



TUGAS AKHIR - TM 145648

**RANCANG BANGUN MESIN PEMOTONG BOTOL KACA
SILINDER POSISI HORIZONTAL UNTUK HIASAN**

DESKY ARDIAN PRATAMA
NRP. 2113 039 006

VIAN RAFSANJANI
NRP. 2113 039 024

Dosen Pembimbing I
Ir. SUHARIYANTO, MT.

Dosen Pembimbing II
Ir. ARINO ANZIP, M.Eng, Sc.

Instruktur Pembimbing
JIWO MULYONO, S.Pd

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK MESIN PRODUKSI KERJASAMA
ITS-DISNAKERTRANSDUK JAWA TIMUR
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TM 145648

**HORIZONTAL-POSITIONED CYLINDER GLASS BOTTLE
CUTTING MACHINE FOR ORNAMENT**

DESKY ARDIAN PRATAMA
NRP. 2113 039 006

VIAN RAFSANJANI
NRP. 2113 039 024

Counsellor Lecturer I :
Ir. SUHARIYANTO, MT.

Counsellor Lecturer II :
Ir. ARINO ANZIP, M.Eng, Sc.

Counsellor Instructor :
JIWO MULYONO, S.Pd

DEPARTMENT OF D-3 MECHANICAL ENGINEERING
ITS-DINAKERTRANSDUK EAST JAVA
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

RANCANG BANGUN MESIN PEMOTONG BOTOL KACA SILINDER POSISI HORIZONTAL UNTUK HIASAN

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik Mesin
pada
Bidang Studi Teknik Produksi
Jurusan D-III Teknik Mesin Disnakertransduk
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Desky Ardian Pratama

NRP. 2113039006

Vian Rafsanjani

NRP. 2113039024

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Suhariyanto, MT

NIP. 19620424 198903 1 005

Ir. Arino Anzip, M. Eng. Sc

NIP. 19610714 198803 1 003

Instruktur Pembimbing

Jiwo Mulyono, S. Pd

NIP. 19610511 198203 1 007

**RANCANG BANGUN MESIN PEMOTONG BOTOL KACA
SILINDER POSISI HORIZONTAL
UNTUK HIASAN**

Nama Mahasiswa	: 1. Desky Ardian Pratama 2. Vian Rafsanjani
NRP	: 1. 2113039006 2. 2113039024
Jurusan	: D-3 Teknik Mesin Disnaker Disnakertransduk FTI-ITS
Dosen Pembimbing	: Ir. Suhariyanto, MT
Dosen Co - Pembimbing	: Ir. Arino Anzip, M.Eng, Sc
Instruktur Pembimbing	: Jiwo Mulyono, S.Pd

Abstrak

Botol kaca merupakan material yang sangat getas, hal inilah yang menyebabkan proses pemesinan botol kaca sangat terbatas sehingga banyak limbah botol kaca yang terbuang sia-sia. Padahal jika diproses lebih jauh (recycle), limbah botol kaca tersebut dapat menjadi barang yang memiliki nilai tambah dan dapat diperjualbelikan seperti lampu hias, asbak, media tanam hidroponik, dll. Tetapi sebelum diproses lebih jauh, botol kaca tersebut harus dipotong terlebih dahulu. Berdasarkan fakta di atas, dirancanglah mesin pemotong botol kaca silinder posisi horizontal untuk hiasan.

Sebelum dilakukan perancangan, terlebih dahulu dilakukan observasi mengenai jenis dan ukuran botol serta jenis-jenis mata potong untuk kaca. Selain itu, dilakukan studi literatur mengenai kekuatan tarik kaca dan elemen mesin yang dibutuhkan untuk merancang alat ini. Setelah diketahui elemen mesin yang akan digunakan, alat yang akan dirancang digambar terlebih dahulu sehingga dimensi alat dapat diketahui. Percobaan alat dilakukan setelah perancangan. Jika alat masih belum bekerja secara optimal akan dilakukan perencanaan kembali.

Dari perencanaan dan pendekatan perhitungan yang dilakukan diperoleh gaya pemotongan sebesar 4,2 kgf, dengan putaran perencanaan 35 rpm dihasilkan daya motor sebesar 3,07 W sehingga motor dengan daya 6 W digunakan, kekuatan minimum material power screw sebesar 6,07 kgf/ mm², dengan putaran perencanaan 100 rpm diperoleh daya motor untuk memindahkan

mata potong melalui power screw adalah 3,3 W sehingga motor dengan daya 6 W digunakan serta diameter minimum kawat pegas sebesar 0,8 mm digunakan kawat pegas sebesar 1 mm dan diameter gulungan pegas sebesar 4 mm digunakan diameter gulungan pegas sebesar 6 mm. Setelah dilakukan percobaan menggunakan pemanas, diperoleh kapasitas pemotongan sebesar 34 botol per jam untuk botol berdiameter 85 mm dan 37 botol per jam untuk botol berdiameter 50 mm. Sedangkan percobaan tanpa menggunakan pemanas diperoleh kapasitas pemotongan sebesar 5 botol per jam untuk botol berdiameter 85mm dan 50 mm.

Kata kunci: *botol kaca silinder, getas, limbah kaca, daur ulang, hiasan, mesin pemotong botol kaca silinder.*

HORIZONTAL-POSITIONED CYLINDER GLASS BOTTLE CUTTING MACHINE FOR ORNAMENT

Name of Student	: 1. Desky Ardian Pratama 2. Vian Rafsanjani
NRP	: 1. 2111039006 2. 2111039024
Department	: D-3 Teknik Mesin Disnaker Disnakertransduk FTI-ITS
Counsellor Lecturer	: Ir. Suhariyanto, MT
Co - Counsellor Lecturer	: Ir. Arino Anzip, M.Eng, Sc
Counsellor Instructor	: Jiwo Mulyono, S.Pd

Abstract

Glass bottle is very brittle material, this causing glass bottle has very low machinability so there are many glass bottle wastes wasted in vain. Whereas if we could recycle that glass bottle waste, it would be a stuff which has added value and has merchantability such as lamp ornament, ashtray, media for hydroponic plant, etc. However those glass bottle has to be cut before further process. Based on the fact above, the horizontal-positioned cylinder glass bottle cutting machine for ornament was designed.

Before the machine start build, first observation about bottle kind, size and glass cutter tool. Reference also searched to find glass strength and machine element which will used. After machine element which will used have known , the machine start to draw so the dimension of the machine can be known. Trial was held after the machine finish built. If the machine work do not optimally work, design step have to be did once again.

From the design and approximate calculation obtained that cutting force is 4,2 kgf, with rotational speed design is 35 rpm obtained that motor power is 3,07 W so 6 W DC motor is used, minimum UTS for power screw is 6,07 kgf/ mm², with rotational speed design is 100 rpm obtained that motor power for moving the cutting toolpost through the screw is 3,3 W so 6 W DC motor is used

minimum spring wire diameter is 0,8 mm so we use 1 mm diameter of spring wire and spring coil diameter is 4 mm so we use 6 mm diameter of spring coil. After the trial with heat were held, obtained that the cutting capacity is 34 bottles each hour for bottle with 85 mm diameter and 37 bottles per hour for bottle with 50 mm diameter. Instead when the trial were held without heat, obtained that the cutting capacity is five bottles per hour both for bottle with diameter 85 and 50 mm.

Keywords : *cylinder glass bottle, brittle, glass waste, recycle, ornament, glass bottle cylinder cutting machine.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perancangan	3
1.5 Manfaat Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Botol Kaca	5
2.1.1 Pengertian Kaca dan Beberapa Contoh Botol Kaca	5
2.1.2 Sejarah Botol Kaca	7
2.1.3 Cara Pemotongan Botol Kaca Secara Manual dan Mesin Pemotong Botol Kaca Yang Sudah Ada Sebelumnya	7
2.2 Rumus Perhitungan Gaya	11
2.2.1 Analisa Gaya	11
2.2.2 Gaya Potong	11
2.2.3 Kecepatan Pemotongan	13
2.2.4 Kecepatan Makan	14
2.2.5 Laju Penghasilan Geram	15
2.2.6 Kedalaman Pemotongan	15
2.2.7 Torsi Motor Pemutar Botol Kaca	16
2.2.8 Daya Motor yang Dibutuhkan	17

2.3 Pegas.....	17
2.3.1 Diameter Kawat Pegas.....	18
2.3.2 Diameter Gulungan Pegas.....	19
2.4 Power Screw.....	19
2.4.1 Square Threads dan Modified Threads.....	20
2.4.2 Tegangan Pada Power Screw.....	21
2.4.2.1 Tegangan Bearing.....	21
2.4.2.2 Tegangan Bending.....	21
2.4.2.3 Tegangan Geser Maksimum.....	22
2.4.2.4 Tegangan Tarik atau Kompresi.....	23
2.4.2.5 Tegangan Kombinasi.....	24
2.4.3 Torsi untuk Power Screw.....	25
2.4.4 Daya untuk Power Screw.....	26
2.5 Pemanas.....	27
2.6 Mata Potong.....	28
BAB III METODOLOGI.....	29
3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Mesin Pemotong Botol....	29
3.2 Tahapan Proses Pembuatan Mesin Pemotong Botol.....	30
3.3 Mekanisme Kerja Mesin Pemotong Botol.....	34
BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Analisis Gaya.....	35
4.1.1 Perhitungan Gaya Potong.....	35
4.1.2 Kecepatan Pemotongan.....	37
4.1.3 Kecepatan Makan.....	38
4.1.4 Kedalaman Pemotongan.....	39
4.1.5 Laju Penghasilan Geram.....	40
4.2 Perhitungan Torsi Motor Pemutar Botol Kaca.....	41
4.3 Perhitungan Daya Motor Pemutar Botol Kaca.....	42
4.4 Perencanaan Power Screw.....	43
4.4.1 Torsi untuk Memindahkan Mata Potong pada Power Screw.....	43
4.4.2 Daya untuk Memindahkan Mata Potong pada Power Screw.....	45

4.4.3 Menentukan Bahan untuk Power Screw	45
4.4.3.1 Menentukan Tegangan Bearing	46
4.4.3.2 Menentukan Tegangan Bending	46
4.4.3.3 Menentukan Tegangan Geser Maksimum.....	47
4.4.3.4 Menentukan Tegangan Tarik atau Kompresi	48
4.4.3.5 Menentukan Tegangan Kombinasi	49
4.5 Perencanaan Dimensi Pegas	51
4.5.1 Menentukan Diameter Pegas	51
4.5.2 Menentukan Diameter Gulungan Pegas.....	52
4.6 Pengujian Mesin	52
4.6.1 Percobaan Menggunakan Pemanas	52
4.6.2 Percobaan Tanpa Menggunakan Pemanas	55
4.7 Hasil Produk	57
4.8 SOP dan Maintenance.....	59
4.8.1 Petunjuk Keamanan	59
4.8.2 Cara Pengoperasian	59
4.8.3 Petunjuk Perawatan	60
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Botol untuk zat cair	5
Gambar 2.2	Botol untuk zat padatan.....	6
Gambar 2.3	Botol untuk zat gas.....	6
Gambar 2.4(a)	Penggoresan botol kaca.....	8
Gambar 2.4(b)	Pemanasan botol kaca	8
Gambar 2.4(c)	Hasil pemotongan	8
Gambar 2.5(a)	Mesin pemotong botol kaca dengan mekanisme Engine Lathe posisi vertikal	10
Gambar 2.5(b)	Hasil potongannya	10
Gambar 2.6	Gaya potong yang terjadi pada botol.....	12
Gambar 2.7	Gambar Ilustrasi untuk Kecepatan Pemotongan yang dilambangkan dengan v	13
Gambar 2.8	Gerak makan dan kedalaman potong yang terjadi pada botol	14
Gambar 2.9	Gerak makan dan kedalaman potong yang terjadi pada botol	15
Gambar 2.10	Torsi motor	16
Gambar 2.11	Bagian-bagian Square Threads.....	20
Gambar 2.12	Penampang ulir yang dibentangkan	23
Gambar 2.13	Konstruksi ulir penggerak.....	25
Gambar 2.14	Pemanas yang digunakan dalam mesin pemotong botol.....	27
Gambar 2.15	Mata potong yang digunakan dalam mesin pemotong botol	28
Gambar 3.1	Flow Chart Metodologi Perencanaan	29
Gambar 3.2	Desain alat	31
Gambar 3.3	Diagram alur proses pemotongan botol.....	34
Gambar 4.1	Ilustrasi keadaan mata potong yang sesaat menyentuh mata potong	36

Gambar 4.2	Percobaan untuk mendapatkan gaya untuk memutar motor yang sudah dibebani botol kaca	41
Gambar 4.3	Percobaan untuk mendapatkan gaya untuk memindahkan mata potong	44
Gambar 4.4	Percobaan mesin menggunakan pemanas	54
Gambar 4.5	Botol yang sudah terpotong	57
Gambar 4.6	Berturut-turut dari nomor 1 hingga 3 adalah proses pembuatan lampu hias mulai dari pengamplasan, penempelan stiker dan pengecatan dan pelepasan stiker	58
Gambar 4.7	Hasil akhir dari lampu hias	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kekuatan kaca (Mpa).....	11
Tabel 2.2	Beberapa ukuran dasar ulir segiempat dan modifikasi ulir segi empat	20
Tabel 4.1	Percobaan menggunakan botol berdiameter 85 mm dengan pemanas	54
Tabel 4.2	Percobaan menggunakan botol berdiameter 50 mm dengan pemanas	55
Tabel 4.3	Percobaan menggunakan botol berdiameter 85 mm tanpa menggunakan pemanas	55
Tabel 4.4	Percobaan menggunakan botol berdiameter 50 mm tanpa menggunakan pemanas	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kaca adalah suatu bahan anorganik hasil peleburan beberapa bahan dasar yang kemudian didinginkan sampai fasa padat tanpa kristalisasi. Kaca memiliki spesifikasi dan bentuk yang bervariasi sesuai kegunaannya.

