

PERANCANGAN ALAT PEMBERSIH *BARREL* MESIN INJEKSI

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Teknik Industri**



Rizky Wijaya

15 16 08647

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul
PERANCANGAN ALAT PEMBERSIH *BARREL* MESIN INJEKSI

yang disusun oleh
Rizky Wijaya
15 16 08647

dinyatakan telah memenuhi syarat

Pada tanggal : __ Juli 2020

Oleh :

Dosen Pembimbing,

(Ir. B. Kristyanto. M.Eng., Ph.D)

Tim Penguji :

Penguji I

Penguji II

(Tonny Yuniarto, S.T., M.Eng).

(Josef Hernawan Nudu, S.T., M.T.)

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul

(PERANCANGAN ALAT PEBERSIH *BARREL* MESIN INJEKSI)

yang disusun oleh

(Rizky Wljaya)

(15 16 08647)

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal (27 Januari 2020)

	Keterangan
Dosen Pembimbing 1 : (Ir. B. Kristyanto. M.Eng., Ph.D)	Telah menyetujui
Tim Penguji	
Penguji 1 : (Tonny Yuniarto, S.T., M.Eng)	Telah menyetujui
Penguji 2 : (Josef Hernawan Nudu, S.T., M.T.)	Telah menyetujui

Yogyakarta, (27 Januari 2020)

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Fakultas Teknologi Industri

Dekan,

Dr. A. Teguh Siswantoro, M.Sc.

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizky Wijaya

NPM : 15 16 08647

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan judul " PERANCANGAN ALAT PEMBERSIH *BARREL* MESIN INJEKSI" merupakan hasil penelitian saya pada Tahun Akademik 2019/2020 yang bersifat original dan tidak mengandung plagiasi dari karya manapun.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku termasuk untuk dicabut gelar Sarjana yang telah diberikan Universitas Atma Jaya Yogyakarta kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 22 Juli 2020

Yang menyatakan,

Rizky Wijaya

MOTTO DAN PERSEMBAHAN



Terima kasih untuk semua.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Pengasih atas berkat dan rahmat-Nya yang senantiasa melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan juga penulisan “Laporan Tugas Akhir” yang berjudul “PERANCANGAN ALAT PEMBERSIH *BARREL* MESIN INJEKSI” dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian dan juga penulisan “Laporan Tugas Akhir” ini diajukan sebagai salah satu syarat kelengkapan untuk menyelesaikan Program Sarjana pada Prodi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Banyak pihak yang telah membantu dalam penelitian dan juga penulisan “Laporan Tugas Akhir” ini. Oleh sebab itu pada kesempatan kali ini, peneliti ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto. M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Ibu Ririn Diar Astanti. S.T., M.M.T., D.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Teknik Industri Yogyakarta dan Koordinator Program Studi Teknik Industri S1 UAJY ATMI.
3. Bapak Ir. B. Kristyanto. M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam membimbing, mengarahkan, dan memberi masukan kepada peneliti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Seluruh dosen pengajar, staff dan karyawan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu penulis selama menempuh pendidikan di Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Seluruh teman teman divisi *Maintenance* PT. Framas Indonesia yang telah banyak meluangkan waktu untuk membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan, dukungan, dan doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Pada akhirnya penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar dikemudian hari dapat lebih baik lagi.

Akhir kata penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pendidikan, masyarakat dan dunia industri pada khususnya bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya. Semoga Tuhan selalu memberkati bagi kita semua.

Yogyakarta, 18 November 2019

Rizky Wijaya



DAFTAR ISI

	HAL
BAB JUDUL	
TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORIGINALITAS	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
INTISARI	xi
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
BAB 2	4
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Dasar Teori	8
2.3. Injection Molding	14
2.4. Cacat Produk	17
2.4.1. <i>Black dot</i>	17
2.5. Dry Ice Blasting	17
BAB 3	20
METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Identifikasi Masalah	20
3.2. Studi Pustaka	21
3.3. Pengumpulan dan Pengolahan Data	21
3.4. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian	22
3.5. Proses Perancangan Alat Pembersih <i>Screw</i> dan <i>Barrel</i>	22
3.6. Analisis dan Pembahasan	24
3.7. Kesimpulan dan saran	24
BAB 4	28
DATA DAN PROFIL MESIN	28

4.1. Kegiatan usaha dan Proses Produksi	28
4.2. Data Hasil Studi Lapangan	28
4.3. Data Material	35
4.4. Data Harga Material dan Permesinan	35
4.5. Proses Kerja Mesin Pembersih <i>Screw</i> dan <i>Barrel</i>	36
BAB 5	37
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	37
5.1. Rumusan Masalah	37
5.2. Analisis Proses Perancangan	37
5.3. Analisis Mekanika Desain	51
5.6. Analisis Biaya	56
5.7. Spesifikasi Akhir Alat pembersih <i>Barrel</i>	62
BAB 6	65
KESIMPULAN DAN SARAN	65
6.1. Kesimpulan	65
6.2. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu	6
Tabel 4. 1 Tabel Data Mesin PT. Framas Indonesia	30
Tabel 4. 3 Tabel mesin yang kerap mengalami <i>Black dot</i>	33
Tabel 4. 4 Harga mesin per jam	36
Tabel 4. 5 Harga material	36
Tabel 5. 1 Usul Pembentukan Alat Pembersih <i>Barrel</i>	39
Tabel 5. 2 Data <i>Technical Requirement</i>	41
Tabel 5. 3 Keterangan tambahan pada daftar fungsi	43
Tabel 5. 4 <i>Morphology Chart</i>	44
Tabel 5. 5 Pembobotan Atribut Desain	48
Tabel 5. 6 Parameter Penilaian Atribut	49
Tabel 5. 7 Penilaian kombinasi desain alternatif	49
Tabel 5. 8 Hasil penilaian desain kombinasi	50
Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat Pembersih <i>Barrel</i>	50
Tabel 5. 10 Biaya <i>Standart Part</i>	56
Tabel 5. 11 Daftar <i>Custom Part</i>	57
Tabel 5. 12 Total Biaya Material	58
Tabel 5. 13 Waktu pemesinan	58
Tabel 5. 14 Harga Pemesinan	60
Tabel 5. 15 Total Biaya Desain Awal	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi	25
Gambar 4. 1 Produk <i>Outsol</i> PT. Framas Indonesia	29
Gambar 4. 5 Jenis profil baja	35
Gambar 5. 1 Diagram <i>Objective Tree</i>	38
Gambar 5. 2 Model <i>Black Box</i>	40
Gambar 5. 3 Model <i>Transparent Box</i>	40
Gambar 5. 4 Hasil Desain Kombinasi 1	45
Gambar 5. 5 Hasil Desain Kombinasi 2	46
Gambar 5. 6 Hasil Desain Kombinasi 3	47
Gambar 5. 7 Pandangan Tampak Depan Alat Pembersih <i>Barrel</i>	63
Gambar 5. 8 Pandangan Tampak Atas Alat Pembersih <i>Barrel</i>	63
Gambar 5. 9 Gambar Tampak Bawah Alat Pembersih <i>Barrel</i>	63
Gambar 5. 10 Gambar Perspektif Alat Pembersih <i>Barrel</i>	64

