

**Perancangan Mesin Penggulung *Abrasive Belt Sander* untuk
Mereduksi Waktu Penggulungan pada *Painting Department* PT
Yamaha Indonesia**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-
1 Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri**

Universitas Islam Indonesia



Nama : Kurniawan Widya Wardana

No. Mahasiswa : 20522262

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri. Semua ide, informasi serta hasil dari penelitian yang disajikan dalam tugas akhir ini adalah orisinal dan berasal dari upaya saya pribadi. Saya telah dengan cermat mengutip semua sumber referensi yang digunakan, baik yang berupa tulisan, data ataupun pendapat dari pihak lain, serta telah saya sertakan daftar referensi yang lengkap sesuai dengan aturan penulisan yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa tugas akhir ini tidak pernah diajukan sebagai karya tulis sebelumnya. Apabila dikemudian hari karya tulis ini terbukti bahwa pengakuan ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah, saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 28 April 2024



(Kurniawan Widya Wardana)

NIM. 20522262

SURAT BUKTI PENELITIAN

PT. YAMAHA INDONESIA
Jl. Rawagelam I/5, Kawasan Industri Pulogadung
Jakarta 13930 Indonesia, P.O. Box. 1190/JAT
Telp. : (62 - 21) 4619171 (Hunting) Fax. : 4602864, 4607077

Confidenti

SURAT KETERANGAN

No. : 50/YI/PKL/II/2024

Kami yang bertandatangan dibawah ini, Bagian Human Resource Development (HRD)
PT. YAMAHA INDONESIA dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Kurniawan Widya Wardana
Nomor Induk Mahasiswa : 20522262
Jurusan : Teknik Industri
Fakultas : Teknologi Industri
Alamat : UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA –YOGYAKARTA

Telah melakukan penelitian dan pengamatan untuk penyusunan Tugas Akhir dengan Judul
"Perancangan Mesin Penggulung Belt Abrasive untuk Mereduksi Cycle Time pada Departmen
Painting PT. Yamaha Indonesia".

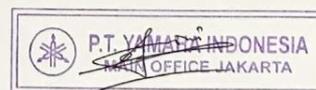
Program ini dilaksanakan mulai Tanggal 5 September 2024 sampai dengan 29 Februari 2024.
Kami mengucapkan terima kasih atas usaha dan partisipasi yang telah diberikan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 29 Februari 2024

HRD Department

PT. YAMAHA INDONESIA

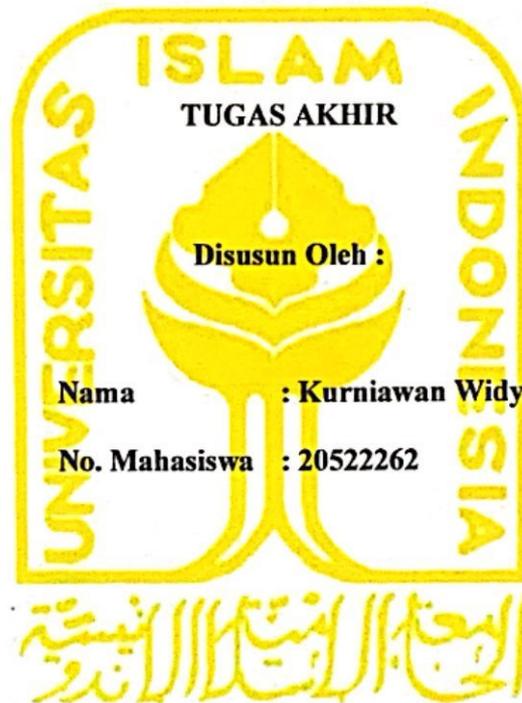


Muhammad Isnaini
Manager HRD

CC: - Arsip

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**Perancangan Mesin Penggulung *Abrasive Belt Sander* untuk
Mereduksi Waktu Penggulungan pada *Painting Department* PT
Yamaha Indonesia**



Nama : Kurniawan Widya Wardana

No. Mahasiswa : 20522262

Yogyakarta, 29 April 2024

Dosen Pembimbing

(Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**Perancangan Mesin Penggulung *Abrasive Belt Sander* untuk
Mereduksi Waktu Penggulungan pada *Painting Department* PT
Yamaha Indonesia****TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh :

Nama : Kurniawan Widya Wardana

No. Mahasiswa : 20 522 262

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Jakarta, 29 Februari 2024

Tim Penguji

Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.

Ketua

Ir. Muchammad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM

Anggota I

Muhammad Isnaini

Anggota 2


5 Mei 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin

Kupersembahkan karya tulis ini untuk Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT yang selalu memberikan petunjuk serta anugerahnya.

Teruntuk ayah dan ibu serta saudara-saudara saya, yang telah memberikan kepercayaannya kepada saya untuk menyelesaikan tanggung jawab saya sebagai mahasiswa.

Teruntuk para dosen yang telah membagikan ilmu baik secara akademik maupun secara non-akademik.

HALAMAN MOTTO

“With great power comes great responsibility”

(Stan Lee)

*“Maka sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah
kesulitan itu ada kemudahan”*

(QS:Al-Insyirah: 5-6)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Bismillahirrahmannirrahim

Segala puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, dengan limpahan Rahmat dan inayah-nya, memberikan kekuatan serta petunjuk dalam menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi umat manusia.

Proses pelaksanaan Tugas Akhir tidak lepas dari berbagai kendala dan tantangan. Namun, dengan kebijaksanaan Allah SWT dan dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak, penulis berhasil mengatasi setiap rintangan yang muncul. Kesulitan tersebut sekaligus menjadi bekal berharga untuk meningkatkan keterampilan dan pemahaman di dunia kerja.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini dilakukan dengan penuh rasa Syukur, sebagai bentuk pengabdian dan implementasi ilmu yang diperoleh selama berkuliah di Program S1 Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah turut serta mendukung dan membimbing selama proses pelaksanaan Tugas Akhir. Melalui laporan ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu dan teknologi di masa yang akan datang. Oleh karena itu, izinkan penulis untuk mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas segala atas segala Rahmat dan rezeki-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku ketua jurusan Teknik Industri.
4. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., PhD., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana.

5. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Bapak M. Syahfatahillah selaku Manajer Departemen *Production Engineering(PE)*.
7. Seluruh staff dan karyawan *Production Engineering*, yang memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.
8. Bapak Nur Hidayat dan Bapak Rahmat selaku Kepala Kelompok *Sanding Panel UP* yang membantu penulis pada saat di lapangan.
9. Seluruh karyawan pada kelompok *Sanding Panel UP* yang telah membantu penulis ketika berada di lapangan.
10. Bapak Suratno S.Pd. dan Ibu Musriyatun S.Pd. selaku orang tua penulis yang selalu memberikan kepercayaan, dukungan dan doanya kepada penulis untuk menempuh perkuliahan di Program Studi Teknik Industri Program Sarjana.
11. Saudari Maharani Dyan Pratiwi S.Pd.I., M.Pd. dan Saudara Puspita Widhy Pradana S.Kom. beserta keluarga yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
12. Saudari Fadila Herannisa A.Md. Farm. yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.
13. Seluruh teman-teman Mahasiswa Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan semangat dalam pelaksanaan Tugas Akhir.

Jakarta Timur, 27 Februari 2024



Kurniawan Widya Wardana

NIM 20522262

ABSTRAK

PT Yamaha Indonesia melakukan usaha untuk meningkatkan produktivitas pada bagian kerja *sanding panel UP painting department*. Bagian kerja *sanding panel UP* mempunyai *waste* pada proses kerja menggulung *belt abrasive* yang mempunyai waktu proses dan mempunyai intensitas proses yang tinggi. Hal tersebut menjadi dasar pemikiran dari penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin penggulung *belt abrasive* yang sesuai dengan kebutuhan operator terkait sebagai bentuk peningkatan efisiensi waktu. Metode *kansei engineering* digunakan untuk pengumpulan data kebutuhan operator dan metode TRIZ digunakan sebagai metode untuk merancang mesin penggulung *belt abrasive*. Pengumpulan data *kansei engineering* menghasilkan 11 atribut kebutuhan yaitu mudah digunakan, mudah dijangkau, kecepatan, ringkas, aman, fleksibel dan hemat energi. Atribut kebutuhan tersebut digunakan sebagai parameter dalam pengolahan data analisis kontradiksi yang menghasilkan solusi *inventive* dari permasalahan terkait kebutuhan operator. Berdasarkan solusi *inventive* yang dihasilkan diperoleh hasil desain mesin penggulung *belt abrasive* yang sesuai dengan kebutuhan operator dengan tingkat signifikansi 5%. Kemudian berdasarkan perhitungan waktu penggulangan yang dihasilkan dari penetapan kecepatan RPM diperoleh hasil bahwa mesin penggulung *belt abrasive* efektif untuk mereduksi proses kerja menggulung *belt abrasive*.

Kata Kunci : Mesin penggulung belt abrasive, kansei engineering, efisiensi waktu, TRIZ

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Literatur	5
2.1.1 <i>State Of Art</i>	10
2.2 Landasan Teori	17
2.2.1 Produktivitas	17
2.2.2 Kaizen	17
2.2.3 Efisiensi Waktu	18
2.2.4 <i>Work Sampling</i>	18
2.2.5 <i>Kansei Engineering</i>	18
2.2.6 <i>TRIZ</i>	21
2.2.7 Rumus-rumus Perhitungan Umum.....	37
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Fokus dan Tempat Penelitian.....	40

3.1.1	Fokus Penelitian	40
3.1.2	Tempat Penelitian.....	40
3.2	Metode Pengumpulan Data.....	40
3.3	Metode Pengolahan Data	41
3.3.1	<i>Kansei Engineering</i>	41
3.3.2	Uji Validitas	42
3.3.3	Uji Reliabilitas	42
3.3.4	TRIZ.....	43
3.4	Alur Penelitian	44
3.5	Alat Yang Digunakan	46
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		48
4.1.1	Pengumpulan Data	48
4.1.2	Proses Pergantian <i>Belt Abrasive</i>	48
4.1.3	Waktu Penggulungan <i>Belt Abrasive</i>	48
4.1.4	Profil Responden.....	50
4.1.5	<i>Kansei Words</i>	50
4.1.6	Identifikasi Kebutuhan Responden	51
4.2	Pengolahan Data	52
4.2.1	Uji Validitas	52
4.2.2	Uji Reliabilitas	53
4.2.3	Proses Aplikasi TRIZ.....	54
4.2.4	<i>Function Analysis</i>	54
4.2.5	<i>Model of Problem</i>	54
4.2.6	Analisis Kontradiksi.....	56
4.2.7	<i>Improving Feature</i>	57
4.2.8	<i>Worsening Feature</i>	58
4.2.9	Analisis Matrik Kontradiksi	58
4.2.10	<i>Inventive Principles</i>	60
4.2.11	Perhitungan Perencanaan Mesin Penggulung <i>Belt Abrasive</i>	61
4.2.12	Perhitungan Perkiraan Waktu dengan Kecepatan 100 RPM.....	62
4.2.13	Perhitungan Perkiraan Waktu dengan Kecepatan 180 RPM.....	64
4.2.14	Perhitungan Perkiraan Waktu dengan Kecepatan 300 RPM.....	67
4.2.15	Virtual Desain	70

4.2.16	Prinsip Kerja Desain	73
4.3	Uji Kesesuaian Desain	74
4.3.1	Anggaran Biaya.....	75
BAB V	PEMBAHASAN	77
5.1	Analisis Kebutuhan Operator.....	77
5.2	Analisis <i>Inventive Principles</i>	78
5.2.1	Atribut Mudah Digunakan	78
5.2.2	Atribut Mudah Dijangkau	79
5.2.3	Atribut Kecepatan	80
5.2.4	Atribut Ringkas	81
5.2.5	Atribut Aman	82
5.2.6	Atribut Fleksibel.....	82
5.2.7	Atribut Hemat Energi.....	83
5.3	Analisis Perencanaan Waktu	83
BAB VI	PENUTUP	85
6.1	Kesimpulan	85
6.2	Saran	86
7	DAFTAR PUSTAKA.....	87
9	LAMPIRAN	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>State of Art</i>	10
Tabel 2. 2 TRIZ 39 Parameter.	22
Tabel 2. 3 Penjelasan TRIZ 39 Parameter.	24
Tabel 2. 4 <i>Inventive Principles</i>	30
Tabel 3. 1 Skala likert	42
Tabel 4. 1 Rangkaian sub-aktivitas pergantian <i>abrasive</i>	48
Tabel 4. 2 Waktu penggulungan <i>belt abrasive</i>	49
Tabel 4. 3 Profil responden.	50
Tabel 4.4 <i>Kansei words</i>	51
Tabel 4.5 Identitas kebutuhan responden.....	52
Tabel 4.6 Uji validitas.	53
Tabel 4.7 Uji reliabilitas.....	53
Tabel 4.8 <i>Model of Problem</i>	55
Tabel 4.9 Analisis kontradiksi.....	56
Tabel 4.10 <i>Improving feature</i>	57
Tabel 4.11 <i>Worsening feature</i>	58
Tabel 4.12 Analisis matriks kontradiksi.	59
Tabel 4.13 Solusi <i>inventive principles</i>	60
Tabel 4. 14 Uji kesesuaian desain.	74
Tabel 4.15 Anggaran biaya <i>prototype</i>	75
Tabel 4.16 Biaya tambahan anggaran <i>prototype</i>	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik data <i>work sampling</i>	2
Gambar 2. 1 Proses desain produk metode <i>Kansei Engineering</i>	20
Gambar 2. 2 Pendekatan pemecahan masalah TRIZ	22
Gambar 2. 3 <i>Contradiction Matrix</i>	30
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	44
Gambar 4. 1 Proses Penggulungan <i>Belt Abrasive</i> Secara Manual.	49
Gambar 4. 2 <i>Function Analysis</i>	54
Gambar 4. 3 Desain 3D mesin penggulung <i>belt abrasive</i>	70
Gambar 4.4 Tampak depan mesin penggulung <i>belt abrasive</i>	70
Gambar 4.5 Tampak samping mesin penggulung <i>belt abrasive</i>	71
Gambar 4.6 Komponen kopel penggulung <i>belt abrasive</i>	71
Gambar 4.7 Komponen <i>barier</i> penggulung <i>belt abrasive</i>	72
Gambar 4. 8 Komponen tuas <i>switch</i>	72
Gambar 4. 9 Komponen <i>emergency button</i>	73
Gambar 5. 1 Komponen garpu <i>roller</i>	79
Gambar 5. 2 Komponen tuas otomatis.....	81
Gambar 5. 3 Diagram pengurangan waktu penggulungan <i>belt abrasive</i>	84

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Yamaha telah dikenal luas sebagai sebuah perusahaan yang memproduksi berbagai macam produk, termasuk alat musik. Salah satu produknya yang telah dikenal oleh dunia adalah piano yang mempunyai kualitas tinggi. Produk piano telah dipasarkan ke berbagai negara.

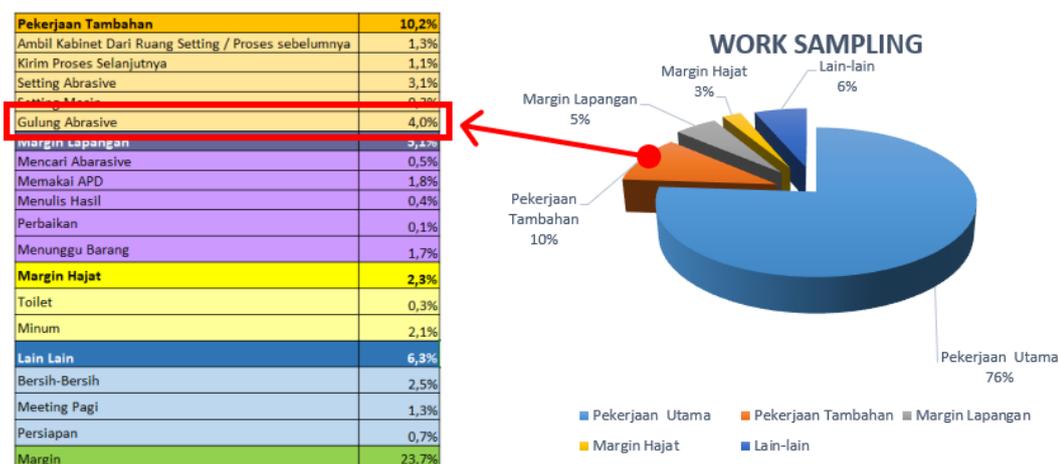
PT Yamaha Indonesia merupakan sebuah perusahaan dibawah naungan Yamaha Corporation yang berfokus pada produksi alat musik, terutama piano serta bagian atau *part* dari alat musik piano. PT Yamaha Indonesia berdedikasi dalam menghadirkan alat musik yang mempunyai kualitas tinggi dalam dunia musik. Sebagai salah satu perusahaan manufaktur di Indonesia, PT Yamaha Indonesia telah didirikan sejak tahun 1988 dengan memproduksi 2 jenis piano yaitu jenis *Grand Piano* dan *Upright Piano*.

Dalam proses bisnisnya, PT Yamaha Indonesia menerapkan budaya *kaizen* seperti perusahaan-perusahaan Jepang pada umumnya. Di Dalam bahasa jepang, *kaizen* merupakan perbaikan yang berkesinambungan atau berkelanjutan (*continuous improvement*) (Paramita, n.d.). Kunci dari penerapan konsep *kaizen* adalah keinginan untuk berubah, maju serta memprioritaskan kualitas, serta selalu memberikan upaya yang konsisten.

Tujuan dari penerapan konsep *kaizen* di PT Yamaha Indonesia adalah untuk meningkatkan produktivitas dalam kegiatan produksinya. Produktivitas merupakan rasio dari sejumlah volume *output* yang dikeluarkan terhadap jumlah *input* yang diikutsertakan. *Output* merupakan hasil yang diperoleh dari pengolahan *input* yang digunakan, baik yang merupakan *value added* maupun *non-value added* dalam proses produksi. Sedangkan input merupakan semua sumber daya yang dipakai dalam suatu proses yang terdiri dari 5M yaitu *man, material, machine, money* dan *method*.

Dalam upaya untuk mencapai target produktivitas yang diinginkan, banyak variabel yang dilibatkan dalam prosesnya. Salah satu dari variabel tersebut adalah efisiensi waktu. Efisiensi waktu dalam proses produksi didefinisikan sebagai waktu yang digunakan dalam suatu proses manufaktur dapat dimanfaatkan secara optimal dalam tujuan untuk menghasilkan *output* yang diharapkan. Efisiensi waktu dalam produktivitas terbagi menjadi 2 yaitu *value added* dan *non-value added*. *Value added* merupakan pekerjaan

yang dilakukan dengan tujuan untuk memberikan nilai tambah secara langsung. Nilai tambah yang diberikan berguna untuk mendeskripsikan nilai ekonomi yang ditambahkan pada produk. Sedangkan *non-value added* merupakan pekerjaan yang tidak memberikan kontribusi terhadap penambahan nilai suatu produk.



Gambar 1. 1 Grafik data *work sampling* bagian kerja *Sanding Panel UP*

Berdasarkan data *work sampling* yang ada di *Sanding Panel UP*, diketahui bahwa terdapat pekerjaan yang mempunyai persentase tertinggi dalam jenis *non-value added* di bagian produksi *Sanding Panel UP* adalah kegiatan menggulung *abrasive* dengan persentase sebesar 4%. Apabila hasil persentase tersebut dikonversi dalam menit dengan jumlah operator yang menggunakan mesin *belt sander* dan *level sander* pada saat observasi *work sampling* dilakukan sebanyak 7 orang maka akan dihasil waktu selama 130,52 menit digunakan untuk aktivitas menggulung *belt abrasive*. Artinya, seorang operator menghabiskan waktu selama 18,65 menit dari 8 jam kerjanya untuk menggulung *belt abrasive*. Kegiatan menggulung *belt abrasive* menjadi pekerjaan yang harus dilakukan setiap penggantian *abrasive* pada mesin *level sander* dan *belt sander*. Pekerjaan ini dilakukan dengan tujuan meringkas *abrasive* bekas pakai sebelum nantinya dibuang dan untuk mempermudah *setting abrasive* baru yang akan dipakai.

Sebagai bentuk perbaikan dari masalah tersebut, perlu dilakukan perancangan mesin atau alat bantu yang dapat digunakan oleh operator untuk membantu pekerjaannya dalam menggulung *belt abrasive*. Perancangan mesin perlu memperhatikan kebutuhan dan keinginan operator, sehingga alat yang dirancang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan operator. Selain itu, mekanisme dari mesin penggulung *belt abrasive* ini masih perlu

dilakukan perancangan yang matang sehingga tidak terdapat kesalahan desain. Kesalahan pada prinsip kerja alat dapat menimbulkan masalah seperti tidak ergonomisnya alat dan berakibat pada beban kerja operator yang meningkat.

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis mengangkat topik tugas akhir berjudul “Perancangan Mesin Penggulung *Abrasive* untuk Mereduksi Waktu Penggulungan *pada Painting Department* PT Yamaha Indonesia”. Perancangan alat atau mesin ini bertujuan untuk memperbaiki *cycle time* serta memperbaiki rasio atau persentase waktu antara pekerjaan *value added* dan *non-value added*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kebutuhan operator *sanding panel UP* terkait dengan perencanaan mesin penggulung *belt abrasive*.
2. Bagaimana desain dari mesin penggulung *belt abrasive* yang dapat mengurangi waktu penggulungan serta sesuai dengan kebutuhan operator.
3. Bagaimana perencanaan perbaikan waktu penggulungan *belt abrasive* dengan menggunakan mesin penggulung *belt abrasive*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut beberapa tujuan dari perancangan mesin penggulung *abrasive*:

1. Mengetahui kebutuhan operator *sanding panel UP* terkait dengan perencanaan mesin penggulung *belt abrasive*.
2. Merancang desain mesin penggulung *belt abrasive* yang dapat memperbaiki waktu penggulungan serta sesuai dengan kebutuhan operator.
3. Mengetahui perencanaan perbaikan waktu penggulungan *belt abrasive* dengan menggunakan mesin penggulung *belt abrasive*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari perancangan mesin penggulung *abrasive* untuk bagian *Sanding Panel UP*, yaitu:

1. Manfaat untuk penulis

Manfaat untuk penulis adalah penulis dapat mengembangkan keterampilan dalam pengumpulan data dan analisis data serta dapat memahami permasalahan secara lebih komprehensif.

2. Manfaat untuk perguruan tinggi

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pustaka bagi perguruan tinggi dan penelitian selanjutnya serta menambah informasi ilmiah terkait pengaplikasian keilmuan teknik industri di dunia nyata.

3. Manfaat untuk perusahaan

Manfaat yang diharapkan adalah mesin penggulung *belt abrasive* yang dirancang dapat dilakukan pengujian serta implementasi dari rancangan desain mesin untuk dapat menurunkan *non-value added time*.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan masalah dalam perancangan ini yaitu:

1. Penelitian berfokus pada bagian *Sanding Panel UP* Departemen *Painting* PT Yamaha Indonesia untuk pengumpulan data
2. Fokus dari penelitian ini adalah pada prinsip kerja serta mekanisme dari mesin penggulung *belt abrasive*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Agus Supriyadi dan Athika Sidhi Cahyana (2019) melakukan penelitian yang berjudul ‘Peningkatan Produktivitas Melalui Upaya *Environmental Risk Analysis* untuk Mendukung Pelaksanaan *Green Productivity*’ yang membahas mengenai permasalahan pencemaran yang terjadi pada industri gula. Penelitian ini dilakukan sebagai upaya menjaga limbah hasil proses produksi menjadi lebih ramah lingkungan dan meningkatkan produktivitas sebagai bentuk perbaikan proses. Data yang diperlukan sebagai bahan di penelitian yang dilakukan adalah berupa data peluang resiko dan data komponen lingkungan yang berkaitan. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan analisis semi kuantitatif. Setelah dilakukan analisis kemudian diidentifikasi menggunakan *fishbone diagram* untuk mengetahui sebab dan akibat serta untuk melakukan penyusunan alternatif solusi. Analisis yang dilakukan untuk mengukur kinerja lingkungan menghasilkan penilaian resiko lingkungan kegiatan produksi yang paling banyak menyebabkan dampak lingkungan adalah proses minyak pelumasan turbin.

