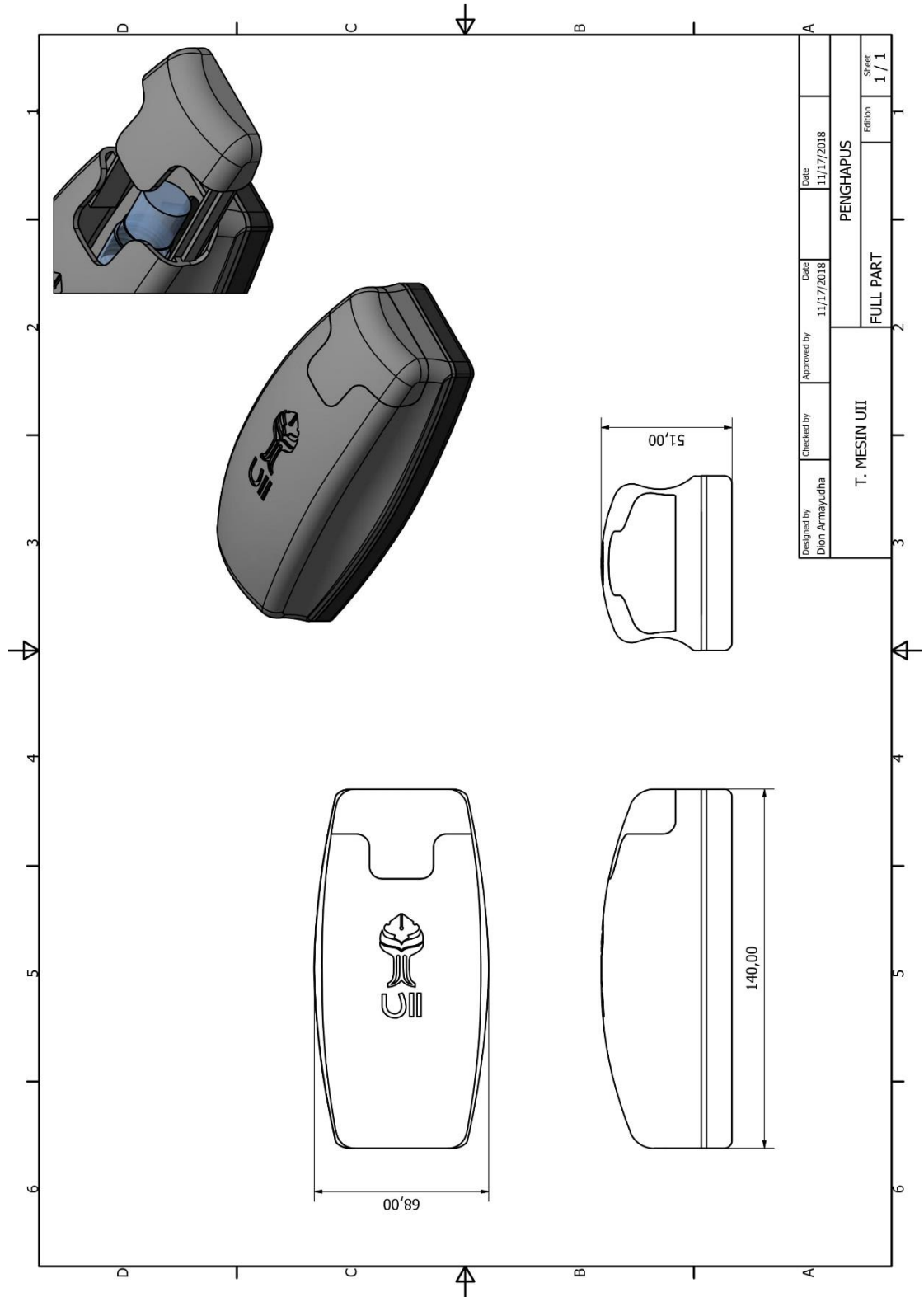
Pilihlah jawaban dengan cara memberi tanda (√) pada kolom jawaban yang telah tersedia pada desain yang akan dipilih.

NO	Desain	Fitur	Jawaban
1		1. Tombol penyemprot berada didalam (harus membuka terlebih dahulu sebelum pemakaian). 2. Bagian alas bisa dilepas pasang untuk memudahkan penggantian	

2		<ol style="list-style-type: none"> 1. Bentuk menyerupai mouse komputer 2. Tombol penyemprot menonjol keluar 3. Bagian alas bisa dilepas pasang untuk memudahkan penggantian 	
3		<ol style="list-style-type: none"> 1. Bentuk bergelombang 2. Tombol penyemprot menonjol keluar 3. Bagian alas bisa dilepas pasang untuk memudahkan penggantian 	
4		<ol style="list-style-type: none"> 1. Bentuk menyerupai mouse komputer 2. Penyemprot aktif otomatis jika tangan sudah mendekati penghapus (sensor jarak) 3. Bagian alas bisa dilepas pasang untuk memudahkan penggantian 	

LAMPIRAN 2

DESAIN PENGHAPUS WHITEBOARD



Improve this one
without
making this
one worse

Productivity	Efficiency of assembly and	Adaptability or versatility	Ease of repair	Convenience of Use	Object generated harmful	Manufacturing precision	Measurement accuracy	Quantity of substance	Loss of time	Loss of substance	Loss of energy	Use of energy by a	Use of energy by a	Illustration intensity	Duration of action a	Stability of the objects	Shape	Force (intensity)	Speed	Volume of stationary object	Area of stationary object	Length of stationary object	Length of moving object	Weight of moving object
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
40.28	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15.8	29.7	20.2	2.5	18.8	18.7	40.6	1.85	28.7	5.34	6.29	6.1	16.7	18.19	20.1	21									

FORD
TIVITY

FCATI