INTISARI

PT. Framas Indonesia merupakan salah satu industri yang bergerak dibidang *injection molding* dengan varian produk yang diarahkan pada *outsole* sepatu bola Adidas dan *heelcounter*. Bahan baku utama yang digunakan oleh PT. Framas Indonesia adalah plastik resin. Plastik resin diproses dengan cara pelelehan dan pencetakan, proses pelelehan dan pencetakan plastik menjadi produk *outsole* dan *heelcounter* terkadang menghasilkan kerak pada *barrel* mesin injeksi. Pengerjaan pembersihan manual yang dilakukan oleh karyawan PT. Framas Indonesia dirasa kurang maksimal karena masih menggunakan tenaga manusia dan sikat kawat, sehingga mengakibatkan pada

Penelitian ini bertujuan agar dapat menghasilkan suatu rancangan alat pembersih *screw* dan *barrel* yang dapat membersihkan secara maksimal sisa kotoran atau kerak dengan menggunakan teknologi *dry ice blasting*. Tahap perancangan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode rasional. Alat yang digunakan dalam merealisasikan gambar menggunakan program *Solidworks* untuk menghasilkan gambar 3D dan program *AutoCAD* untuk menghasilkan gambar 2D.

Hasil akhir dari penelitian ini berupa rancangan alat pembersih *barrel* mesin injeksi dalam bentuk 2D dan 3D yang disertai oleh analisis estimasi biaya pembuatannya. Hasil rancangan dibuat agar dapat dijadikan sebagai sarana pembersih *barrel* untuk mengurangi adanya sisa kotoran pada *barrel*. Hal ini diharapkan dapat mempermudah proses pembersihan *barrel* mesin injeksi yang berujung pada meningkatnya jumlah produksi.

Kata kunci : Perancangan, Pembersih, Metode Rasional, Dry ice

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plastik memang pilihan pertama untuk para *engineer* merancang produk baru atau memulai di *upgrade* dari yang sudah ada. Terlepas dari ledakan pertumbuhan konsumsi plastik dan ketersediaan bahan untuk aplikasi. Dalam bab ini pengenalan sifat utama termoplastik yang relevan untuk aplikasi teknik dan bagaimana sifat dapat dipengaruhi oleh pengolahan dibahas dalam konteks merancang produk plastik (Marianne Gilbert, 2016).

Saat ini pemakaian barang-barang yang terbuat dari bahan plastik semakin meningkat. Kementerian Perindustrian (Kemenperin) terus mendorong pengembangan industri plastik hilir karena memiliki potensi pasar yang bagus baik di dalam maupun luar negeri. (<http://www.kemenperin.go.id/artikel/4706/Pengembangan-Industri-Plastik>, diunduh pada tanggal 2 Oktober 2016).

Meskipun industri plastik masih didominasi oleh industri plastik kemasan namun industri plastik diluar kemasan juga turut mendorong pertumbuhan industri plastik di Indonesia. Salah satunya adalah PT. Framas Indonesia perusahaan milik asing (PMA) yang merupakan anak perusahaan dari Framas *Kunststofftechnik* yang bemarkas di Pirmasen, Jerman yang memiliki *wide product range* dari alas kaki sampai dengan alat kesehatan. PT. Framas Indonesia merupakan perusahaan yang memiliki core bisnis di area *Injection plastic* dan cetakan atau *Mold Dies* untuk mendukung industri alas kaki dan aksesorisnya, yaitu menghasilkan produk berupa *outsol* sepatu sepakbola dan *heelcounter*.

PT.Framas Indonesia menggunakan Injection Molding dalam menghasilkan dalam produk-produknya. *Injection molding* adalah proses adalah proses produksi dengan membentuk bahan mentah berupa biji plastik menggunakan sebuah cetakan yang disebut sebuah *mold*, yang di dalamnya bisa diisi dengan material plastik, yang sudah dicairkan dengan temperatur tertentu dengan cara injeksi dengan tekanan tertentu (Charles A.Harper, 2006).

Injection Molding adalah metode pembentukan material termoplastik di mana material yang meleleh karena pemanasan diinjeksikan oleh plunger ke dalam cetakan yang didinginkan oleh air sehingga mengeras (Marianne Gilbert, 2016).

Dari proses injeksi tersebut juga dapat menghasilkan kecacatan produk, beberapa cacat produk yang terjadi dalam injeksi molding yaitu *warpage*, *airtrap*, *sinkmark*, *weldline*, *short shoot* dan *black dot*. Dari beberapa defect tersebut telah dapat diselesaikan, tetapi untuk masalah *black dot* atau *dark spot* yang disebabkan suhu dalam *barrel* terlalu tinggi menyebabkan material terbakar didalam *barrel* sehingga memicu adanya kerak dari material yang terbakar. Kerak yang menyebabkan adanya bintik hitam atau titik hitam pada produk. Produk yang berwarna hitam tentunya tidak akan menimbulkan masalah akan tetapi apabila terdapat pada produk yang berwarna terang maka akan menyebabkan produk tersebut menjadi produk *reject* atau produk cacat.

Beberapa cara untuk mengatasi *defect* yaitu dengan mengecek kotoran yang terdapat pada material plastik, menurunkan suhu *barrel*, putaran *screw*, *back pressure* dan mengecek *hot runner*. Material yang sudah berkerak akan sangat susah untuk diatasi dengan cara-cara tersebut. Jalan satu-satunya adalah dengan membongkar *screw* dan *cleaning screw*.

Membersihkan *screw* dan *barrel* membutuhkan waktu yang lama dikarenakan alat yang digunakan untuk membersihkan *screw* masih dengan menggunakan alat sikat sederhana dan dengan menggunakan tenaga manusia.