Mariusz Niekurzak, Wojciech Lewicki, Hasan Huseyin Coban dan Milena Bera (2023) melakukan penelitian yang berfokus pada optimalisasi proses produksi di industri otomotif dengan menerapkan metodologi *Single Minute Exchange of Die (SMED)* untuk mengurangi waktu pergantian dan meningkatkan efisiensi produksi. Studi yang dilakukan ini menganalisis kasus penggunaan teknik SMED oleh perusahaan manufaktur otomotif dalam mengoptimalkan produksi suku cadang tertentu. Dari analisis tersebut diperoleh hasil bahwa penerapan SMED secara signifikan mengurangi waktu proses pergantian sebesar 291,4 detik, sehingga dapat mengurangi beban kerja operator serta meningkatkan efisiensi produksi. Penelitian ini juga mempelajari mengenai potensi manfaat finansial dari penerapan metode SMED, yang menunjukkan bahwa metode tersebut dapat menghasilkan penghematan biaya yang besar serta meningkatkan profit dalam industri otomotif (Niekurzak et al., 2023).

Adapun penelitian dilakukan oleh (Kristiawan et al., 2021) yang mempunyai tujuan untuk membuat rancang bangun mesin *press* untuk memberikan pemecahan masalah berupa inovasi atau *improvement* pada proses pemasangan *snap ring* secara semi otomatis menggunakan sistem pneumatik sehingga dapat mereduksi *cycle time* sesuai dengan tabel standarisasi kerja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Root Cause Analysis (RCA)*. Metode RCA membantu mengidentifikasi penyebab masalah dan mengambil langkah-langkah untuk menghilangkan penyebabnya. Setelah masalah teridentifikasi dilakukan perancangan mesin yang dilakukan selama 1 bulan. Dilanjutkan dengan pengujian *cycle time* sebanyak 30 kali dengan tekanan 0,4 MPa. Berdasarkan data yang diperoleh diketahui *cycle time* pada *assembly transmission FF* adalah 98,015 detik. Kemudian setelah adanya mesin tersebut, *cycle time* pada *assembly transmission FF* menjadi 94,6 detik. Terdapat perbedaan sebesar 3,4 detik dengan persentase pengurangan sebesar 3,48%.

Adapun penelitian yang dilakukan oleh (Restantin et al., 2012) dengan topik mengenai perancangan produk yang terintegrasi dengan pendekatan ergonomi dan penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *kansei engineering*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan desain yang memberikan kenyamanan secara *anthropometri* kepada pengguna meja kursi yang sedang dirancang. Langkah awal pada penggunaan metode *kansei engineering* adalah diawali dengan identifikasi kebutuhan konsumen terkait produk dari segi ergonomis dan *images* produk, ekstraksi parameter produk yang dapat memuaskan konsumen, mengembangkan *kansei engineering* sebagai teknologi ergonomis, serta penyesuaian desain produk berdasarkan preferensi konsumen. Data penelitian dikumpulkan dengan menggunakan *nordic body map* untuk mengetahui bagian tubuh yang mengalami keluhan dari tubuh pengunjung yang diukur. Tahapan analisis pada penelitian ini menyajikan perbandingan nilai faktor setiap atribut dari dua konsep produk meja dan kursi. Produk meja dan kursi portabel yang dibutuhkan pengunjung dan pemilik rumah menggunakan konsep *folding* dan *combination*. Metode *Kansei Engineering* telah menjadi metode yang populer digunakan dalam perancangan, dibuktikan dengan penelitian yang mengaplikasikan *kansei engineering* dalam perancangan kabin pesawat terbang (Y. Ge et al., 2023). Penelitian tersebut membuktikan bahwa *kansei engineering* efektif diterapkan pada desain kabin pesawat terbang, dan menghasilkan rekomendasi bahwa unsur sensorik dan tindakan manusia berhubungan langsung dengan persepsi emosional yang mempunyai dampak besar dalam proses desain kabin pesawat. Penerapan *kansei* memungkinkan untuk mencapai efisiensi penerapan material yang dapat

memenuhi kebutuhan persepsi manusia dan perancangan tata letak sehingga dapat mendorong pengembangan pesawat terbang dan meningkatkan tingkat kepraktisannya. Tak hanya itu, menurut (Meylia Vivi P., 2022) dengan metode *kansei engineering* dapat memberikan gambaran konsumen terhadap kriteria desain produk yang diharapkan oleh konsumen.

Pada Penelitian yang dilakukan oleh Muluken Abebe pada tahun 2022, mengeksplorasi penerapan *lean manufacturing* untuk memperbaiki waktu tunggu produksi di *Hibret Manufacturing & Machine Building Industries (HMMBI)* di Ethiopia. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dan konsumsi sumber daya, dengan fokus pada meminimalkan waktu tunggu produksi. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah pengumpulan data kualitatif dan kuantitatif, studi ini mengidentifikasi pengurangan yang signifikan dalam waktu tunggu produksi, waktu yang tidak menambah nilai dan total jarak tempuh *handling*. Hasil dari penelitian itu menunjukkan bahwa penerapan prinsip-prinsip *lean manufacturing* sangat penting untuk meningkatkan kinerja dan mengurangi waktu tunggu produksi, yang mempunyai implikasi potensial pada pengaturan manufaktur serupa. Selain itu, studi ini memberikan wawasan berharga dan implikasi praktis untuk meningkatkan produktivitas dengan menerapkan *lean manufacturing*.

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Xua Gong, Zhuen Guo dan Zhongqu Xie pada tahun 2022 yang dilatarbelakangi oleh adanya *market* potensial dikarenakan *demand* pada produk tempat alat tulis dari bambu di China. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang produk tempat alat tulis bolpoin yang terbuat dari bambu. Metode yang digunakan dalam merancang produk adalah dengan integrasi antara metode *kansei engineering* dan *design thinking*. Alasan dipilih metode *kansei engineering* pada penelitian tersebut adalah untuk mengetahui preferensi emosional konsumen terkait dengan produk yang terbuat dari bambu. Dari total 37 responden yang bersedia dalam penelitian ini yang merupakan mahasiswa universitas serta dilibatkan 6 *designer* sebagai responden tambahan dihasilkan skor tertinggi dari representasi *kansei engineering* sebesar 38. Selanjutnya dilakukan tahapan analisis dan validasi dari data yang diperoleh. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mengoptimalkan produk yang *sustainable*, tetapi juga mengoptimalkan *product design process* serta mengurangi pemborosan *resource* dengan terobosan integrasi *kansei engineering* dan *design thinking* (Gong et al., 2022).

Pada penelitian “Perancangan Ulang Alat Pemotong Kerupuk Dengan Menggunakan Metode Triz” oleh (Christoforus et al., 2019) yang bertujuan untuk merancang ulang *part* pisau pemotong. Proses pemotongan untuk pembuatan kerupuk pisau hanya diletakkan di alat pemotong tanpa menggunakan penyangga apapun. Oleh karena itu, mengakibatkan posisi pisau bergoyang dan tidak stabil sehingga hasil pemotongan bervariasi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode TRIZ. Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data yang kemudian ditentukan identifikasi kriteria-kriteria yang diharapkan. Setelah rumusan masalah ditentukan kemudian dilakukan pengelompokan data antara pernyataan yang bertentangan. Langkah selanjutnya adalah membuat strategi perancangan dengan matriks kontradiksi. Kemudian, dilakukan perancangan alat pemotong kerupuk serta *prototype* dari perancangan yang dilakukan. Dan pada bagian analisis data dilakukan pengujian untuk mengetahui kesesuaian hasil terhadap tujuan yaitu peningkatan produktivitas, kerapian pemotongan dan hasil ketebalan pemotongan. Parameter yang digunakan dalam identifikasi adalah *strength* (#14), *Ease of Operation* (#33), dan *Shape* (#12). Setelah dilakukan perancangan, *prototyping* dan pengujian diperoleh hasil bahwa pemotongan lebih produktif karena dapat memotong 3 lontongan dalam 1 kali siklus rotasi alat, pisau lebih stabil serta faktor *safety* juga meningkat. Oleh karena itu, TRIZ dinilai dapat dimanfaatkan dalam perancangan produk. Menurut Chou, 2021 TRIZ menyediakan alat yang ampuh untuk memecahkan masalah produk, akan tetapi TRIZ memerlukan kapasitas tingkat tinggi dalam melakukan penalaran analogis dalam mengubah solusi TRIZ menjadi desain yang konkret.

Penelitian yang dilakukan oleh (Guo et al., 2023) membahas penerapan *intelligent manufacturing* pada lini produksi sebuah perusahaan yang menghadapi tantangan seperti kapasitas produksi yang rendah, waktu pembersihan dan penggantian yang berlebihan, serta tingkat kerusakan yang tinggi. Penelitian ini menggunakan metode seperti analisis kontradiksi (TRIZ) dan analisis *diagram fishbone* untuk menganalisis penggunaan peralatan, kapasitas produksi dan tingkat kecacatan pada produksi. Dari analisis yang dilakukan, dipilih strategi pemecahan masalah seperti meningkatkan intensitas pembersihan, mengubah tata letak *production line*, menambah peralatan dan melakukan optimalisasi proses. Kelayakan dari solusi yang diberikan dievaluasi berdasarkan faktor-faktor seperti kelayakan investasi menggunakan *break even point*, serta potensi peningkatan kapasitas produksi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penerapan analisis kontradiksi telah memungkinkan identifikasi masalah, pengurangan pemborosan, dan penyediaan solusi komprehensif untuk meningkatkan

fleksibilitas dan efisiensi produksi untuk transformasi kinerja teknis dalam berorientasi proses industri manufaktur.

Penggunaan metode *work sampling* telah dilakukan pada salah satu penelitian oleh (Umam et al., 2020) dengan penelitian yang berjudul “Optimalisasi Jumlah Kebutuhan Tenaga Kerja pada Stasiun Kerja Hoisting Crane Menggunakan Metode Work Sampling. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan waktu standar dan persentase waktu *delay* dari proses pembuatan suatu produk. Pengukuran waktu kerja bermanfaat dalam menentukan waktu yang digunakan oleh para operator dalam melakukan pekerjaan. Penelitian ini dilatarbelakangi karena pada stasiun kerja tersebut sering terlihat pekerja yang sering mengalami waktu menganggur. *Work sampling* dalam penelitian ini digunakan pengukuran waktu kerja, menghitung *allowance*, dan menghitung waktu tunggu serta dapat digunakan untuk mengukur beban kerja. Dari hasil pengolahan dan analisa data yang telah dilakukan diketahui bahwa rata-rata seluruh operator adalah sebesar 92,37%. Waktu standar yang diperlukan untuk pekerjaan menuangkan lori ke mesin Hooper Thresher sebesar 5,27 menit (Umam et al., 2020).

2.1.1 State Of Art

Tabel 2. 1 *State of Art.*

No	Judul Penelitian	Topik			Metode Penelitian		
		Peningkatan Produktivitas	Efisiensi Waktu	Perancangan Alat atau Produk	<i>Work sampling</i>	TRIZ	<i>Kansei Engineering</i>
1	Peningkatan Produktivitas Melalui Upaya <i>Environmental Risk Analysis</i> Untuk Mendukung Pelaksanaan <i>Green Productivity</i> . (Supriyadi & Athika Sidhi Cahyana, 2019)	✓					
2	<i>A Model to Reduce Machine Changeover Time and Improve Production Efficiency in an Automotive Manufacturing Organisation.</i>	✓	✓	✓			

No	Judul Penelitian	Topik			Metode Penelitian		
		Peningkatan Produktivitas	Efisiensi Waktu	Perancangan Alat atau Produk	Work sampling	TRIZ	Kansei Engineering
	(Niekurzak et al., 2023)						
3	Rancang Bangun Mesin Pemasang <i>Snap Ring</i> untuk Mengurangi <i>Cycle Time</i> pada <i>Assembling Transmission FF</i> di PT. AWI (Kristiawan et al., n.d.) .	✓	✓	✓			
4	Desain Prototipe Meja dan Kursi Pantai Portabel dengan Integrasi Pendekatan Ergonomi, <i>Value Engineering</i> dan <i>Kansei Engineering</i> (Restantin et al., 2012)			✓			✓

No	Judul Penelitian	Topik			Metode Penelitian		
		Peningkatan Produktivitas	Efisiensi Waktu	Perancangan Alat atau Produk	Work sampling	TRIZ	Kansei Engineering
5	<i>Application of Kansei Engineering in Aircraft Design</i> (Y. Ge et al., 2023)			✓			✓
6	<i>Redesign Sanjai Chips Packaging Using Kansei Engineering Method</i> (Faculty of Engineering, Atma Jaya Catholic University Indonesia, Jakarta et al., 2022)			✓			✓
7	<i>Production Lead Time Improvement Through Lean Manufacturing</i> (Gebeyehu et al., 2022)	✓	✓				

No	Judul Penelitian	Topik			Metode Penelitian		
		Peningkatan Produktivitas	Efisiensi Waktu	Perancangan Alat atau Produk	Work sampling	TRIZ	Kansei Engineering
8	<i>Using Kansei Engineering for the Design Thinking Framework: Bamboo Pen Holder Product Design</i> (Gong et al., 2022)			✓			✓
9	Perancangan Ulang Alat Pemotong Kerupuk dengan Menggunakan Metode TRIZ (Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya et al., 2019)			✓		✓	
10	<i>Research on Lean Improvement of A Powder Production</i>	✓	✓			✓	

No	Judul Penelitian	Topik			Metode Penelitian		
		Peningkatan Produktivitas	Efisiensi Waktu	Perancangan Alat atau Produk	Work sampling	TRIZ	Kansei Engineering
	<i>Line Based on Contradiction Analysis (Guo et al., 2023)</i>						
11	<i>Appearance Design Method of Smart Street Lamp Based on Kansei Engineering (J. Ge & Wang, 2022)</i>			✓			✓
12	<i>Affective-Blue Design Methodology for Product Design Based on Integral Kansei Engineering (Lian et al., 2022)</i>			✓			✓
13	<i>Reduction in Total Production Cycle Time by the Tool Holder for the Automated Cutting</i>	✓	✓				

No	Judul Penelitian	Topik			Metode Penelitian		
		Peningkatan Produktivitas	Efisiensi Waktu	Perancangan Alat atau Produk	Work sampling	TRIZ	Kansei Engineering
	<i>Insert Quick Exchange and by the Double Cutting Tool Holder (Vasilko & Murčinková, 2023)</i>						
14	<i>A TRIZ-Based Product Service Design Approach for Developing Innovative Products (Chou, 2021)</i>			✓		✓	
15	<i>Implementasi Metode Work Sampling Guna Mengukur Produktivitas Tenaga Kerja di CV. SINAR KROM SEMARANG (Izzhati & Anendra, 2012)</i>	✓	✓		✓		

No	Judul Penelitian	Topik			Metode Penelitian		
		Peningkatan Produktivitas	Efisiensi Waktu	Perancangan Alat atau Produk	<i>Work sampling</i>	TRIZ	<i>Kansei Engineering</i>
16	Optimalisasi Jumlah Kebutuhan Tenaga Kerja pada Stasiun Kerja Crane Menggunakan Metode <i>Work Sampling</i> (Umam et al., 2020)	✓	✓		✓		

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Produktivitas

Produktivitas merupakan suatu ukuran yang dimana berbagai sumber daya yang ada dipergunakan dengan baik sehingga tercapai hasil yang diinginkan (Jono, 2016). Sederhananya produktivitas adalah ukuran yang menunjukkan rasio antara keluaran dan masukan, yaitu besar *output* yang dihasilkan dari setiap masukan yang digunakan.

$$\text{Indeks produktivitas} = \frac{\text{Output yang dihasilkan}}{\text{Input yang dipergunakan}} \quad (2.1)$$

Dalam mengukur produktivitas, terdapat dua metode yang dapat digunakan yaitu *total factor productivity* dan *single factor productivity*. *Total factor productivity* adalah metode yang mengukur produktivitas secara keseluruhan suatu organisasi, dimulai dari input organisasi sampai dengan *output* dari organisasi tersebut. Sedangkan *single factor productivity* hanya mengukur produktivitas pada satu faktor saja. (Handoko, 2011)

Peningkatan produktivitas dapat terjadi apabila (J.Ravianto, 1985):

1. Produktivitas meningkat apabila *input* turun dan *output* tetap
2. Produktivitas meningkat apabila *input* turun dan *output* meningkat
3. Produktivitas meningkat apabila *input* tetap dan *output* meningkat
4. Produktivitas meningkat apabila peningkatan *input* lebih kecil terhadap kenaikan *output*
5. Produktivitas meningkat apabila penurunan *input* lebih kecil daripada penurunan *output*

2.2.2 Kaizen

Istilah *Kaizen* berasal dari bahasa Jepang, yang terdiri dari *kai* yang berarti perubahan dan *zen* yang mempunyai arti lebih baik, maka *kaizen* dapat diartikan sebagai perubahan menjadi lebih baik (Shinta Ratna, 2018). Dalam dunia industri *kaizen* secara umum dapat diartikan sebagai sebuah usaha peningkatan atau perbaikan yang dilakukan secara berkesinambungan. *Kaizen* mempunyai manfaat untuk peningkatan dalam semua aspek mulai dari proses produksi, kualitas produk serta kecepatan dan ketepatan pengiriman guna mengurangi biaya operasional hingga keselamatan kerja.

2.2.3 Efisiensi Waktu

Efisiensi produksi merupakan acuan untuk mengukur sejauh mana suatu organisasi dapat mencapai output yang diinginkan dengan menggunakan sumber daya yang tersedia secara optimal. Efisiensi waktu dipakai sebagai acuan untuk mengoptimalkan, baik dalam mengurangi waktu siklus atau mempercepat proses produksi secara keseluruhan

Cycle time atau waktu siklus merupakan waktu yang dibutuhkan dalam penyelesaian satu siklus lengkap dari suatu proses atau pekerjaan tertentu. Di dalam industri manufaktur, *cycle time* merupakan parameter penting dikarenakan hal tersebut sangat berpengaruh besar terhadap kapasitas produksi serta menjadi salah satu faktor penentu dalam menilai efisiensi suatu pekerjaan.

Cycle time berkaitan erat dengan produktivitas karena perbaikan dan pengelolaan *cycle time* yang efektif dapat meningkatkan produktivitas suatu perusahaan manufaktur. Meskipun seringkali dianggap sama dengan *lead time*, namun pada implementasinya *cycle time* merupakan aspek yang berbeda. *Cycle time* berfokus terhadap waktu yang dimanfaatkan untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaan, sedangkan *lead time* mencakup yang yang dibutuhkan dari awal hingga akhir untuk memenuhi permintaan pelanggan.

2.2.4 Work Sampling

Work sampling merupakan salah satu metode untuk mengumpulkan data yang nantinya dipergunakan untuk menghitung proporsi waktu yang digunakan oleh operator atau mesin dalam melakukan berbagai pekerjaan selama periode waktu yang telah ditentukan. Metode *work sampling* memberikan gambaran luas mengenai rasio penggunaan waktu kerja tanpa harus melakukan pengamatan terus-menerus. Metode ini dilakukan dengan dasar pemilihan acak sehingga hasil representasi waktu yang diamati dapat menjadi representatif waktu dari keseluruhan periode pengamatan. *Work sampling* dilakukan dengan melakukan kunjungan terhadap operator ataupun mesin dalam kurun waktu yang ditentukan secara acak dalam 1 hari kerja (Sanria & Hilman, 2022).

2.2.5 Kansei Engineering

Kansei Engineering merupakan sebuah metode yang digunakan dalam pengembangan produk serta desain yang mengintegrasikan elemen-elemen emosional pengguna dalam

proses perancangan. Prinsip dasar dari metode kansei engineering adalah untuk memahami dan mengukur respons emosional pengguna terhadap produk atau desain.

Dalam penggunaannya metode *Kansei Engineering* mempunyai beberapa macam sesuai dengan pemecahan masalah yang berbeda pada setiap tipenya. Berikut ini tipe-tipe metode *Kansei Engineering* (Nagamachi, 2001):

1. *Kansei Engineering (KE) Type 1 Category Classification*

Metode *KE Type 1* ini dilakukan dengan mengumpulkan *kansei words* yang berkaitan dengan konsep rancangan produk melalui berbagai cara seperti wawancara, studi literatur, kuesioner atau dengan cara lainnya. *Kansei words* yang telah dikumpulkan kemudian dikelompokkan dalam beberapa kategori berdasarkan dengan sifatnya, lalu *kansei words* tersebut dieliminasi berdasarkan dengan levelnya. *Kansei words* yang terpilih dapat digunakan untuk mewakili kelompok *kansei words*-nya.

2. *Kansei Engineering (KE) Type 2 Kansei Engineering System (KES)*

Metode KE tipe 2 mempunyai mekanisme pengumpulan dan pengolahan data yang sistematis dan statistik. Hal tersebut dilakukan untuk menghubungkan *kansei words* dengan sifat dari rancangan produk. Metode ini biasanya menggunakan *database* yang menggabungkan beberapa *kansei words* yang mempunyai hubungan antar data seperti pengetahuan, desain, warna atau gambar yang sesuai.

3. *Kansei Engineering (KE) Type 3 Hybrid Kansei Engineering System*

Pada metode KE tipe 3 mempunyai kemiripan dengan metode KE tipe 2. Namun, yang membedakan, KE tipe 3 ini hanya dapat mengolah *kansei words* menjadi parameter atau atribut yang digunakan dalam perancangan suatu produk. Metode KE tipe 3 ini memungkinkan penggabungan aspek *kansei words* dengan elemen-elemen baru atau pendekatan tambahan yang dapat meningkatkan efektivitas serta fleksibilitas dari proses pemecahan *kansei engineering*.

4. *Kansei Engineering (KE) Type 4 Kansei Engineering Modeling*

Metode KE tipe 4 mempunyai metode pengolahan data dengan menggunakan model matematis yang berguna dalam memprediksi atribut perasaan konsumen dalam bentuk *kansei words*.

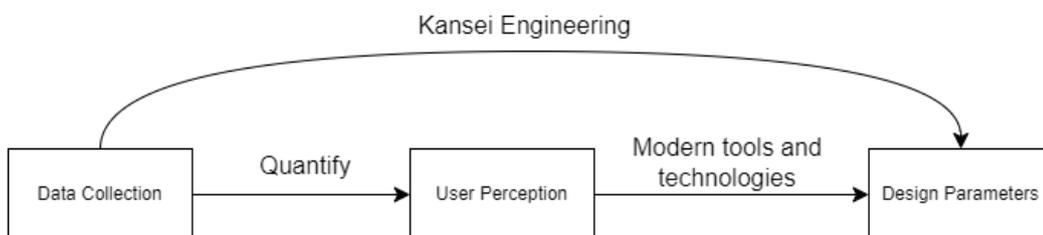
5. *Kansei Engineering (KE) Type 5 Virtual Kansei Engineering*

KE tipe 5 *virtual kansei engineering* merupakan pengembangan lebih lanjut *kansei engineering system* yang memanfaatkan teknologi seperti *virtual reality* untuk meningkatkan efektivitas *kansei engineering*.

6. *Kansei Engineering (KE) Type 6 Collaboration Kansei Engineering Designing*
KE tipe 6 merupakan jenis *kansei engineering* yang memanfaatkan sistem jaringan internet. Tipe ini mempunyai prinsip kerja dengan melakukan publikasi *kansei engineering system* supaya mendapatkan variabel yang diinginkan serta dapat dilihat pada segmentasi konsumen tertentu.

2.2.5.1 Tahapan Kansei Engineering

Kansei engineering merupakan metode yang menggunakan teori dasar yang memanfaatkan aspek desain sains, psikologi, kognitif serta hal-hal yang berkaitan atau relevan dengan persepsi manusia (Du et al., 2024). *Kansei engineering* sangat membantu dalam memahami persepsi pengguna dan kaitannya dengan karakteristik desain dari suatu produk. Dalam perancangan suatu produk, *kansei engineering* menjadi metode yang berfokus pada konsumen. Berikut ini merupakan aspek yang terdapat dalam metode *kansei engineering* (Xue et al., 2020):



Gambar 2. 1 Proses desain produk metode *Kansei Engineering*

Adapun berikut merupakan penjelasan dari masing-masing aspek:

1. *Data Collection*

Data Collection atau pengumpulan data menjadi tahapan awal yang berperan penting dalam proses memahami preferensi, persepsi serta respons kognitif pengguna terhadap suatu produk yang sedang dikembangkan. Metode pengumpulan data dalam *kansei engineering* dapat dilakukan dengan melalui proses wawancara, survei, studi literatur serta *brainsorming*.