Fabrikasi kaca sangat terbatas, terutama untuk proses-proses manufaktur seperti proses permesinan dikarenakan sifat kaca yang getas yang menjadi penyebabnya. Selama ini proses untuk manufaktur kaca menggunakan proses *chemical etching*, namun prosesnya berlangsung cukup lama dan zat kimia yang digunakan perlu penanganan yang khusus agar tidak mencemari lingkungan ketika dibuang. Sehingga butuh biaya lebih untuk hal tersebut. Belum lagi bahaya laten yang ditimbulkan oleh zat kimia tersebut bagi kesehatan operator (*Kauppinen, 2002*).

Benda dari kaca yang sering menjadi limbah adalah botol kaca. Padahal jika dilakukan daur ulang, limbah botol kaca tersebut akan menjadi hiasan yang memiliki nilai tambah dan dapat diperjualbelikan seperti untuk lampu hias, asbak, media tanam hidroponik, dll. Jarangnya proses daur ulang botol kaca ini dikarenakan sifat keternesinan (*machinability*) botol kaca sangat rendah karena sifat botol kaca yang sangat getas.

Pernah diciptakan metode pemotong botol kaca dengan metode proses bubut, tetapi mesin tersebut terlalu berat dan dimensinya terlalu besar jika hanya digunakan untuk memotong botol kaca. Lalu dari mesin tersebut coba dikembangkan dengan mengganti posisi botol menjadi vertikal, tetapi pengekamnya tidak dapat mengikuti ukuran botol/ tidak *adjustable* sehingga pengekamannya kurang baik yang mengakibatkan hasil potongan kasar dan tidak rata.

Berdasarkan hal tersebut, akan dirancang dan diwujudkan sebuah alat pemotong botol kaca silinder dengan posisi horizontal menggunakan sistem penggerak motor DC menggunakan v -

groove. Perancangan ini diharapkan mampu meningkatkan nilai tambah dari sebuah botol kaca bekas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis merumuskan permasalahan yang dibahas dalam perancangan ini adalah

1. Berapakah gaya untuk memotong botol kaca silinder ?
2. Berapakah torsi dan daya motor yang dibutuhkan untuk memutar botol kaca silinder?
3. Berapa dimensi pegas yang digunakan?
4. Berapakah torsi dan daya motor yang dibutuhkan untuk memindahkan posisi mata potong?
5. Berapa kekuatan minimum material power screw?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat mencapai tujuan yang diinginkan, maka batasan masalah yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan rangka mesin (sambungan las) diasumsikan aman.
2. Material yang dipakai pada mesin tidak dilakukan percobaan (tes bahan) tetapi diambil dari literatur yang telah ada.
3. Perpindahan panas pada sistem tidak dibahas.
4. Botol yang dapat dipotong pada alat ini adalah botol kaca silinder dengan diameter mulut botol antara 19 mm-22 mm, diameter badan botol antara 50 mm-100 mm dan panjang maksimal botol adalah 330 mm.
5. Botol kaca yang digunakan pada percobaan yang dilakukan selama penelitian ini adalah botol kaca dengan diameter mulut botol 20 mm, diameter badan botol 85 mm, tebal botol 3 mm dan panjang 300 mm.

1.4 Tujuan Perancangan

Adapun tujuan yang ingin diperoleh penulis dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan hasil perhitungan gaya untuk memotong botol kaca silinder.
2. Mendapatkan hasil perhitungan torsi dan daya motor yang dibutuhkan untuk memutar botol.
3. Mendapatkan hasil perencanaan perhitungan dimensi pegas.
4. Mendapatkan hasil perhitungan torsi dan daya motor yang dibutuhkan untuk memindahkan posisi mata potong melalui *power screw*.
5. Mendapatkan kekuatan minimum material *power screw*.

1.5 Manfaat Perancangan

Manfaat yang dihasilkan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Dapat merancang dan mewujudkan mesin pemotong botol kaca silinder.
2. Mengurangi pemakaian zat kimia berbahaya yang selama ini di pakai dalam fabrikasi pengolahan botol kaca
3. Memberi nilai tambah pada botol kaca bekas dari semula hanya sampah menjadi benda yang dapat diperjualbelikan

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan disusun dalam lima bab yaitu pendahuluan, dasar teori, metodologi penelitian, analisa data dan pembahasan, serta kesimpulan. Adapun perinciannya adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan dijelaskan tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, pembatasan masalah serta tujuan dan manfaat penelitian.

BAB 2 DASAR TEORI

Pada bab dasar teori dijelaskan tentang landasan teori dan hasil penelitian sebelumnya

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian dijelaskan tentang spesifikasi peralatan yang akan dipakai dalam pengujian, cara pengujian, dan data yang diambil.

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab hasil dan pembahasan akan dijelaskan tentang perhitungan perencanaan mesin potong botol dan analisis dari data yang didapat dari hasil penelitian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab lima peneliti menarik kesimpulan dari hasil perencanaan yang telah di analisa beserta dengan saran untuk penelitian berikutnya

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

DASAR TEORI

Dalam bab ini akan dibahas mengenai informasi tentang teori-teori dasar, rumusan dan konsep yang mendukung perencanaan alat ini, yang nantinya digunakan pedoman dalam perhitungan dan perencanaan alat ini yaitu meliputi perencanaan elemen mesin, kapasitas mesin, dan daya pemotongan yang digunakan serta pembahasan bahan botol kaca yang digunakan.

2.1 Botol Kaca

2.1.1 Pengertian Kaca dan Beberapa Contoh Botol Kaca

Kaca merupakan materi bening dan transparan (tembus pandang) yang biasanya di hasilkan dari campuran silikon atau bahan silikon dioksida (SiO_2), Secara khusus botol kaca terbuat dari 75% SiO_2 , 14% Na_2O , 11% CaO , dan 1% Al_2O_3 . Bahan-bahan tersebut dicampur dan mengalami proses peleburan dengan $T = 2000^\circ$, kemudian proses yang terakhir adalah proses pembentukan wadah botol kaca sehingga menjadi botol kaca yang digunakan untuk wadah oleh masyarakat saat ini. (*www.kompasiana.com*)

Contoh botol kaca dan jenis-jenisnya :

1. Botol untuk zat cair



Gambar 2.1 Botol untuk zat cair

Sumber : *genesisrecycling.blogspot.com*

Jenis botol diatas biasanya digunakan sebagai wadah zat cair karena bentuk dari diameter badan botol lebih besar dari ujung/mulut botol untuk memudahkan keluarnya cairan dari dalam botol. Contoh penggunaannya adalah untuk minuman beralkohol, minuman berkarbonasi, sirup, kecap, saus dsb.

2. Botol untuk zat padatan



Gambar 2.2 Botol untuk zat padatan
Sumber :tsffarmasiunsoed2012.wordpress.com

Botol kaca jenis ini biasanya digunakan untuk produk padatan. Diameter kemasan gelas dibuat lebih kurang sama antara atas dan bawahnya dengan tujuan agar memudahkan dalam pengambilan produk di dalam kemasan. Contoh penggunaannya adalah untuk pelembab, selai kacang, mentega, dsb.

3. Botol untuk zat gas



Gambar 2.3 Botol untuk zat gas
Sumber:opinimarjinal.blogdetik.com

Jenis botol diatas biasanya digunakan untuk produk berupa parfum atau bahan yang mengandung gas. Botol untuk zat gas ini memiliki bentuk yang lebih bermacam-macam agar lebih menarik untuk pembeli.

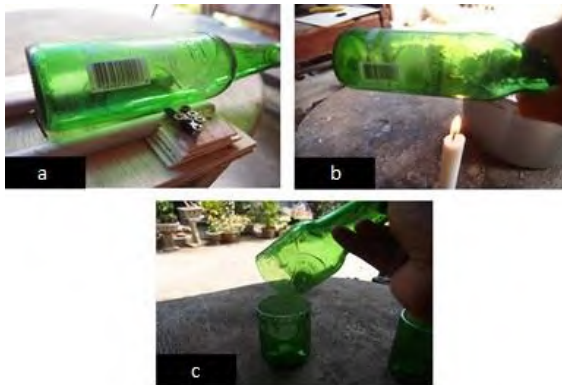
2.1.2 Sejarah Botol Kaca

Industri kaca lahir pada tahun 1600-an ditandai dengan dibangunnya tungku peleburan kaca di pemukiman Jamestown, negara bagian Virginia, Amerika Serikat. Pada awalnya botol kaca memiliki harga yang mahal karena proses peniupan kacanya maasih dilakukan oleh manusia, hingga pada tahun 1903 ditemukan mesin peniup botol kaca. Mesin peniup kaca ini memungkinkan untuk memproduksi botol kaca secara massal hingga 1 juta botol setiap harinya. Selain itu, mesin peniup kaca ini memungkinkan untuk memproduksi botol dengan berbagai spesifikasi baik dari bentuk, ketinggian, berat, dan kapasitas. (www.ebottles.com)

2.1.3 Cara pemotongan botol kaca secara manual dan mesin pemotong botol kaca yang sudah ada sebelumnya

Berikut ini akan dibahas tentang cara pemotongan botol kaca secara manual dan mesin pemotong botol kaca yang telah dibuat sebelumnya. Cara manual pada proses pemotongan botol sangat sederhana, sebagian besar hanya menggunakan tenaga manusia untuk memutar botol kaca.

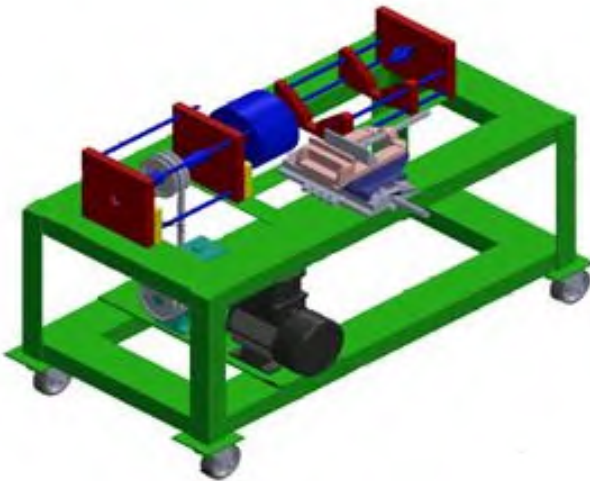
Berbagai pembaruan pada mesin pemotong botol kaca telah dilakukan, dengan cara menambahkan berbagai komponen yang masing-masing memiliki kegunaan yang berperan penuh dalam mewujudkan kualitas potongan yang maksimal pada botol kaca yang dihasilkan. Serta memperhitungkan faktor keselamatan kerja operator.



Gambar 2.4 (a)Penggoresan botol kaca (b)Pemanasan botol kaca
(c)Hasil pemotongan

Sumber : www.jegjog.com

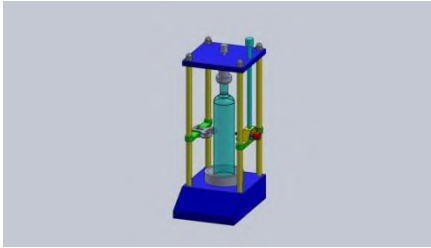
Gambar di atas ialah cara pemotongan botol kaca secara manual. Pemotongan botol ini sangatlah sederhana yaitu tanpa menggunakan motor penggerak dan proses pemanasannya hanya menggunakan lilin. Sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk pemotongan botol kaca. Selain itu, faktor keselamatan kerja juga tidak di pertimbangkan.



Gambar 2.5 Mesin pemotong botol kaca dengan mekanisme *Engine Lathe* posisi horizontal

Sumber : Tugas Akhir, Abdul Aziz Musyfiq, 2014

Gambar di atas ialah rancangan mesin pemotong botol kaca dengan mekanisme *Engine Lathe* posisi horizontal. Pada mesin pemotong botol kaca ini dibutuhkan daya motor yang besar dikarenakan botol dicekam menggunakan *chuck* mesin bubut asli yang memiliki massa yang berat. Selain itu, jika pengekaman pada botol terlalu keras dapat mengakibatkan botol retak bahkan pecah. Sehingga diperlukan beberapa pembaruan pada mesin ini.



(a)



(b)

Gambar 2.5 (a)Mesin pemotong botol kaca dengan mekanisme Engine Lathe posisi vertical (b)hasil potongannya

Gambar di atas ialah rancangan mesin pemotong botol kaca dengan mekanisme *Engine Lathe* posisi vertikal dan hasil potongannya. Dalam hal dimensi ukuran, mesin generasi kedua ini memiliki dimensi ukuran jauh lebih kecil dari generasi sebelumnya yang terlihat besar. Dari gambar terlihat bahwa hasil potongan dari mesin ini masih kasar dan ada bagian yang tidak rata. Hal ini dikarenakan jig&fixture dari mesin ini memiliki ukuran yang tidak dapat diubah ubah seperti penggunaan chuck pada mesin pemotong botol kaca sebelumnya. Jig&fix yang digunakan pada mesin pemotong botol kaca ini memang tidak berpotensi mengakibatkan botol retak atau pecah seperti jig&fix yang digunakan mesin pemotong botol kaca sebelumnya, tetapi jika diameter botol kaca tidak sesuai dengan diameter jig&fix yang digunakan pada alat ini menyebabkan putaran botol oleng dan menghasilkan hasil potongan yang kasar dan kurang rata. Selain itu pada alat ini chuck yang digunakan juga memiliki massa yang berat, sehingga dibutuhkan daya motor yang besar untuk memutar botol yang dicekam. Sehingga diperlukan beberapa pembaruan pada alat ini.