Berdasarkan masalah tersebut dibutuhkan sebuah alat pembersih *screw* dan *barrel* untuk membersihkan secara efektif dan efisien dalam pembersihan serta mudah dalam penggunaannya dan dapat dibawa keseluruhan area kerja atau *portable*, sehingga lebih efisien.

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan menghasilkan sebuah rancangan alat dengan menggunakan *dry ice blasting* untuk membersihkan *screw* dan *barrel* secara efektif dan efisien. Dalam merealisasikan sebuah rancangan mesin pembersih *screw* dan *barrel*, penelitian ini menggunakan metode rasional. Untuk merealisasikan kedalam bentuk gambar 3D menggunakan bantuan *software* Solidwork dan gambar 2D menggunakan *software* Auto CAD.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka yang menjadi perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang alat pembersih *screw* dan *barrel* yang dapat membersihkan kerak secara efektif dan efisien untuk mengurangi atau meminimalisir terjadinya *black dot* pada produk *outsol* sepatu.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, dapat dirumuskan rincian tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

- a. Menghasilkan suatu rancangan alat pembersih *barrel* yang memiliki karakteristik mudah digunakan, *portable*, dan dapat membersihkan secara maksimal.
- b. Menghasilkan gambar tiga dimensi dan gambar dua dimensi yang akan digunakan untuk pengembangan alat pembersih *barrel* yang sekarang digunakan di PT.Framas Indonesia.
- c. Penelitian ini juga akan menghasilkan perkiraan harga permesinan, komponen-komponen pendukung dan material yang dibutuhkan.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan membantu memfokuskan analisa, maka dibutuhkan beberapa batasan-batasan masalah sebagai berikut :

- a. Alat yang digunakan untuk menghasilkan gambar menggunakan program *Solidworks* dan Auto CAD.
- b. Data yang digunakan didapatkan dari interview dengan divisi *Maintenance* PT. Framas Indonesia.
- c. Perancangan alat pembersih pada penelitian ini dikhususkan berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Framas Indonesia.
- d. Penggerak utama alat pembersih *barrel* ini adalah motor listrik.
- e. Alat ini menggunakan *dry ice* dalam membantu proses pembersihan *screw* dan *barrel*.
- f. Menggunakan udara bertekanan sebagai tenaga penyemprot *dry ice* yang disesuaikan dengan spesifikasi *compressor* yang dimiliki PT.Framas Indonesia.
- g. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode rasional.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka berisi uraian sistematis tentang informasi hasil-hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Penelitian terdahulu dapat dijadikan acuan penelitian yang dikerjakan agar bisa menyempurnakan atau mengembangkan penelitian terdahulu. Bagian ini juga memuat landasan teori berupa rangkuman teori-teori yang diambil dari pustaka yang mendukung penelitian, serta memuat penjelasan tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk pemecahan permasalahan.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang perancangan produk telah banyak dilakukan dengan metode penelitian yang juga sangat beragam. Perancangan adalah kegiatan yang dilakukan untuk memecahkan masalah dengan menerapkan teknologi yang bertujuan untuk mendapatkan solusi terbaik. Perancangan suatu produk sangat dibutuhkan untuk membantu tugas-tugas manusia dalam melakukan proses pengerjaan agar didapat hasil yang optimal. Oleh karena itu sudah banyaknya penelitian-penelitian yang telah dilakukan dalam upaya membantu pembersihan secara efektif dan efisien. Tidak lupa dengan memperhatikan cara penggunaan alat yang diteliti, mulai dari kesederhanaan penggunaan alat sehingga operator dapat mengoperasikan dengan mudah.

Utomo Prasetyo (2017) dalam penelitiannya tentang Desain Alat Penghisap Debu Menggunakan Motor DC Dengan Energi Terbarukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang desain alat penghisap debu menggunakan motor DC dengan energi terbarukan yaitu dengan panel surya. Metode yang digunakan adalah metode *study* literatur dan pengumpulan data. Hasil yang didapat adalah alat penghisap debu yang menggunakan panel surya dengan kapasitas 120WP untuk pengisian akumulator yang di hubungkan motor dc melalui *cooper boost*.

Mansyuri Farid (2018) dalam penelitiannya membuat Perancangan dan Pembuatan Alat Vakum Pembersih *Engine Cleaner* Pada Ruang Bakar Mobil. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode terstruktur dan sistematis yang

digambarkan dalam *flow chart*. Hasil dari penelitian ini menghasilkan alat vakum pembersih *engine cleaner* disesuaikan dengan jenis mobil yang paling sering melakukan *tune up*.

Suprayogi Bayu (2016) penelitiannya Perancangan Alat Pembersih Saringan Udara (*Air Filter*) Pada Mobil. Tujuan penelitian untuk mendapatkan desain dari mesin pembersih saringan udara (*air filter*) pada mobil. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kreatif dan wawancara dengan *tools brainstorming*. Hasil dari penelitian ini menghasilkan mesin pembersih saringan udara (*air filter*) yang mengurangi dampak resiko pencemaran udara terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan dan keselamatan kerja.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang adalah perancangan alat pembersih *screw* dan *barrel* pada *injection molding* mesin yang ditujukan pada PT. Framas Indonesia yang sering mengalami masalah *black dot* akibat alat pembersihnya yang kurang maksimal dikarenakan masih menggunakan tenaga manusia. Alat yang dirancang akan menggunakan tenaga motor listrik sebagai penggerak utama serta dengan dikombinasikan dengan kekuatan udara bertekanan yang akan menyemburkan es kering (*dry ice*), sehingga operator tidak perlu mengeluarkan tenaga yang lebih dalam proses pembersihan *screw* dan *barrel*. Penelitian ini bertujuan dalam upaya membantu mengurangi atau meminimalisir *black dot* akibat kerak yang tertinggal di dalam *barrel* dikarenakan kurang maksimalnya proses pembersihan *barrel* saat melakukan tindakan *preventive*. Maka dari itu dari penelitian sebelumnya dari Utomo, Mansyuri, dan Suprayogi dapat membantu dalam mengembangkan ide-ide pada penelitian ini sesuai tujuan dari masing-masing penelitian sebelumnya, mulai dari cara penggunaan mesin, biaya dalam merealisasikan mesin, dan juga dalam mendesain mesin agar proses pembersihan yang dilakukan dapat efektif dan efisien. Metode yang digunakan untuk menghasilkan atribut desain ini adalah metode rasional, perencanaan perhitungan waktu permesinan dan perhitungan biaya yang digunakan dalam rencana biaya permesinan alat pembersih *screw* dan *barrel*, dan untuk menghasilkan gambar desain 3D menggunakan program *Solidworks*, serta untuk menghasilkan gambar 2D menggunakan program *AutoCAD*.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Deskripsi	Peneliti			
	Utomo (2017)	Mansyuri (2018)	Suprayogi (2016)	Wijaya Sekarang
Objek Penelitian	Desain Alat Penghisap Debu Menggunakan Motor DC Dengan Energi Terbarukan	Perancangan dan Pembuatan Alat Vakum Pembersih <i>Engine Cleaner</i> Pada Ruang Bakar Mobil	Perancangan Alat Pembersih Saringan Udara (<i>Air Filter</i>) Pada Mobil	Perancangan Alat Pembersih <i>screw</i> dan <i>barrel</i> pada mesin <i>Injection Molding</i>
Tujuan Penelitian	Merancang desai alat penghisap debu menggunakan motor DC dengan energi terbarukan yaitu dengan panel surya	Merancang alat vakum pembersih pada ruang bakar mobil	Merancang alat pembersih saringan udara pada mobil dengan tenaga vakum	Merancang alat yang dapat membersihkan kerak yang terdapat pada <i>screw</i> dan <i>barrel</i> secara maksimal
Metode Penelitian	Metode <i>study literature</i> dan pengumpulan data	Metode terstruktur dan sistematis dalam bentuk <i>flowchart</i>	Metode kreatif dan wawancara	Metode Rasional dengan berdasar data perusahaan