2. *User Perception*

User perception merupakan hasil dari proses pengumpulan data pada metode *kansei engineering*. *User perception* terdiri dari *kansei words* yang telah diukur serta menjadi atribut yang valid untuk digunakan dalam perancangan produk.

3. *Design Parameters*

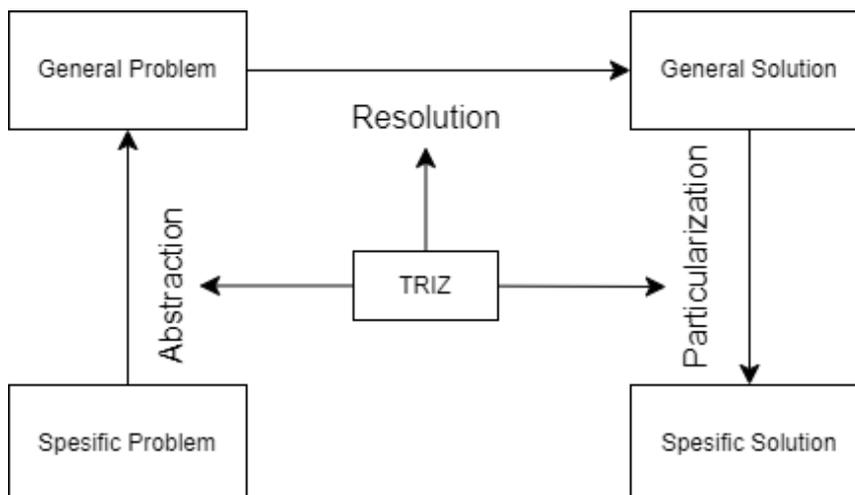
Design parameters adalah variabel yang digunakan sebagai dasar dalam proses desain yang bertujuan untuk mempengaruhi kualitas atau karakteristik produk yang dikembangkan. *Design parameters* terdiri dari berbagai atribut yang berhubungan dengan produk yang sedang dikembangkan, seperti dimensi, bentuk, warna, fitur suatu produk dan sebagainya yang berhubungan dengan persepsi pengguna produk. Dengan menggunakan *design parameters*, produk yang dikembangkan diharapkan dapat lebih sesuai dengan keinginan dan harapan dari konsumen.

2.2.6 **TRIZ**

Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) merupakan sebuah metode sistematis yang menggunakan kerangka kerja matriks kontradiksi untuk memecahkan masalah dan merancang inovasi. TRIZ menyediakan serangkaian prinsip pemecahan masalah yang dapat digunakan untuk mengatasi kendala atau hambatan umum dalam merancang atau memperbaiki produk. TRIZ dirancang untuk membantu para insinyur dan inovator dalam mengatasi hambatan-hambatan yang dapat muncul dalam proses perancangan atau penyelesaian masalah. Dengan menggunakan prinsip-prinsip TRIZ, diharapkan dapat membantu penulis untuk dapat menghasilkan sebuah solusi yang lebih kreatif, efisien dan mudah untuk diimplementasikan. TRIZ juga dipakai oleh banyak perusahaan sebagai alat untuk membuat strategi inovasi.

2.2.6.1 Model Pemecahan Masalah

Metode TRIZ mempunyai beberapa *tools* yang dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan dalam tujuan untuk mendapatkan solusi permasalahan. Pada dasarnya pendekatan metode TRIZ terdiri dari 4 unsur yaitu *specific problem*, *general problem*, *general solution*, dan *specific solution* (Tessari & De Carvalho, 2015). Dalam TRIZ, mempunyai pendekatan dengan pola yang berbeda dibandingkan dengan pemecahan masalah yang berurutan. Dalam pendekatan TRIZ, masalah akan digeneralisasikan dengan solusi yang umum kemudian dirinci untuk menghasilkan solusi permasalahan.



Gambar 2. 2 Pendekatan pemecahan masalah TRIZ

Pada TRIZ, identifikasi masalah dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa *tools* seperti *cause and effect chain analysis*, *function analysis*, dan *tools* lainnya. Kemudian, pada *general problem* dilakukan dengan menggunakan 39 *parameter* dan *contradiction matrix* untuk memecahkan masalah. Dari pemecahan masalah diperoleh *general solution* yang dapat berupa 40 *inventive principles* atau 76 *standard solutions*. Kemudian dari solusi yang diperoleh dengan menggunakan metode TRIZ, dipilih solusi spesifik yang dipilih menjadi solusi utama dari permasalahan.

2.2.6.2 TRIZ 39 Parameter

Berikut ini merupakan parameter yang digunakan dalam metode TRIZ (Ekmekci & Nebati, 2019):

Tabel 2. 2 TRIZ 39 Parameter.

No	TRIZ Parameter	No	TRIZ Parameter
1	Weight of moving object	21	Power
2	Weight of stationary object	22	Loss of energy
3	Length of moving object	23	Loss of substance

No	TRIZ Parameter	No	TRIZ Parameter
4	<i>Length of stationary object</i>	24	<i>Loss of information</i>
5	<i>Area of moving object</i>	25	<i>Loss of time</i>
6	<i>Area of stationary object</i>	26	<i>Quantity of substance</i>
7	<i>Volume of moving object</i>	27	<i>reliability</i>
8	<i>Volume of stationary object</i>	28	<i>Measurement accuracy</i>
9	<i>Speed</i>	29	<i>Manufacturing precision</i>
10	<i>Force(intensity)</i>	30	<i>Object-affected harmful</i>
11	<i>Stress of pressure</i>	31	<i>Object-generated harmful</i>
12	<i>Shape</i>	32	<i>Ease of manufacture</i>
13	<i>Stability of the object</i>	33	<i>Ease of operation</i>
14	<i>Strength</i>	34	<i>Ease of repair</i>
15	<i>Durability of moving object</i>	35	<i>Adaptability of versatility</i>
16	<i>Durability of non moving object</i>	36	<i>Device complexity</i>

No	TRIZ Parameter	No	TRIZ Parameter
17	Temperature	37	Difficulty of detecting
18	Illumination intensity	38	Extent of automation
19	Use of energy by moving	39	productivity
20	Use energy of stationary		

Adapun penjelasan dari setiap parameter yang digunakan dalam metode TRIZ, sebagai berikut(Chai et al., 2005):

Tabel 2. 3 Penjelasan TRIZ 39 Parameter.

No	Parameter	Penjelasan
1	<i>Weight of moving object</i>	Massa dari suatu objek yang terpengaruh gaya gravitasi normal (9,8m/s), serta terpengaruh pula dengan gaya terjadi pada objek tersebut untuk berpindah tempat, berubah arah atau berubah bentuk dari objek tersebut/
2	<i>Weight of stationary object</i>	Massa dari suatu objek yang hanya terpengaruh dengan gaya gravitasi normal (9,8m/s)
3	<i>Length of moving object</i>	Merupakan dimensi ukuran panjang dari suatu objek yang bergerak
4	<i>Length of stationary object</i>	Dimensi ukuran panjang dari suatu objek yang diam
5	<i>Area of moving object</i>	Mengacu pada ukuran atau area permukaan dari suatu objek yang mengalami pergerakan atau perubahan arah pada suatu sistem/
6	<i>Area of stationary object</i>	Mengacu pada area permukaan dari suatu objek diam atau tidak mengalami

No	Parameter	Penjelasan
		pergerakan serta perubahan arah dalam sebuah sistem.
7	<i>Volume of moving object</i>	Suatu ukuran <i>meter cubic</i> yang dimiliki oleh suatu objek. Ukuran tersebut diperoleh dari rumus seperti panjang \times lebar \times tinggi, dsb.
8	<i>Volume of stationary object</i>	Sama seperti <i>volume of moving object</i> .
9	<i>Speed</i>	Kecepatan dari suatu objek; ukuran dari waktu proses atau waktu kerja.
10	<i>Force(intensity)</i>	Ukuran gaya yang berinteraksi di dalam suatu sistem. Dalam SI mempunyai satuan <i>Newton</i> . Gaya yang berinteraksi sehingga mengubah kondisi dari suatu objek.
11	<i>Stress of pressure</i>	Satuan gaya per unit area. Dapat berarti tegangan yang terjadi pada objek.
12	<i>Shape</i>	Bentuk eksternal dari suatu objek. Penampilan dari suatu sistem atau objek.
13	<i>Stability of the object</i>	Keutuhan serta integrasi objek dalam sistem; hubungan antar komponen penyusun sistem. Stabilitas sistem atas gaya yang terjadi
14	<i>Strength</i>	Sejauh mana objek dapat mampu menahan perubahan sebagai respons terhadap gaya. Ketahanan akan kerusakan.
15	<i>Durability of moving object</i>	Suatu ukuran waktu dari suatu objek untuk melakukan suatu pekerjaan. Waktu rata-rata antar kerusakan atau kegagalan komponen. Daya tahan.
16	<i>Durability of non moving object</i>	Sama seperti parameter <i>durability of moving object</i>
17	<i>Temperature</i>	Kondisi termal suatu objek atau sistem. Kapasitas termal yang mampu ditahan

No	Parameter	Penjelasan
		objek atau sistem. Laju perubahan suhu.
18	<i>Illumination intensity</i>	Intensitas cahaya. Satuan fluks cahaya dalam satuan luas. Karakteristik pencahayaan, kecerahan atau kualitas cahaya
19	<i>Use of energy by moving</i>	Ukuran kapasitas objek dalam melakukan pekerjaan. Dalam fisika, energi merupakan hasil perkalian antara gaya yang terjadi dengan jarak tempuh dari suatu objek. Parameter ini mencakup penggunaan energi yang tersedia dalam <i>supra-system</i> . Energi yang dihabiskan untuk melakukan pekerjaan tertentu.
20	<i>Use energy of stationary</i>	Sama seperti parameter <i>use energy of moving object</i> .
21	<i>Power</i>	Suatu ukuran dari suatu pekerjaan selesai dilakukan. Ukuran dari penggunaan energi.
22	<i>Loss of energy</i>	Penggunaan energi yang tidak memberikan kontribusi dalam suatu pekerjaan. Penurunan dari energi yang terbuang terkadang dapat membutuhkan teknik yang berbeda dari peningkatan penggunaan energi.
23	<i>Loss of substance</i>	Pengurangan dari material sistem, zat, komponen atau subsistem yang dapat berkurang sebagian atau penuh, permanen atau sementara.
24	<i>Loss of information</i>	Hilangnya sebagian atau penuh, permanen atau sementara data atau akses terhadap data dalam atau oleh suatu sistem. Data tersebut dapat berupa data data sensorik seperti tekstur, aroma, dsb.
25	<i>Loss of time</i>	Hilang atau berkurangnya waktu dari penyelesaian suatu pekerjaan. Meningkatnya waktu yang terbuang

No	Parameter	Penjelasan
		dapat berarti mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
26	<i>Quantity of substance</i>	Jumlah dari keseluruhan bahan, zat, bagian atau subsistem suatu sistem yang dapat berubah sebagian atau penuh, permanen atau sementara.
27	<i>Reliability</i>	Kemampuan suatu sistem untuk menjalankan fungsi yang diharapkan menggunakan cara dan kondisi yang dapat diperkirakan.
28	<i>Measurement accuracy</i>	Kedekatan nilai yang terukur dengan nilai sebenarnya suatu subsistem atau sistem. Mengurangi kesalahan dalam suatu pengukuran akan meningkatkan keakuratan pengukuran.
29	<i>Manufacturing precision</i>	Sejauh mana karakteristik sebenarnya dari suatu subsistem atau sistem dengan karakteristik yang telah ditetapkan atau dibutuhkan.
30	<i>Object-affected harmful</i>	Kerentanan suatu subsistem atau sistem terhadap pengaruh eksternal dari sistem tersebut (Berbahaya).
31	<i>Object-generated harmful</i>	Efek berbahaya yang timbul. Efek yang mengurangi efisiensi, kualitas dari fungsi suatu objek atau sistem. Efek berbahaya ini dihasilkan dari objek atau sistem akibat dari proses operasinya.
32	<i>Ease of manufacture</i>	Kemudahan pembuatan. Tingkat fitur atau fasilitas. Kenyamanan atau kemudahan dalam pembuatan atau fabrikasi objek, subsistem atau sistem.
33	<i>Ease of operation</i>	Kemudahan pengoperasian. Kesederhanaan. Proses yang sulit jika memerlukan jumlah orang yang banyak, jumlah langkah dalam pengoperasiannya, keperluan terkait alat khusus, dsb. Proses yang tidak mudah mempunyai hasil yang rendah

No	Parameter	Penjelasan
34	<i>Ease of repair</i>	<p>dan proses yang mudah mempunyai tingkat hasil yang tinggi. Mudah untuk dilakukan dengan benar</p> <p>Kemudahan perbaikan. Karakteristik kemudahan, kenyamanan, kesederhanaan dan waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan, kesalahan, kegagalan atau cacat pada suatu sistem.</p>
35	<i>Adaptability of versability</i>	<p>Kemampuan adaptasi dan keserbagunaan. Sejauh mana suatu objek atau sistem merespons secara positif terhadap perubahan <i>suprasystem</i> atau eksternal. Sistem dapat dipergunakan dalam berbagai cara atau metode untuk kebutuhan berbagai keadaan.</p>
36	<i>Device complexity</i>	<p>Kompleksitas perangkat. Jumlah dan keragaman komponen atau elemen serta keterkaitan setiap elemen dengan sistem.</p>
37	<i>Difficult of detecting</i>	<p>Pengukuran atau pemantauan yang rumit, mahal, memerlukan banyak waktu dan tenaga untuk disiapkan dan digunakan. Mempunyai hubungan kompleks atau komponen atau komponen yang saling mengganggu untuk menunjukkan kesalahan atau ukuran. Meningkatkan biaya pengukuran hingga tingkat kesalahan yang besar merupakan tanda meningkatnya kesulitan dalam pengukuran.</p>
38	<i>Extent of automation</i>	<p>Sejauh mana suatu sistem atau objek berjalan fungsinya tanpa adanya peran operator. Tingkat otomatisasi yang rendah mempunyai tingkat penggunaan alat yang dioperasikan secara manual. Untuk tingkat otomatisasi menengah, manusia memprogram sistem tersebut, mengamati pengoperasiannya, dan menginterupsi proses kerja sesuai</p>

No	Parameter	Penjelasan
39	<i>productivity</i>	<p>dengan kebutuhan. Pada tingkat tinggi, sistem memprogram dirinya sendiri, mengoperasikannya sendiri dan memantau operasinya sendiri.</p> <p>Jumlah fungsi atau operasi yang dikerjakan oleh suatu sistem per satuan waktu. Waktu digunakan sebagai fungsi atau operasi unit. <i>Output</i> per satuan waktu, atau biaya per unit <i>output</i>.</p>

2.2.6.3 Matriks Kontradiksi

Matriks kontradiksi merupakan *tools* yang digunakan untuk mengidentifikasi kontradiksi yang terjadi dalam suatu sistem. Dalam sebuah sistem, kontradiksi merupakan situasi yang dimana terdapat 2 parameter yang saling bertentangan atau saling membatasi (Karabasevic, 2020). Dengan dua parameter yang saling bertentangan, akan menyebabkan permasalahan dalam upaya meningkatkan salah satu parameter tanpa mengorbankan parameter yang lainnya.

Kontradiksi antara dua parameter ini dapat diselesaikan dengan menggunakan matriks kontradiksi yang telah disediakan oleh metode TRIZ. Dalam TRIZ terdapat 39 parameter yang saling membentuk matriks kontradiksi. Dari 39 parameter tersebut akan menghasilkan beberapa *inventive solution* yang menjadi atribut dalam pemecahan masalah. Matriks kontradiksi dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

Contradiction Matrix		Worsening Feature						39	
		1	2	3	4	5	→		
Improving Feature	1 Weight of moving object	-		15, 8, 29, 34	-	29, 17, 38, 34	...	35, 3, 24, 37	
	2 Weight of stationary		-		10, 1, 29, 35		→	1, 28, 15, 35	
	3 Length of moving object	8, 15, 29, 34		-		15, 17, 4	...	14, 4, 28, 29	
	4 Length of stationary		35, 28, 40, 29		-		→	30, 14, 7, 26	
	5 Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		-	...	10, 26, 34, 2	
	...	↓	↓	...	↓	...	↓	→	...
	39 Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	...	-	

Gambar 2. 3 *Contradiction Matrix*(Sumber : <https://www.triz40.com>)

2.2.6.4 TRIZ 40 Inventive Principles

Tabel 2. 4 *Inventive Principles*

No	<i>Inventive Principles</i>	No	<i>Inventive Principles</i>
1	<i>Segmentation</i>	21	<i>Skipping/Rushing through</i>
2	<i>Taking out</i>	22	<i>“Blessing in disguise” or “ Turn lemons into lemonade</i>
3	<i>Local quality</i>	23	<i>Feedback</i>
4	<i>Asymmetry</i>	24	<i>Intermediary</i>
5	<i>Merging or combining</i>	25	<i>Self Service</i>
6	<i>Universality</i>	26	<i>Copying</i>
7	<i>Nested doll</i>	27	<i>Cheap short-living objects</i>
8	<i>Anti weight</i>	28	<i>Mechanics substitution</i>

9	<i>Preliminary anti action</i>	29	<i>Pneumatic and hydraulics</i>
10	<i>Preliminary action</i>	30	<i>Flexible shells and thin films</i>
11	<i>Beforehand cushioning</i>	31	<i>Porous materials</i>
12	<i>Equipotentiality</i>	32	<i>Colour changes</i>
13	<i>The other way round</i>	33	<i>Homogeneity</i>
14	<i>Spheroidality</i>	34	<i>Discarding and recovering</i>
15	<i>Dynamics</i>	35	<i>Parameter changes</i>
16	<i>Partial or excessive action</i>	36	<i>Phase transition</i>
17	<i>Another dimensions</i>	37	<i>Thermal expansion</i>
18	<i>Mechanical vibration</i>	38	<i>Strong oxidants</i>
19	<i>Periodic action</i>	39	<i>Inert atmosphere</i>
20	<i>Continuity of useful action</i>	40	<i>Composite materials</i>

Adapun berikut ini merupakan penjelasan dari masing-masing *inventive principles*:

1. *Segmentation* (Segmentasi)
 - a. Membagi sistem atau subsistem menjadi beberapa bagian tersendiri.
 - b. Membuat sistem atau subsistem menjadi lebih mudah untuk dibongkar.
 - c. Meningkatkan variabel derajat fragmentasi atau segmentasi
2. *Taking Out* (Ekstraksi)

Memisahkan komponen atau bagian dari suatu objek, memilih satu bagian yang diperlukan dari suatu objek
3. *Local Quality* (Peningkatan kualitas lokal)
 - a. Membuat setiap bagian dari suatu objek berfungsi dalam kondisi yang paling sesuai dalam pengoperasiannya

- b. Mengubah struktur suatu objek dari seragam menjadi tidak seragam, mengubah pengaruh lingkungan luar dari seragam menjadi tidak seragam
 - c. Membuat setiap bagian dari suatu objek mempunyai fungsi yang berbeda dan berguna
4. *Asymmetry* (Asimetris)
- a. Mengubah bentuk dari suatu objek dari simetris menjadi asimetris.
 - b. Jika suatu objek mempunyai bentuk asimetris, maka derajat asimetrisnya ditingkatkan.
5. *Merging or Combining* (Penggabungan)
- a. Membuat operasi dari objek berdekatan atau paralel dan menggabungkan objek-objek tersebut sesuai dengan operasinya
 - b. Mendekatkan atau menggabungkan objek yang mempunyai bentuk identik atau serupa
 - c. Merakit bagian yang identik atau serupa untuk melakukan operasi secara paralel.
6. *Universality* (Universalitas)
- a. Membuat suatu bagian atau objek memungkinkan untuk mengoperasikan berbagai fungsi.
 - b. Mengurangi atau menghilangkan kebutuhan suatu sistem akan suku cadang lain.
7. *Nested Doll*
- a. Membuat satu objek atau bagian dapat memungkinkan untuk melewati rongga pada bagian lainnya.
 - b. Menempatkan suatu objek kedalam objek lainnya.
 - c. Menempatkan masing-masing objek, secara bergantian dalam objek lainnya.
8. *Anti Weight*
- a. Memberikan suatu objek gaya angkat
 - b. Mengimbangi berat atau massa suatu objek dengan gaya angkat
 - c. Membuat objek berinteraksi dengan lingkungan luar seperti aerodinamis, daya apung, daya angkat untuk mengurangi berat suatu benda.
9. *Preliminary Anti Action* (Anti-aksi awal)
- a. Menambahkan tindakan sebelum pengoperasian untuk mengendalikan dampak kerugian.

- b. Menciptakan subsistem yang bertujuan untuk menghindari kerugian akibat dari kejadian yang tidak diinginkan pada kemudian hari.

10. *Preliminary Action*

- a. Melakukan satu proses tambahan yang diperlukan suatu objek baik keseluruhan atau sebagian dari sistem.
- b. Mengatur objek sebagai bentuk persiapan dari proses pengoperasian.

11. *Beforehand Cushioning*

Mempersiapkan sarana darurat pada tahap awal untuk meningkatkan keandalan suatu sistem. Langkah awal untuk mereduksi efek negatif yang kemungkinan timbul pada pengoperasian sistem.

12. *Equipotentiality*

- a. Membatasi perubahan posisi suatu objek pada saat pengoperasiannya
- b. Mengubah kondisi pengoperasian untuk menghilangkan kebutuhan seperti pergerakan objek dalam medan gravitasi.

13. *The Other Way Around*

- a. Membalikkan kondisi pengoperasian yang dipergunakan untuk menyelesaikan permasalahan.
- b. Membuat bagian yang bergerak pada sistem atau lingkungan menjadi diam dan bagian yang diam menjadi bergerak.
- c. Memutarbalikkan proses atau objek

14. *Spheroidality*

- a. Mempertimbangkan bentuk objek yang melengkung.
- b. Mengganti permukaan datar ke permukaan bulat, melengkung atau bulat.
- c. Menggunakan komponen rol, bola, kubah atau spiral.
- d. Menggunakan gaya sentrifugal untuk menghasilkan gerakan berputar.

15. *Dynamics*

- a. Merancang karakteristik dari suatu sistem, *supra-system*, atau proses untuk mencapai kondisi pengoperasian yang optimal.
- b. Membagi suatu benda menjadi beberapa komponen yang dapat bergerak relatif satu dengan yang lain.
- c. Apabila suatu objek mempunyai karakteristik kaku atau tidak fleksibel, objek tersebut dibuat menjadi dapat bergerak.

16. *Partial or Excessive action*

Apabila suatu pekerjaan tidak optimal untuk menyelesaikan masalah secara keseluruhan, maka digunakan metode yang sama dengan pengurangan atau penambahan komposisi, maka permasalahan yang dihadapi mungkin akan lebih mudah untuk diselesaikan.

17. *Another Dimension*

- a. Memindahkan suatu benda dalam ruang dua dimensi atau tiga dimensi.
- b. Menggunakan objek yang bertingkat dan tidak tersusun dalam satu garis horizontal.
- c. Memiringkan atau mengubah orientasi dari objek.
- d. Menggunakan “sisi lain” dari area suatu objek.

18. *Mechanical Vibration*

- a. Membuat suatu benda memungkinkan untuk bergetar dalam proses pengoperasiannya
- b. Meningkatkan frekuensi getaran.
- c. Menggunakan resonansi pada suatu objek
- d. Menggunakan vibrator elektrik daripada vibrator mekanis.
- e. Menggunakan medan ultrasonik dan elektromagnetik.

19. *Periodic Action*

- a. Daripada melakukan pekerjaan secara terus-menerus, lakukan pekerjaan secara berkala pada suatu periode waktu.
- b. Apabila suatu pekerjaan sudah bersifat periodik, ubah besaran atau frekuensi periodiknya.
- c. Menggunakan jeda antara satu pekerjaan dengan pekerjaan yang lain.

20. *Continuity of Useful Action*

- a. Melanjutkan pekerjaan secara terus-menerus.
- b. Membuat semua komponen suatu sistem bekerja pada beban penuh, sepanjang waktu.
- c. Menghilangkan semua tindakan atau pekerjaan yang menganggur atau terputus-putus.

21. *Skipping/Rushing Through*

Melakukan suatu proses atau tahapan tertentu dari pekerjaan dengan kecepatan yang tinggi.