2.2 Rumus Perhitungan Gaya

2.2.1 Analisis Gaya

Karena kaca memiliki sifat yang getas dan mudah pecah sehingga tidak diperlukan gaya potong yang besar. Nilai kuat tekan kaca hanya sebatas 70 Mpa bisa dilihat padatable di bawah ini.

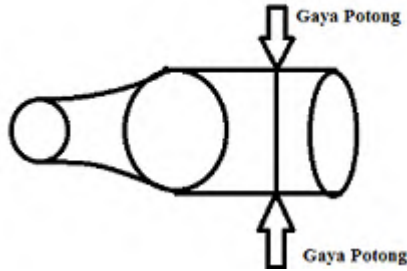
Tabel 2.1 Kekuatan Kaca (MPa) *Sumber: Richard Lehman.2014*

Mechanical Properties of Materials -- Comparison						
Material	Density	Modulus	Yield	Ultimate	Specific Yield	Specific Stiffness
Glass	2.6	70	70	70	26.9	26.9
Aluminum, Alloy 1100-H14	2.7	69	110	120	40.7	25.6
Steel, High Strength, low range	7.85	200	340	550	43.3	25.5
Magnesium, low	1.8	43	80	140	44.4	23.9
Steel, hot rolled, 1% C	7.85	200	580	960	73.9	25.5
Glass, Phys Tempered	2.6	70	210	210	80.8	26.9
Steel, High Strength, high range	7.85	200	1000	1200	127.4	25.5
Aluminum, Alloy 2014-T6	2.7	72	410	500	151.9	26.7
Magnesium, high	1.8	43	280	340	155.6	23.9
Titanium, low	4.5	110	760	900	168.9	24.4
Glass, Chem. Tempered	2.6	70	500	500	192.3	26.9
Titanium, high	4.5	110	1000	1200	222.2	24.4
Glass, Fibers	2.6	70	4000	4000	1538.5	26.9

Dari tabel kekuatan di atas bahwa kekuatan material kaca diperoleh kekuatan sebesar 70 MPa. Kekuatan ini kemudian digunakan untuk mencari gaya untuk memotong botol kaca.

2.2.2 Gaya Potong

Gaya potong untuk memotong sebuah kaca berbentuk silinder (misalnya botol kaca bekas) tidak seperti gaya potong pada sebuah baja, untuk memotong sebuah kaca hanya diperlukan goresan pada permukaan kaca secara melingkar.



Gambar 2.6 Gaya potong yang terjadi pada botol

$$F_c = \sigma_c \cdot A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

F_c = Gaya Potong (kgf)

A = luasan yang mata potong menyentuh botol (mm^2)
 dapat dihitung dengan cara mencari panjang busur dari mata potong yang sesaat menyentuh botol

σ_c = kekuatan kaca (kgf/mm^2)

2.2.3 Kecepatan Pemotongan



Gambar 2.7 Gambar Ilustrasi untuk Kecepatan Pemotongan yang dilambangkan dengan v

Pengertian kecepatan potong adalah kecepatan dari permukaan terluar benda kerja yang diputar oleh motor yang mengenai mata potong, sehingga untuk benda kerja berbentuk silinder digunakan diameter terbesar(diameter awal). Apabila benda kerja berbentuk silinder tersebut diputar maka seluruh permukaan dari benda kerja tersebut mengalami gaya potong sehingga permukaan terluar dari benda kerja yang diputar adalah keliling dari benda kerja tersebut. (<https://www3.nd.edu/>)

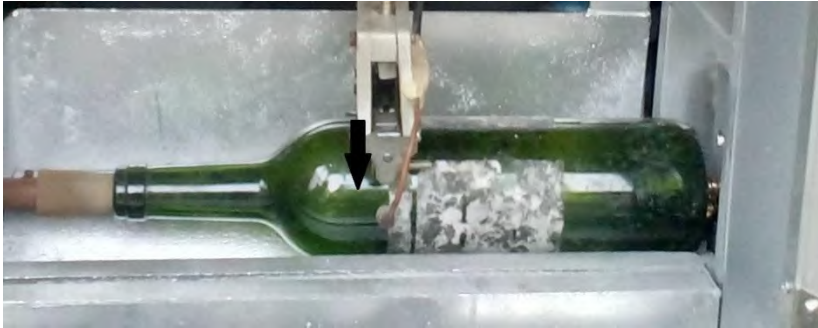
Jadi, kecepatan potong dapat diperoleh menggunakan pendekatan perhitungan dengan rumus di bawah ini:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

- v_c = kecepatan potong (mm/min)
- D = diameter awal benda kerja (mm)
- n = putaran spindle (rpm)

2.2.4 Kecepatan Makan



Gambar 2.8 Gerak makan yang terjadi pada botol.

Pengertian kecepatan makan adalah perpindahan jarak mata potong terhadap benda kerja baik secara vertikal maupun horizontal setiap menitnya. (*Sumber://www.slideshare.net/*)

Jadi, kecepatan makan dapat diperoleh menggunakan pendekatan perhitungan dengan rumus di bawah ini:

$$v_f = f.n \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

- v_f = kecepatan makan (mm/min)
- f = gerak makan (mm/ putaran)
- n = putaran poros utama (putaran/ menit)

2.2.5 Laju Penghasilan Geram

Pengertian laju penghasilan geram adalah volume material yang dipindahkan per satuan waktu yang dinyatakan dengan mm^3/min . (Sumber: Kalpakjian, 2009)

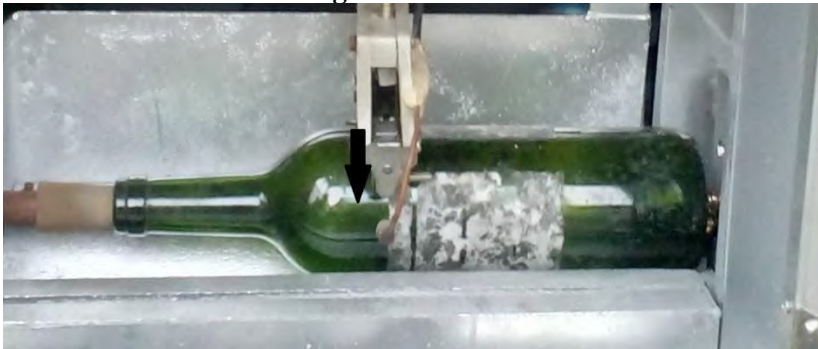
Jadi, laju penghasilan geram dapat diperoleh menggunakan pendekatan perhhitungan dengan rumus di bawah ini:

$$Z = f \cdot h_c \cdot v_f \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

- Z = laju penghasilan geram (mm^3/min)
- f = gerak makan (mm/putaran)
- h_c = kedalaman potong (mm)
- v_f = kecepatan makan (mm/min)

2.2.6 Kedalaman Pemotongan



Gambar 2.9 Kedalaman potong yang terjadi pada botol

Jika mengacu pada gambar ilustrasi di atas, maka kedalaman pemotongan pada benda kerja berbentuk silinder dapat diperoleh dengan pendekatan perhitungan berikut:

$$h_c = \frac{(D-d)}{2} \dots\dots\dots(2.5)$$

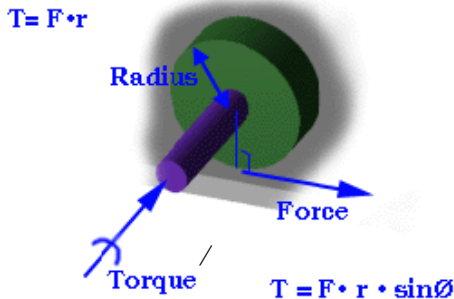
Dimana :

h_c = kedalaman pemotongan (mm)

D = diameter awal/sebelum diproses (mm)

d = diameter akhir/sesudah diproses (mm)

2.2.7 Torsi Motor Pemutar Botol Kaca



Gambar 2.10 Torsi Motor

Sumber: <http://lancet.mit.edu/>

Pengertian dari torsi adalah ukuran yang digunakan untuk gaya yang menyebabkan suatu gerak putar.
(Sumber: <http://lancet.mit.edu/>)

Sehingga torsi dapat diperoleh menggunakan pendekatan perhitungan dengan rumus di bawah ini:

$$T = Fr.r \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

T = torsi motor (kgf.mm)

Fr = gaya untuk memutar motor yang sudah dibebani botol kaca (kgf)

r = jari-jari badan botol kaca (mm)

2.2.8 Daya Motor Yang Dibutuhkan

Daya motor dapat diartikan sebagai satuan kerja per satuan waktu yang dihasilkan oleh motor tersebut. (Sumber://www.physicsclassroom.com/)

Sehingga daya motor dapat diperoleh menggunakan pendekatan perhitungan dengan rumus di bawah ini:

$$T = 974.000 \frac{P}{n} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

T = torsi motor (kgf.mm)

P = daya motor (kW)

n = putaran motor (rpm)

2.3 Pegas

Pegas banyak dipakai dalam berbagai macam kontruksi mesin, dalam penggunaannya pegas harus mampu memberikan gaya yang sesuai, melunakkan tumbukan, menyerap dan menyimpan energi agar

dapat mengurangi getaran dan sebagainya. (Sumber: Suhariyanto, 2015)

Pada alat kami, dipilih pegas tekan yang digunakan sebagai penahan kejut yang kemungkinan terjadi bila permukaan botol tidak rata.

Kami merencanakan menggunakan pegas dengan bahan baja pegas yang sering disebut SUP bahan ini pada umumnya memiliki kekuatan tarik sebesar 70 kgf/mm². (Sumber: <http://teknik-mesin1.co.id/>)

Setelah diketahui kekuatan tarik tersebut, direncanakan dimensi dari pegas yang digunakan meliputi diameter kawat, diameter gulungan dan jumlah gulungan.

2.3.1 Mencari Diameter Kawat Pegas

Untuk menentukan diameter kawat pegas juga dibutuhkan nilai rasio diameter pegas (C) yang pada umumnya nilainya berkisar antara 5 sampai dengan 12. Jika nilai C yang digunakan adalah 5, maka persamaan syarat aman untuk menentukan diameter kawat pegas adalah sebagai berikut: (Sumber: Suhariyanto, 2015)

$$\tau_{total} = \frac{21 \cdot F \cdot R}{\pi \cdot d^3} \leq \frac{\sigma_{yps}}{sf}$$

$$\tau_{total} = \frac{21 \cdot F \cdot \frac{R}{d}}{\pi \cdot d^3} = \frac{10,5 \cdot F \cdot C}{\pi \cdot d^2} \leq \frac{\sigma_{yps}}{sf}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{10,5 \cdot F \cdot C \cdot sf}{\pi \cdot \sigma_{yps}}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

d = diameter kawat pegas (mm)

F = gaya maksimum yang diberikan terhadap pegas (kgf)

C = rasio diameter gulungan pegas terhadap diameter kawat pegas

sf = angka faktor keamanan (2,5)

σ_{syp} = shear yield point (kgf/mm²)

2.3.2 Mencari Diameter Gulungan Pegas

Karena nilai C yang digunakan adalah 5 maka diameter gulungan pegas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{2R}{d} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

C = rasio diameter gulungan pegas terhadap diameter kawat pegas, memiliki nilai 5 karena berkaitan dengan rumus pada 2.3.1

R = jari-jari gulungan pegas (mm)

d = diameter kawat pegas (mm)

2.4 Power Screw

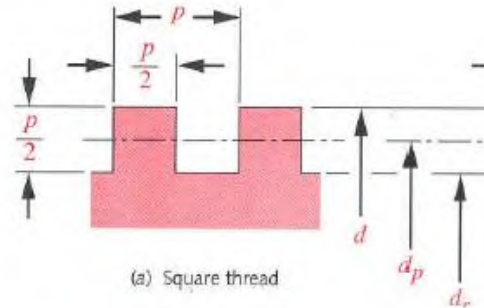
Power Screw atau ulir penggerak digunakan untuk meneruskan gerakan secara halus dan merata, disamping itu juga untuk menghasilkan gerakan linier yang berasal dari gerakan rotasi (memutar) serta membawa beban saat bergerak linier.

Pada mesin kami, power screw digunakan untuk memindahkan posisi mata potong. Power screw ini akan digerakkan oleh motor

sehingga operator tidak perlu memutar power screw secara manual dan waktu proses pemotongan juga dapat berkurang. Jenis power screw direncanakan menggunakan jenis square threads yang ukuran dimensi didasarkan pada tabel yang sudah tersedia.

2.4.1 Square Threads dan Modified Threads

Square threads juga dikenal sebagai “The Sellers Threads”. Dilihat dari bentuk ulirnya maka ulir ini lebih efisien dari ulir lainnya, tetapi punya kelemahan dalam hal keuntungan mekanis. Oleh karena itu diadakan modifikasi menjadi tipe Modified Square Threads. Modifikasi ini dapat memperbaiki kelemahan mekanis.