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Deskripsi	Peneliti			
	Utomo (2017)	Mansyuri (2018)	Suprayogi (2016)	Wijaya Sekarang
Mekanisme Kerja Alat	Otomatis dengan menggunakan motor listrik bertenaga surya	Otomatis dengan penggerak motor listrik serta pneumatic	Penggerak motor listrik dan pneumatic	Motor listrik sebagai penggerak utama serta udara bertekanan sebagai tenaga penyemprot
Output	Alat penghisap debu yang menggunakan panel surya dengan kapasitas 120WP	alat vakum pembersih <i>engine cleaner</i> disesuaikan dengan jenis mobil yang paling sering melakukan <i>tune up</i> .	mesin pembersih saringan udara (<i>air filter</i>) yang mengurangi dampak resiko pencemaran udara terhadap lingkungan	Desain Alat Pembersih <i>Screw</i> dan <i>barrel</i>

2.2. Dasar Teori

Agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan baik, maka penelitian ini perlu adanya dasar teori agar dapat digunakan sebagai acuan dan membantu penelitian dalam menjawab permasalahan-permasalahan yang ada. Maka dari itu, berikut adalah dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini.

2.2.1 Pengertian Perancangan

Pengertian dari perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai, memperbaiki, dan menyusun suatu produk atau alat yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memegang peranan yang penting untuk menghasilkan rancangan yang baik dan benar. Informasi sebagai masukan dalam proses perancangan merupakan konsep tentang sistem yang dirancang sehingga informasi yang digunakan mencakup bentuk dimensi dan besaran informasi.

2.2.2. Metode Perancangan

Metode perancangan adalah prosedur, teknik-teknik, bantuan atau peralatan untuk merancang. Metode perancangan menggambarkan beberapa macam aktifitas dengan jelas yang memungkinkan perancangan menggunakan dan mengkombinasi proses perancangan secara keseluruhan. Walaupun beberapa metode perancangan masih merupakan cara konvensional, dengan prosedur seperti biasanya, contoh: menggambar, telah terjadi pertumbuhan yang penting pada beberapa tahun ini, dimana prosedur yang tidak lagi konvensional lebih dikelompokkan bersama dan dikenal dengan Metode Perancangan (Cross, 1994).

2.2.3. Metode Rasional

Metode rasional sering kali memiliki tujuan yang sama dengan metode kreatif, seperti memperluas ruang pencarian untuk solusi potensial, atau memfasilitasi kerja tim dan pengambilan keputusan kelompok. Namun, metode rasional sendiri adalah sebuah metode yang pendekatannya dilakukan secara sistematis dalam merancang. Metode rasional menurut Cross (1994) memiliki tujuh tahap dalam melakukan perancangan, antara lain:

1. Mengklarifikasi Tujuan (*Clarifying Objectives*)

Tahap pertama dari metode rasional merupakan tahapan yang penting dalam menjelaskan tujuan dari perancangan. Secara keseluruhan tahap ini sangat membantu untuk mendapatkan gagasan yang jelas dalam mencapai tujuan,

meskipun tujuan-tujuan yang telah ditetapkan dapat berubah selama proses perancangan.

Metode yang digunakan dalam tahap perancangan ini adalah pohon tujuan (*Objectives Tree*). Pohon tujuan menunjukkan tujuan utama dan cara pencapaian tujuan tersebut. Metode ini ditunjukkan dalam suatu bentuk diagram dimana tujuan-tujuan yang berbeda dihubungkan satu sama lain, bersama dengan pola hirarki tujuan dan sub tujuan.

Langkah-langkah dalam pembuatan pohon tujuan adalah sebagai berikut :

- a) Menyiapkan daftar tujuan perancangan (*Riset Kebutuhan*).

Tujuan perancangan dapat juga disebut kebutuhan konsumen dan fungsi produk itu sendiri. Daftar ini diambil dari ringkasan perancangan, dari pernyataan kepada konsumen dan dari diskusi tim perancang.

- b) Menyusun daftar disusun berdasarkan tingkatan hirarki.

Perluasan daftar tujuan dan sub tujuan akan membuat terlihat jelas adanya tingkat kepentingan yang lebih antara satu dengan yang lain. Semua ini akan dikumpulkan kedalam suatu tingkatan hirarki.

- c) Menggambar diagram *Objectives Tree*.

Cabang-cabang pada pohon tujuan menunjukkan hubungan yang mengusulkan bagaimana mencapai tujuan.

2. Membentuk Fungsi (*Establishing Functions*)

Analisis fungsi merupakan suatu analisis yang membantu untuk menemukan dan membatasi tingkatan permasalahan dimana penyelesaian dapat dipecahkan serta dihasilkan rancangan yang sesuai. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menetapkan fungsi-fungsi yang diperlukan serta batasan sistem dari rancangan yang baru.

Poin utama dari metode ini adalah konsentrasi pada hal yang akan dicapai dari disain yang hendak dirancang, dan bukan bagaimana cara untuk mencapainya. Cara sederhana yang dilakukan untuk mengekspresikan hal ini adalah dengan menggunakan *black box* mengubah *input* menjadi *output* yang diinginkan.