22. *“Blessing in Disguise” or “Turn Lemons into Lemonade”*

- a. Memanfaatkan faktor-faktor yang merugikan seperti dampak berbahaya yang timbul untuk memperoleh dampak positif.
- b. Menghilangkan proses yang merugikan atau berbahaya dan menambahkan proses yang merugikan lainnya untuk menyelesaikan masalah.
- c. Memperkuat faktor merugikan atau berbahaya sedemikian rupa dengan tujuan untuk tidak menghasilkan faktor bahaya kembali.

23. *Feedback*

- a. Menciptakan umpan balik dari suatu proses untuk meningkatkan proses tersebut.
- b. Jika umpan balik dari suatu proses telah tersedia, ubah besaran atau pengaruhnya.

24. *Intermediary*

- a. Menggunakan komponen perantara atau proses perantara.
- b. Menggabungkan suatu objek yang bersifat sementara dengan objek lain yang dapat dengan mudah untuk dilepas pasang.

25. *Self Service*

- a. Menciptakan suatu objek yang dapat berfungsi dengan sendirinya dengan menambahkan fungsi tambahan.
- b. Menggunakan sumber daya, energi atau zat yang terbuang.

26. *Copying*

- a. Menggunakan salinan objek yang lebih sederhana dan murah, daripada menggunakan benda yang tersedia yang relatif lebih mahal/
- b. Mengganti objek atau proses dengan salinannya. Salinan tersebut dapat berupa salinan dua dimensi atau tiga dimensi.
- c. Jika salinan telah digunakan, pindahkan ke salinan lain seperti inframerah atau ultraviolet.

27. *Cheap Short-Living Objects*

Mengganti suatu benda yang mempunyai nilai ekonomis relatif lebih mahal dengan beberapa benda yang tidak benda serta memiliki kualitas tertentu seperti masa pakai, dsb.

28. *Mechanics Substitution*

- a. Mengubah objek dari bidang statis menjadi bidang bergerak, dari bidang tidak terstruktur menjadi bidang terstruktur.

- b. Menggunakan medan listrik, magnet, dan elektromagnetik untuk berinteraksi dengan objek.
- c. Mengganti alat mekanis dengan alat sensorik seperti komponen optik.

29. *Pneumatic and hydraulics*

Menggunakan bagian komponen yang berbentuk gas atau cairan, bukan bagian padat.

30. *Flexible Shell and Thin Films*

- a. Menggunakan komponen cangkang fleksibel dan film tipis dibandingkan dengan struktur tiga dimensi.
- b. Mengisolasi objek dari pengaruh lingkungan luar dengan menggunakan cangkang fleksibel dan film tipis.

31. *Porous Materials*

- a. Membuat suatu objek menjadi berpori atau menambahkan elemen berpori seperti lapisan.
- b. Apabila suatu objek telah mempunyai permukaan berpori, gunakan pori-pori tersebut untuk memasukkan zat atau fungsi tambahan yang berguna.

32. *Colour Changes*

- a. Mengubah warna dari suatu objek atau lingkungan luarnya.
- b. Mengubah transparansi suatu objek atau lingkungan sekitarnya.

33. *Homogeneity*

Mengubah objek atau komponen yang berinteraksi dengan objek tertentu yang terbuat dari bahan yang sama.

34. *Discarding and Recovering*

- a. Menghilangkan bagian atau komponen suatu benda yang telah menyelesaikan fungsinya atau memodifikasinya secara langsung selama proses pengoperasiannya.
- b. Mengembalikan bagian dan komponen barang yang telah habis masa pakai dari suatu objek secara langsung ke dalam operasi.

35. *Parameter Changes*

- a. Mengubah wujud fisik suatu objek seperti menjadi gas, cair, atau padat.
- b. Mengubah suhu dari objek.
- c. Mengubah tingkat konsentrasi atau konsistensi.

36. *Phase Transition*

Mengubah fenomena yang terjadi selama fase transisi. Misalnya perubahan volume, perubahan panas, dll.

37. *Thermal Expansions*

- a. Menggunakan ekspansi termal dari material.
- b. Jika ekspansi termal telah digunakan, mengubah beberapa bahan dengan koefisien ekspansi termal yang berbeda.

38. *Strong Oxidants*

- a. Mengganti udara normal dengan udara dengan kandungan oksigen yang lebih tinggi.
- b. Menggunakan oksigen yang telah terionisasi.
- c. Mengganti oksigen ozonisasi dengan ozon.

39. *Inert Atmosphere*

- a. Mengganti lingkungan normal dengan lingkungan lembam.
- b. Menambahkan bagian netral atau aditif ke dalam suatu objek.

40. *Composite Materials*

- a. Mengganti material yang seragam menjadi komposit material.

2.2.7 Rumus-rumus Perhitungan Umum

2.2.7.1 Perhitungan Kecepatan Linear dan Kecepatan Sudut

Perhitungan kecepatan linear dan kecepatan sudut merupakan dua jenis kecepatan yang dimiliki oleh suatu benda. Arah dari kecepatan yang bergerak secara melingkar akan selalu berubah-ubah dengan arah lintasan yang dilewati. Sehingga kecepatan yang secara konstan dan tidak berubah merupakan nilai dari kecepatan linear (Novitasari, 2018).

Formula dalam perhitungan kecepatan sudut dinyatakan sebagai berikut:

$$\omega = \frac{2\pi \times RPM}{60} \quad (2.2)$$

Keterangan :

ω = Kecepatan sudut (*rad/s*)

RPM = Jumlah putaran per menit

Rumus dalam perhitungan kecepatan linear dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$V = r\omega \quad (2.3)$$

Keterangan

ω = Kecepatan sudut (*rad/s*)

V = Kecepatan linear

r = jari-jari putar

2.2.7.2 Perhitungan Gaya Sentripetal

Gaya sentripetal merupakan gaya yang terjadi pada pergerakan melingkar dari suatu benda. Gaya ini memungkinkan benda yang bergerak tetap pada lintasan melingkar serta menariknya ke arah pusat lingkaran gerak. Apabila benda yang bergerak dalam lingkaran maka akan mengalami percepatan sentripetal (α) yang dimana percepatan sentripetal tersebut dihasilkan dari gaya yang disebut dengan gaya sentripetal. Besaran gaya sentripetal dapat dihasilkan dari rumus berikut (Shofiyah et al., n.d.):

$$F = m \times \alpha \quad (2.4)$$

Keterangan:

F = Gaya Sentripetal

m = Massa

α = Percepatan Sentripetal

2.2.7.3 Perhitungan Torsi Kopel

Torsi merupakan suatu ukuran gaya rotasi dapat menyebabkan suatu benda berputar atau melintir pada sumbu putar tertentu. Gaya yang terjadi pada benda berputar akan menghasilkan torsi. Torsi dapat diukur dalam satuan newton meter (Nm). Perhitungan dari torsi kopel dapat diperoleh dari rumus berikut (Novitasari, 2018):

$$\tau = F \times r \quad (2.5)$$

Keterangan

τ = Torsi (Nm)

F = Gaya Sentripetal (N)

r = Jari-jari putar

2.2.7.4 Perhitungan Usaha

Dalam fisika usaha (W) merupakan sejumlah energi yang digunakan atau dikeluarkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas ketika gaya yang diterapkan pada benda yang bergerak sepanjang lintasan tertentu serta dalam arah gaya tersebut. Usaha yang bekerja terhadap suatu objek dapat didefinisikan telah melakukan usaha apabila usaha tersebut dapat menyebabkan suatu benda tersebut berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain. Usaha yang menyebabkan benda berpindah tempat sejauh 1 meter dengan menggunakan gaya 1 *Newton* dapat diartikan bahwa usaha yang digunakan sebesar 1 *Joule* (Erlansyah, n.d.). Tipler (1998) mengungkapkan bahwa perhitungan usaha dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$W = F \times s \quad (2.6)$$

Keterangan :

W = Usaha (*Joule*)

F = Gaya Sentripetal (*Newton*)

s = Jarak (Meter)

2.2.7.5 Perhitungan Daya

Daya merupakan ukuran yang digunakan dalam tingkat perubahan atau perpindahan energi dalam periode waktu tertentu. Dalam satuan internasional (SI), daya mempunyai satuan *Watt (W)* yang diperoleh dari perhitungan *Joule/Sekon*. Daya merupakan tenaga yang dihasilkan dari putaran motor dengan rumus perhitungan (Saptono et al., 2018) :

$$P = \tau \times \omega \quad (2.7)$$

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Fokus dan Tempat Penelitian

3.1.1 Fokus Penelitian

Fokus dari penelitian ini adalah mengidentifikasi dan mereduksi *cycle time* pekerjaan *setting* abrasive dan gulung *abrasive* pada bagian *Sanding Panel UP*. Mendesain dan merancang mesin penggulung *belt abrasive* yang sesuai dengan kebutuhan operator

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2023 sampai dengan Februari 2024. Tempat yang menjadi objek penelitian adalah Departemen *Painting* di PT Yamaha Indonesia.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan antara lain:

1. Studi Literatur

Metode ini berfungsi untuk menunjang penelitian yang sedang dilakukan dengan memanfaatkan literatur-literatur terdahulu sebagai referensi. Referensi yang dipakai dapat berupa buku referensi maupun jurnal ilmiah yang pernah dilakukan sebelumnya.

2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mengumpulkan data penelitian secara langsung terkait objek yang sedang diteliti. Metode observasi lapangan yang digunakan terdiri dari 2 jenis antara lain:

- a. Observasi

Observasi merupakan salah satu untuk mengidentifikasi proses produksi secara langsung di dalam perusahaan. Sesuai dengan permasalahan yang diangkat, maka data observasi yang dibutuhkan antara lain adalah data *work sampling* serta *cycle time* di bagian *Sanding Panel UP*.

- b. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mengetahui kebutuhan operator di bagian *Sanding Panel UP*. Wawancara memberikan manfaat untuk mengetahui

perspektif serta mendapatkan masukan dari pihak lapangan sehingga rancang bangun mesin yang sedang diteliti dapat tepat sasaran.

3.3 Metode Pengolahan Data

Data-data yang telah diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data. Pengolahan data bertujuan untuk mempermudah analisis data. Selanjutnya data yang bersifat kuantitatif akan dilakukan pengolahan dengan menggunakan *Microsoft Excel*, sedangkan data yang bersifat kualitatif akan dijadikan bahan pertimbangan dalam perancangan mesin dengan menggunakan metode *TRIZ* dan *Kansei Engineering*. Dalam melakukan pengolahan data diperlukan beberapa langkah yaitu penyusunan data, klasifikasi data, serta tahapan terakhir adalah pengolahan data (Susanti & Meilia Nur Indah. 2010).

3.3.1 *Kansei Engineering*

Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi keterkaitan antara fitur atau fungsi produk dengan respons emosional yang diberikan operator atau pekerja di stasiun kerja terkait. Hal ini dapat membantu perancangan alat untuk membuat keputusan yang lebih baik dalam menentukan elemen desain yang akan mempengaruhi pengalaman pengguna.

Dalam penelitian ini metode *kansei engineering* digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan operator *sanding panel UP*. Tipe metode kansei yang digunakan adalah *hybrid kansei engineering* yang digabungkan dengan metode *TRIZ* untuk menambahkan atribut kebutuhan operator serta menjadi atribut untuk pengolahan data dengan metode analisis kontradiksi. Untuk mengetahui tingkat kebutuhan operator tersebut, digunakan pengukuran skala likert. Skala likert merupakan pengukuran untuk mengetahui sikap, pendapat dan persepsi responden perorangan maupun kelompok orang mengenai fenomena sosial (Yuliadri, Ricki & Zuli Nuraeni, 2017). Jawaban responden yang diperoleh dari skala likert mempunyai gradasi sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Skala likert

SS	Sangat Setuju	Skor 5
ST	Setuju	Skor 4
RG	Ragu-ragu	Skor 3
TS	Tidak	Skor 2
STS	Sangat Tidak Setuju	Skor 1

3.3.2 Uji Validitas

Uji validitas merupakan pengujian guna mengukur sejauh mana pertanyaan-pertanyaan yang menjadi bagian dari kuesioner dalam penelitian valid atau tidak valid. Penggunaan uji validitas bertujuan untuk mengetahui kelayakan setiap butir pertanyaan dalam pendefinisian suatu variabel (Sujarweni, V. Wiratna & Poly Endrayanto, 2012). Uji validitas dilakukan pada setiap atribut pertanyaan untuk mengetahui atribut yang dipakai dapat dinyatakan valid atau tidak valid. Dalam penelitian yang dilakukan, nilai r hitung akan dibandingkan dengan r tabel, yang dimana nilai df yang digunakan adalah $df = n-2$ dengan *significance* 5%. Apabila hasil perhitungan, r tabel < r hitung maka data dapat dianggap valid. Berikut ini merupakan hasil formula yang digunakan untuk menguji validitas menggunakan Teknik korelasi *product moment*:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (3.1)$$

3.3.3 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas adalah sebuah tahapan untuk melakukan pengukuran kestabilan dan konsistensi responden dalam menjawab hal yang berkaitan dengan atribut pertanyaan (Sujarweni, V. Wiratna & Poly Endrayanto, 2012). Hasil dari uji reliabilitas dapat dilihat pada nilai *Cronbach alfa*, apabila nilai *Cronbach alfa* menunjukkan hasil lebih besar dari

0,60, maka dimensi variabel pertanyaan dapat dikatakan reliabel. Begitu pula, jika hasil uji *Cronbach alfa* < 0,60 maka pertanyaan dianggap tidak reliabel. Rumus dari perhitungan uji reliabilitas adalah sebagai berikut:

$$r \left[\frac{k}{(k-1)} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right] \quad (3.2)$$

Keterangan:

r = koefisien reability instrument (*Cronbach alfa*)

k = banyaknya atribut pertanyaan

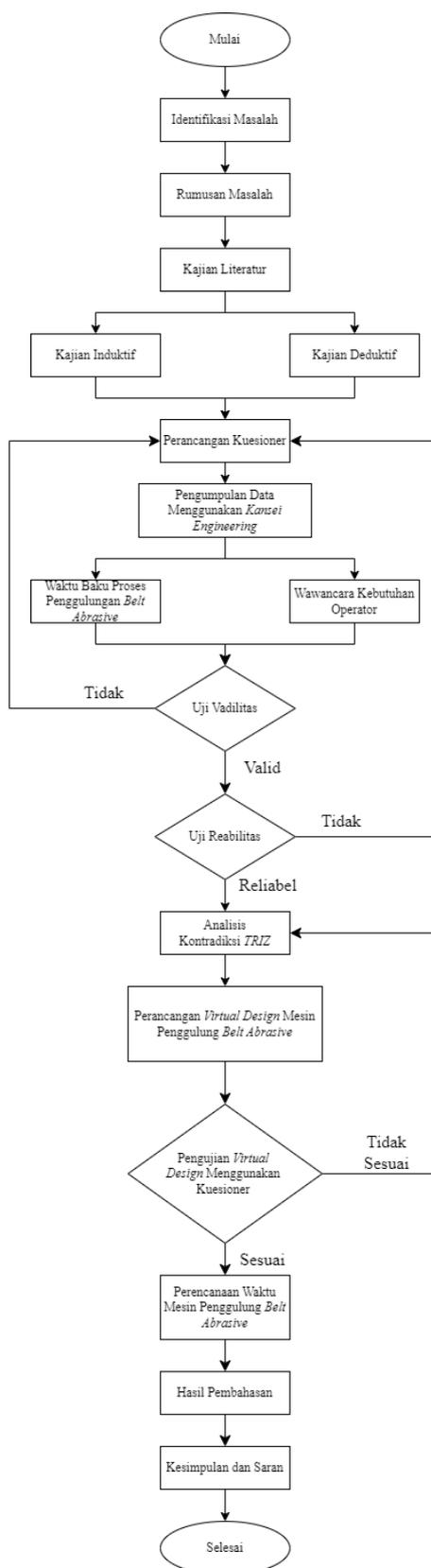
$\sum \sigma_b^2$ = total varians atribut

σ_t^2 = total varians

3.3.4 TRIZ

Penggunaan metode penelitian TRIZ bertujuan untuk membuat kerangka kerja sistematis untuk memecahkan masalah kompleks dan merancang solusi yang inovatif. Analisis kontradiksi yang digunakan dalam metode TRIZ dapat mengidentifikasi pola-pola umum dalam penyelesaian masalah dan inovasi teknis. Atribut perancangan yang telah diperoleh dari *kansei words* kemudian dianalisis menggunakan analisis kontradiksi dengan menentukan parameter yang meningkat (*improving feature*) dan parameter yang memburuk (*worsening feature*). Dari analisis tersebut dilakukan *trial and error* untuk mendapatkan solusi spesifik yang dirasa cocok untuk digunakan sebagai bahan atau dasar perancangan mesin *penggulung belt abrasive*.

3.4 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Keterangan:

1. Mulai

2. Identifikasi Masalah

Tahapan mengobservasi permasalahan yang terdapat di bagian produksi *Sanding Panel UP Painting Department* PT Yamaha Indonesia guna mengetahui permasalahan yang dihadapi yang kemudian dilakukan proses menciptakan usulan solusi yang akan digunakan dalam penyelesaian dari masalah tersebut.

3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah merupakan tahapan untuk mengidentifikasi tujuan penelitian, latar belakang serta hasil yang diharapkan dari penelitian yang dilakukan.

4. Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan tahapan untuk mencari referensi berupa jurnal, buku atau sumber lainnya untuk mendukung penelitian ini. Tinjauan pustaka juga mempunyai fungsi untuk mengetahui posisi penelitian yang dilakukan.

5. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan kegiatan mengumpulkan data yang dibutuhkan sebagai bahan penelitian. Data dalam penelitian ini antara lain data *work sampling*, data waktu baku dari proses penggulangan abrasive serta data terkait *kansei words* yang diperoleh dari hasil wawancara menggunakan kuesioner yang ditujukan kepada operator bagian kerja *sanding panel UP* yang berjumlah 10 orang. Metode *Kansei Engineering* digunakan untuk menganalisis data yang bersifat kualitatif dari pihak terkait untuk mengetahui kebutuhan dari operator serta mengumpulkan usulan-usulan demi perbaikan dalam upaya untuk mencapai tujuan penelitian.

6. Analisa Kontradiksi TRIZ

Analisa data merupakan tahapan pengorganisasian, memahami dan mengolah informasi dari data yang ditemukan. Analisa data dilakukan dengan melibatkan metode penelitian yang relevan dengan topik yang dibahas. Metode *TRIZ* dalam penelitian ini digunakan sebagai alat untuk mencari solusi yang inovatif berdasarkan analisis kontradiktif. Solusi yang diperoleh diharapkan dapat menjadi solusi pemecahan masalah tanpa menimbulkan masalah lain.

7. Perancangan Mesin

Berdasarkan solusi yang telah ditentukan dari metode *kansei engineering* dan *TRIZ* kemudian dilakukan perancangan mesin sesuai dengan analisis data yang telah dilakukan supaya mesin yang dirancang dapat memberikan solusi yang tepat untuk bagian *Sanding Panel UP*.

8. Pengujian *Virtual Design* Menggunakan Kuesioner

Tahapan pengujian merupakan tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian ini karena tahapan ini digunakan untuk mengetahui hasil dari mesin yang dirancang dapat memenuhi ekspektasi serta tujuan dari penelitian ini atau tidak. Apabila pada tahap pengujian, mesin yang dirancang dinilai belum memenuhi ekspektasi maka akan dilakukan perbaikan atau perancangan mesin ulang. Pengujian dilakukan dengan kuesioner yang diberikan kepada operator untuk mengetahui desain, prinsip kerja serta perencanaan waktu penggulangan sesuai dengan kebutuhan operator *sanding panel UP*.

9. Perencanaan Waktu Mesin Penggulang *Belt Abrasive*

Perencanaan waktu mesin penggulang *belt abrasive* digunakan untuk mengetahui perkiraan atau simulasi dari waktu proses yang diperoleh dari mesin penggulang *belt abrasive*. Selain itu, perencanaan waktu juga bermanfaat untuk menentukan spesifikasi dari komponen mesin penggulang *belt abrasive*.

10. Hasil Pembahasan

Hasil pembahasan dilakukan untuk mengetahui hasil dari penelitian yang dilakukan. Hasil yang didapatkan menjadi visualisasi dari pencapaian penelitian.

11. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan bentuk ringkasan dari hasil perhitungan dan pembahasan serta menyediakan saran yang diberikan oleh peneliti dengan tujuan supaya penelitian berikutnya dapat dilakukan menjadi lebih baik.

3.5 Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah perangkat komputer untuk melakukan penulisan penelitian, pengolahan serta analisis data. Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan *software Microsoft Excel*, dan *SPSS* digunakan untuk melakukan uji validitas dan uji reliabilitas. Setelah data yang diolah dianggap valid dan reliabel selanjutnya adalah merumuskan solusi setiap atribut dengan menggunakan *contradiction matrix TRIZ* berdasarkan website www.triz40.com dan tahapan proses desain dari mesin

dilakukan dengan menggunakan *solidworks 2023*. Adapun serangkaian peralatan lain yang digunakan terutama pada realisasi *prototyping* dari mesin yang dirancang.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1.1 Pengumpulan Data

4.1.2 Proses Pergantian *Belt Abrasive*

Berikut ini merupakan rangkaian aktivitas yang dilakukan dalam proses kerja pergantian *belt abrasive*:

Tabel 4. 1 Rangkaian sub-aktivitas pergantian *abrasive*.

No	Sub-aktivitas
1	Mematikan mesin <i>level sander</i>
2	Mematikan tuas angin pneumatik mesin <i>level sander</i>
3	Mencopot <i>belt abrasive</i> dari mesin <i>level sander</i>
4	Menggulung <i>belt abrasive</i> lama
5	Pemberian selotip pada <i>belt abrasive</i> lalu membuang pada tempat sampah
6	Mengambil <i>belt abrasive</i> baru
7	Memasang <i>belt abrasive</i> baru pada mesin <i>level sander</i>
8	Menghidupkan mesin <i>level sander</i>

4.1.3 Waktu Penggulangan Belt Abrasive

Sebelum dilakukan perancangan mesin penggulang *belt abrasive*, penggulang *belt abrasive* dilakukan secara manual dengan menggulung menggunakan tangan oleh operator. Oleh karena itu, dihasilkan waktu penggulangan yang sangat bervariasi, bergantung pada kemampuan dari masing-masing operator *sanding panel UP*.



Gambar 4. 1 Proses Penggulungan *Belt Abrasive* Secara Manual.

Pengumpulan data waktu penggulungan *belt abrasive* dilakukan dengan merekam video serta menggunakan *stopwatch* untuk menghitung waktu penggulungan *belt abrasive*. Berikut ini merupakan waktu yang dibutuhkan pada sub-aktivitas menggulung *belt abrasive*.

Tabel 4. 2 Waktu penggulungan *belt abrasive*

Percobaan	Waktu
1	23,19
2	15,76
3	15,85
4	20,27
5	22,69
6	17,48
7	22,22
8	20,31
9	18,63
10	32,84
11	22,31
12	14,24
13	19,2

Percobaan	Waktu
14	21,56
15	16,63
Total	20,212

4.1.4 Profil Responden

Responden yang digunakan sebagai objek penelitian ini adalah operator serta kepala kelompok dari kelompok kerja *Sanding Panel UP*. Profil dari responden ini dijelaskan pada table berikut ini:

Tabel 4. 3 Profil responden.

Operator	Jobdesk
1	Level Sander #800
2	Level Sander #1000
3	Level Sander #500
4	Belt Sander Permukaan
5	Belt Sander Edge Panjang dan Belt Sander Edge Pendek
6	Level Sander #1000
7	Belt Sander Edge Panjang dan Belt Sander Edge Pendek
8	Belt Sander Permukaan
9	Level Sander #320
10	Level Sander #800

4.1.5 Kansei Words

Kansei words merupakan sekumpulan kata maupun frasa yang digunakan untuk merepresentasikan respons persepsi serta emosional dari pengguna atau konsumen,

terhadap suatu produk atau layanan. *Kansei words* pada penelitian ini dikumpulkan dengan melakukan wawancara serta *brainstorming* dengan kepada kelompok kerja beserta dengan karyawan atau operator yang terlibat sebagai subjek penelitian. Setelah *kansei words* dikumpulkan, kemudian kata-kata *kansei* yang telah dikumpulkan dieliminasi untuk mendapatkan *kansei words* yang sesuai dengan permasalahan yang ada.