Gambar 2.11 Bagian-bagian Square Threads

Tabel 2.2 Beberapa ukuran dasar ulir segi empat dan modifikasi ulir segi empat

Square Treads			Modified Square Treads	Square Treads			Modified Square Treads
Nominal dia, in.	Treads per inch	Minor Dia, in	Thickness of the Tread at the Rott*, in	Nominal dia, in.	Treads per inch	Minor Dia, in	Thickness of the Tread at the Rott*, in
1/4.	10	0.163	0.0544	1/4.	3	1.208	0.1812
2/8.	8	0.266	0.0680	2	2.25	1.612	0.2416
1/2.	6,5	0.366	0.0837	2.5	2	2.063	0.2718
3/4.	5	0.575	0.1087	3	1.75	2.500	0.3160
1	4	0.781	0.1357	4	1.5	3.418	0.3624

(Sumber: Deutchman, 1985:755)

2.4.2 Tegangan Pada Power Screw

Bila ingin mengetahui kekuatan material ulir penggerak yang dibutuhkan maka perlu diadakan analisa terlebih dahulu terhadap macam-macam tegangan yang timbul pada ulir penggerak. Tegangan utama yang terjadi pada ulir penggerak adalah:

1. Tegangan Bearing
2. Tegangan Bending
3. Tegangan Geser
4. Tegangan Kombinasi
5. Tegangan Tekuk
6. Tegangan Tarik

2.4.2.1 Tegangan Bearing

Tegangan ini timbul antara permukaan ulir penggerak dengan permukaan ulir murnya yang saling berhubungan. Besarnya tegangan bearing dapat dilakukan pendekatan perhitungan menggunakan rumus:

$$\sigma_{Br} = \frac{F}{\pi \cdot dm \cdot h \cdot n} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

- σ_{Br} = tegangan bearing (kgf/mm^2)
- F = beban (kgf)
- dm = diameter rata-rata ulir (mm)
- h = kedalaman ulir (mm)
- n = jenis atau jumlah ulir (tunggal atau ganda)

2.4.2.2 Tegangan Bending

Beban F dianggap merata dan bekerja pada diameter rata-rata (dm), yang berjarak 0,5 h dari kaki ulir. Sehingga besarnya tegangan bending dapat dicari dengan pendekatan rumus berikut:

$$\sigma_{Bd} = \frac{M.c}{I} = \frac{M}{I/c} = \frac{F . 0,5h}{(\pi . dm . n)b^2/6}$$

$$\sigma_{Bd} = \frac{3 . F}{(\pi . dm . n)b^2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

- σ_{Bd} = tegangan bending (kgf/mm²)
- F = beban (kgf)
- dm = diameter rata-rata ulir (mm)
- h = kedalaman ulir (mm)
- b = kaki ulir (mm)
- n = jenis atau jumlah ulir (tunggal atau ganda)

2.4.2.3 Tegangan Geser Maksimum

Tegangan geser yang terjadi dapat dilakukan pendekatan perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$\tau_{s \max} = \frac{1,5 . F}{A} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

A = luas penampang geser (mm²)

Untuk batang ulir : A = $\pi . dr . n . b$

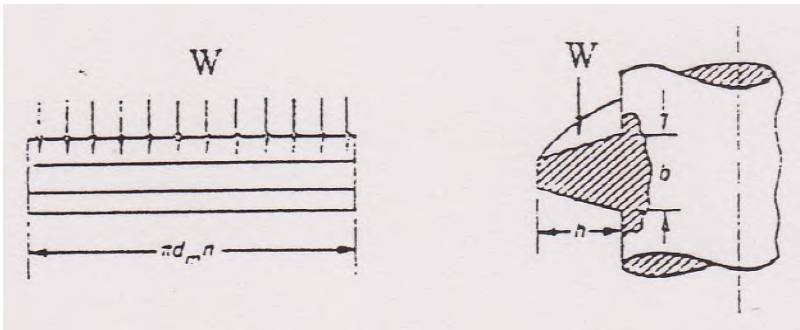
Untuk mur : A = $\pi . do . n . b$

Karena yang dicari adalah kekuatan batang ulir maka luas penampang yang digunakan adalah luas penampang batang ulir, sehingga digunakan rumus dibawah ini:

$$\tau_s \max = \frac{3 \cdot F}{2 \cdot A} = \frac{3 \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot dr \cdot n \cdot b} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

- $\tau_s \max$ = tegangan geser maksimum (kgf/mm²)
- F = beban (kgf)
- dr = diameter kaki pada batang ulir (mm)
- b = kaki ulir (mm)
- n = jenis atau jumlah ulir (tunggal atau ganda)



Gambar 2.12 Penampang ulir yang dibentangkan

2.4.2.4 Tegangan Tarik atau Kompresi

Tegangan tarik atau kompresi yang terjadi dapat dirumuskan:

$$\sigma_t \text{ or } c = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

A = luas bidang yang terkena tarik atau kompresi

$$A = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d \cdot m^2}$$

Sehingga tegangan tarik atau kompresi dapat dihitung dengan pendekatan menggunakan rumus berikut:

$$\sigma_{t \text{ or } c} = \frac{4.F}{\pi .dm^2} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana:

$\sigma_{t \text{ or } c}$ = tegangan tarik atau kompresi (kgf/mm²)

F = gaya yang diberikan (kgf)

dm = diameter rata-rata dari dp dan dr (mm²)

2.4.2.5 Tegangan Kombinasi

Tegangan kombinasi adalah gabungan dari tegangan kompresi dan tegangan geser yang disebabkan torsi pemutar, kedua tegangan tersebut dapat diperoleh dengan pendekatan perhitungan menggunakan rumus berikut:

a. Tegangan Kompresi

$$\sigma_c = \frac{F}{A} = \frac{4.F}{\pi .dr^2} \dots\dots\dots(2.16)$$

b. Tegangan Geser yang disebabkan oleh torsi pemutar

$$\tau_{max} = \frac{T\left(\frac{dr}{2}\right)}{J} = \frac{16.T}{\pi .dr^3} \dots\dots\dots(2.17)$$

Sehingga tegangan kombinasi yang terjadi dapat diperoleh dengan pendekatan perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_c}{2}\right)^2 + (\tau)^2}$$

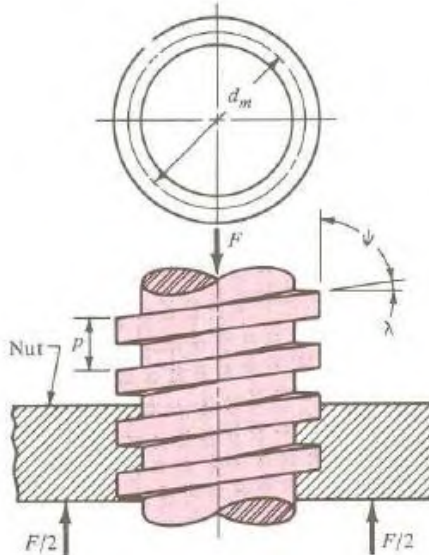
$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{4.F}{2.\pi.dr^2}\right)^2 + \left(\frac{16.T}{\pi.dr^3}\right)^2}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{2.F}{2.\pi.dr^2}\right)^2 + \left(\frac{16.T}{\pi.dr^3}\right)^2} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana:

- τ_{max} = tegangan kombinasi (kgf/mm²)
- F = beban (kgf)
- T = torsi (kgf.mm)
- dr = diameter batang ulir (mm)

2.4.3 Torsi untuk Power Screw



Gambar 2.13 Konstruksi ulir penggerak

Untuk menaikkan dan menurunkan beban F maka batang ulir penggerak dilaksanakan dengan memutar poros power screw yang bergeser antara batang ulir dan mur juga terjadi gesekan.

Dengan gaya yang diperoleh dari hasil percobaan, torsi untuk menggerakkan ulir dapat dilakukan pendekatan perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$T_m = F_m \cdot r \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

T_m = torsi untuk ulir penggerak (kgf.mm)

F_m = gaya untuk memindahkan mata potong (kgf)

r = jari-jari diameter ulir penggerak (mm)

2.4.4 Daya untuk Power Screw

Daya untuk menggerakkan ulir penggerak agar berfungsi sesuai keinginan, maka dipergunakan rumus sebagai berikut:

$$T_m = 974.000 \frac{P_m}{n} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

T_m = torsi motor (kgf.mm)

P_m = daya motor untuk memindahkan mata potong (kW)

n = putaran motor (rpm)

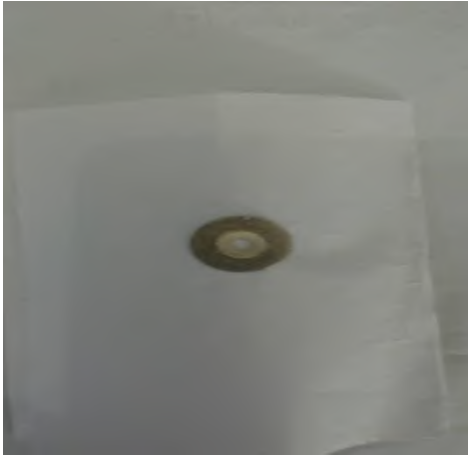
2.5 Pemanas



Gambar 2.14 Pemanas yang digunakan dalam mesin pemotong botol

Pemanas yang digunakan terbuat dari bahan tembaga yang tahan terhadap suhu tinggi. Pemanas tersebut dihubungkan ke tabung gas melalui sebuah selang yang terbuat dari bahan karet. Bahan bakar yang digunakan adalah gas untuk mengisi korek api yang mengandung butana (C_4H_{10}). Fungsi dari pemanas yaitu untuk mempercepat proses pemotongan. Karena jika botol kaca dipanaskan dan terdapat takikan yang diakibatkan goresan mata potong akan terjadi konsentrasi perpindahan panas pada titik tersebut sehingga terjadi pemuaian dan botol kaca tersebut terpisah pada titik takikan tersebut. Cara menyalakan pemanas dengan disulut dari luar menggunakan korek api. Nyala api yang dihasilkan dan digunakan untuk memotong botol berupa nyala api berwarna biru yang terfokus.

2.6 Mata Potong



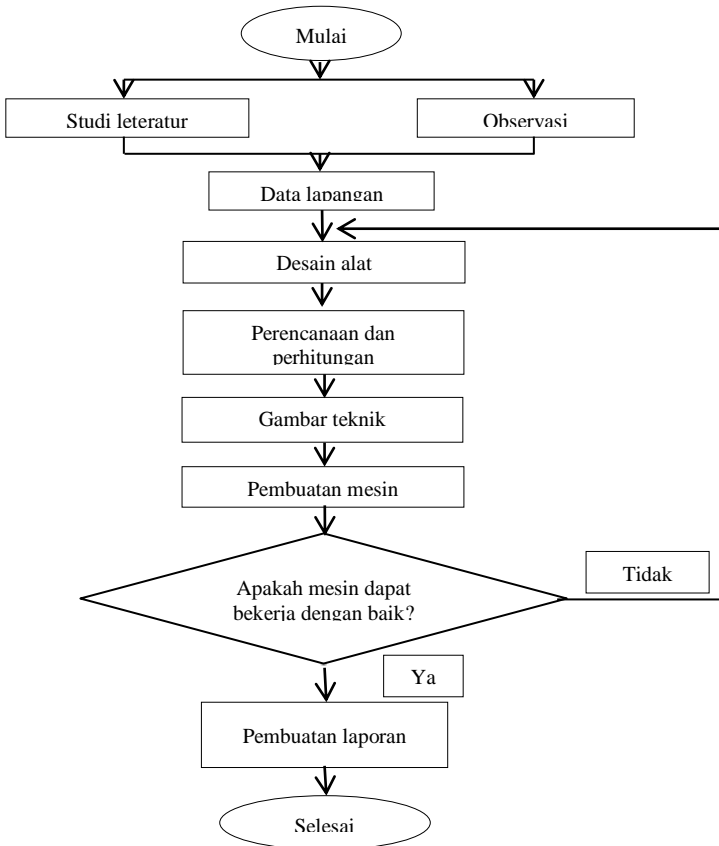
Gambar 2.12 Mata potong yang digunakan dalam mesin pemotong botol

Mata potong yang digunakan terbuat dari bahan diamond atau intan. Bahan diamond dipilih karena memiliki nilai kekerasan tertinggi sekitar 10 skala Mohs, sehingga kemampuan untuk memotong nya tinggi.

BAB III METODOLOGI

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berupa penjelasan singkat yang diuraikan dalam bentuk tahapan yang dilakukan. Dan di buat diagram alir seperti berikut :

3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Mesin Pemotong Botol



Gambar 3.1 Flow Chart Metodologi Perencanaan

3.2 Tahapan Proses Pembuatan Mesin Pemotong Botol

Tahap identifikasi masalah diawali dari perumusan masalah, pengamatan lapangan dan studi pustaka (literatur), adapun uraian untuk lebih jelasnya, sebagai berikut:

3.2.1 Observasi

Dalam tahap ini kami melakukan pengamatan mengenai ukuran botol, sistem pengekaman dan jenis mata potong untuk kaca yang digunakan. Kegiatan ini dilakukan pada tanggal 8 sampai 14 Februari 2016 di tempat penjual botol kaca bekas dan Jalan Raden Saleh.