Adapun langkah-langkah dalam menetapkan fungsi adalah sebagai berikut :

- a) Menentukan fungsi rancangan secara keseluruhan dalam rangka konversi *input* menjadi *output*.

- b) Membagi fungsi utama menjadi sub-sub fungsi.
- c) Menggambarkan blok diagram yang menunjukkan interaksi antar fungsi.
- d) Menggambarkan batasan sistem (*boundary system*)

3. Menentukan Kebutuhan (*Setting Requirements*)

Tahap yang bertujuan untuk membuat spesifikasi pembuatan yang akurat yang perlu bagi desain/ rancangan. Metode *performance specification* bertujuan untuk membuat spesifikasi akurat dari kebutuhan pelaksanaan suatu penyelesaian perancangan.

Langkah-langkah metode *performance specification* adalah sebagai berikut :

- a) Menimbang perbedaan tingkatan umum penyelesaian yang dapat diterima. Contoh ada beberapa pilihan antara alternatif produk, tipe produk, dan ciri produk.
- b) Menentukan tingkatan umum yang nanti akan dioperasikan. Keputusan ini bisa dibuat oleh klien. Tingkatan umum yang lebih tinggi memberikan kebebasan yang lebih untuk perancangan.
- c) Mengidentifikasi atribut yang dibutuhkan. Atribut seharusnya diterangkan sebagai bentuk yang independen dari beberapa penyelesaian kasus.
- d) Menyebutkan dengan tepat dan ringkas kebutuhan setiap atribut.

4. Menentukan Karakteristik (*Determining characteristics*)

Bertujuan untuk menentukan target apa yang akan dicapai oleh karakteristik teknik suatu produk sehingga dapat memuaskan kebutuhan-kebutuhan konsumen.

5. Membangkitkan Alternatif (*Generating Alternatives*)

Tujuan utama metode ini adalah perluasan pencarian kemungkinan penyelesaian baru. Morfologi berarti studi tentang bentuk atau ukuran, jadi analisis morfologi adalah suatu usaha sistematis untuk menganalisis bentuk yang dapat diambil oleh suatu produk atau mesin, dan peta morfologi adalah suatu rangkuman dari analisis ini.

Langkah-langkah yang dibutuhkan dalam pembuatan metode peta morfologi adalah sebagai berikut :

- a) Menentukan daftar tampilan atau fungsi produk yang mendasar. Walaupun tidak terlalu panjang, daftar tersebut dapat secara luas mencakup fungsi-fungsi umum pada tingkat yang tepat.
- b) Setiap daftar tampilan atau fungsi cara-cara yang mungkin dapat dicapai. Daftar ini belum dapat memasukkan ide baru yang sama baiknya dengan pengelompokan komponen atau sub solusi yang ada.
- c) Menggambarkan suatu bagan yang mengandung semua sub solusi yang memungkinkan. Bagan morfologi mewakili ruang penyelesaian total produk, membuat kombinasi sub solusi.

6. Mengevaluasi Alternatif (*Evaluating Alternatives*)

Alternatif-alternatif perancangan sudah dibuat dan permasalahan yang kemudian muncul adalah pemilihan alternatif yang baik. Metode yang digunakan adalah *weighted objectives* (pembobotan objektif). Metode *weighted objectives* menyediakan peralatan untuk memperkirakan dan membandingkan alternatif perancangan yang menggunakan perbedaan pembobotan yang objektif. Tujuan metode ini untuk mengambil suatu keputusan alternatif dalam pengembangan alternatif-alternatif yang sudah ada. Pemilihan dilakukan berdasarkan jumlah dari skor dikalikan bobot yang menghasilkan angka terbesar.

Langkah-langkah yang dibutuhkan dalam pengerjaan metode *weighted objectives* adalah sebagai berikut :

- a) Membuat daftar tujuan perancangan, dan *objective tree* dapat digunakan untuk membantunya.
- b) Mengurutkan tingkat tujuan. Perbandingan menurut pasangan dapat membantu menyusun urutan tingkatan.
- c) Menentukan pembobotan relatif tujuan. Nilai numeriknya harus dalam skala interval.
- d) Menetapkan performansi parameter atau menyusun nilai kegunaan untuk setiap tujuan.

7. Mengembangkan Detail (*Improving Details*)

Pada tahap akhir ini bertujuan untuk meningkatkan atau mempertahankan nilai produk bagi pembeli dan mengurangi biaya bagi produsen.

2.2.4. Metode Kreatif

Metode kreatif adalah metode perancangan yang bertujuan untuk membantu merangsang pemikiran kreatif dengan cara meningkatkan produksi gagasan, menyisihkan hambatan mental terhadap kreativitas, atau dengan cara memperluas area pencarian solusi. Ada beberapa metode perancangan yang ditujukan untuk merangsang cara berpikir kreatif. Cara-cara yang terdapat dalam metode ini antara lain:

1. *Brainstorming*

Brainstorming adalah metode kreatif yang paling banyak dipakai. Ini adalah suatu metode untuk menghasilkan ide dalam jumlah banyak, yang sebagian besar kemudian akan dibuang, tapi beberapa ide yang menarik akan ditindak lanjuti. *Brainstorming* biasanya dilakukan dalam suatu kelompok kecil yang terdiri dari 4 sampai 8 orang yang beraneka ragam, tidak hanya para ahli tapi juga mereka yang mengenal masalahnya. Tiap-tiap anggota memberikan idenya, kemudian ketua kelompok mengumpulkan semua ide untuk dievaluasi

2. *Synectics*

Pemikiran yang kreatif seringkali digambarkan pada pemikiran analogis, pada kemampuan untuk melihat persamaan atau hubungan antara topik-topik yang jelas perbedaannya. Penggunaan pemikiran analogis yang terbentuk pada metode perancangan kreatif disebut sebagai *Synectics*. Seperti *Brainstorming*, *Synectics* adalah suatu kelompok aktivitas dimana sikap kritis sangat berperan, dan anggota kelompok berusaha untuk membangun, mengkombinasikan dan mengembangkan ide-ide penyelesaian kreatif dalam menyelesaikan masalah. *Synectics* berbeda dengan *brainstorming*, dimana kelompok mencoba untuk bekerja bersama untuk memperoleh solusi permasalahan, daripada membangkitkan banyak ide.

3. Perluasan Daerah Penelitian

Bentuk penghalang berpikir kreatif yang paling umum adalah mengasumsikan batasan yang lebih sempit dimana solusi dilihat. Teknik-teknik kreatif adalah bantuan untuk memperluas daerah penelitian. Beberapa teknik kreatif untuk memperluas area penelitian adalah *transformation*, *random input*, *Why?* dan *counter planning*.