Tabel 4.4 *Kansei words*

No	<i>Kansei Word</i>
1	Mudah Digunakan
2	Mudah Dijangkau
3	Kecepatan
4	Ringkas
5	Aman
6	Hasil Rapi
7	Fleksibel
8	Keandalan
9	Terjangkau
10	Estetika
11	Hemat Energi

4.1.6 Identifikasi Kebutuhan Responden

Identitas kebutuhan responden dilakukan untuk mengetahui atribut yang dibutuhkan dalam sebuah desain mesin penggulung *belt abrasive*. Operator yang menjadi responden penelitian merupakan *customer* yang menggunakan alat yang dirancang dalam penelitian ini. Oleh karena itu, kebutuhan operator akan diidentifikasi sebagai *Operator Requirement (OR)* Adapun atribut yang diinginkan beserta dengan tingkat kepentingannya. Berikut ini merupakan rekapitulasi kuesioner responden menggunakan skala likert:

Tabel 4.5 Identitas kebutuhan responden

No	Atribut <i>Kansei Word</i>	Tingkat Kepentingan				
		Tidak Penting	Kurang Penting	Cukup Penting	Penting	Sangat Penting
<i>OR</i> ₁	Mudah Digunakan	0%	0%	30%	40%	30%
<i>OR</i> ₂	Mudah Dijangkau	10%	10%	0%	40%	40%
<i>OR</i> ₃	Kecepatan	0%	0%	30%	50%	20%
<i>OR</i> ₄	Ringkas	0%	10%	10%	50%	30%
<i>OR</i> ₅	Aman	0%	0%	40%	0%	60%
<i>OR</i> ₆	Hasil Rapi	0%	0%	40%	20%	40%
<i>OR</i> ₇	Fleksibel	0%	10%	40%	30%	20%
<i>OR</i> ₈	Keandalan	0%	0%	40%	30%	30%
<i>OR</i> ₉	Terjangkau	0%	10%	10%	60%	20%
<i>OR</i> ₁₀	Estetika	0%	10%	30%	30%	30%
<i>OR</i> ₁₁	Hemat Energi	0%	0%	20%	30%	50%

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Uji Validitas

Pengujian terhadap atribut mesin penggulung *belt abrasive* dilakukan guna memastikan bahwa atribut yang diperoleh dapat merepresentasikan kebutuhan operator dan dapat digunakan sebagai data penelitian. Berdasarkan fungsi-fungsi yang terdapat pada tabel 4.6 dapat dinyatakan *valid* apabila *corrected item-total correlation* lebih dari atau sama dengan 0,602 ($df = n-2 = 11-2 = 8$; *level significance* = 5%). Berikut ini merupakan hasil uji validitas dan uji reliabilitas terhadap 11 atribut yang dibutuhkan oleh pengguna mesin penggulung *belt abrasive* dengan menggunakan *software SPSS*.

Tabel 4.6 Uji validitas.

Pertanyaan	<i>Corrected Item-Total Correlation</i>	<i>Validitas</i>
<i>OR₁</i>	<i>0,743</i>	<i>Valid</i>
<i>OR₂</i>	<i>0,753</i>	<i>Valid</i>
<i>OR₃</i>	<i>0,688</i>	<i>Valid</i>
<i>OR₄</i>	<i>0,918</i>	<i>Valid</i>
<i>OR₅</i>	<i>0,688</i>	<i>Valid</i>
<i>OR₆</i>	<i>0,779</i>	<i>Valid</i>
<i>OR₇</i>	<i>0,655</i>	<i>Valid</i>
<i>OR₈</i>	<i>0,776</i>	<i>Valid</i>
<i>OR₉</i>	<i>0,758</i>	<i>Valid</i>
<i>OR₁₀</i>	<i>0,798</i>	<i>Valid</i>
<i>OR₁₁</i>	<i>0,669</i>	<i>Valid</i>

4.2.2 Uji Reliabilitas

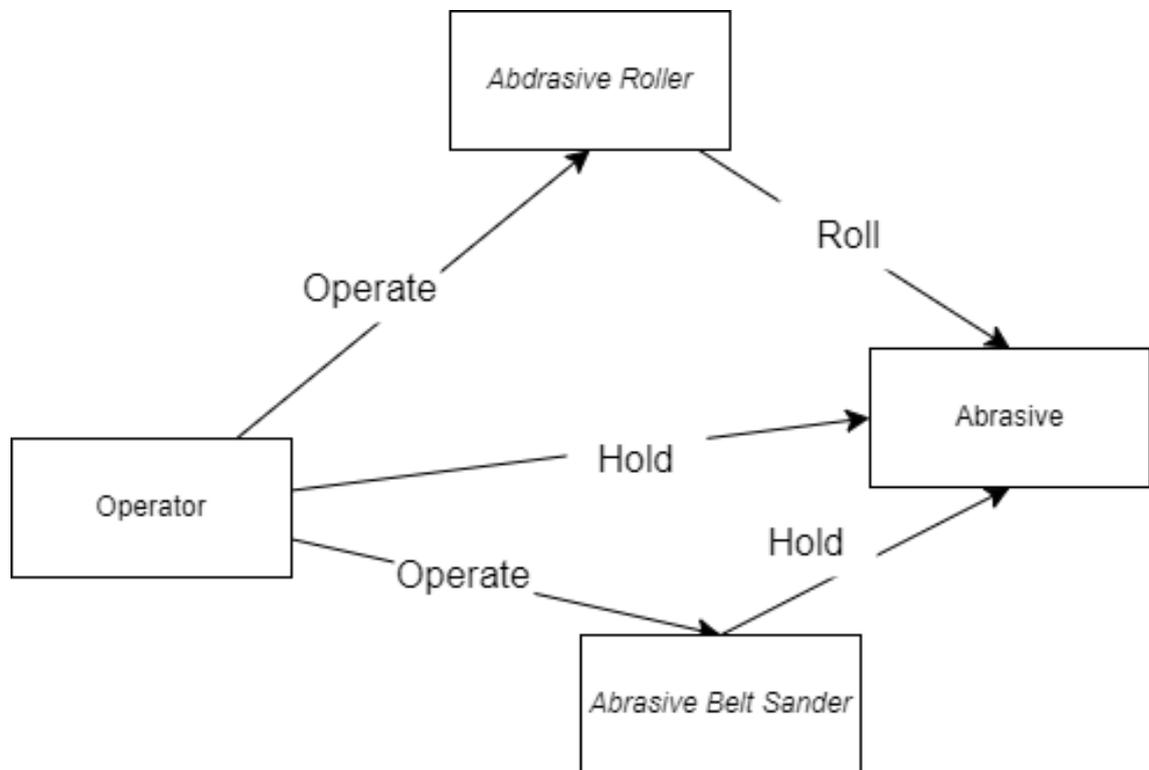
Uji reliabilitas digunakan untuk melakukan pengukuran kestabilan konsistensi responden. Jika nilai *Cronbach Alfa* yang didapatkan menunjukkan hasil $> 0,60$, maka hasil dari dimensi variabel pertanyaan yang ditujukan kepada responden dapat dikatakan reliabel. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan *software* SPSS diperoleh hasil dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.7 Uji reliabilitas

<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>Cronbach's Alpha Based On Standardized Items</i>	<i>N of Items</i>
0,939	0,942	11

4.2.3 Proses Aplikasi TRIZ

4.2.4 *Function Analysis*



Gambar 4. 2 *Function Analysis*

4.2.5 *Model of Problem*

Tahapan *model of problem* merupakan tahapan yang digunakan untuk mendefinisika permasalahan yang terjadi. Tahapan ini menggabungkan *kansei word* yang digunakan sebagai identifikasi masalah yang akan digunakan untuk mendefinisikan masalah pada tahapan *model of problem*. Model permasalahan terbagi menjadi dua yaitu *engineering contradiction* dan *physical contradiciton*. Sedangkan untuk identifikasi permasalahan juga terbagi menjadi dua yaitu *inventive problem* dengan model penyelesaian *engineering contradiction* dan *normal problem*.

Tabel 4.8 *Model of Problem.*

No	<i>Kansei Word</i>	Atribut Perancangan	Identifikasi	Model Penyelesaian
<i>OR₁</i>	Mudah digunakan	Kompleksitas dan prinsip kerja dari alat	<i>Inventive Problem</i>	<i>Engineering Contradiction</i>
<i>OR₂</i>	Mudah dijangkau	Tata letak dari stasiun kerja	<i>Inventive Problem</i>	<i>Engineering Contradiction</i>
<i>OR₃</i>	Kecepatan	<i>Output</i> tenaga motor yang besar	<i>Inventive Problem</i>	<i>Engineering Contradiction</i>
<i>OR₄</i>	Ringkas	Dimensi mesin penggulung <i>belt abrasive</i>	<i>Inventive Problem</i>	<i>Engineering Contradiction</i>
<i>OR₅</i>	Aman	Mesin mempunyai potensi bahaya yang minim	<i>Inventive Problem</i>	<i>Engineering Contradiction</i>
<i>OR₆</i>	Hasil Rapi	Hasil penggulangan rapi tidak berantakan dan ringkas	<i>Normal Problem</i>	-
<i>OR₇</i>	Fleksibel	Mesin penggulung <i>belt abrasive</i> dapat diatur untuk kecepatan penggulangannya	<i>Inventive Problem</i>	<i>Engineering Contradiction</i>
<i>OR₈</i>	Keandalan	Mesin mempunyai reliabilitas yang baik	<i>Normal Problem</i>	-
<i>OR₉</i>	Terjangkau	Mesin mempunyai biaya yang ekonomis	<i>Normal Problem</i>	-
<i>OR₁₀</i>	Estetika	Mesin mempunyai tampilan yang baik secara kerapian bentuk mesin secara keseluruhan	<i>Normal Problem</i>	-
<i>OR₁₁</i>	Hemat Energi	Mesin penggulung <i>belt abrasive</i> mempunyai	<i>Inventive Problem</i>	<i>Engineering Contradiction</i>

No	Kansei Word	Atribut Perancangan	Identifikasi	Model Penyelesaian
		konsumsi energi yang hemat		

4.2.6 Analisis Kontradiksi

Tahapan analisis kontradiksi digunakan untuk mengidentifikasi peningkatan fungsi serta dampak yang timbul akibat dari peningkatan fungsi yang diinginkan. Berikut ini merupakan analisis kontradiksi dari perancangan mesin penggulung *belt abrasive*:

Tabel 4.9 Analisis kontradiksi

No	Atribut	Peningkatan Fungsi	Dampak yang Timbul
<i>OR₁</i>	Mudah digunakan	Mempunyai mekanisme serta prinsip kerja yang mempermudah aktivitas menggulung <i>belt abrasive</i>	Kompleksitas dari alat atau mesin akan meningkat
<i>OR₂</i>	Mudah dijangkau	Alat atau mesin mempunyai jarak yang dekat dengan operator	Area kerja operator menjadi lebih sempit
<i>OR₃</i>	Kecepatan	Alat atau mesin dapat dengan cepat melakukan proses menggulung <i>belt abrasive</i> sehingga meningkatkan produktivitas	Semakin cepat kinerja mesin potensi bahaya yang timbul akan semakin besar
<i>OR₄</i>	Ringkas	Mesin mempunyai dimensi yang kecil dan ringkas sehingga tidak terlalu memangkas area kerja operator	Mesin menjadi tidak stabil akibat dari proses kerja atau pergerakan dari mesin
<i>OR₅</i>	Aman	Pengadaan mesin penggulung <i>belt abrasive</i> bertujuan untuk meningkatkan produktivitas	Pengadaan mesin penggulung <i>belt abrasive</i> menimbulkan potensi bahaya baru
<i>OR₇</i>	Fleksibel	Mesin mempunyai kemampuan untuk dapat diatur kecepatan putarannya	Kompleksitas komponen mesin akan semakin meningkat

<i>OR₁₁</i>	Hemat Energi	Konsumsi daya dari alat atau mesin yang dirancang rendah	Tenaga dari kinerja mesin atau alat akan berkurang
------------------------	--------------	--	--

4.2.7 Improving Feature

Tahapan selanjutnya adalah menentukan parameter dari masing-masing peningkatan fungsi berdasarkan atribut perancangan. Berikut ini merupakan analisis *improving feature* dari perancangan mesin penggulung *belt abrasive*:

Tabel 4.10 *Improving feature*.

No	Atribut	Peningkatan Fungsi	<i>Improving Feature</i>
<i>OR₁</i>	Mudah digunakan	Mempunyai mekanisme serta prinsip kerja yang mempermudah aktivitas menggulung <i>belt abrasive</i>	<i>Ease of operation</i>
<i>OR₂</i>	Mudah dijangkau	Alat atau mesin mempunyai jarak yang dekat dengan operator	<i>Length of stationary</i>
<i>OR₃</i>	Kecepatan	Alat atau mesin dapat dengan cepat melakukan proses menggulung <i>belt abrasive</i> sehingga meningkatkan produktivitas	<i>Productivity</i>
<i>OR₄</i>	Ringkas	Mesin mempunyai dimensi yang kecil dan ringkas sehingga tidak terlalu memakan area kerja operator	<i>Shape</i>
<i>OR₅</i>	Aman	Pengadaan mesin penggulung <i>belt abrasive</i> bertujuan untuk meningkatkan produktivitas	<i>Productivity</i>
<i>OR₇</i>	Fleksibel	Mesin mempunyai kemampuan untuk dapat diatur kecepatan putarannya	<i>Adaptability</i>
<i>OR₁₁</i>	Hemat Energi	Konsumsi daya dari alat atau mesin yang dirancang rendah	<i>Use energy by moving object</i>

4.2.8 *Worsening Feature*

Tahapan *worsening feature* dilakukan dengan menentukan parameter dari masing-masing dampak yang timbul akibat dari peningkatan fungsi berdasarkan atribut perancangan. Berikut ini merupakan analisis *worsening feature* dari perancangan mesin penggulung *belt abrasive*:

Tabel 4.11 *Worsening feature*.

No	Atribut	Dampak yang Timbul	<i>Worsening Feature</i>
<i>OR₁</i>	Mudah digunakan	Kompleksitas dari alat atau mesin akan meningkat	<i>Device complexity</i>
<i>OR₂</i>	Mudah dijangkau	Area kerja operator menjadi lebih sempit	<i>Area of stationary</i>
<i>OR₃</i>	Kecepatan	Semakin cepat kinerja mesin potensi bahaya yang timbul akan semakin besar	<i>Object generated harmful</i>
<i>OR₄</i>	Ringkas	Mesin menjadi tidak stabil akibat dari proses kerja atau pergerakan dari mesin	<i>Stability of the object</i>
<i>OR₅</i>	Aman	Pengadaan mesin penggulung <i>belt abrasive</i> menimbulkan potensi bahaya baru	<i>Object affected harmful</i>
<i>OR₇</i>	Fleksibel	Kompleksitas komponen mesin akan semakin meningkat	<i>Device complexity</i>
<i>OR₁₁</i>	Hemat Energi	Tenaga dari kinerja mesin atau alat akan berkurang	<i>Power</i>

4.2.9 Analisis Matrik Kontradiksi

Pada tahapan ini ditentukan kontradiksi yang terjadi antara *improving feature* dan *worsening feature* dari atribut *kansei words*. Matriks kontradiksi akan menghasilkan beberapa *inventive principles*. Hal ini yang akan digunakan sebagai dasar penyelesaian masalah. Setiap *inventive principles* akan dianalisis dan akan dilakukan *trial and error*

untuk mencapai solusi spesifik yang sesuai dengan perancangan mesin penggulung *belt abrasive*. Berikut ini merupakan tabel dari analisis matriks kontradiksi:

Tabel 4.12 Analisis matriks kontradiksi.

No	Atribut	<i>Improving Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>	<i>Inventive Principles</i>
<i>OR₁</i>	Mudah digunakan	<i>Ease of operation</i>	<i>Device complexity</i>	32 <i>Color Changes</i> , 26 <i>Copying</i> , 12 <i>Equipotentiality</i> , 17 <i>Another dimension</i>
<i>OR₂</i>	Mudah dijangkau	<i>Length of stationary</i>	<i>Area of stationary</i>	17 <i>Another dimension</i> , 7 <i>Nested doll</i> , 10 <i>Preliminary action</i> , 40 <i>Composite materials</i>
<i>OR₃</i>	Kecepatan	<i>Productivity</i>	<i>Object generated harmful</i>	35 <i>Parameter changes</i> , 22 <i>Blessing in disguise</i> , 18 <i>Mechanical vibration</i> , 39 <i>Inert atmosphere</i>
<i>OR₄</i>	Ringkas	<i>Shape</i>	<i>Stability of the object</i>	33 <i>Homogeneity</i> , 1 <i>Segmentation</i> , 18 <i>Mechanical vibration</i> , 4 <i>Asymmetry</i>
<i>OR₅</i>	Aman	<i>Productivity</i>	<i>Object affected harmful</i>	35 <i>Parameter changes</i> , 22 <i>Blessing in disguise</i> , 13 <i>The othe way round</i> , 24 <i>intermediary</i>
<i>OR₇</i>	Fleksibel	<i>Adaptability or versability</i>	<i>Device complexity</i>	15 <i>Dynamics</i> , 29 <i>Pneumatics and hydraulics</i> , 37 <i>Thermal expansion</i> , 28 <i>Mechanics substitution</i>
<i>OR₁₁</i>	Hemat Energi	<i>Use energy by moving object</i>	<i>Power</i>	6 <i>Universality</i> , 19 <i>Periodic action</i> , 37 <i>Thermal expansion</i> , 18 <i>Mechanical vibration</i>

4.2.10 Inventive Principles

Tahapan ini merupakan tahapan yang digunakan untuk menentukan solusi spesifik yang diperoleh dari kontradiksi antara parameter *improving feature* dan *worsening feature*. Tahapan ini berguna untuk menentukan prinsip yang tepat serta solusi spesifik terkait dengan perancangan mesin penggulung *belt abrasive*. Dibawah ini merupakan hasil dari analisis yang menghasilkan solusi spesifik dari masing-masing atribut perancangan:

Tabel 4.13 Solusi *inventive principles*.

No	Atribut	<i>Specific Inventive Principles</i>	Deskripsi Solusi Spesifik
OR ₁	Mudah digunakan	12 <i>Equipotentiality</i>	Merancang mekanisme pengoperasian alat penggulung <i>belt abrasive</i> menyesuaikan dengan karakteristik dari <i>belt abrasive</i>
			Menambahkan komponen seperti garpu penggulung pada desain penggulung <i>belt abrasive</i> yang berfungsi sebagai pengatur pergerakan <i>belt abrasive</i> sesuai dengan karakteristiknya
			Mengeliminasi potensi potensi pergerakan objek <i>belt abrasive</i>
OR ₂	Mudah dijangkau	7 <i>Nested doll</i>	Melakukan penggabungan antara 2 mesin yaitu mesin penggulung <i>belt abrasive</i> dan mesin <i>level sander</i>
			Menempatkan komponen mesin penggulung <i>belt abrasive</i> kedalam komponen lainnya
OR ₃	Kecepatan	22 <i>Blessing in disguise</i>	Semakin cepat mesin melakukan pekerjaan maka semakin produktif mesin tersebut. Daripada meningkatkan kecepatan untuk mencapai produktivitas, sebagai gantinya menggunakan pemanfaatan sisa putaran mesin penggulung <i>abrasive</i> yang ada sebagai potensi untuk memberikan solusi permasalahan dalam rangka meningkatkan produktivitas
OR ₄	Ringkas	33 <i>Homogeneity</i>	Struktur serta bentuk dari badan atau <i>body</i> menggunakan material yang

4.2.12 Perhitungan Perkiraan Waktu dengan Kecepatan 100 RPM

4.2.12.1 Perhitungan Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut ini dihitung dengan berdasarkan perencanaan dengan kecepatan 100 RPM. Berikut ini kecepatan sudut yang dihasilkan:

$$\omega = \frac{2\pi \times RPM}{60} \quad (4.1)$$

$$\omega = \frac{2\pi \times 100}{60} \quad (4.2)$$

$$\omega = 10,472 \text{ rad/s}$$

4.2.12.2 Perhitungan Kecepatan Linear

Perhitungan kecepatan linear dilakukan untuk mengetahui ukuran dari seberapa cepat proses penggulung *belt abrasive* dalam garis lurus dari satu titik ke titik lainnya. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan kecepatan linear:

$$V = r \times \omega \quad (4.3)$$

$$V = 0,025 \times 10,472 \quad (4.4)$$

$$V = 0,262 \text{ m/s}$$

4.2.12.3 Perhitungan Percepatan Sudut

Percepatan sudut merupakan ukuran dari seberapa cepat *belt abrasive* mengalami perubahan dalam kecepatan sudut sepanjang mesin bekerja. Percepatan sudut ini nantinya akan berguna untuk menghitung besaran gaya sentripetal. Berikut ini percepatan sudut dengan kecepatan 100 RPM:

$$\alpha = \frac{v^2}{r} \quad (4.5)$$

$$\alpha = \frac{(0,262)^2}{0,025} \quad (4.6)$$

$$\alpha \approx 2,7416 \text{ m/s}^2$$

4.2.12.4 Perhitungan Gaya Sentripetal

Gaya sentripetal merupakan gaya yang timbul akibat dari putaran mesin. Setelah diketahui percepatan sudut. Berikut ini hasil dari perhitungan gaya sentripetal pada mesin penggulung *belt abrasive*:

$$F = m \times \alpha \quad (4.7)$$

$$F = 0,323 \times 2,7416 \quad (4.8)$$

$$F = 0,8855 \text{ N}$$

4.2.12.5 Perhitungan torsi kopel(τ)

Perhitungan torsi kopel dilakukan untuk mengetahui besaran gaya yang bekerja pada kopel garpu penggulangan. Torsi kopel ini juga akan digunakan untuk menghitung besaran daya bekerja pada penggulangan mesin. Berikut ini merupakan hasil perhitungan torsi kopel:

$$\tau = F \times r \quad (4.9)$$

$$\tau = 0,8855 \times 0,025 \quad (4.10)$$

$$\tau = 0,0221 \text{ Nm}$$

4.2.12.6 Perhitungan Energi (Usaha)

Dalam proses kerjanya perlu diketahui besaran usaha yang bekerja untuk menggulung *belt abrasive* sepanjang 4 meter. Besaran usaha ini nantinya akan berguna untuk menghitung waktu penggulangan dari *belt abrasive*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan besaran usaha dengan perencanaan putaran 100 RPM:

$$W = F \times s \quad (4.11)$$

$$W = 0,8855 \times 4 \quad (4.12)$$

$$W = 3,5421 \text{ J}$$

4.2.12.7 Perhitungan Daya (P)

Perhitungan daya dilakukan untuk mengetahui besar daya yang dibutuhkan untuk menggulung *belt abrasive* sepanjang 4 meter setelah diketahui nilai torsi dan kecepatan sudutnya. Berikut ini perhitungan daya dengan RPM 100:

$$P = \tau \times \omega \quad (4.13)$$

$$P = 0,0221 \times 10,472 \quad (4.14)$$

$$P = 0,2318 \text{ Watt}$$

4.2.12.8 Perhitungan Waktu Penggulungan (t)

Setelah diketahui beberapa variabel yang dibutuhkan, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan menggulung *belt abrasive*. Apabila digunakan kecepatan sebesar 100 RPM maka waktu yang diperoleh sebagai berikut:

$$t = \frac{W}{P} \quad (4.15)$$

$$t = \frac{3,5421}{0,2318} \quad (4.16)$$

$$t = 15,2789 \text{ s}$$

4.2.13 Perhitungan Perkiraan Waktu dengan Kecepatan 180 RPM

4.2.13.1 Perhitungan Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut ini dihitung dengan berdasarkan perencanaan dengan kecepatan 180 RPM. Berikut ini kecepatan sudut yang dihasilkan:

$$\omega = \frac{2\pi \times RPM}{60} \quad (4.17)$$

$$\omega = \frac{2\pi \times 180}{60} \quad (4.18)$$

$$\omega = 18,8496 \text{ rad/s}$$

4.2.13.2 Perhitungan Kecepatan Linear

Perhitungan kecepatan linear dilakukan untuk mengetahui ukuran dari seberapa cepat proses penggulung *belt abrasive* dalam garis lurus dari satu titik ke titik lainnya. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan kecepatan linear:

$$V = r \times \omega \quad (4.19)$$

$$V = 0,025 \times 18,8496 \quad (4.20)$$

$$V = 0,4712 \text{ m/s}$$

4.2.13.3 Perhitungan Percepatan Sudut

Percepatan sudut merupakan ukuran dari seberapa cepat *belt abrasive* mengalami perubahan dalam kecepatan sudut sepanjang mesin bekerja. Percepatan sudut ini nantinya akan berguna untuk menghitung besaran gaya sentripetal. Berikut ini percepatan sudut dengan kecepatan 180 RPM:

$$\alpha = \frac{v^2}{r} \quad (4.21)$$

$$\alpha = \frac{(0,4712)^2}{0,025} \quad (4.22)$$

$$\alpha \approx 8,8826 \text{ m/s}^2$$

4.2.13.4 Perhitungan Gaya Sentripetal

Gaya sentripetal merupakan gaya yang timbul akibat dari putaran mesin. Setelah diketahui percepatan sudut. Berikut ini hasil dari perhitungan gaya sentripetal pada mesin penggulung *belt abrasive*:

$$F = m \times \alpha \quad (4.23)$$

$$F = 0,323 \times 8,8826 \quad (4.24)$$

$$F = 2,8691 N$$

4.2.13.5 Perhitungan torsi kopel(τ)

Perhitungan torsi kopel dilakukan untuk mengetahui besaran gaya yang bekerja pada kopel garpu penggulangan. Torsi kopel ini juga akan digunakan untuk menghitung besaran daya bekerja pada penggulangan mesin. Berikut ini merupakan hasil perhitungan torsi kopel:

$$\tau = F \times r \quad (4.25)$$

$$\tau = 2,8691 \times 0,025 \quad (4.26)$$

$$\tau = 0,0717 Nm$$

4.2.13.6 Perhitungan Energi (Usaha)

Dalam proses kerjanya perlu diketahui besaran usaha yang bekerja untuk menggulung *belt abrasive* sepanjang 4 meter. Besaran usaha ini nantinya akan berguna untuk menghitung waktu penggulangan dari *belt abrasive*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan besaran usaha dengan perencanaan putaran 180 RPM:

$$W = F \times s \quad (4.27)$$

$$W = 2,8691 \times 4 \quad (4.28)$$

$$W = 11,4764 J$$

4.2.13.7 Perhitungan Daya (P)

Perhitungan daya dilakukan untuk mengetahui besar daya yang dibutuhkan untuk menggulung *belt abrasive* sepanjang 4 meter setelah diketahui nilai torsi dan kecepatan sudutnya. Berikut ini perhitungan daya dengan RPM 180:

$$P = \tau \times \omega \quad (4.29)$$

$$P = 0,0717 \times 18,8496 \quad (4.30)$$

$$P = 1,352 \text{ Watt}$$

4.2.13.8 Perhitungan Waktu Penggulungan (t)

Setelah diketahui beberapa variabel yang dibutuhkan, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan menggulung *belt abrasive*. Apabila digunakan kecepatan sebesar 180 RPM maka waktu yang diperoleh sebagai berikut:

$$t = \frac{W}{P} \quad (4.31)$$

$$t = \frac{11,4764}{1,352} \quad (4.32)$$

$$t = 8,4883 \text{ s}$$

4.2.14 Perhitungan Perkiraan Waktu dengan Kecepatan 300 RPM

4.2.14.1 Perhitungan Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut ini dihitung dengan berdasarkan perencanaan dengan kecepatan 300 RPM. Berikut ini kecepatan sudut yang dihasilkan:

$$\omega = \frac{2\pi \times RPM}{60} \quad (4.33)$$

$$\omega = \frac{2\pi \times 300}{60} \quad (4.34)$$

$$\omega = 31,416 \text{ rad/s}$$

4.2.14.2 Perhitungan Kecepatan Linear

Perhitungan kecepatan linear dilakukan untuk mengetahui ukuran dari seberapa cepat proses penggulung *belt abrasive* dalam garis lurus dari satu titik ke titik lainnya. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan kecepatan linear:

$$V = r \times \omega \quad (4.35)$$

$$V = 0,025 \times 31,416 \quad (4.36)$$

$$V = 0,7854 \text{ m/s}$$

4.2.14.3 Perhitungan Percepatan Sudut

Percepatan sudut merupakan ukuran dari seberapa cepat *belt abrasive* mengalami perubahan dalam kecepatan sudut sepanjang mesin bekerja. Percepatan sudut ini nantinya akan berguna untuk menghitung besaran gaya sentripetal. Berikut ini percepatan sudut dengan kecepatan 300 RPM:

$$\alpha = \frac{v^2}{r} \quad (4.37)$$

$$\alpha = \frac{(0,7854)^2}{0,025} \quad (4.38)$$

$$\alpha \approx 24,674 \text{ m/s}^2$$

4.2.14.4 Perhitungan Gaya Sentripetal

Gaya sentripetal merupakan gaya yang timbul akibat dari putaran mesin. Setelah diketahui percepatan sudut. Berikut ini hasil dari perhitungan gaya sentripetal pada mesin penggulung *belt abrasive*:

$$F = m \times \alpha \quad (4.39)$$

$$F = 0,323 \times 24,674 \quad (4.40)$$

$$F = 7,970 \text{ N}$$

4.2.14.5 Perhitungan torsi kopel(τ)

Perhitungan torsi kopel dilakukan untuk mengetahui besaran gaya yang bekerja pada kopel garpu penggulangan. Torsi kopel ini juga akan digunakan untuk menghitung besaran daya bekerja pada penggulangan mesin. Berikut ini merupakan hasil perhitungan torsi kopel:

$$\tau = F \times r \quad (4.41)$$

$$\tau = 7,970 \times 0,025 \quad (4.42)$$

$$\tau = 0,199 \text{ Nm}$$

4.2.14.6 Perhitungan Energi (Usaha)

Dalam proses kerjanya perlu diketahui besaran usaha yang bekerja untuk menggulung *belt abrasive* sepanjang 4 meter. Besaran usaha ini nantinya akan berguna untuk menghitung waktu penggulung dari *belt abrasive*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan besaran usaha dengan perencanaan putaran 300 RPM:

$$W = F \times s \quad (4.43)$$

$$W = 7,970 \times 4 \text{ R} \quad (4.44)$$

$$W = 31,879 \text{ J}$$

4.2.14.7 Perhitungan Daya (P)

Perhitungan daya dilakukan untuk mengetahui besar daya yang dibutuhkan untuk menggulung *belt abrasive* sepanjang 4 meter setelah diketahui nilai torsi dan kecepatan sudutnya. Berikut ini perhitungan daya dengan RPM 300:

$$P = \tau \times \omega \quad (4.45)$$

$$P = 0,199 \times 31,416 \quad (4.46)$$

$$P = 6,259 \text{ Watt}$$

4.2.14.8 Perhitungan Waktu Penggulangan (t)

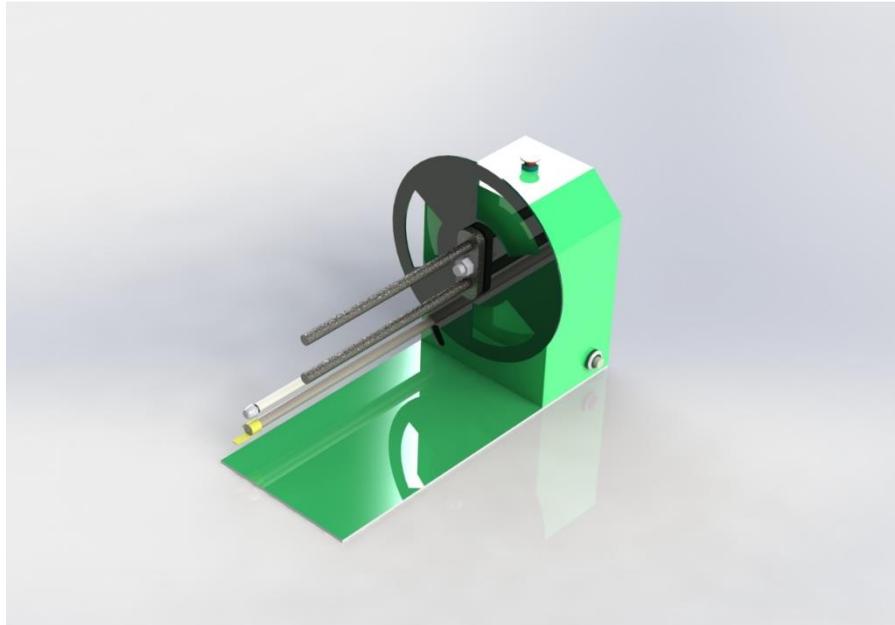
Setelah diketahui beberapa variabel yang dibutuhkan, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan menggulung *belt abrasive*. Apabila digunakan kecepatan sebesar 300 RPM maka waktu yang diperoleh sebagai berikut:

$$t = \frac{W}{P} \quad (4.47)$$

$$t = \frac{31,87911,4764}{6,259} \quad (4.48)$$

$$t = 5,093 \text{ s}$$

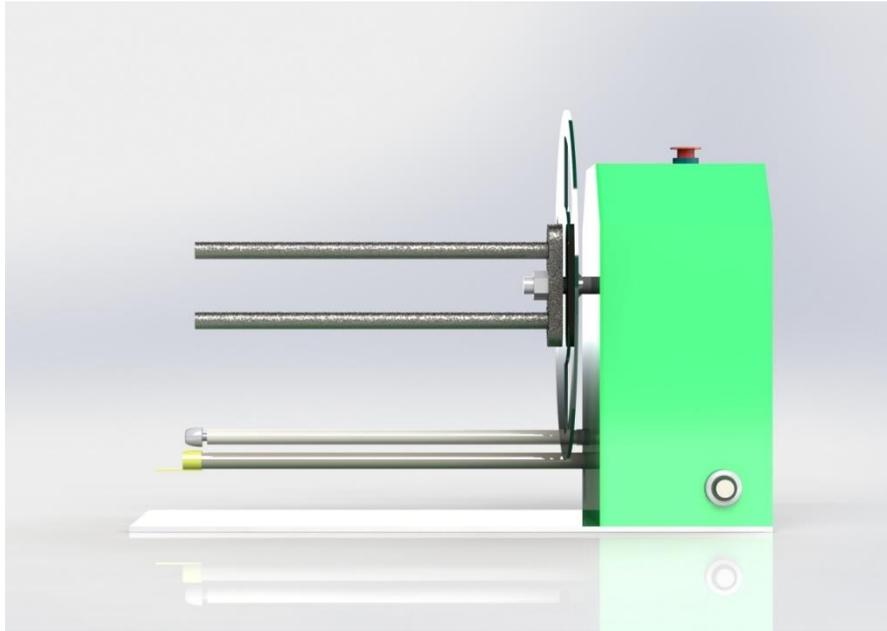
4.2.15 Virtual Desain



Gambar 4. 3 Desain 3D mesin penggulung *belt abrasive*



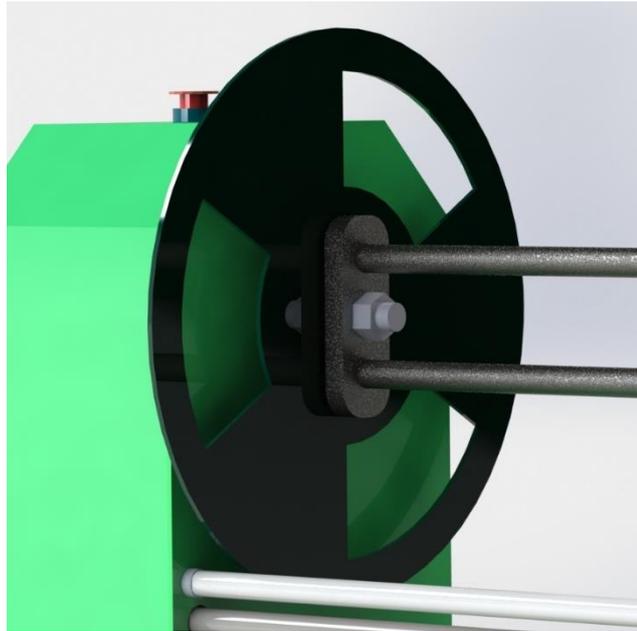
Gambar 4.4 Tampak depan mesin penggulung *belt abrasive*



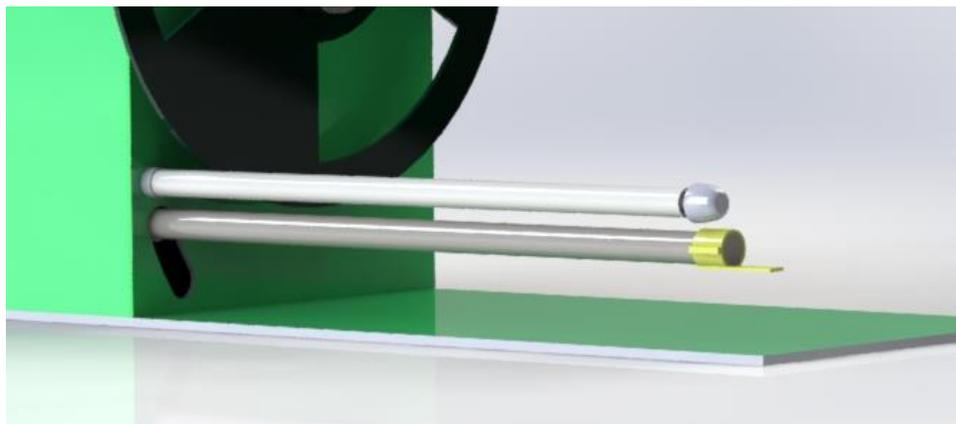
Gambar 4.5 Tampak samping mesin penggulung *belt abrasive*.



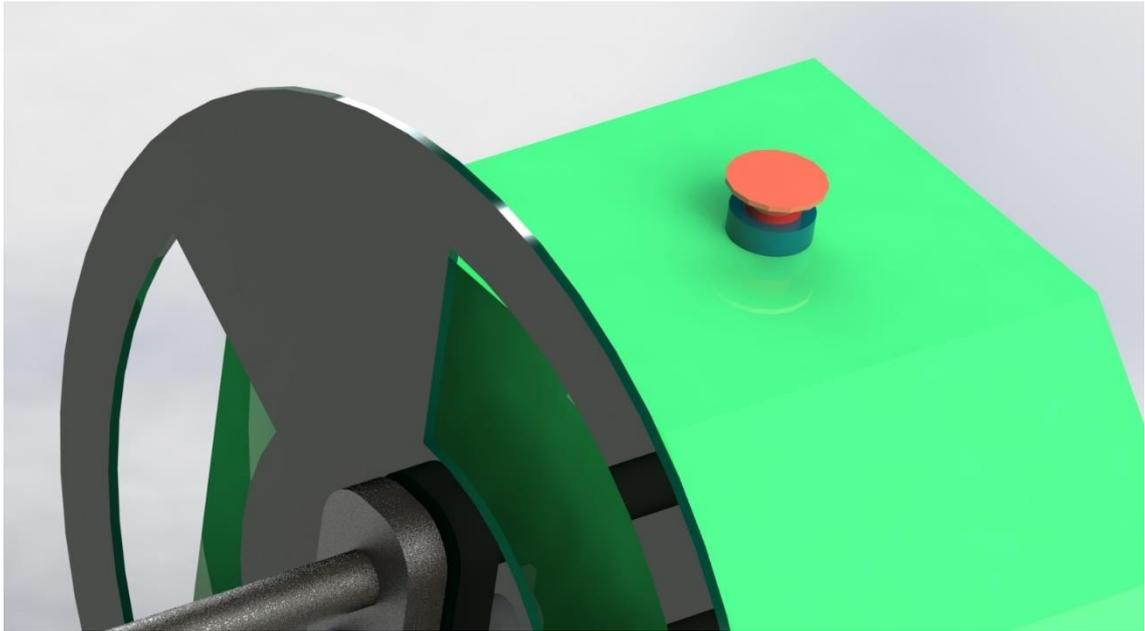
Gambar 4.6 Komponen kopel penggulung *belt abrasive*.



Gambar 4.7 Komponen *barier* penggulung *belt abrasive*



Gambar 4. 8 Komponen tuas *switch*.



Gambar 4. 9 Komponen *emergency button*.

4.2.16 Prinsip Kerja Desain

Prinsip kerja dari mesin penggulung *belt abrasive* diperoleh dari inovasi desain yang dirancang serta mempunyai fungsi sebagai alat bantu operator dalam melakukan proses kerja pergantian *belt abrasive*. Prinsip kerja dari mesin ini adalah dengan memanfaatkan kopel penggulung yang berbentuk garpu untuk menggulung *abrasive* yang berbentuk *belt*. Berikut ini merupakan langkah kerja dari perancangan mesin penggulung *belt abrasive*:

1. Mengatur kecepatan mesin penggulung *belt abrasive* dengan cara memutar *rotary switch* yang berada di bagian atas mesin.
2. Memasang *belt abrasive* pada mesin penggulung dengan memasukkan 1 sisi *belt abrasive* pada kopel garpu penggulung, dan sisi lainnya dimasukkan ke kopel *switch* yang berada dibawah.
3. Menghidupkan kopel *switch* yang berada di bagian bawah dengan cara, menekan ke arah bawah kopel switch ke arah atas.
4. Mesin penggulung akan berputar untuk menggulung *belt abrasive*.

5. Mesin penggulung *belt abrasive* akan mati dengan otomatis dengan memanfaatkan ujung *belt abrasive* yang masih mempunyai gaya potensial akibat dari sisa putaran mesin.
6. Operator dapat mengeluarkan *belt abrasive* yang telah tergulung, kemudian memberi selotip kertas lalu membuangnya ke tempat sampah.

Manfaat dari mesin penggulung *belt abrasive* ini adalah untuk mempermudah pekerjaan operator dalam menggulung *belt abrasive* serta mengurangi waktu penggulangan. Penggulangan *belt abrasive* yang sudah terpakai dilakukan untuk mempermudah *handling* ketika proses pembuangan *abrasive*, menghemat volume limbah hasil produksi. Berdasarkan prinsip kerja mesin yang dirancang, memungkinkan peluang perubahan waktu total pergantian *belt abrasive*.

4.3 Uji Kesesuaian Desain

Uji kesesuaian digunakan untuk mengetahui apakah rancangan mesin penggulung *belt abrasive* yang sudah dibuat sudah memenuhi keinginan dan kebutuhan dari operator. Verifikasi perancangan desain dilakukan untuk melakukan pengujian validitas guna mengetahui kesesuaian perancangan mesin penggulung *belt abrasive*. Tingkat signifikansi yang diinginkan adalah 5%. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Uji kesesuaian desain.

Kode Atribut	Atribut	Nilai Sig
OR_1	Mudah digunakan	0,960
OR_2	Mudah dijangkau	0,590
OR_3	Kecepatan	0,132
OR_4	Ringkas	0,366
OR_5	Aman	0,414
OR_6	Hasil Rapi	0,180
OR_7	Fleksibel	0,095

Kode Atribut	Atribut	Nilai Sig
<i>OR₈</i>	Keandalan	0,127
<i>OR₉</i>	Terjangkau	0,564
<i>OR₁₀</i>	Estetika	0,251
<i>OR₁₁</i>	Hemat Energi	0,257

Diketahui dari tabel diatas hasil pengujian $> 0,05$ maka H_0 diterima, sehingga desain dari mesin penggulung *belt abrasive* yang dirancang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan operator. Dengan kata lain, semua kebutuhan pengguna didapatkan dari awal identifikasi kebutuhan pengguna sebelum desain dan sesudah desain mesin penggulung *belt abrasive* sesuai dengan kebutuhan operator dan tidak ada perbedaan yang signifikan.

4.3.1 Anggaran Biaya

Anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan *prototype* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.15 Anggaran biaya *prototype*.

No	Nama Barang	Biaya
1	Plat alumunium	650.000
2	Alumunium rod	85.000
3	Motor listrik	175.000
4	Kabel	100.000
5	<i>Arduino micro controller</i>	200.000
6	<i>Fuse</i>	65.000
7	<i>Stecker</i>	25.000
8	<i>Rotary switch</i>	95.000
9	<i>Selector switch</i>	65.000

No	Nama Barang	Biaya
10	<i>Emergency Switch</i>	30.000
		1.490.000

Tabel 4.16 Biaya tambahan anggaran *prototype*.

No	Nama Biaya	Biaya (Rp)
1	Biaya 3D <i>Print</i> komponen	35.000
2	Biaya tenaga kerja	500.000
		850.000

Hasil dari perancangan mesin penggulung *belt abrasive* yang dibuat menjadi *prototype* membutuhkan biaya sebesar Rp 2.025.000.

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Analisis Kebutuhan Operator

Identifikasi kebutuhan operator dilakukan dengan *brainstorming* dengan bagian *sanding panel* UP lalu melakukan wawancara menggunakan kuesioner sebanyak 2 tahap. Tahapan pertama dilakukan untuk melakukan identifikasi kebutuhan operator, sedangkan untuk tahapan kedua dilakukan untuk pengujian hasil desain kepada para operator. Pada tahap analisis kebutuhan operator diperoleh 11 atribut yaitu

1. Mudah digunakan
Operator menginginkan mesin penggulung *belt abrasive* yang mudah digunakan sehingga tidak menambah beban kerja dari operator.
2. Mudah dijangkau
Posisi dari mesin penggulung *belt abrasive* dekat dengan operator.
3. Kecepatan
Operator menginginkan mesin penggulung *belt abrasive* yang cepat dalam melakukan pekerjaan menggulung *abrasive* sehingga dapat mengurangi waktu penggulangan *belt abrasive*.
4. Ringkas
Operator menginginkan mesin penggulung *abrasive* yang mempunyai dimensi yang tidak besar sehingga tidak memakan area kerja dari operator.
5. Aman
Operator membutuhkan mesin penggulung *belt abrasive* yang mempunyai potensi bahaya yang rendah sehingga tidak melukai operator.
6. Hasil rapi
Operator menginginkan mesin penggulung *belt abrasive* yang dapat menghasilkan gulungan yang rapi sehingga dapat mempermudah dalam pembuangan *abrasive* serta tidak berserakan di area kerja.
7. Fleksibel
Operator menginginkan mesin penggulung *belt abrasive* yang dapat diatur kecepatannya sehingga dapat menyesuaikan dengan intensitas pekerjaan.
8. Keandalan

Operator menginginkan mesin penggulung *abrasive* yang awet dan tidak mudah rusak ketika sering digunakan.

9. Terjangkau

Operator menginginkan mesin penggulung *belt abrasive* dengan biaya pembuatan serta biaya perawatan yang terjangkau.

10. Estetika

Operator menginginkan mesin penggulung *belt abrasive* dengan bentuk yang baik.

11. Hemat energi

Operator *sanding panel UP* menginginkan mesin penggulung *belt abrasive* dengan konsumsi daya yang rendah.

5.2 Analisis Inventive Principles

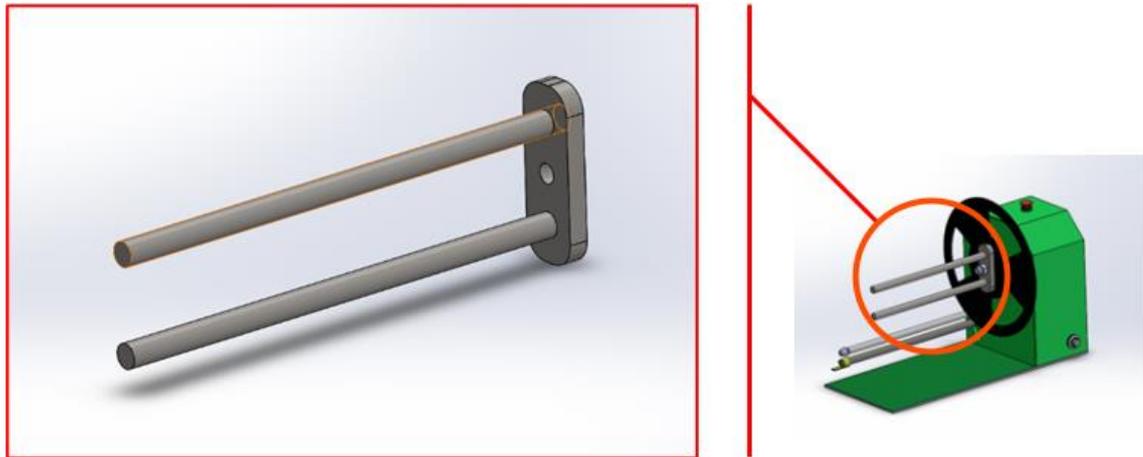
Analisis *inventive principles* dikembangkan dari akar permasalahan yang ditemukan. Setelah akar permasalahan ditemukan dari atribut keinginan, kemudian dilakukan pengembangan berdasarkan permasalahan yang termasuk dalam *engineering contradiction*. *Engineering contradiction* merupakan pengembangan solusi masalah berdasarkan pada parameter *improving feature* dan *worsening feature*. *Improving feature* merupakan parameter yang ingin ditingkatkan sedangkan *worsening feature* merupakan parameter yang memburuk akibat dari peningkatan parameter *improving feature*.