3.2.2 Studi literatur

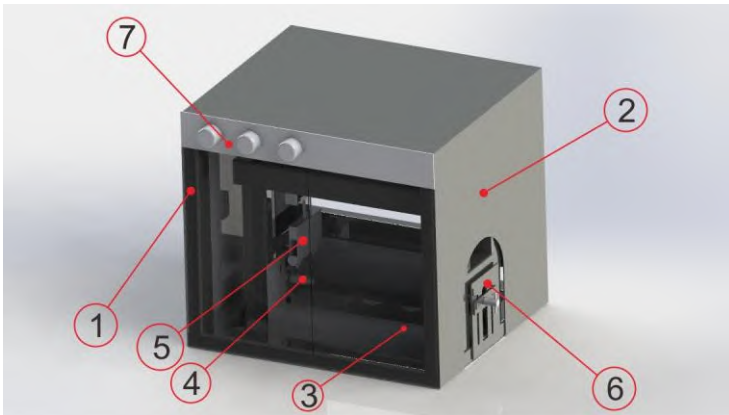
Melakukan studi pustaka melalui internet, buku / text book, diktat yang mengacu pada referensi, dan tugas akhir yang berkaitan. Proses perencanaan menggunakan data-data untuk mengetahui prinsip mekanisme alat dengan permasalahan perencanaan. dengan tujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan mesin-mesin terdahulu sebagai bahan referensi perancangan mesin yang lebih baik dan mudah dioperasikan serta lebih *safety* dalam pengoperasiannya. Selain itu untuk mengetahui literatur yang sesuai dalam perhitungan dan perencanaan komponen yang digunakan dalam pembuatan mesin-mesin pemotong botol kaca.

3.2.3 Data lapangan

Data yang diperoleh dari observasi yang dilakukan meliputi diameter dalam mulut botol kaca berkisar antara 1,5 mm-20 mm, diameter badan botol kaca berkisar antara 20 mm hingga 200 mm. Jenis mata potong kaca terdapat dua bentuk yaitu berbentuk seperti panah dan bentuk lingkaran.

3.2.4 Desain alat

Membuat desain yang diperlukan dalam proses pembuatan. Perancangan gambar berdasarkan data yang diperoleh setelah melakukan observasi dan studi literatur. Desain alat yang dibuat meliputi kerangka mesin pemotong botol kaca, mata potong botol kaca, sistem penggerak. Dari desain tersebut akan mengetahui bentuk gambar komponen yang akan digunakan.



Gambar 3.2 Desain alat
Sumber: data penulis

Komponen :

1. Frame
2. Cover mesin
3. V-groove
4. Jig botol
5. Rumah pahat
6. Stopper
7. Panel kontrol

3.2.5 Perencanaan dan Perhitungan

Perencanaan dan perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan desain dan mekanisme yang optimal dengan memperhatikan data yang telah didapat dari studi literatur dan observasi langsung. Rencana alat yang akan di rancang ini adalah mesin pemotong botol kaca untuk hiasan.

3.2.6 Gambar teknik

Dari hasil perhitungan perencanaan dan design alat di dapatkan sebuah dimensi komponen seperti dimensi v-groove, jig&fixture dan satu *set* rumah mata potong yang dapat dilihat pada lampiran.

3.2.7 Pembuatan mesin

Dari hasil perhitungan perencanaan, observasi lapangan dan gambar teknik, mesin pemotong botol kaca dapat diketahui dari dimensi komponen yang akan diperlukan untuk proses pembuatan mesin. Dari komponen-komponen yang diperoleh, proses perakitan dilakukan secara urutan pemilihan elemen mesin untuk membuat mesin yang sesuai dengan desain yang telah dibuat. Hasil pembuatan mesin dapat diketahui dengan cara pengujian mesin pemotong botol kaca sebagai berikut :

3.2.8 Pengujian alat

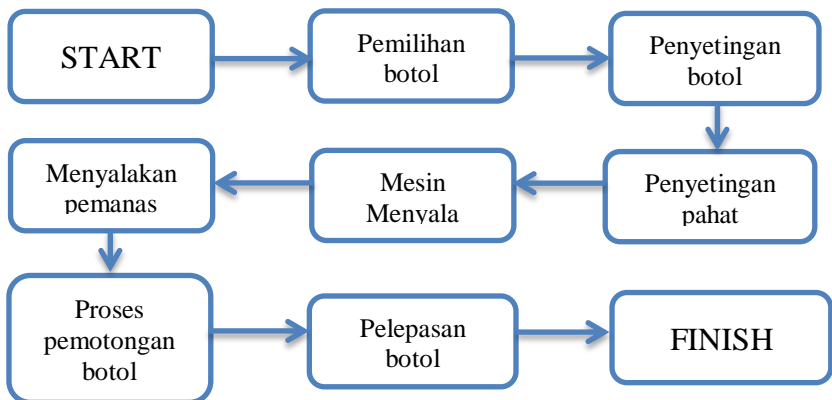
Setelah alat selesai dibuat dilakukan pengujian alat dengan mengoperasikan alat tersebut. Dalam pengujian ini nantinya akan di catat dan dibandingkan waktu prosesnya, serta hasil dari benda yang dihasilkan dengan proses manual, dengan alat yang sebelumnya dan alat yang dirancang saat ini.

3.2.9 Pembuatan Laporan

Tahap ini adalah tahap terakhir dari pembuatan mesin pemotong botol kaca, dengan membuat laporan dari tahap observasi hingga pengujian alat.

3.3 Mekanisme Kerja Mesin Pemotong Botol

- a) Prinsip kerja alat ini adalah pertama benda kerja berupa sebuah botol kaca yang akan di potong diletakkan di atas v-groove.
- b) Dorong botol ke arah jig&fix hingga botol tercekam sempurna. Pastikan botol tercekam dengan sempurna dan tidak longgar.
- c) Setelah botol tercekam, setting rumah pahat guna menepatkan titik potong yang telah ditentukan.
- d) Setelah botol tercekam dengan baik, langkah selanjutnya mengatur titik fokus mini torch pada titik potong yang akan digores oleh pahat.
- e) Langkah selanjutnya menyalakan motor listrik dan mini torch untuk melakukan proses pemotongan botol kaca.
- f) Ketika terdengar suara retakan botol, maka motor dan mini torch dapat segera di matikan dengan menekan tombol pada panel kontrol.



Gambar 3.3 Diagram alur proses pemotongan botol

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas tentang perhitungan dalam rancang bangun mesin pemotong botol kaca silinder yang meliputi gaya potong, daya motor yang dibutuhkan, perencanaan pegas dan powerscrew sebagai berikut:

4.1 Analisis Gaya

4.1.1 Perhitungan Gaya Potong

Gaya potong dihitung dengan melihat tabel 2.1 untuk mengetahui nilai gaya tekan kaca kemudian digunakan persamaan 2.1 yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_c = \sigma_c \cdot A_{mp}$$

Dimana:

F_c = gaya potong (N)

A_{mp} = luasan mata potong yang menyentuh botol (mm^2) dapat dihitung dengan cara mencari panjang busur dari mata potong yang sesaat menyentuh botol

σ_c = kekuatan tarik kaca (dapat dilihat pada tabel 2.1)

Luasan yang digunakan adalah luasan mata potong yang sesaat mengenai botol kaca, sehingga harus ditemukan terlebih dahulu panjang busur dari mata potong lalu dikalikan tebal dari mata potong. Untuk mencari panjang busur dari mata potong dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\alpha}{360^\circ} = \frac{l_{mp}}{\pi \cdot D}$$

Dimana:

α = sudut mata potong yang sesaat menyentuh botol ($^{\circ}$)

D = diameter mata potong (mm)

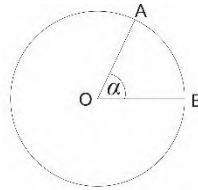
l_{mp} = panjang busur mata potong yang sesaat menyentuh botol (mm)

$$\frac{\alpha}{360^{\circ}} = \frac{l_{mp}}{\pi \cdot D}$$

$$\frac{3^{\circ}}{360^{\circ}} = \frac{l_{mp}}{\pi \cdot 16mm}$$

$$\frac{1}{120} = \frac{l_{mp}}{50,2655}$$

$$l_{mp} = 0,4188 \text{ mm}$$



Dimana :

α = sudut mata potong yang sesaat menyentuh botol

AB = panjang busur mata potong yang sesaat menyentu botol

Gambar 4.1 Ilustrasi keadaan mata potong yang sesaat menyentuh mata potong

Sehingga luasan yang mengenai botol dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$A_{mp} = l_{mp} \cdot t_{mp}$$

Dimana:

l_{mp} = panjang busur mata potong yang sesaat menyentuh botol (mm^2)

t_{mp} = tebal mata potong (mm)

Jadi, luasan mata potong yang sesaat menyentuh botol dapat dihitung sebagai berikut:

$$A_{mp} = 0,4188 \text{ mm} \cdot 0,7 \text{ mm} = 0,3 \text{ mm}^2$$

Kekuatan tarik kaca berdasarkan tabel 2.1 adalah 70 Mpa, Apabila dikonversikan maka $70 \text{ MPa} = 10152,64 \text{ lbf/in}^2 = 7,14 \text{ kgf/mm}^2$. Jadi gaya potong dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_c = 7,14 \text{ kgf/mm}^2 \cdot 0,3 \text{ mm}^2 = 2,1 \text{ kgf}$$

Karena terdapat dua mata potong yang bekerja secara bersamaan, maka gaya potong dikalikan dua sebagai berikut:

$$F_{c \text{ tot}} = F_c \cdot 2$$

$$F_{c \text{ tot}} = 2,1 \text{ kgf} \cdot 2$$

$$F_{c \text{ tot}} = 4,2 \text{ kgf}$$

4.1.2 Kecepatan Pemotongan

Sesuai keterangan pada subbab 2.2.3, untuk menentukan kecepatan pemotongan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

Dimana:

v_c = kecepatan potong (mm/min)

D = diameter awal benda kerja (mm)

n = putaran spindle (rpm)

Jadi, besar kecepatan potong adalah:

$$v_c = \frac{\pi \cdot 85 \text{ mm} \cdot 35 \text{ rpm}}{1000}$$

$$v_c = 9,35 \text{ m/min} = 9350 \text{ mm/min}$$

4.1.3 Kecepatan Makan

Sesuai keterangan pada subbab 2.2.4, untuk menentukan kecepatan pemotongan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$v_f = f \cdot n$$

Dimana:

v_f = kecepatan makan (mm/min)

f = gerak makan (mm/ putaran)

n = putaran poros utama (putaran/ menit)

Disini, untuk menemukan gerak makan (f) dilakukan pendekatan dengan menghitung berapa banyak putaran yang diperlukan untuk memotong botol dengan ketebalan yang sudah diketahui. Dari percobaan yang sudah dilakukan, untuk memotong botol dengan ketebalan 3 mm dibutuhkan waktu selama 83 detik atau 1,38 menit. Sehingga gerak makan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$f = \frac{t_b}{z}$$

Dimana:

f = gerak makan (mm/putaran)

t_b = tebal botol (mm)

z = banyaknya putaran yang dibutuhkan untuk memotong satu botol (putaran)

Untuk menemukan banyak putaran yang dibutuhkan dilakukan pendekatan dengan menghitung waktu pemotongan hingga botol terpotong dikali dengan putaran motor setiap menit. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

$$z = t_c \cdot n$$

Dimana:

z = banyaknya putaran yang dibutuhkan untuk memotong satu botol (putaran)

t_c = waktu yang dibutuhkan hingga botol terpotong (menit)

n = putaran motor (rpm)

Jadi, banyaknya putaran dapat dihitung sebagai berikut:

$$z = t_c \cdot n$$

$$z = 1,38 \text{ menit} \cdot 35 \text{ rpm}$$

$$z = 48,42 \text{ putaran}$$

Setelah mendapatkan z , maka nilai f dapat dihitung sebagai berikut:

$$f = \frac{t_b}{z}$$

$$f = \frac{3 \text{ mm}}{48,42 \text{ putaran}}$$

$$f = 0,062 \text{ mm/putaran}$$

Jadi, setelah nilai f didapat, maka kecepatan makan dapat dihitung sebagai berikut:

$$v_f = 0,062 \text{ mm/ putaran} \cdot 35 \text{ putaran/ menit}$$

$$v_f = 2,17 \text{ mm/menit}$$

4.1.4 Kedalaman Pemotongan

Berdasarkan gambar 2.7 dan persamaan 2.5, kedalaman pemotongan dapat dihitung sebagai berikut:

$$h_c = \frac{(D - d)}{2}$$

Dimana :

h_c = kedalaman pemotongan (mm)

D = diameter awal/sebelum diproses (mm)

d = diameter akhir/sesudah diproses (mm)

Jadi, kedalaman pemotongan dapat dihitung sebagai berikut:

$$h_c = \frac{(85 - 79)}{2}$$

$$h_c = 3 \text{ mm}$$

4.1.5 Laju penghasiian geram

Sesuai keterangan pada subbab 2.2.5 dan persamaan 2.4 tentang laju penghasiian geram serta gerak makan (f) dan kecepatan makan (V_f) yang telah dihitung pada subbab 4.1.3, maka laju penghasiian geram dapat dihitung sebagai berikut:

$$V = f \cdot h_c \cdot v_f$$

Dimana:

V = laju penghasiian geram (mm^3/min)

f = gerak makan (mm/putaran)

h_c = kedalaman potong (mm)

v_f = kecepatan makan (mm/min)

Jadi laju penghasiian geram dapat dihitung sebagai berikut:

$$V = 0,062 \text{ mm/ putaran} \cdot 3 \text{ mm} \cdot 2,17 \text{ mm/ menit}$$

$$V = 0,40362 \text{ mm}^3/\text{menit}$$

4.2 Perhitungan Torsi Motor Pemutar Botol Kaca

Sesuai keterangan pada subbab 2.2.7, untuk menentukan torsi untuk memutar botol kaca dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$T = F_r \cdot r$$

Dimana :

T = torsi motor (kgf.mm)

F_r = gaya untuk memutar motor yang sudah dibebani botol kaca (kgf)

r = jari-jari badan botol kaca (mm)

Dari percobaan yang dilakukan menggunakan neraca pegas untuk menggerakkan botol diperoleh gaya sebesar 1,34 kgf.