4. Proses Kreatif

Metode-metode di atas dipakai untuk membangkitkan ide-ide kreatif. Selain kreatif, ide orisinal dapat muncul secara spontan tanpa penggunaan bantuan untuk berpikir kreatif. Proses kreatif adalah munculnya suatu ide orisinal secara tiba-tiba.

2.2.5. Solidworks

Menurut AppliCAD Indonesia (2014) *Solidworks* merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk membantu dalam proses desain suatu benda atau bangunan. Di Indonesia sendiri terdapat banyak perusahaan manufaktur yang mengimplementasikan perangkat lunak *Solidworks*. Keunggulan *Solidworks* dari *software* CAD (*Computer Aided Design*) lain adalah mampu menyediakan sketsa 2D yang dapat diupgrade menjadi bentuk 3D. Selain itu pemakaiannya lebih mudah karena memang dirancang khusus untuk mendesain benda sederhana maupun yang rumit sekali pun. *Solidworks* banyak digunakan untuk merancang roda gigi, mesin mobil, casing ponsel dan lain-lain. *Software* ini juga dapat melakukan simulasi pada desain yang di buat dengan *Solidworks*. Analisi kekuatan desain juga dapat dilakukan secara sederhana dengan *Solidworks*. Dan *software Solidworks* dapat membuat desain animasi menggunakan fitur yang telah disediakan.

2.2.6. AutoCAD

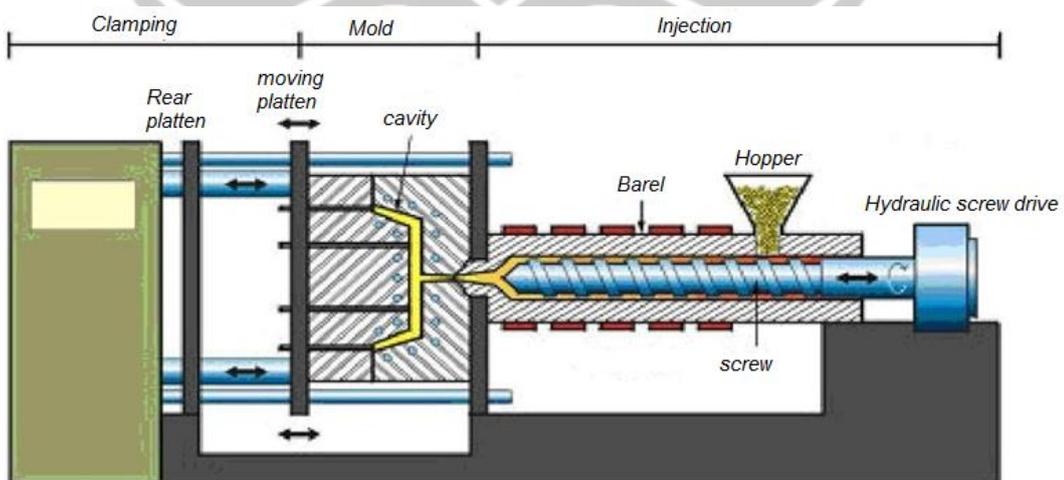
AutoCAD adalah program *Computer-Aided Design* (CAD) yang digunakan untuk desain dan perancangan 2-D dan 3-D. *AutoCAD* dikembangkan dan dipasarkan oleh Autodesk Inc. Walaupun pihak Autodesk telah mengeluarkan beberapa versi, namun pada dasarnya perintah-perintah *AutoCAD* adalah sama dan tidak memiliki banyak perbedaan hanya saja ada tambahan fitur-fitur yang tambahan yang lebih menarik. *File* yang di simpan dengan menggunakan versi *AutoCAD* tertentu juga dapat digunakan oleh beberapa program yang kompatibel, tetapi tidak semua program dapat berkomunikasi dengan *file *.dwg* ini. Kemampuan adaptasi penggunaan *AutoCAD* dan tingkat akuratgambar *AutoCAD* memungkinkan *AutoCAD* dapat digunakan dengan mudah. Beberapa fitur yang ditawarkan oleh *AutoCAD* seperti menggambar toleransi geometris dan toleransi ukuran, merupakan pekerjaan tambahan dengan banyak *editing* di beberapa ukran dalam satu gambar (Suntoso, 2009)

2.3. Injection Molding

2.3.1. Metode Injection Molding

Metode *injection molding* merupakan proses pembentukan benda kerja dari material *compound* berbentuk butiran yang di tempatkan ke dalam suatu *hopper* dan masuk ke dalam silinder injeksi yang kemudian didorong melalui *nozzle* dan *sprue bushing* kedalam *cavity* dari *mold* yang sudah tertutup. Setelah beberapa saat didinginkan, *mold* akan dibuka dan benda jadi akan dikeluarkan dengan bantuan *ejector*. Material yang sangat sesuai adalah material *thermoplast*. Material ini akan melunak karena pemanasan dan sebaliknya akan mengeras lagi bila didinginkan. Perubahan material ini hanya bersifat fisik bukan perubahan kimiawi sehingga memungkinkan untuk mendaur ulang material sesuai dengan kebutuhan.

Material plastik yang dipindahkan dari silinder pemanas, suhunya berkisar antara 117 °C sampai 274 °C atau sesuai rekomendasi dari manufaktur pembuat material plastik. Semakin panas suhunya, material akan semakin encer (rendah viskositasnya) sehingga semakin mudah diinjeksi ke dalam *mold*. Setiap material memiliki karakter suhu *molding* (*mold flow index*). Semakin lunak formulasinya, yang berarti kandungan plastis tinggi sehingga membutuhkan temperatur yang rendah, dan sebaliknya semakin keras formulasinya membutuhkan temperatur tinggi.



Gambar 2.3. Bagian Mesin Injection Molding

(How to Make Injection Molds, Menges, 2001)

Mesin *injection mold* dapat dibagi menjadi tiga bagian besar, yaitu:

a. *Injection Unit*

Injection unit terdiri dari beberapa bagian dengan fungsi tertentu yang fungsi utamanya adalah menyediakan dan mengalirkan material proses injeksi ke dalam *mold*. Di dalam *injection unit* terjadi perubahan bentuk material dari padat menjadi cair. Hal ini agar material dapat dibentuk sesuai dengan konstruksi *mold* yang digunakan.