5.2.1 Atribut Mudah Digunakan

Atribut mudah digunakan mempunyai prioritas terhadap prinsip kerja serta mekanisme kerja dari mesin penggulung *belt abrasive* yang dirancang. Tujuan dari atribut ini adalah untuk menciptakan mekanisme sederhana yang dapat dengan efektif menggulung *belt abrasive* yang mempunyai panjang sekitar 4 meter. Permasalahan yang timbul akibat dari perancangan mekanisme mesin penggulung *belt abrasive* adalah kompleksitas komponen pendukung sistem mesin menjadi semakin kompleks. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang tepat akibat dari kontradiksi yang timbul.

Strategi yang digunakan untuk mengatasi kontradiksi tersebut adalah dengan menentukan *inventive principles* dari parameter *improving feature ease of operation* (33) dan parameter *worsening feature device complexity* (36). Diperoleh *inventive principles* yaitu 32, 26, 12, dan 17. Dari analisis yang dilakukan solusi yang tepat untuk digunakan

adalah prinsip 12 *Equipotentiality*. Solusi yang diusulkan adalah dengan merancang mekanisme pengoperasian alat penggulung *belt abrasive* menyesuaikan dengan karakteristik dari *belt abrasive*. Mekanisme yang diusulkan adalah dengan menggunakan garpu penggulung supaya mesin dapat digunakan untuk menggulung dengan efisien. Garpu penggulung ini juga bermanfaat untuk mempermudah pemasangan serta pencopotan dari *belt abrasive* pada mesin.



Gambar 5. 1 Komponen garpu roller

Solusi dengan prinsip yang sama adalah dengan menambahkan komponen berupa stik pada bagian bawah mesin. Penambahan komponen stik ini bertujuan untuk sebagai pengatur pergerakan *belt abrasive*. Pengatur pergerakan *belt abrasive* disesuaikan dengan karakteristik *belt abrasive* yang sulit untuk diatur serta mengeliminasi potensi pergerakan objek *belt abrasive*.

5.2.2 Atribut Mudah Dijangkau

Pada atribut *kansei word* mudah dijangkau, prioritas perancangan yang digunakan adalah jarak antara operator dengan mesin penggulung *belt abrasive* yang dekat sehingga waktu *transport* operator terhadap mesin tidak terlalu lama. Pada dasarnya atribut mudah dijangkau memerlukan tata letak atau *layout* yang baik untuk mencapai peningkatan yang diinginkan. Kontradiksi yang timbul akibat dari atribut *improvement* ini adalah area kerja operator yang semakin sempit sehingga dapat berdampak penurunan produktivitas pekerja serta dapat meningkatkan potensi bahaya terhadap operator.

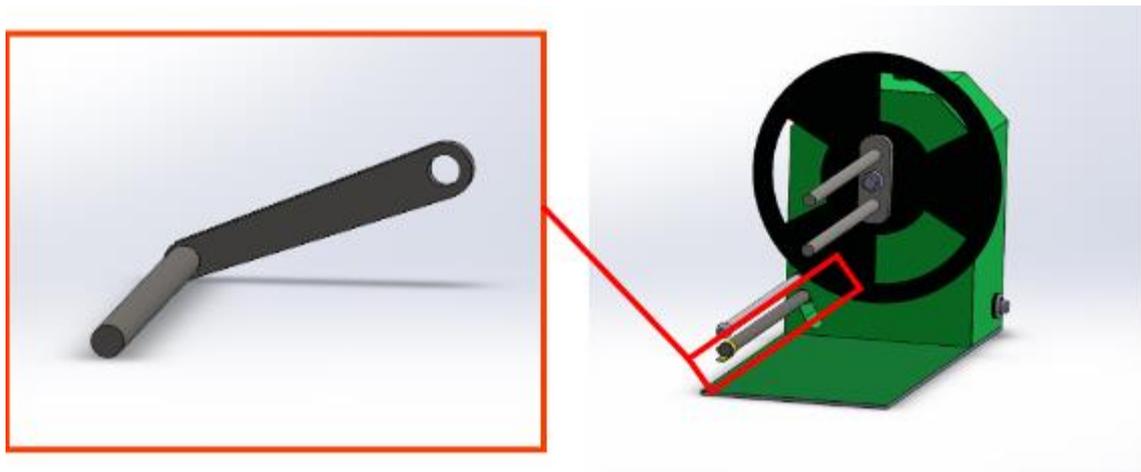
Berdasarkan metode TRIZ, strategi yang digunakan adalah analisis kontradiksi yang dimana ditentukan parameter yang meningkat adalah *length of stationary* (4) sedangkan parameter yang memburuk adalah *area of stationary* (6). *Inventive principle* yang dihasilkan dari analisis kontradiksi adalah prinsip 17, 7, 10 dan 40. Solusi yang dapat diusulkan secara spesifik adalah prinsip 7 *nested doll*. Penerapan solusi spesifik dari prinsip tersebut adalah dengan melakukan penggabungan antar mesin penggulung *belt abrasive* yang dirancang dengan mesin *level sander* yang ada di *section sanding panel UP*. Penggabungan yang dilakukan adalah dengan memasang mesin penggulung *belt abrasive* pada bagian atas kiri mesin *level sander*. Solusi tersebut operator dapat dengan cepat melakukan pekerjaan pergantian *abrasive*. Dalam implementasinya operator cenderung melepas *belt abrasive* dari sisi kanan terlebih dahulu dikarenakan sisi kanan lebih dekat dengan tombol *on/off* mesin serta tuas angin pneumatik mesin. Setelah sisi kanan *abrasive* terlepas, operator kemudian melepas di bagian sisi kiri mesin. Sehingga dari solusi tersebut operator dapat langsung memasang *abrasive* bekas pada mesin penggulung *belt abrasive*.

5.2.3 Atribut Kecepatan

Atribut kecepatan diukur berdasarkan waktu yang diperlukan dalam pergantian *abrasive*. Waktu penggulangan *belt abrasive* menjadi bagian dari waktu pergantian *belt abrasive*. Efisiensi waktu yang digunakan dalam pergantian *belt abrasive* akan sangat berpengaruh pada produktivitas produksi sehingga parameter yang digunakan adalah produktivitas. Kontradiksi yang timbul akibat dari peningkatan parameter tersebut adalah peningkatan potensi bahaya terhadap operator. Hal tersebut, disebabkan oleh semakin cepat penggulangan *abrasive* akan berbanding lurus terhadap tingkat potensi bahaya yang dihasilkan.

Berdasarkan analisis diatas, parameter yang cocok untuk digunakan dalam *contradiction engineering* adalah *productivity*(39) sedangkan parameter yang memburuk adalah *object generated harmful* (31), sehingga *inventive principle* yang diperoleh adalah prinsip 25, 22, 18, dan 39. Setelah dilakukan analisis, prinsip yang cocok digunakan untuk solusi permasalahan adalah prinsip 22 *blessing in disguise*. Solusi spesifik tersebut diambil berdasarkan pada proses kerja yang dilakukan. Dibandingkan meningkatkan kecepatan mesin untuk meningkatkan produktivitas, diusulkan untuk memanfaatkan sisa

putaran mesin penggulung *belt abrasive* yang ada sebagai potensi untuk memberikan solusi permasalahan. Dengan menambahkan komponen tuas sebagai alat untuk memungkinkan mesin dapat dengan mati secara otomatis ketika *belt abrasive* telah habis tergulung. Sehingga operator dapat melanjutkan ke sub-pekerjaan lainnya tanpa harus menunggu mesin selesai menggulung *belt abrasive*.



Gambar 5. 2 Komponen tuas otomatis

5.2.4 Atribut Ringkas

Prioritas perbaikan atribut ringkas bertujuan untuk merancang mesin penggulung *belt abrasive* dengan dimensi yang kecil. Dimensi mesin penggulung *belt abrasive* yang kecil memberikan manfaat untuk menjaga area kerja operator tetap luas. Kontradiksi yang dihasilkan dari perbaikan atribut ringkas berpengaruh pada kestabilan mesin yang semakin memburuk. Kestabilan mesin ketika melakukan proses kerja akan membuat mesin mudah untuk terjatuh, menimbulkan kebisingan lebih serta menimbulkan potensi bahaya pada operator. Untuk itu diperlukan solusi spesifik untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Strategi untuk analisis kontradiksi diatas adalah dengan menentukan parameter yang membaik yaitu *shape* (12) dan parameter yang memburuk adalah *stability of the object* (13). Melalui kontradiksi matriks diperoleh *inventive principle* antara lain 33, 1, 18, dan 4. Setelah dilakukan pertimbangan, dihasilkan untuk prinsip yang digunakan untuk memecahkan masalah adalah prinsip 33 *homogeneity*. Solusi spesifik dari prinsip tersebut adalah dengan merancang struktur serta bentuk dari badan mesin menggunakan material yang didominasi dengan bahan besi. Material besi ini juga digunakan dalam badan mesin

level sander. Dengan material tersebut diharapkan dapat digunakan untuk membentuk dimensi mesin yang ringkas dengan kestabilan yang baik.

5.2.5 Atribut Aman

Perancangan mesin penggulung *belt abrasive* ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas. Namun, dengan adanya keberadaan dari penambahan mesin penggulung *belt abrasive* ini akan menimbulkan potensi bahaya baru untuk operator. Operator menjadi objek yang terdampak dari potensi bahaya yang dihasilkan.

Strategi yang digunakan dalam analisis kontradiksi adalah dengan menentukan parameter *productivity* yang menjadi parameter perbaikan serta parameter *object affected harmful* menjadi parameter yang memburuk. Dari kedua parameter tersebut dihasilkan *inventive principle* antara lain prinsip 35, 22, 13 dan 24. Setelah melakukan analisa, ditetapkan prinsip 24 menjadi prinsip yang digunakan untuk menghasilkan solusi spesifik. Solusi yang dihasilkan adalah menambahkan penghubung untuk operator dalam melakukan proses kerja menggunakan mesin penggulung *belt abrasive*. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi potensi kontak operator dengan putaran mesin penggulung *belt abrasive*.

5.2.6 Atribut Fleksibel

Atribut Fleksibel mempunyai prioritas perbaikan fleksibilitas kecepatan penggulangan *belt abrasive*. Tujuan perbaikan tersebut adalah supaya kecepatan mesin penggulung *belt abrasive* dapat menyesuaikan dengan intensitas pekerjaan serta preferensi dari operator. Kontradiksi yang muncul akibat dari perbaikan atribut fleksibel adalah kompleksitas mesin penggulung *belt abrasive* meningkat. Sehingga diperlukan solusi dari kontradiksi tersebut.

Berdasarkan analisa tersebut, ditentukan untuk parameter yang membaik adalah *adaptability* sedangkan parameter yang memburuk adalah *device complexity*. Berdasarkan parameter tersebut, prinsip yang diperoleh untuk menghasilkan solusi komprehensif adalah 15, 29, 37 dan 28. Setelah dilakukan analisa, prinsip yang akan digunakan adalah prinsip 28 *mechanic substitution*. Implementasi dari prinsip ini adalah dengan mempertimbangkan penggunaan jenis motor listrik AC yang telah mempunyai variasi kecepatan.

5.2.7 Atribut Hemat Energi

Atribut kebutuhan hemat energi mempunyai prioritas perbaikan pada konsumsi daya dari mesin penggulung *belt abrasive* yang dirancang rendah. Akan tetapi, ketika konsumsi daya dari mesin rendah akan membuat output tenaga dari mesin menjadi semakin kecil pula.

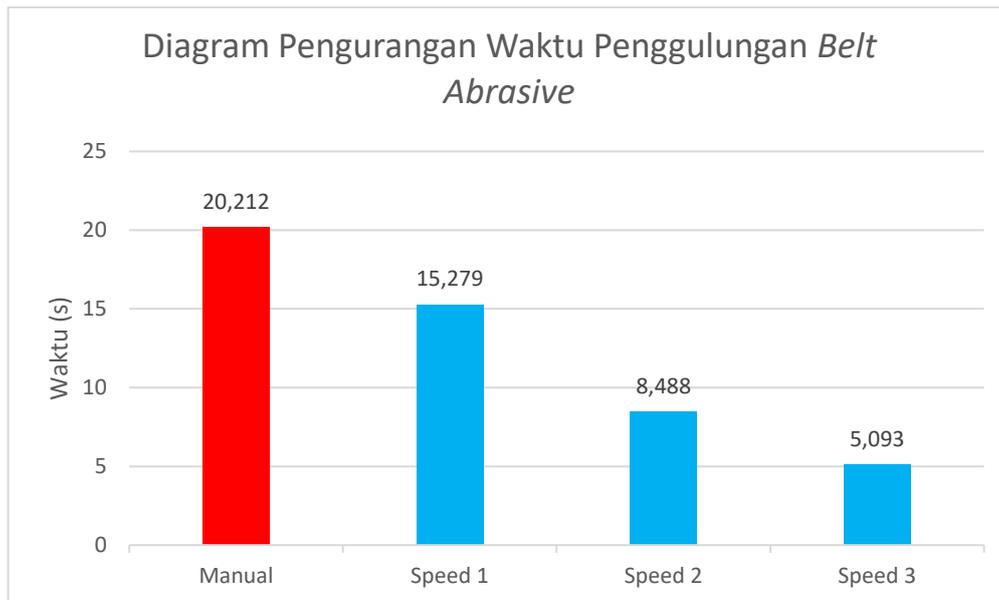
Menurut analisis kontradiksi, parameter perbaikan dari atribut kebutuhan hemat energi adalah *use energy by moving object* (19) sedangkan parameter yang memburuk adalah *power* (21). Setelah dilakukan analisis kontradiksi, prinsip yang dihasilkan adalah prinsip 6, 19, 37 dan 18. Prinsip yang dipilih untuk mengatasi permasalahan yang adalah adalah 19 *Periodic action*. Penerapan dari prinsip ini adalah merancang mesin supaya dapat memungkinkan dapat melakukan pekerjaan secara *periodic* dan tidak termasuk dalam *continous activity*.

5.3 Analisis Perencanaan Waktu

Diketahui berdasarkan pengumpulan data yang dilakukan, diperoleh untuk rata-rata waktu yang dibutuhkan operator untuk menggulung *belt abrasive* secara manual adalah sebesar 20,212 detik. Setelah dilakukan perhitungan perencanaan dihasilkan hasil perhitungan waktu sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Analisis perencanaan waktu.

Kecepatan	Waktu
100 RPM	15,279 detik
180 RPM	8,488 detik
300 RPM	5,093 detik



Gambar 5. 3 Diagram pengurangan waktu penggulungan *belt abrasive*.

Berdasarkan perhitungan waktu yang diperoleh, didapatkan bahwa ketiga variabel kecepatan dari perencanaan kecepatan mesin ini dapat mengurangi waktu penggulungan *belt abrasive*. Untuk kecepatan 100 RPM waktu dari penggulungan *belt abrasive* turun sebesar 4,933 detik, kemudian untuk 180 RPM turun sebesar 11,724 detik dan pada 300 rpm waktu turun sebesar 15,119 detik.

Ditentukan kecepatan standar dari mesin penggulung *belt abrasive* adalah kecepatan 100 RPM. Berdasarkan data diatas, perbedaan waktu antara sebelum dan setelah adanya perancangan mesin terdapat pengurangan waktu sebanyak 4,933 detik atau turun sebesar 24,4%. Dengan begitu, diharapkan waktu *non-value added* pada bagian kerja *sanding panel UP Painting Departmen* PT Yamaha Indonesia dapat berkurang sehingga terjadi peningkatan efisiensi waktu.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Prioritas perancangan mesin penggulung *belt abrasive* didasarkan pada identifikasi kebutuhan dan keinginan operator. Adapun atribut kebutuhan menggunakan *kansei word* yang digunakan dalam perancangan yaitu mudah digunakan, mudah dijangkau, kecepatan, ringkas, aman, hasil rapi, fleksibel, keandalan, terjangkau, estetika dan hemat energi.
2. Pada tahapan perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan atribut *kansei word*. Perancangan dilakukan berdasarkan *model of problem* dari masing-masing atribut yang terbagi dalam *normal problem* dan *inventive problem*. Untuk permasalahan *inventive problem* akan dianalisis menggunakan kontradiksi matriks untuk menghasilkan solusi. Prinsip kerja dari hasil perancangan mesin penggulung *belt abrasive* adalah dengan memanfaatkan motor listrik untuk memutar kopel penggulung yang berbentuk garpu. Serta beberapa penambahan komponen-komponen untuk meningkatkan perbaikan pada setiap atribut kebutuhan seperti penambahan *switch* pengatur kecepatan dan *emergency button*. Desain dari mesin penggulung *belt abrasive* untuk *Painting Department* PT Yamaha Indonesia yang diusulkan dinyatakan valid atau sesuai dengan kebutuhan operator dengan tingkat signifikansi 5%.
3. Pada tahapan perencanaan waktu yang diinginkan, diketahui bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan operator untuk menggulung secara manual adalah sebesar 20,212 detik dan ditetapkan beberapa kecepatan penggulangan dari mesin penggulung *belt abrasive* adalah 100 RPM, 180 RPM dan 300 RPM. Dari ketiga variabel kecepatan tersebut diketahui bahwa terjadi penurunan waktu yang digunakan untuk menggulung *belt abrasive*. Pada *setting* kecepatan 100 RPM perbedaan waktu antara sebelum dan setelah adanya perancangan mesin terdapat pengurangan waktu sebanyak 4,933 detik atau turun sebesar 24,4%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perancangan mesin penggulung *belt abrasive* dapat

menjadi salah satu upaya untuk melakukan perbaikan waktu penggulungan *belt abrasive* dengan tujuan untuk peningkatan produktivitas.

6.2 Saran

Penelitian ini sangat memungkinkan untuk melakukan pengujian desain secara langsung, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui peningkatan efisiensi waktu pada *section* kerja *sanding panel UP*. Selain itu, mekanisme dari mesin penggulung *abrasive* ini memungkinkan perubahan proses kerja pergantian *abrasive* sehingga perlu dilakukan pengujian lebih mendalam kembali mengenai hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bernolak, Imre. (1982). *Productivity Measurement And Analysis: New Issues And Solutions* (1). Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Chai, K.-H., Zhang, J., & Tan, K.-C. (2005). A TRIZ-Based Method for New Service Design. *Journal of Service Research*, 8(1), 48–66. <https://doi.org/10.1177/1094670505276683>
- Chou, J.-R. (2021). A TRIZ-based product-service design approach for developing innovative products. *Computers & Industrial Engineering*, 161, 107608. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107608>
- Du, Y., Zhang, M., Cai, M., & Park, K. (2024). Construction of Product Appearance Kansei Evaluation Model Based on Online Reviews and FAHP: A Case Study of Household Portable Air Conditioners. *Sustainability*, 16(8), 3132. <https://doi.org/10.3390/su16083132>
- Ekmekci, I., & Nebati, E. E. (2019). Triz Methodology and Applications. *Procedia Computer Science*, 158, 303–315. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.056>
- Erlansyah, D. (n.d.). *PEMANFAATAN MULTIMEDIA INTERAKTIF KONSEP USAHA DALAM PELAJARAN FISIKA BERBASIS TEKNOLOGI INFORMASI*.
- Faculty of Engineering, Atma Jaya Catholic University Indonesia, Jakarta, Vivi Putri, M., Iskandar, I., & Andhika. (2022). Redesign Sanjai Chips Packaging Using Kansei Engineering Method. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 14(6), 37–45. <https://doi.org/10.5815/ijieeb.2022.06.04>
- Fey, Victor, Rivin, Eugene I. (2005). *Innovation on demand : new product development using TRIZ* (1). Cambridge: Cambridge University Press.
- Fisika. (n.d.). (n.p.): Yudhistira Ghalia Indonesia.
- Ge, J., & Wang, L. (2022). Appearance Design Method of Smart Street Lamp Based on Kansei Engineering. *Advances in Multimedia*, 2022, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2022/9467820>
- Ge, Y., Wang, S., Han, R., Peng, J., Zhang, Z., Hong, Y., & Yang, Y. (2023). Application of Kansei Engineering in aircraft design. *Industria Textila*, 74(05), 534–541. <https://doi.org/10.35530/IT.074.05.20231>
- Gebeyehu, S. G., Abebe, M., & Gochel, A. (2022). Production lead time improvement through lean manufacturing. *Cogent Engineering*, 9(1), 2034255. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2034255>
- Gong, X., Guo, Z., & Xie, Z. (2022). Using Kansei Engineering for the Design Thinking Framework: Bamboo Pen Holder Product Design. *Sustainability*, 14(17), 10556. <https://doi.org/10.3390/su141710556>
- Guo, J., Chen, J., Long, L., Huang, J., Yang, Y., & Zhang, Y. (2023). Research on Lean Improvement of a Powder Production Line Based on Contradiction Analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 2650(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2650/1/012010>

- H. P. Dave, "TRIZ: 40 principles and their ranking by contradiction matrix," 2017 2nd International Conference for Convergence in Technology (I2CT), Mumbai, India, 2017, pp. 1258-1261, doi: 10.1109/I2CT.2017.8226329.
- Hani Handoko, T. *Manajemen Personalia Dan Sumberdaya Manusia / T. Hani Handoko*. 2011
- Izzhati, D. N., & Anendra, D. (2012). *IMPLEMENTASI METODE WORK SAMPLING GUNA MENGUKUR PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA DI CV.SINAR KROM SEMARANG*.
- Jono, J. (2016). ANALISIS Produktivitas Pabrik Spiritus Menggunakan Fungsi Produksi Cobb-Douglas (Studi Kasus Di PT. XYZ Yogyakarta). *SPEKTRUM INDUSTRI*, 14(2), 197. <https://doi.org/10.12928/si.v14i2.4912>
- Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Wijaya, C. A., Sianto, M. E., Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Santosa, H., & Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. (2019). Perancangan Ulang Alat Pemotong Kerupuk Dengan Menggunakan Metode Triz (Teorija Rezhenija Izobretatelskih Zadach). *Widya Teknik*, 18(2), 64–70. <https://doi.org/10.33508/wt.v18i2.2274>
- Karabašević, D. (2020). *MEFkon 20 innovation as an initiator of the development "Innovations in the function of development": International thematic monograph, thematic proceedings, digital edition : December 3rd, Belgrade, 2020*. Faculty of Applied Management, Economics and Finance.
- Kristiawan, T. A., Abidin, Z., Laksono, P. S., & Nugroho, W. I. (n.d.). Rancang Bangun Mesin Pemasang Snap Ring untuk Mengurangi Cycle Time pada Assembling Transmission FF di PT. AWI. *Jurnal Rekayasa Mesin*.
- Lian, W., Wang, K.-C., Li, Y., Chen, H.-Y., & Yang, C.-H. (2022). Affective-Blue Design Methodology for Product Design Based on Integral Kansei Engineering. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2022/5019588>
- Nagamachi, M., Workshop 2 on Kansei Engineering. Proceedings of International Conference on Affective Human Factors Design, Singapore, 2001.
- Niekurzak, M., Lewicki, W., Coban, H. H., & Bera, M. (2023). A Model to Reduce Machine Changeover Time and Improve Production Efficiency in an Automotive Manufacturing Organisation. *Sustainability*, 15(13), 10558. <https://doi.org/10.3390/su151310558>
- Novitasari, Y. D. (2018). *PERHITUNGAN ULANG TRANSMISI SABUK DAN PULI SERTA PEMILIHAN ALTERNATOR PADA KINETIC FLYWHEEL CONVERSION I (KFC I) UNTUK MEMAKSIMALKAN KERJA ALAT DI TERMINAL BBM SURABAYA GROUP – PERTAMINA PERAK*.
- Paramita, P. D. (n.d.). *PENERAPAN KAIZEN DALAM PERUSAHAAN*.
- Raviyanto J. 1985. Produktivitas dan Manajemen. Seri Produktivitas IV. Jakarta : SIUP
- Restantin, N. Y., Ushada, M., & Ainuri, M. (2012). Desain Prototipe Meja dan Kursi Pantai Portabel dengan Integrasi Pendekatan Ergonomi, Value Engineering dan

- Kansei Engineering. *Jurnal Teknik Industri*, 14(1), 53–62. <https://doi.org/10.9744/jti.14.1.53-62>
- Sanria, P., & Hilman, M. (2022). ANALISIS BEBAN KERJA PEGAWAI DENGAN MENGGUNAKAN METODE WORK SAMPLING UNTUK MENENTUKAN JUMLAH PEGAWAI YANG OPTIMAL (Studi Kasus: Studio Foto GMD Langensari). *Jurnal Media Teknologi*, 8(1), 39–56. <https://doi.org/10.25157/jmt.v8i1.2643>
- Saptono, H., Pramono, G. E., & Khindi, H. A. (2018). ANALISA DAYA DAN KONTROL KECEPATAN MOTOR PADA ALAT BANTU LAS ROTARY POSITIONER TABLE. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.32832/ame.v4i1.988>
- Shinta Ratna. (2018). Ekonomi Kreatif dan Kaizen. *Jurnal Rekomen*, 1(2). <https://doi.org/10.31002/rn.v1i2.713>
- Shofiyah, N., Pd, M., Wulandari, F. E., Si, S., & Pd, M. (n.d.). *GERAK DAN PERUBAHAN*.
- Sujarweni, V. Wiratna & Poly Endrayanto. (2012). *Statistika untuk Penelitian*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Supriyadi, A. & Athika Sidhi Cahyana. (2019). PENINGKATAN PRODUKTIVITAS MELALUI UPAYA ENVIROMENTAL RISK ANALYSIS UNTUK MENDUKUNG PELAKSANAAN GREEN PRODUCTIVITY. *Spektrum Industri*, 17(1), 11–22. ABI/INFORM Collection; Publicly Available Content Database. <https://doi.org/10.12928/si.v17i1.9216>
- Susanti, Meilia Nur Indah. (2010). *Statistika Deskriptif & Induktif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tessari, R. K., & De Carvalho, M. A. (2015). Rules for Problem Solving: Qualitative Analysis and Compilation of Existing Inventive Heuristics of TRIZ. *Applied Mechanics and Materials*, 741, 827–849. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.741.827>
- Umam, M. I. H., Nofirza, N., Rizki, M., & Lubis, F. S. (2020). Optimalisasi Jumlah Kebutuhan Tenaga Kerja pada Stasiun Kerja Hoisting Crane Menggunakan Metode Work Sampling (Studi Kasus: PT. X). *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 5(2), 125. <https://doi.org/10.24014/jti.v5i2.8984>
- Vasilko, K., & Murčinková, Z. (2023). Reduction in Total Production Cycle Time by the Tool Holder for the Automated Cutting Insert Quick Exchange and by the Double Cutting Tool Holder. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 7(3), 99. <https://doi.org/10.3390/jmmp7030099>
- Xue, L., Yi, X., & Zhang, Y. (2020). Research on Optimized Product Image Design Integrated Decision System Based on Kansei Engineering. *Applied Sciences*, 10(4), 1198. <https://doi.org/10.3390/app10041198>
- Yuliadri, Ricki & Zuli Nuraeni. (2017). *STATISTIKA PENELITIAN, PLUS Tutorial SPSS*. Yogyakarta: Innosain.