Gambar 4.2 Percobaan untuk mendapatkan gaya untuk memutar motor yang sudah dibebani botol kaca

Maka gaya desain (F_d) :

$$F_d = 1,5 \cdot F$$

$$F_d = 1,5 \cdot 1,34 \text{ kgf}$$

$$F_d = 2,01 \text{ kgf}$$

Sehingga torsi motor dapat dihitung sebagai berikut:

$$T = 2,01 \text{ kgf} \cdot 42,5 \text{ mm}$$

$$T = 85,425 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

$$T = 8,5425 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

4.3 Perhitungan Daya Motor Pemutar Botol Kaca

Sesuai keterangan pada subbab 2.2.8, untuk menentukan daya motor yang dibutuhkan agar motor bekerja sesuai dengan keinginan, maka dipergunakan menggunakan persamaan 2.7 sebagai berikut:

$$T = 974.000 \frac{N}{n}$$

Dimana :

T = torsi motor (kgf.mm)

P = daya motor (kW)

n = putaran motor (rpm)

Sehingga, daya motor dapat dihitung sebagai berikut:

$$T = 974.000 \frac{N}{n}$$

$$85,425 \text{ kgf} \cdot \text{mm} = 974.000 \frac{N}{35 \text{ rev/min}}$$

$$N = \frac{85,425 \text{ kgf} \cdot \text{mm} \cdot 35 \text{ rev/min}}{974.000}$$

$$N = 3,07 \cdot 10^{-3} \text{ kW} = 3,07 \text{ W}$$

Sehingga, daya yang dibutuhkan untuk memutar botol kaca saat proses pemotongan adalah 3,07 W. Sehingga digunakan motor DC dengan daya sebesar 6 W.

4.4 Perencanaan Power Screw

Direncanakan menggunakan ulir jenis square threads dengan ukuran dasar standart ulir segi empat. Apabila diketahui menggunakan (tabel 3):

$$d_0 = \frac{1}{2} \text{ in} = 12,7 \text{ mm}$$

$$d_r = 0,366 \text{ in} = 9,3 \text{ mm}$$

$$N_{tr} = 6,5$$

Maka :

$$p = \frac{1}{N_{tr}}$$

$$= \frac{1}{6,5}$$

$$= 0,15 \text{ in}$$

$$p = 3,81 \text{ mm}$$

$$b = \frac{p}{2}$$

$$= \frac{0,15}{2}$$

$$= 0,075 \text{ in}$$

$$b = 1,9 \text{ mm}$$

$$h = p/2$$

$$= 0,075 \text{ in}$$

$$h = 1,9 \text{ mm}$$

$$dp = \frac{d_0 + d_r}{2}$$

$$= \frac{0,5 + 0,366}{2}$$

$$= 0,4 \text{ in}$$

$$dp = 10,16 \text{ mm}$$

$$dm = \frac{dp + d_r}{2}$$

$$= \frac{dp + d_r}{2}$$

$$= \frac{0,4 + 0,366}{2}$$

$$= 0,38 \text{ in}$$

$$dm = 9,65 \text{ mm}$$

4.4.1 Torsi untuk Memindahkan Mata Potong pada Power Screw

Dari keterangan pada subbab 2.4.3, untuk menentukan torsi untuk memindahkan mata potong dapat dihitung menggunakan persamaan 2.19 sebagai berikut:

$$T = F_m \cdot r$$

Dimana :

T = torsi untuk memindahkan mata potong (kgf.mm)

F_m = gaya untuk memindahkan mata potong (kgf)

r = jari-jari diameter luar (mm)

Dari percobaan menggunakan neraca pegas untuk menggerakkan mata potong yang digunakan membutuhkan gaya sebesar 1,67 kgf.



Gambar 4.3 Percobaan untuk mendapatkan gaya untuk memindahkan mata potong

Maka gaya desain (F_d) :

$$F_{d_m} = 1,5 \cdot F$$

$$F_{d_m} = 1,5 \cdot 1,67 \text{ kgf}$$

$$F_{d_m} = 2,505 \text{ kgf}$$

Sehingga torsi motor dapat dihitung sebagai berikut:

$$T_m = 2,505 \text{ kgf} \cdot 12,7 \text{ mm} = 31,8135 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

4.4.2 Daya untuk Memindahkan Mata Potong pada Power Screw

Daya yang dibutuhkan untuk memindahkan mata potong pada power screw maka dipergunakan pendekatan menggunakan persamaan 2.20 sebagai berikut:

$$T_m = 974.000 \frac{P}{n}$$

Dimana :

T = torsi untuk memindahkan mata potong (kgf.mm)

P = daya motor (kW)

n = putaran power screw (rpm)

Sehingga daya motor untuk memindahkan mata potong dapat dihitung sebagai berikut:

$$N = \frac{31,8135 \text{ kgf. mm} \cdot 100 \text{ rev/min}}{974.000}$$

$$31,8135 \text{ kgf. mm} = 974.000 \frac{N}{100 \text{ rev/min}}$$

$$N = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ kW} = 3,3 \text{ W}$$

Sehingga, daya yang dibutuhkan untuk memindahkan mata potong melalui *power screw* adalah 3,3 W. Sehingga digunakan motor DC dengan daya sebesar 6 W.

4.4.3 Menentukan Bahan untuk Power Screw

Untuk menentukan bahan yang aman digunakan pada power screw perlu dilakukan analisis tegangan-tegangan yang terjadi pada power screw sebagai berikut:

4.4.3.1 Menentukan Tegangan Bearing (σ_{Br})

Besarnya tegangan bearing ini dapat dirumuskan menggunakan persamaan 2.10 sebagai berikut:

$$\sigma_{Br} = \frac{F}{\pi \cdot dm \cdot h \cdot n}$$

Dimana :

- σ_{Br} = tegangan bearing (kgf/mm²)
- F = beban (kgf)
- dm = diameter rata-rata ulir (mm)
- h = kedalaman ulir (mm)
- n = jenis atau jumlah ulir (tunggal atau ganda)

Jadi, σ_{Br} dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_{Br} = \frac{F}{\pi \cdot dm \cdot h \cdot n}$$

$$\sigma_{Br} = \frac{2,505 \text{ kgf}}{\pi \cdot 9,65 \text{ mm} \cdot 1,9 \text{ mm} \cdot 1}$$

$$\sigma_{Br} = 0,04 \text{ kgf/mm}^2$$

4.4.3.2 Menentukan Tegangan Bending (σ_{Bd})

Besarnya tegangan bending ini dapat dirumuskan menggunakan persamaan 2.11 sebagai berikut:

$$\sigma_{Bd} = \frac{3 \cdot F \cdot h}{(\pi \cdot dm \cdot n) b^2}$$

Dimana :

$$\sigma_{Bd} = \text{tegangan bending (kgf/mm}^2\text{)}$$

- F = beban (kgf)
- dm = diameter rata-rata ulir (mm)
- h = kedalaman ulir (mm)
- b = kaki ulir (mm)
- n = jenis atau jumlah ulir (tunggal atau ganda)

Jadi, σ_{Bd} dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_{Bd} = \frac{3 \cdot F \cdot h}{(\pi \cdot dm \cdot n) b^2}$$

$$\sigma_{Bd} = \frac{3 \cdot 2,505 \text{ kgf} \cdot 1,9 \text{ mm}}{(\pi \cdot 9,65 \text{ mm} \cdot 1)(1,9 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma_{Bd} = 0,1 \text{ kgf/mm}^2$$

4.4.3.3 Menentukan Tegangan Geser Maksimum ($\tau_{s \max}$)

Besarnya tegangan geser maksimum pada batang ulir dapat dirumuskan menggunakan persamaan 2.13 sebagai berikut:

$$\tau_{s \max} = \frac{3 \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot dr \cdot n \cdot b}$$

Dimana :

- $\tau_{s \max}$ = tegangan geser maksimum (kgf/mm²)
- F = beban (kgf)
- dr = diameter kaki pada batang ulir (mm)
- b = kaki ulir (mm)
- n = jenis atau jumlah ulir (tunggal atau ganda)

Jadi, $\tau_{s \max}$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$\tau_{s \max} = \frac{3 \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot dr \cdot n \cdot b}$$

$$\tau_{s \max} = \frac{3 \cdot 2,505 \text{ kgf}}{2 \cdot \pi \cdot 9,3 \text{ mm} \cdot 1 \cdot 1,9 \text{ mm}}$$

$$\tau_{s \max} = 0,14 \text{ kgf/mm}^2$$

4.4.3.4 Menentukan Tegangan Tarik atau Kompresi ($\sigma_{t \text{ or } c}$)

Untuk menghitung tegangan tarik atau kompresi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.14 sebagai berikut:

$$\sigma_{t \text{ or } c} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot dm^2}$$

Dimana :

$\sigma_{t \text{ or } c}$ = Tegangan tarik atau kompresi (kgf/mm²)

F = Gaya yang diberikan (kgf)

dm² = Diameter rata-rata dari dp dan dr (mm²)

Sehingga tegangan tarik yang terjadi dapat dihitung sebagai berikut :

$$\sigma_{t \text{ or } c} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot dm^2}$$

$$\sigma_{t \text{ or } c} = \frac{4 \cdot 2,505 \text{ kgf}}{\pi \cdot 9,65^2}$$

$$\sigma_{t \text{ or } c} = 0,03 \text{ kgf/mm}^2$$

4.4.3.5 Menentukan Tegangan Kombinasi (τ_{max})

Untuk menghitung tegangan kombinasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.18 sebagai berikut:

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot F}{\pi \cdot dr^2}\right)^2 + \left(\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot dr^3}\right)^2}$$

Dimana:

- τ_{max} = tegangan kombinasi (kgf/mm²)
- F = beban (kgf)
- T = torsi (kgf.mm)
- dr = diameter batang ulir (mm)

Sehingga tegangan kombinasi yang terjadi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot F}{\pi \cdot dr^2}\right)^2 + \left(\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot dr^3}\right)^2}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 2,505 \text{ kgf}}{(\pi \cdot 9,3 \text{ mm})^2}\right)^2 + \left(\frac{16 \cdot 31,8135 \text{ kgf} \cdot \text{mm}}{(\pi \cdot 9,3 \text{ mm})^3}\right)^2}$$

$$\tau_{max} = 0,20 \text{ kgf/mm}^2$$

Sehingga tegangan total yang bekerja pada power screw dapat dilakukan pendekatan penjumlahan sebagai berikut :

$$\sigma_{tot} = \sigma_{Br} + \sigma_{Bd} + \tau_{s \text{ max}} + \sigma_{t \text{ or } c} + \tau_{max}$$

Sehingga tegangan total yang terjadi dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma_{tot} &= 0,04 + 0,1 + 0,14 + 0,03 + 0,20 \\ &= 0,51 \text{ kgf/mm}^2\end{aligned}$$

Pendekatan penghitungan kekuatan bahan yang digunakan dapat diperoleh dengan rumus di bawah ini:

$$\sigma_{tot} \leq \frac{ks \cdot \sigma_{yp}}{sf}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\sigma_{tot} &= \text{tegangan total yang terjadi (kgf/mm}^2\text{)} \\ Ks &= \text{konstanta geser (0,6)} \\ \sigma_{yp} &= \text{yield point (kgf/mm}^2\text{)} \\ Sf &= \text{faktor keamanan (5)}\end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$0,51 \leq \frac{0,6 \cdot \sigma_{yp}}{5}$$

$$\sigma_{yp} \geq 4,25 \text{ kgf/mm}^2$$

Untuk mencari kekuatan tarik minimum bahan yang digunakan untuk power screw dapat diperoleh dari rumus di bawah ini:

$$UTS = \frac{\sigma_{yp}}{0,7}$$

Sehingga kekuatan tarik dapat dihitung sebagai berikut:

$$UTS = \frac{4,25}{0,7}$$

$$UTS = 6,07 \text{ kgf/mm}^2$$

Sehingga kekuatan tarik minimum untuk bahan power screw adalah 6,07 kgf/ mm²

4.5 Perencanaan Dimensi Pegas

Direncanakan menggunakan pegas dengan bahan baja jenis SUP yang memiliki kekuatan tarik sebesar 70 kgf/mm² dan memiliki nilai C sebesar 5. Disini kita akan mencari diameter kawat pegas dan diameter gulungan pegas.

4.5.1 Menentukan Diameter Kawat Pegas

Dari percobaan menggunakan timbangan badan diperoleh gaya dari botol yang harus ditahan pegas adalah sebesar 0,3 kgf. Maka gaya desain (Fd):

$$F_d = 1,5 \cdot F$$

$$F_d = 1,5 \cdot 0,3 \text{ kgf}$$

$$F_d = 0,45 \text{ kgf}$$

Direncanakan pegas dapat mengalami defleksi minimum sebesar 15 mm, sehingga memudahkan untuk peletakan dan pengambilan botol kaca.