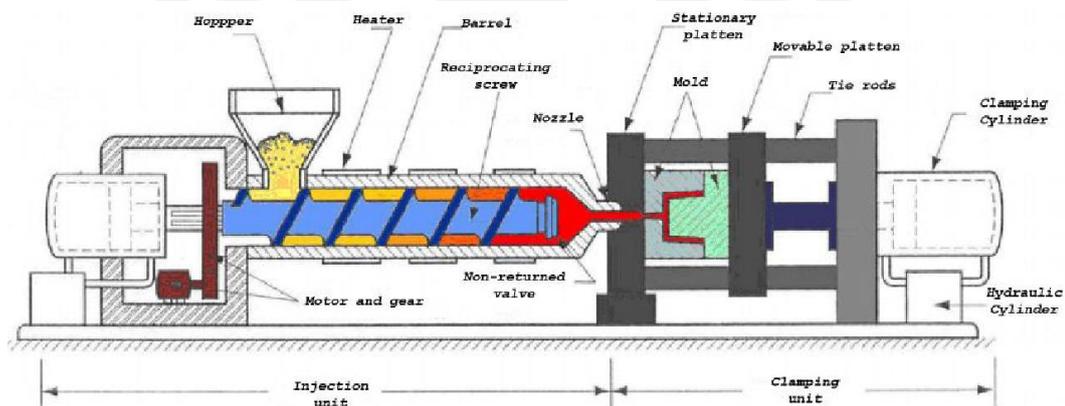
b. *Mold Unit*

Mold unit adalah bagian lain dari mesin *plastic injection*, *molding unit* adalah bagian yang membentuk benda yang dibuat, secara garis besar *molding unit* memiliki 2 bagian utama yaitu bagian *cavity* dan *core*, bagian *cavity* adalah bagian cetakan yang berhubungan dengan *nozzle* pada mesin, sedangkan bagian *core* adalah bagian yang berhubungan dengan *ejector*.

c. *Clamping Unit*

Clamping unit berfungsi untuk memegang dan mengatur gerakan dari *mold unit*, serta gerakan *ejector* saat melepas benda dari *molding unit*. Pada *clamping unit* bisa diatur berapa panjang gerakan *molding* saat dibuka dan berapa panjang *ejector* harus bergerak.

2.3.2. Injection Unit



Gambar 2.4. Bagian Detail Plastic Injection Machine

(How to Make Injection Molds, Menges, 2001)

Mesin *Plastic Injection* terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

a. *Motor dan Transmission Gear Unit*

Bagian ini berfungsi untuk menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar *screw* pada *barrel*, sedangkan *transmission unit* berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran motor ke dalam *screw*, selain itu *transmission unit* juga berfungsi untuk mengatur tenaga yang disalurkan sehingga tidak terjadi pembebanan yang terlalu besar.

b. *Cylinder Screw Ram*

Bagian ini berfungsi untuk mempermudah gerakan *screw* dengan menggunakan momen *enersia* sekaligus menjaga perputaran *screw* tetap konstan, sehingga dapat dihasilkan kecepatan dan tekanan yang konstan saat proses injeksi plastik dilakukan.

c. *Hopper*

Hopper adalah tempat untuk menempatkan material plastik, sebelum masuk ke *barrel*, biasanya untuk menjaga kelembapan material plastik, digunakan tempat penyimpanan khusus yang dapat mengatur kelembapan, sebab apabila kandungan air terlalu besar pada udara, dapat menyebabkan hasil injeksi yang tidak bagus

d. *Barrel*

Merupakan tempat *screw*, dan selubung yang menjaga aliran plastik ketika dipanasi oleh *heater*, pada bagian ini juga terdapat *heater* untuk memanaskan plastik sebelum masuk ke *nozzle*.

e. *Screw*

Reciprocating screw berfungsi untuk mengalirkan plastik dari *hopper* ke *nozzle*. Material dari *hopper* akan tertarik mengisi *screw* ketika *screw* berputar dan selanjutnya dipanasi lalu didorong ke arah *nozzle*.

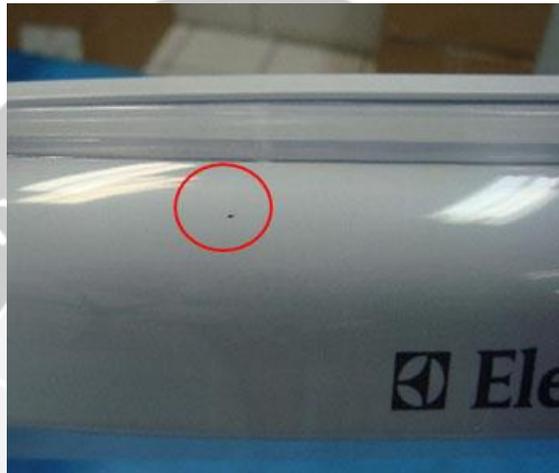
f. *Nonreturn valve*

Valve ini berfungsi untuk menjaga aliran plastik yang telah meleleh agar tidak kembali saat *screw* berhenti berputar.

2.4. Cacat Produk

2.4.1. *Black dot*

Black spot atau bintik hitam atau goresan pada permukaan produk terjadi karena kerusakan *thermal*. Adanya material sisa yang terjebak dalam *barrel* atau kontaminasi produk oleh zat yang tidak diperlukan yang menyebabkan *black spot*. Kecepatan *screw* yang terlalu tinggi sehingga menyebabkan degradasi material juga mempengaruhi cacat ini.



Gambar 2.5. Bagian Detail *Plastic Injection Machine*

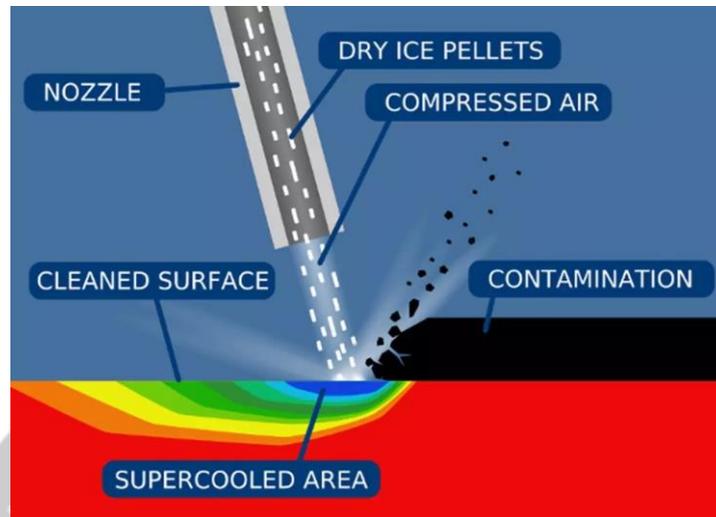
(Defect pada produk plastik, Tresno, 2010)

2.5. *Dry Ice Blasting*

Dry Ice Blasting cleaning adalah proses pembersihan menggunakan peralatan khusus yang mencampur pelet es kering (karbon dioksida padat, CO₂) dengan udara terkompresi yang dihasilkan dari kompresor udara eksternal. Udara terkompresi mempercepat pelet melalui selang ledakan di dekat kecepatan supersonik. Ketika karbon dioksida padat keluar dari nozzle ledakan dan berdampak pada permukaan, CO₂ padat berubah menjadi gas (sublimasi) dan ekspansi gas cepat dari CO₂ memfasilitasi penghilangan kontaminasi permukaan.