LAMPIRAN

A-Lampiran Kuesioner *Kansei Engineering*

KUESIONER KEBUTUHAN OPERATOR

Nama :

Kuesioner ini digunakan untuk mengetahui keinginan dan kebutuhan operator terkait dengan perencanaan pembuatan mesin penggulung *belt abrasive*. Kuesioner ini berhubungan dengan persepsi dari pendapat operator yang berada pada bagian kerja *Sanding Panel UP*. Pada kuesioner ini operator diminta untuk memilih skala dengan nilai 1 sampai 5 dengan memberikan tanda **centang** atau **silang** pada jawaban yang sesuai dengan keinginan operator:

- 1 Sangat Tidak Setuju
- 2 Tidak Setuju
- 3 Normal
- 4 Setuju
- 5 Sangat Setuju

No	Kata Kunci	1	2	3	4	5
1	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat supaya Mudah digunakan?					
2	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat dekat dengan operator?					
3	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat supaya cepat dalam menggulung abrasive?					
4	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat ringkas / tidak memakan tempat?					

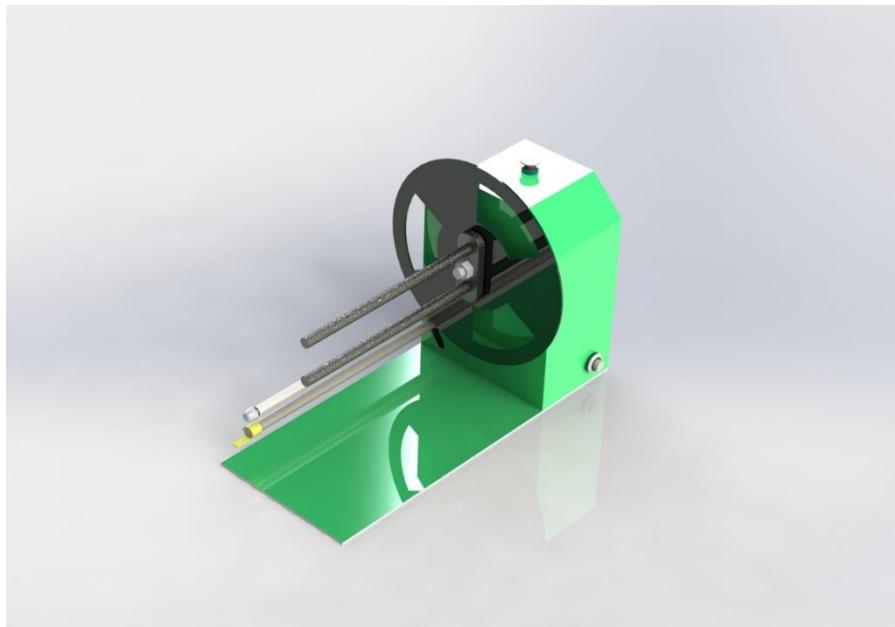
No	Kata Kunci	1	2	3	4	5
5	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat aman ?					
6	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat supaya hasil gulungan rapi ?					
7	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat fleksibel ? (dapat diatur kecepatan putarannya)					
8	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat reliabel ? (keandalan dan kemudahan pemeliharaan)					
9	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat dengan harga terjangkau ?					
10	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat dengan estetika ? (tampilan yang bagus)					
11	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat hemat energi ?					

B-Lampiran data Kebutuhan Operator

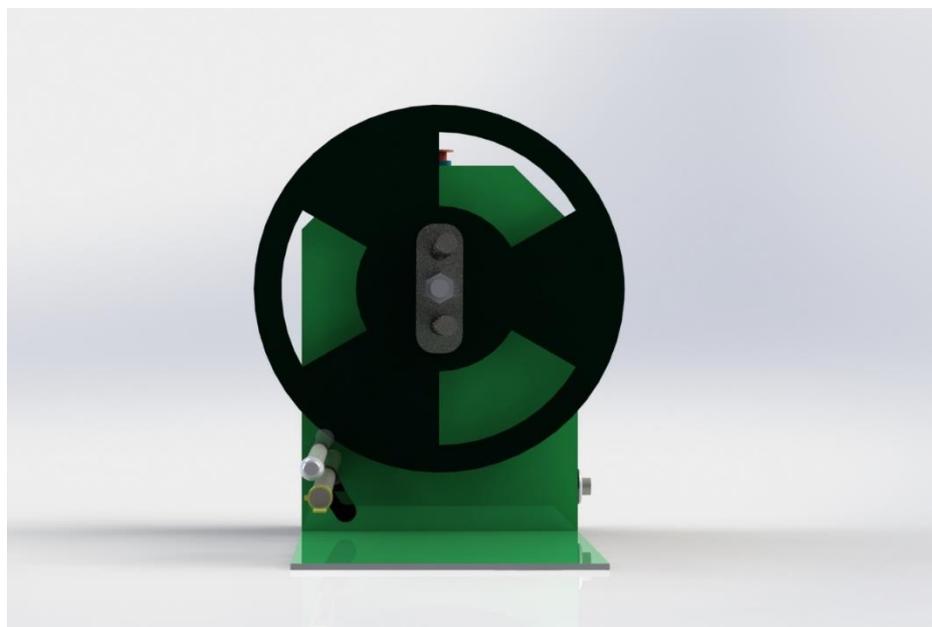
No	Pertanyaan	Tidak Penting	Kurang Penting	Cukup	Penting	Sangat Penting	Jumlah data
1	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat supaya Mudah digunakan?	0	0	3	4	3	10
2	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat dekat dengan operator?	1	1	0	4	4	10
3	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat supaya cepat dalam menggulung abrasive?	0	0	3	5	2	10
4	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat ringkas / tidak memakan tempat?	0	1	1	5	3	10
5	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat aman?	0	0	4	0	6	10
6	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat supaya hasil gulungan rapi?	0	0	4	2	4	10
7	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat fleksibel? (dapat diatur kecepatan putarannya)	0	1	4	3	2	10
8	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat reliabel?	0	0	4	3	3	10

No	Pertanyaan	Tidak Penting	Kurang Penting	Cukup	Penting	Sangat Penting	Jumlah data
	(keandalan dan kemudahan pemeliharaan)						
9	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat harga terjangkau?	0	1	1	6	2	10
10	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat dengan estetika? (tampilan yang bagus)	0	1	3	3	3	10
11	Bagaimana jika penggulung abrasive dibuat hemat energi?	0	0	2	3	5	10

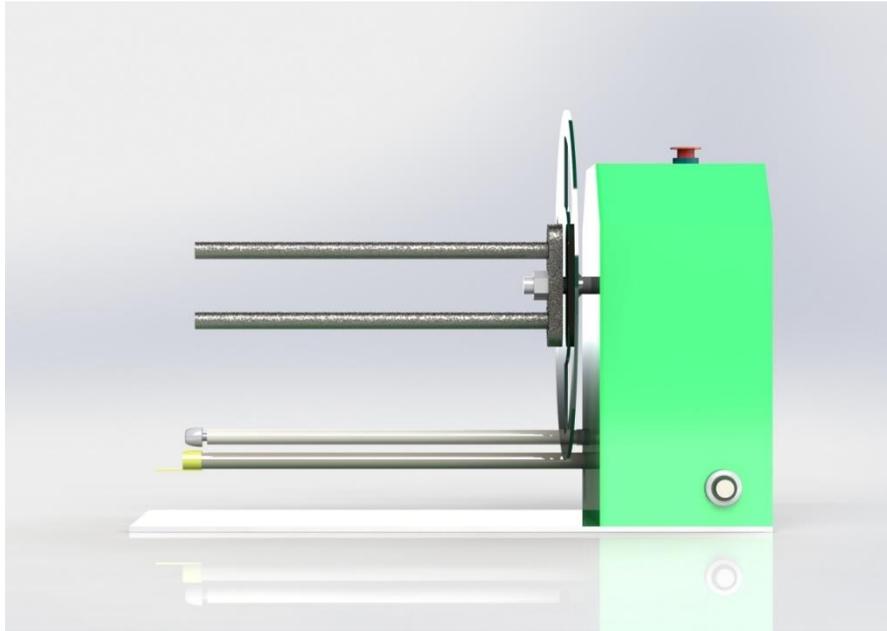
C-Lampiran *Virtual Design* Mesin Penggulung *Belt Abrasive*



Gambar Desain 3D mesin penggulung *belt abrasive*



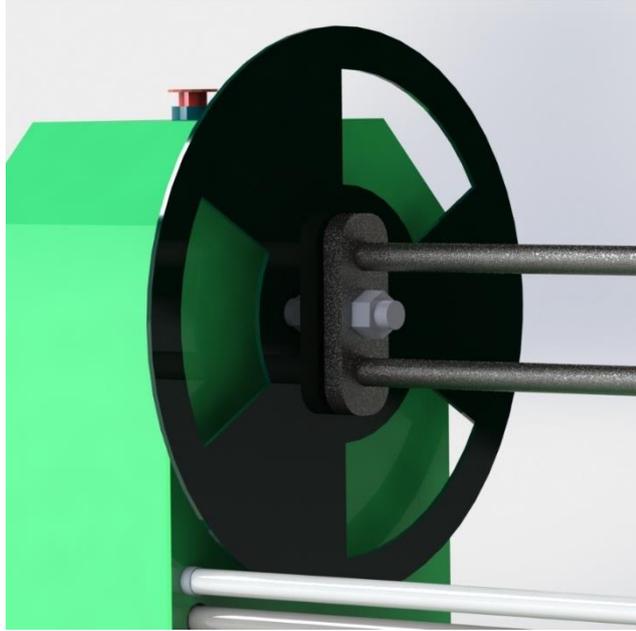
Gambar Tampak depan mesin penggulung *belt abrasive*



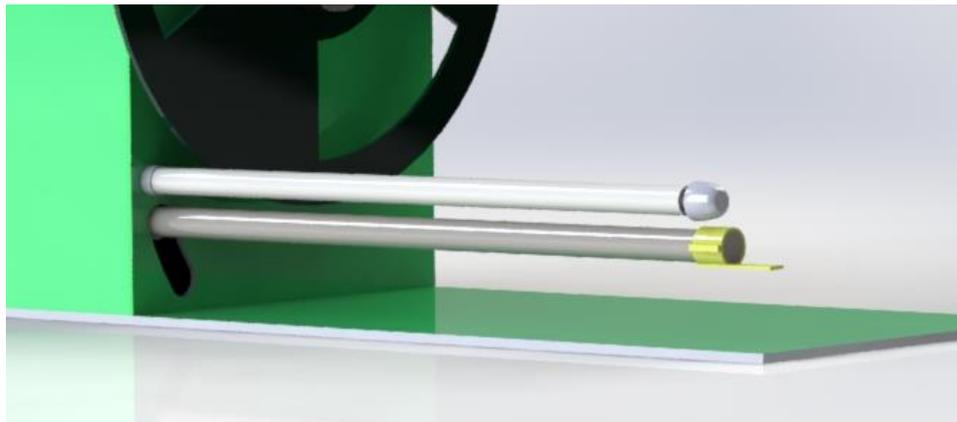
Gambar Tampak samping mesin penggulung *belt abrasive*



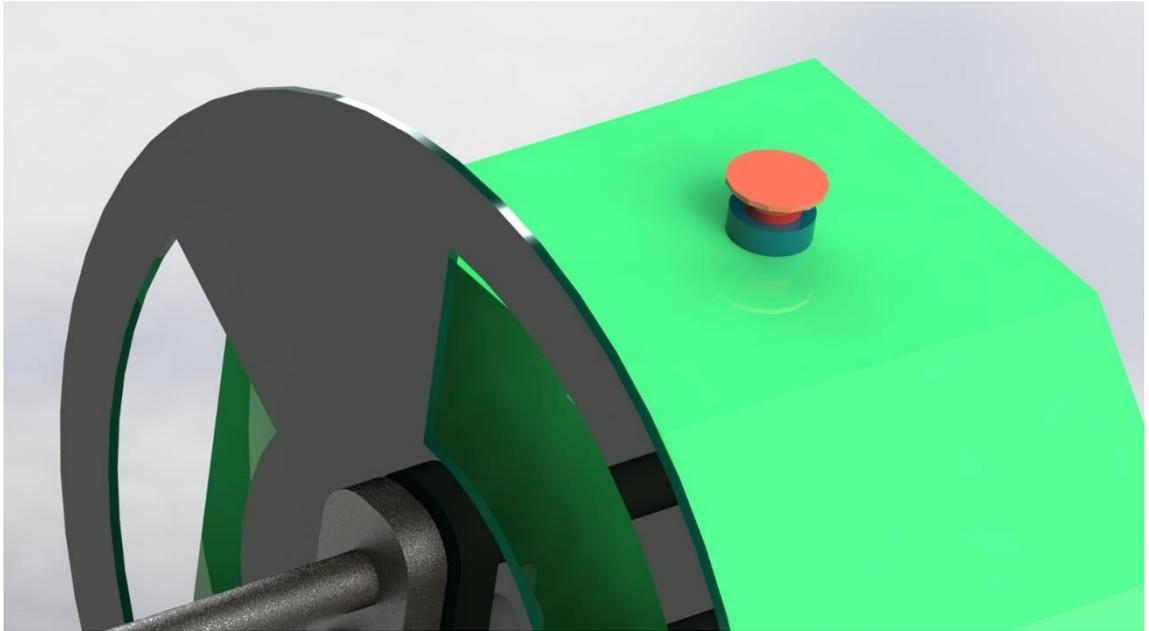
Gambar Komponen kopel penggulung *belt abrasive*



Gambar Komponen *barier* penggulung *belt abrasive*



Gambar Komponen tuas *switch*



Gambar Komponen *emergency button*

D- Lampiran Kuesioner Validasi Desain Virtual Usulan Mesin Penggulung *Belt Abrasive*

KUESIONER

VALIDASI DESAIN VIRTUAL USULAN MESIN PENGGULUNG *BELT ABRASIVE*

Assalamualaikum Warrohmatullahi Wabarokatuh

Dengan hormat,

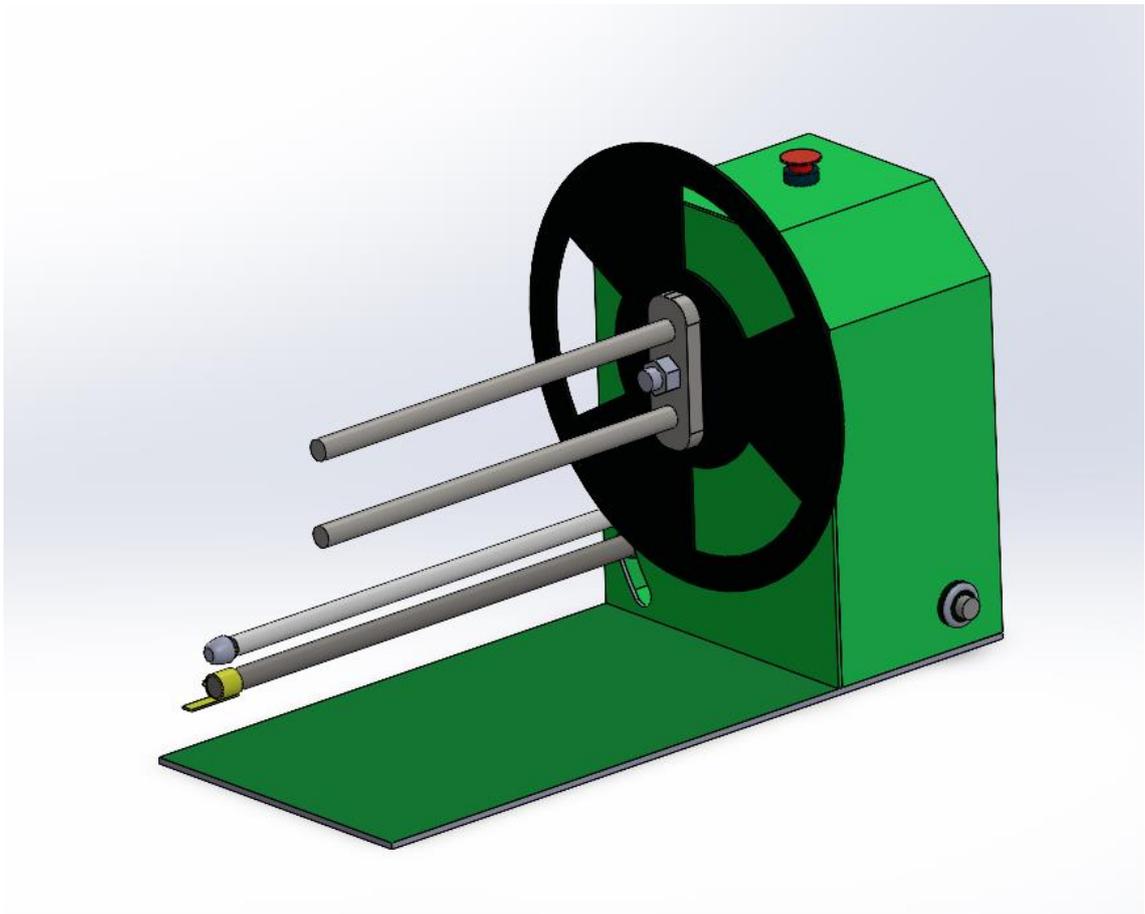
Saya Kurniawan Widya Wardana mahasiswa Teknik Industri Universitas Islam Indonesia. Memohon kepada para operator bagian kerja *Sanding Panel UP Painting Department* PT Yamaha Indonesia untuk mengisi kuesioner yang akan digunakan sebagai bahan pengolahan data penelitian tugas akhir saya mengenai perancangan mesin penggulung *belt abrasive* untuk meningkatkan efisiensi waktu pada bagian kerja terkait.

Setelah dilakukan perancangan mesin penggulung *belt abrasive* dengan menggunakan metode-metode yang relevan, ditetapkan prinsip kerja dari mesin penggulung *belt abrasive*. Prinsip kerja dari mesin ini adalah dengan memanfaatkan kopel penggulung yang berbentuk garpu untuk menggulung *abrasive* yang berbentuk *belt*. Berikut ini merupakan **langkah kerja dari perancangan mesin penggulung *belt abrasive*:**

1. Mengatur kecepatan mesin penggulung *belt abrasive* dengan cara memutar *rotary switch* yang berada di bagian atas mesin.
2. Memasang *belt abrasive* pada mesin penggulung dengan memasukkan 1 sisi *belt abrasive* pada kopel garpu penggulung, dan sisi lainnya dimasukkan ke kopel *switch* yang berada dibawah.
3. Menghidupkan kopel *switch* yang berada di bagian bawah dengan cara, menekan ke arah bawah kopel *switch* ke arah atas.
4. Mesin penggulung akan berputar untuk menggulung *belt abrasive*.
5. Mesin penggulung *belt abrasive* akan mati dengan otomatis dengan memanfaatkan ujung *belt abrasive* yang masih mempunyai gaya potensial akibat dari sisa putaran mesin.

6. Operator dapat mengeluarkan *belt abrasive* yang telah tergulung, kemudian memberi selotip kertas lalu membuangnya ke tempat sampah.

Dibawah ini merupakan gambar dari *virtual design* mesin penggulung *belt abrasive*. Berdasarkan prinsip kerja dan gambar dibawah ini, bagaimana pendapat anda mengenai kebutuhan terkait mesin penggulung *belt abrasive*? Berikan pendapat anda pada kolom yang tersedia, dengan memberikan tanda (X) pada variabel yang menurut anda sesuai.



No	Atribut kebutuhan dan keinginan operator	Keseuaian				
		1	2	3	4	5
1	Mudah digunakan					
2	Dekat dengan operator					
3	Proses menggulung cepat					

4	Ringkas (tidak memakan tempat)					
5	Aman					
6	Hasil penggulungan rapi					
7	Fleksibel					
8	Realiabel					
9	Biaya pembuatan terjangkau					
10	Estetika					
11	Hemat energi					

Keterangan :

1 = Sangat tidak sesuai

2 = Tidak sesuai

3 = Cukup sesuai

4 = Sesuai

5 = Sangat sesu

E-Lampiran Rekapitulasi Hasil Kuesioner Validasi Usulan Desain Virtual Mesin Penggulung *Belt Abrasive*

No	Atribut Kebutuhan	Sangat Tidak Sesuai	Tidak Sesuai	Cukup Sesuai	Sesuai	Sangat Sesuai	Jumlah Data
1	Mudah digunakan	0	0	1	3	6	10
2	Dekat dengan operator	0	0	0	1	9	10
3	Proses menggulung cepat	0	0	1	4	5	10
4	Ringkas (tidak memakan tempat)	0	0	2	3	5	10
5	Aman	0	0	4	2	4	10
6	Hasil penggulangan rapi	0	0	1	2	7	10
7	Fleksibel	0	0	1	3	6	10
8	Realiabel	0	0	1	2	7	10
9	Biaya pembuatan terjangkau	0	0	2	5	3	10
10	Estetika	0	0	1	5	4	10
11	Hemat energi	0	0	0	4	6	10