Dari keterangan subbab 2.3.1 untuk mencari diameter kawat pegas digunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$d \geq \sqrt{\frac{10,5 \cdot F \cdot C \cdot sf}{\pi \cdot \sigma_{yps}}}$$

Dimana:

- d = diameter kawat pegas (mm)
 F = gaya maksimum yang diberikan terhadap pegas (kgf)
 C = rasio diameter gulungan pegas terhadap diameter kawat pegas
 sf = angka faktor keamanan (2,5)
 σ_{syp} = shear yield point (kgf/mm²)
 = ks. 0,7. UTS pegas baja
 = 0,8 . 0,7 . 70 kgf/mm²
 = 29,4 kgf/mm²

Sehingga diameter kawat pegas dapat dihitung sebagai berikut:

$$d \geq \sqrt{\frac{10,5 \cdot F \cdot C \cdot sf}{\pi \cdot \sigma_{yps}}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{10,5 \cdot 0,45 \cdot 5 \cdot 2,5}{\pi \cdot 29,4}}$$

$$d \geq 0,8 \text{ mm}$$

4.5.2 Menentukan Diameter Gulungan Pegas

Dari keterangan subbab 2.3.2 untuk mencari diameter gulungan pegas dapat dipergunakan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$C = \frac{2R}{d}$$

Dimana:

C = rasio diameter gulungan pegas terhadap diameter kawat pegas, memiliki nilai 5 karena berkaitan dengan persamaan pada 2.3.1

R = jari-jari gulungan pegas (mm)

d = diameter kawat pegas (mm)

Sehingga diameter gulungan pegas dapat dihitung sebagai berikut:

$$5 = \frac{2R}{0,8 \text{ mm}}$$

$$R = \frac{0,8 \text{ mm} \cdot 5}{2}$$

$$R = 2 \text{ mm}$$

Jadi, diameter minimal gulungan pegas adalah 4 mm.

4.6 Pengujian Mesin

4.6.1 Percobaan Menggunakan Pemanas

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan menggunakan dua botol ukuran berbeda masing-masing tiga kali percobaan menghasilkan data sebagai berikut:



Gambar 4.4 Percobaan mesin menggunakan pemanas

Yang kemudian diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Percobaan menggunakan botol berdiameter 85 mm dengan pemanas

Percobaan ke-	Setting Benda Kerja	Setting Pahat	Proses Pemotongan	Proses Penungguan	Proses Pelepasan	Total
1	13 detik	3 detik	83 detik	10 detik	6 detik	115 detik
2	14 detik	0 detik	82 detik	10 detik	6 detik	112 detik
3	12 detik	0 detik	83 detik	10 detik	7 detik	112 detik
Rata-rata						113 detik

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan untuk memotong satu botol membutuhkan waktu 103,5 detik, sehingga mesin ini dapat memotong 34 botol/ jam.

Tabel 4.2 Percobaan menggunakan botol berdiameter 50 mm dengan pemanas

Percobaan ke-	Setting Benda Kerja	Setting Pahat	Proses Pemotongan	Proses Penungguan	Proses Pelepasan	Total
1	11 detik	3 detik	68 detik	10 detik	5 detik	97 detik
2	11 detik	0 detik	70 detik	10 detik	6 detik	97 detik
3	12 detik	0 detik	67 detik	10 detik	6 detik	95 detik
Rata-rata						97 detik

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan untuk memotong satu botol membutuhkan waktu 97 detik, sehingga mesin ini dapat memotong 37 botol/ jam

4.6.2 Percobaan Tanpa Menggunakan Pemanas

Berdasarkan percobaan yang dilakukan dengan dua botol ukuran berbeda masing-masing tiga kali percobaan tanpa pemanas selama 600 detik diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.3 Percobaan menggunakan botol berdiameter 85 mm tanpa menggunakan pemanas

Percobaan ke-	Setting Benda Kerja	Setting Pahat	Proses Pemotongan	Proses Pelepasan	Proses Pengetukan	Total
1	13 detik	3 detik	600 detik	15 detik	15 detik	646 detik

2	14 detik	2 detik	600 detik	13 detik	15 detik	644 detik
3	19 detik	2 detik	600 detik	17 detik	15 detik	653 detik
Rata-rata						648 detik

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan untuk memotong satu botol membutuhkan waktu 648 detik, sehingga mesin ini dapat memotong 5 botol/ jam.

Tabel 4.4 Percobaan menggunakan botol berdiameter 50 mm tanpa menggunakan pemanas

Percobaan ke-	Setting Benda Kerja	Setting Pahat	Proses Pemotongan	Proses Pelepasan	Proses Pengetukan	Total
1	11 detik	4 detik	600 detik	12 detik	9 detik	636 detik
2	12 detik	2 detik	600 detik	13 detik	9 detik	636 detik
3	10 detik	3 detik	600 detik	13 detik	8 detik	634 detik
Rata-rata						635 detik

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan untuk memotong satu botol membutuhkan waktu 636 detik, sehingga mesin ini dapat memotong 5 botol/ jam.

4.7 Hasil Produk

Proses pemotongan menghasilkan benda kerja seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.5 Botol yang sudah terpotong

Setelah botol terpotong seperti gambar di atas langkah selanjutnya adalah membuat produk kerajinan. Produk kerajinan yang dibuat adalah lampu hias. Proses pembuatan lampu hias dimulai dari pengamplasan botol, pemasangan stiker, pengecatan botol, pelepasan stiker, pemasangan kabel dan pemasangan lampu. Berikut ini dokumentasi proses pembuatan lampu hias:



Gambar 4.6 Berturut-turut dari nomor 1 hingga 3 adalah proses pembuatan lampu hias mulai dari pengamplasan, penempelan stiker dan pengecatan dan pelepasan stiker

Setelah proses-proses di atas dilakukan akan tercipta lampu hias seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.7 Hasil akhir dari lampu hias

4.8 SOP dan Maintenance

4.8.1 Petunjuk Keamanan

1. Ikuti semua petunjuk penggunaan dan perawatan.
2. Jangan tinggalkan mesin dalam kondisi menyala. Segera cabut steker dari stop kontak bila tidak digunakan.
3. Cabut regulator dari tabung gas bila tidak digunakan dalam waktu lama.
4. Bila terjadi kebocoran gas, segera matikan keran gas lalu cabut regulator dari tabung gas.
5. Hati-hati terhadap geram sisa pemotongan yang kemungkinan tajam.
6. Hindarkan mesin dari keadaan basah, lembab dan sinar matahari langsung

4.8.2 Cara Pengoperasian

1. Siapkan botol yang akan dipotong.
2. Buka pintu mesin lalu angkat rumah mata potong untuk memudahkan pemasukan botol
3. Setelah botol dimasukkan, atur ketinggian motor pemutar botol sesuai dengan ketinggian mulut botol.
4. Setelah itu dorong botol hingga tercekam sempurna.
5. Tutup pintu mesin, kemudian sambungkan steker ke stop kontak. Setelah itu tekan tombol ON.
6. Setelah menyala, tekan tombol pengatur gerak rumah mata potong untuk memposisikan mata potong ke dalam posisi yang diinginkan.
7. Lalu, tekan saklar untuk menghidupkan motor pemutar botol.
8. Setelah botol terlihat tergores oleh mata potong, segera buka keran gas dan nyalakan mini torch.

9. Bila terdengar suara retakan, itu berarti proses pemotongan telah selesai.
10. Segera matikan motor pemutar botol dan tutup keran gas usai pemotongan.
11. Buka pintu mesin lalu angkat rumah mata potong dan ambil botol yang sudah diproses.
12. Setelah selesai, tekan tombol OFF untuk mematikan mesin dan cabut steker dari stop kontak.

4.8.3 Petunjuk Perawatan

1. Bersihkan mesin dari sisa geram yang menempel setelah digunakan.
2. Lakukan pelumasan pada power screw secara berkala.
3. Periksa kondisi kabel dari keadaan terkelupas dan tidak tersambung agar terhindar dari sengatan listrik.
4. Periksa kondisi selang, regulator dan tabung gas. Bila terjadi kebocoran segera ganti dengan yang baru.
5. Bila tidak digunakan dalam waktu lama, pisahkan tabung gas dari mesin.

Lampiran 1a. Tabel Konversi Satuan

TABLE. 1 Conversion Factors	
Area	
1 mm ² = 1.0 × 10 ⁻⁶ m ²	1 ft ² = 144 in. ²
1 cm ² = 1.0 × 10 ⁻⁴ m ² = 0.1550 in. ²	1 in. ² = 6.4516 cm ² = 6.4516 × 10 ⁻⁴ m ²
1 m ² = 10.7639 ft ²	1 ft ² = 0.092 903 m ²
Conductivity	
1 W/m-K = 1 J/s-m-K = 0.577 789 Btu/h-ft-R	1 Btu/h-ft-R = 1.730 735 W/m-K
Density	
1 kg/m ³ = 0.06242797 lbm/ft ³	1 lbm/ft ³ = 16.018 46 kg/m ³
1 g/cm ³ = 1000 kg/m ³	
1 g/cm ³ = 1 kg/L	
Energy	
1 J = 1 N-m = 1 kg-m ² /s ²	
1 J = 0.737 562 lbf-ft	1 lbf-ft = 1.355 818 J
1 cal (int.) = 4.1868 J	= 1.28507 × 10 ⁻³ Btu
	1 Btu (int.) = 1.055 056 kJ
1 erg = 1.0 × 10 ⁻⁷ J	= 778.1693 lbf-ft
1 eV = 1.602 177 33 × 10 ⁻¹⁹ J	
Force	
1 N = 0.224809 lbf	1 lbf = 4.448 222 N
1 kp = 9.80665 N (1 kgf)	
Gravitation	
g = 9.80665 m/s ²	g = 32.17405 ft/s ²
Heat capacity, specific entropy	
1 kJ/kg-K = 0.238 846 Btu/lbm-R	1 Btu/lbm-R = 4.1868 kJ/kg-K
Heat flux (per unit area)	
1 W/m ² = 0.316 998 Btu/h-ft ²	1 Btu/h-ft ² = 3.15459 W/m ²
Heat transfer coefficient	
1 W/m ² -K = 0.176 11 Btu/h-ft ² -R	1 Btu/h-ft ² -R = 5.67826 W/m ² -K
Length	
1 mm = 0.001 m = 0.1 cm	1 ft = 12 in.
1 cm = 0.01 m = 10 mm = 0.3970 in.	1 in. = 2.54 cm = 0.0254 m
1 m = 3.28084 ft = 39.370 in.	1 ft = 0.3048 m
1 km = 0.621 371 mi	1 mi = 1.609344 km
1 mi = 1609.3 m (US statute)	1 yd = 0.9144 m

Lampiran 1b. Tabel Konversi Satuan(lanjutan)

TABLE (Continued) Conversion Factors	
Specific kinetic energy (V^2)	
$1 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0.001 \text{ kJ/kg}$	$1 \text{ ft}^2/\text{s}^2 = 3.9941 \times 10^{-5} \text{ Btu/lbm}$
$1 \text{ kJ/kg} = 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$	$1 \text{ Btu/lbm} = 25037 \text{ ft}^2/\text{s}^2$
Specific potential energy (Zg)	
$1 \text{ m} \cdot g_{std} = 9.80665 \times 10^{-3} \text{ kJ/kg}$	$1 \text{ ft} \cdot g_{std} = 1.0 \text{ lbf-ft/lbm}$
$= 4.21607 \times 10^{-3} \text{ Btu/lbm}$	$= 0.001285 \text{ Btu/lbm}$
	$= 0.002989 \text{ kJ/kg}$
Specific volume	
$1 \text{ cm}^3/\text{g} = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$	
$1 \text{ cm}^3/\text{g} = 1 \text{ L/kg}$	
$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 16.01846 \text{ ft}^3/\text{lbm}$	$1 \text{ ft}^3/\text{lbm} = 0.062428 \text{ m}^3/\text{kg}$
Temperature	
$1 \text{ K} = 1^\circ\text{C} = 1.8 \text{ R} = 1.8 \text{ F}$	$1 \text{ R} = (5/9) \text{ K}$
$\text{TC} = \text{TK} - 273.15$	$\text{TF} = \text{TR} - 459.67$
$= (\text{TF} - 32)/1.8$	$= 1.8 \text{ TC} + 32$
$\text{TK} = \text{TR}/1.8$	$\text{TR} = 1.8 \text{ TK}$
Universal Gas Constant	
$R = N_0 k = 8.31451 \text{ kJ/kmol-K}$	$R = 1.98589 \text{ Btu/lbmol-R}$
$= 1.98589 \text{ kcal/kmol-K}$	$= 1545.36 \text{ lbf-ft/lbmol-R}$
$= 82.0578 \text{ atm-L/kmol-K}$	$= 0.73024 \text{ atm-ft}^3/\text{lbmol-R}$
	$= 10.7317 (\text{lbf/in.}^2)\text{-ft}^3/\text{lbmol-R}$
Velocity	
$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$	$1 \text{ ft/s} = 0.681818 \text{ mi/h}$
$= 3.28084 \text{ ft/s}$	$= 0.3048 \text{ m/s}$
$= 2.23694 \text{ mi/h}$	$= 1.09728 \text{ km/h}$
$1 \text{ km/h} = 0.27778 \text{ m/s}$	$1 \text{ mi/h} = 1.46667 \text{ ft/s}$
$= 0.91134 \text{ ft/s}$	$= 0.44704 \text{ m/s}$
$= 0.62137 \text{ mi/h}$	$= 1.609344 \text{ km/h}$
Volume	
$1 \text{ m}^3 = 35.3147 \text{ ft}^3$	$1 \text{ ft}^3 = 2.831685 \times 10^{-2} \text{ m}^3$
$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 0.001 \text{ m}^3$	$1 \text{ in.}^3 = 1.6387 \times 10^{-5} \text{ m}^3$
$1 \text{ Gal (US)} = 3.785412 \text{ L}$	$1 \text{ Gal (UK)} = 4.546090 \text{ L}$
$= 3.785412 \times 10^{-3} \text{ m}^3$	$1 \text{ Gal (US)} = 231.00 \text{ in.}^3$

Lampiran 1c. Tabel Konversi Satuan(lanjutan)