Karena es kering berubah menjadi gas saat tumbukan, tidak ada limbah sekunder yang dihasilkan selama proses *Dry Ice Blasting cleaning*. Fitur utama ini membedakan proses ini dari proses media tradisional dan membersihkan substrat dengan sedikit atau tanpa abrasi (CO₂ padat relatif lunak). Dengan demikian, peledakan es kering menghilangkan kebutuhan akan teknik peledakan media

abrasif, bahan kimia keras, pelarut yang mudah terbakar, dan prosedur pembersihan yang padat karya. Selain itu, proses ini tidak konduktif, tidak mudah terbakar, dan tidak beracun



Gambar 2.6. Dry Ice blasting

<http://propertyservices.com/dry-ice-blast-cleaning>

2.6. Metode Pembersihan *Barrel* dan *screw*

Beberapa metode dalam membersihkan *screw* dan *barrel* sudah ditemukan akan tetapi dirasa kurang maksimal dalam proses maupun dalam limbah yang dihasilkan. Berikut adalah beberapa metode pembersihan *screw* dan *barrel*.

1. Mesin *Dry Ice Blasting*

Mesin *Dry Ice Blasting* adalah salah satu Mesin dengan metode *sweeping* (peledakan) yang serupa dengan *sand blasting*, *bead blasting*, atau *soda blasting*, di mana media didorong dengan aliran udara bertekanan tinggi (atau gas inert lainnya) untuk meledakkan / mengenai permukaan yang akan dibersihkan. Mesin ini digunakan untuk membersihkan kerak kerak dipermukaan luar membandel akan tetapi kekurangan dari mesin ini adalah tidak dapat menjangkau permukaan dalam dikarenakan nozzlenya yang terbatas.



Gambar 2.7. Mesin Dry Ice Blasting

2. *Purgemax Compound Cleaning*

PurgeMax adalah emulsi berbasis air berpemilik *biodegradable* yang dirancang untuk membersihkan semua resin termoplastik dalam aplikasi pencetakan injeksi, ekstrusi, dan *blow molding*. Dalam prosesor termoplastik ini, *screw* dan *barrel* sangat penting karena mereka memiliki dampak besar pada kualitas produk. Mereka perlu dibersihkan secara rutin agar tetap dalam kondisi prima, dan selama perubahan warna atau material untuk menghilangkan bintik-bintik hitam dan kontaminasi. Kekurangan dari metode ini adalah hanya dapat membersihkan sisa resin yang tertinggal saja tetapi kerak yang menempel tidak ikut terangkat dan menghasilkan sisa limbah resin.



Gambar 2.8. *Purgemax compound cleaning*

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari tahapan-tahapan perancangan dengan menggunakan metode rasional, penelitian ini memperoleh sebuah hasil rancangan sesuai bobot nilai yang didapat dari metode *weighted objective*. Hasil rancangan alat pembersih *screw* dan *barrel* yang didapat adalah pada desain dari kombinasi 1. Dengan spesifikasi mesin yang didapat yaitu:

- a. Kapasitas daya tampung *dry ice* pada perancangan alat pembersih *screw* dan *barrel* sebesar 10kg.
- b. Penggerak utama mesin menggunakan motor listrik AC 1 *phase* dengan daya 0,5 HP
- c. Transmisi penerus putaran menggunakan transmisi *gearbox* yang terdapat pada *Power Drill*
- d. Dimensi rancangan mesin dengan ukuran panjang 500mm, lebar 400mm, dan tinggi 400mm.
- e. Perkiraan biaya yang dibutuhkan dalam menghasilkan mesin sebesar Rp. 4,609,125,00

6.2. Saran

Perancangan alat pembersih *barrel* kapasitas 10kg *dry ice* sudah memenuhi kebutuhan PT. Framas Indonesia, namun pembersihan *barrel* hanya dapat dilakukan pada setengah bagian dalam barel dikarenakan proses pelelehan material.

DAFTAR PUSTAKA

- AppliCAD. (2014). Fungsi Software *Solidworks*. Diakses 12/mei/2017 dari <http://www.applicadindonesia.com/news/fungsi-software-Solidworks>.
- Cross, N. (1994). *Engineering Design Methods*. Chicester : John Wiley & Sons.
- Deutschman, A. D., Walter, J. M., Charles, E. W. 1975. *Machine Design Theory and Practice*. New York : Macmillian Publishing Co, Inc.
- Frick, H., Setiawan, P.L. (2001). *Ilmu Konstruksi Struktur Bangunan*. Yogyakarta : KANISIUS.
- Hidayatullah, A. (2016). Rancang Bangun Mesin Potong Singkong Menggunakan 6 Hopper Dengan Metode Gerak Pemotongan Translasi Berpenggerak Motor. Non Degree of Mechanical Engineering, RSM 621.93 Hid r, 2016.
- Mott, R. E. (1999). *Machine Elements In Mechanical Design*. Edisi ke-3. Amerika: Prentice Hall.
- Nugroho, M. A. (2015). Impact of Government Support and Competitor Pressure on the Readiness of SMEs in Indonesia in Adopting the Information Technology. Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.
- Riyanto, Y. S. (2016). Perancangan Mesin Pemecah Kemiri Dengan Mekanisme Spinner Bertingkat. (Skripsi). Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Teknik Industri.
- Shigley, J. E., Mischke, C. R. (2001). *Mechanical Engineering Design*. Edisi Ke-6. New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Sularso., Suga, K. (1991). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Edisi ke-10. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Suntoso, K. (2009). *Menggambar Mesin dengan Perintah Dasar AutoCAD*. Jakarta: PT. Indeks.