TABLE (Continued) Conversion Factors	
Mass	
1 kg = 2.204 623 lbm	1 lbm = 0.453 592 kg
1 tonne = 1000 kg	1 slug = 14.5939 kg
1 grain = 6.47989×10^{-5} kg	1 ton = 2000 lbm
Moment (torque)	
1 N-m = 0.737 562 lbf-ft	1 lbf-ft = 1.355 818 N-m
Momentum (mV)	
1 kg-m/s = 7.232 94 lbm-ft/s = 0.224809 lbf-s	1 lbm-ft/s = 0.138 256 kg-m/s
Power	
1 W = 1 J/s = 1 N-m/s	1 lbf-ft/s = 1.355 818 W
	= 0.737 562 lbf-ft/s
1 kW = 3412.14 Btu/h	1 Btu/s = 1.055 056 kW
1 hp (metric) = 0.735 499 kW	1 hp (UK) = 0.7457 kW
	= 550 lbf-ft/s
	= 2544.43 Btu/h
1 ton of refrigeration = 3.516 85 kW	1 ton of refrigeration = 12 000 Btu/h
Pressure	
1 Pa = 1 N/m ² = 1 kg/m-s ²	1 lbf/in. ² = 6.894 757 kPa
1 bar = 1.0×10^5 Pa = 100 kPa	
1 atm = 101.325 kPa	1 atm = 14.695 94 lbf/in. ²
	= 1.01325 bar
	= 760 mm Hg [0°C]
	= 10.332 56 m H ₂ O [4°C]
1 torr = 1 mm Hg [0°C]	1 Pa = 0.000 6895 bar
1 mm Hg [0°C] = 0.133 322 kPa	1 in. Hg [0°C] = 0.49115 lbf/in. ²
1 m H ₂ O [4°C] = 9.806 38 kPa	1 in. H ₂ O [4°C] = 0.036126 lbf/in. ²
Specific energy	
1 kJ/kg = 0.42992 Btu/lbm	1 Btu/lbm = 2.326 kJ/kg
	= 334.55 lbf-ft/lbm
	1 lbf-ft/lbm = 2.98907×10^{-3} kJ/kg
	= 1.28507×10^{-3} Btu/lbm

Lampiran 2. Safety Factor

1	N = 1,25 – 1,5 for exceptionally reliable materials used under controllable conditions and subjected to loads and stresses that can be determined with certainty. Used almost invariably where low weight is a particularly important consideration.
2	N = 1,5 – 2 for well-known materials, under reasonably constant environmental conditions, subjected to loads and stresses that can be determined readily.
3	N = 2 – 2,5 for average materials operated in ordinary environments and subjected to loads and stresses that can be determined.
4	N = 2,5 – 3 for less tried or for brittle materials under average conditions of environment, load, stress.
5	N = 3 – 4 for untried materials used under average conditions of environment, load, and stress.
6	N = 3 – 4 should also be used with better known materials that are to be used in uncertain environments or subjected to uncertain stresses.
7	Repeated loads : the factors established in items 1 to 6 are acceptable but must be applied to the endurance limit rather than the yield strength of the materials.
8	Impact forces : the factors given in items 3 to 6 are acceptable, but an impact factor should be included.
9	Brittle materials : where the ultimate strength is used as the theoretical maximum. The factors presented in items 1 to 6 should be approximately doubled.
10	Where higher factors might appear desirable, a more thorough analysis of the problem should be undertaken before deciding upon their use.

Lampiran 3. Tabel Kekuatan Material

Mechanical Properties of Materials -- Comparison						
Material	Density	Modulus	Yield	Ultimate	Specific Yield	Specific Stiffness
Glass	2.6	70	70	70	26.9	26.9
Aluminum, Alloy 1100-H14	2.7	69	110	120	40.7	25.6
Steel, High Strength, low range	7.85	200	340	550	43.3	25.5
Magnesium, low	1.8	43	80	140	44.4	23.9
Steel, hot rolled, 1% C	7.85	200	580	960	73.9	25.5
Glass, Phys Tempered	2.6	70	210	210	80.8	26.9
Steel, High Strength, high range	7.85	200	1000	1200	127.4	25.5
Aluminum, Alloy 2014-T6	2.7	72	410	500	151.9	26.7
Magnesium, high	1.8	43	280	340	155.6	23.9
Titanium, low	4.5	110	760	900	168.9	24.4
Glass, Chem. Tempered	2.6	70	500	500	192.3	26.9
Titanium, high	4.5	110	1000	1200	222.2	24.4
Glass, Fibers	2.6	70	4000	4000	1538.5	26.9

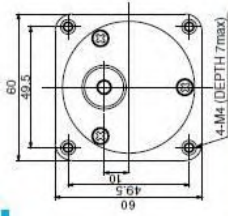
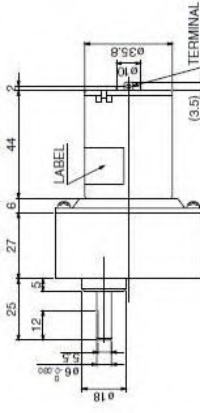
Lampiran 4. *Tabel Ukuran Dasar Ulir Segi Empat*

Square Treads			Modified Square Treads	Square Treads			Modified Square Treads
Nominal dia, in.	Treads per inch	Minor Dia, in	Thickness of the Tread at the Rott*, in	Nominal dia, in.	Treads per inch	Minor Dia, in	Thickness of the Tread at the Rott*, in
1/4.	10	0.163	0.0544	1/4.	3	1.208	0.1812
2/8.	8	0.266	0.0680	2	2.25	1.612	0.2416
1/2.	6,5	0.366	0.0837	2.5	2	2.063	0.2718
3/4.	5	0.575	0.1087	3	1.75	2.500	0.3160
1	4	0.781	0.1357	4	1.5	3.418	0.3624

Lampiran 5. Spesifikasi Motor DC



BE
TG-85B
TG-85C
TG-85E



Allowable torque-speed characteristics

MODEL	GEAR RATIO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
TG-85E-BE (12V)	SPEED (r/min)	5	10	12.5	15	18	25	30	50	75	100	150	200	300	500	750	1000	1	1	1	1	1	1	1
	TORQUE (mN·m)	926	448	354	295	247	185	148	80.7	59.6	44.5	30.3	23.7	16.1	10	6.8	5.1	10	10	10	10	10	10	10
	TORQUE (kg·cm)	30.2	88.2	117.6	127.4	147	196	245	392	539	735	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990
TG-85C-BE (24V)	SPEED (r/min)	922	447	354	294	247	185	148	80.5	59.6	44.4	30.2	23.5	16	9.9	6.7	5.1	10	10	10	10	10	10	10
	TORQUE (mN·m)	30.2	88.2	117.6	127.4	147	196	245	392	539	735	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990
	TORQUE (kg·cm)	0.1	0.9	1.9	1.3	1.5	2	2.5	4	5.5	7.5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
TG-85E-BE (24V)	SPEED (r/min)	1521	647	510	425	356	267	214	129	85.6	64.1	43.3	33.3	22.4	13.8	9.3	7	10	10	10	10	10	10	10
	TORQUE (mN·m)	30.2	88.2	117.6	127.4	147	196	245	392	539	735	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990
	TORQUE (kg·cm)	0.4	0.9	1.2	1.3	1.5	2	2.5	4	5.5	7.5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

GEAR RATIO	STAGE	TORQUE WEIGHT (g)
13-1/12.5	2	10 255
1/15-1/160	3	10 270
1/15-1/250	4	10 285
1/300-1/1000	5	10 300

BE

Lampiran 6. Dokumentasi



Lampiran 6. Dokumentasi (lanjutan)



Lampiran 6. Dokumentasi (lanjutan)



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pendekatan perhitungan dan perencanaan pada “*Rancang Bangun Mesin Pemotong Botol Kaca Silinder Posisi Horizontal untuk Hiasan*” ini diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Untuk proses pemotong botol kaca dibutuhkan gaya pemotongan sebesar 4,2 kgf. Daya motor yang didapatkan dari pendekatan perhitungan sebesar 3,07 W, sehingga motor yang digunakan adalah motor DC dengan daya 6 W dengan putaran 35 rpm.
2. Mata potong digerakkan melalui power screw yang direncanakan digerakkan oleh motor dengan daya yang didapatkan dari pendekatan perhitungan sebesar 3,3 W, sehingga motor yang digunakan adalah motor DC dengan daya 6 W dengan putaran 100 rpm.
3. Material power screw direncanakan menggunakan ulir jenis square treads dengan kekuatan tarik minimum 6,07 kgf/ mm².
4. Pegas yang digunakan memiliki dimensi diameter kawat minimum sebesar 0,8 mm sehingga digunakan pegas dengan diameter 1 mm. Untuk diameter minimum gulungan pegas adalah 4 mm, maka digunakan pegas dengan diameter gulungan 6 mm.

5. Setelah dilakukan percobaan menggunakan tiga botol yang sama dengan diameter luar 85 mm diperoleh waktu proses selama 103,5 detik untuk memotong satu botol dengan pemanas sehingga selama satu jam 34 botol dapat terpotong dan untuk memotong botol berdiameter 50 mm dengan pemanas diperoleh waktu proses selama 97 detik sehingga selama satu jam 37 botol dapat terpotong. Jika tanpa pemanas diperoleh waktu proses selama 648 detik untuk memotong satu botol berdiameter 85 mm sehingga selama satu jam 5 botol dapat terpotong dan 636 detik untuk memotong botol berdiameter 50 mm sehingga selama satu jam 5 botol dapat terpotong .

5.2 Saran

1. Sebaiknya digunakan jig&fixture yang bersifat adjustable sehingga botol dengan diameter mulut botol yang lebih besar dapat dipotong juga.
2. Sebaiknya dilakukan proses pengamplasan pada permukaan botol kaca yang telah dipotong guna menghilangkan permukaan yang masih tajam.

DAFTAR PUSTAKA

- Prof. Richard Lehman. 2014. *The Mechanical Properties of Glass*. New Jersey: Rutgers University, USA
- Kalpakjian, Schmid, 2009. *Manufacturing Engineering And Technology*, Sixth Edition, Addison Wesley.
- Suhariyanto,S. 2011 *Elemen Mesin II*. Surabaya:Diktat-ITS
- Sularso,Kiyokatsu Suga. 1994. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Cetakan ke 10.PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Limbachiya,M.C&Roberts,J.J.(2004).*Glass Waste*. London: Thomas Telford
- McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Engineering. © 2002 by The McGraw-Hill Companies, Inc. Rusia: McGraw-Hill Companies
- www.ebottles.com/articles/GlassHistory.htm *History of glass bottles* diakses pada 25 01 2016 (14:30)
- www.slideplayer.com/slide/5960060/ diakses pada 28 03 2016 (08:05)
- www3.nd.edu/~manufact/MPEM_pdf_files/Ch08.pdf diakses pada 02 04 2016 (10:45)
- www.slideshare.net/nakulrtm/cutting-speed-feedanddoc?next_slideshow=1 diakses pada 17 04 2016 (20:30)
- www.slideshare.net/gauravgunjan24/theory-ofmetalcutting diakses pada 12 05 2016 (09:36)
- lancet.mit.edu/motors/motors3.html diakses pada 15 05 2016 (17:15)
- www.jegjog.com/wp-content/upload/2014/bottle-cutter diakses pada 21 05 2016 (19:25)
- teknik-mesin1.blogspot.co.id/2011/11/perancangan-pegas-ulir-helical-spring.html diakses pada 03 06 2016 (07:20)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Desky Ardian Pratama, dilahirkan dari keluarga sederhana di Surabaya, 30 Desember 1995, merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Saiful Azahar dan Ibu Kusdariyani, Yang beralamat Jln.Manukan Sari IX 3C/30, Surabaya. Pendidikan formal pertama adalah SDN MANUKAN KULON V/542 SURABAYA, SMPN 26 SURABAYA, dan SMAN 11 SURABAYA, kemudian penulis lulus dan diterima di Jurusan D3 Teknik Mesin Produksi Kerjasama ITS-DISNAKERTRANSDUK Prov. Jawa Timur dengan Nomor Registrasi Pokok (NRP) 2113039006.

Selama masa perkuliahan penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan dan organisasi seperti menjadi staf Divisi Riset dan Teknologi FORKOM M3NER-ITS periode 2015-2016, ESQ Basic Training pada tahun 2013, Pembinaan FMD (Fisik, Mental, dan Disiplin) oleh Marinir di Puslatpur Purboyo pada tahun 2013, GERIGI (Generasi Integralistik) ITS pada tahun 2013.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Vian Rafsanjani lahir di Malang, 29 Juli 1995 merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Muhammad Iqbal dan Ibu Muslihah yang beralamat di Jalan Abu Bakar No. 2 Turus, Kecamatan Pandaan, Kabupaten Pasuruan. Pendidikan formal pertama adalah SDN Kutorejo 2 Pandaan, SMPN 1 Pandaan, dan SMAN 10 Malang. Setelah lulus, penulis diterima di Jurusan Teknik Mesin Program Studi D3 Teknik Mesin Produksi Kerjasama ITS-DISNAKERTRANSDUK Prov. Jawa Timur dengan Nomor Registrasi Pokok (NRP) 2113039024.

Selama masa perkuliahan penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan dan organisasi seperti menjadi Ketua Divisi Riset dan Teknologi FORKOM M3NER-ITS periode 2015-2016, ESQ Basic Training pada tahun 2013, Pembinaan FMD (Fisik, Mental, dan Disiplin) oleh Marinir di Puslatpur Purboyo pada tahun 2013, GERIGI (Generasi Integralistik) ITS pada tahun 2013.