

PERANCANGAN MESIN PEMBUKA KALENG *AEROSOL* UNTUK KATEGORI LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (B3)

Agri Suwandi^{1*}, Azid Rizqi Al Afghani², Dede Lia Zariatini³, Rosidi⁴

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

Srengseng Sawah, Jagakarsa 12640

^{2,3} Program Studi Diploma Tiga Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

Srengseng Sawah, Jagakarsa 12640

⁴ Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Depok Jawa Barat 16425

*agrisuwandi@univpancasila.ac.id

Diterima: 15 Mei 2021

Direvisi: 17 Juni 2021

Disetujui: 19 Juli 2021

ABSTRAK

Limbah adalah sisa produksi skala industri dan rumah tangga. Salah satu contoh limbah adalah limbah bahan berbahaya dan beracun. Limbah ini adalah sisa dari usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang sifatnya, konsentrasinya, dan jumlahnya dapat mencemarkan lingkungan hidup serta makhluk hidup lain, kaleng aerosol termasuk ke dalam kategori limbah B3 ini. Kaleng *aerosol* jika dibuang begitu saja dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan, sehingga dibutuhkan teknik pengelolaan khusus untuk mengatasinya. Salah satu solusi penanganan limbah kaleng *aerosol* adalah membuat teknologi atau mesin yang dapat membuka kaleng tersebut agar aman untuk dimanfaatkan kembali. Metode perancangan yang digunakan adalah metode Pahl & Beitz dalam melakukan perancangan mesin pembuka kaleng limbah bahan berbahaya dan beracun. Tahap awal merancang adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada, kemudian melakukan pengembangan dan merencanakan beberapa konsep sampai terpilih satu konsep yang tepat dan sesuai kebutuhan. Berdasarkan hasil perancangan dan perhitungan, spesifikasi mesin ini menggunakan motor listrik 1,5 HP dengan kecepatan putar 1000 RPM yang telah direduksi oleh gearbox 1:20 untuk menggerakkan batang engkol yang mendorong kaleng *aerosol* tersebut ke arah pisau pemotong untuk membuka bagian atas dan bawah kaleng, sehingga dapat dimanfaatkan kembali.

Kata kunci: Perancangan, kaleng, *aerosol*, limbah, B3.

ABSTRACT

Waste is a product of industrial and domestic production. An example of waste is dangerous and toxic waste. This waste is the residue of a business or activity containing hazardous and poisonous materials whose nature, concentration, and quantity can pollute the environment and other living things; aerosol cans included in this category of B3 waste. If discarded, aerosols may pollute the environment; therefore, special techniques for eliminated. A solution to handle aerosols is to create a technology or machines that can open the boxes to be safe for reuse. The design method used is the Pahl & Beitz method in designing a can opener for hazardous and toxic waste. The initial design step is to identify existing problems and then develop and plan several concepts until a suitable design is selected and as required. Based on the design and calculation results, this machine specification uses a 1.5 HP electric motor with a rotating speed of 1000 RPM, which a 1:20 gearbox has foreshortened to move the crank rod that pushes the aerosol can towards the cutting knife to open the top and bottom of the can. To be able to reuse it.

Keywords: Design, cans, aerosols, waste, B3.

PENDAHULUAN

Merambah era industri yang kian maju, maka semakin berkembang juga proses produksi suatu perusahaan. Perkembangan dunia industri ini juga berpengaruh positif terhadap pemuasan kebutuhan manusia, tetapi juga memberikan pengaruh negatif untuk lingkungan jika tidak diatasi dengan pengolahan limbah industri yang memadai. Secara umum pengertian dari limbah dapat disimpulkan sebagai bahan bekas produksi yang sudah tidak mempunyai nilai guna, sehingga tidak lagi terpakai. Limbah sering disebut juga sebagai sampah industri, ada juga yang menyebutnya sisa hasil pabrik (Putra, Setyowati and Apriyanto, 2019)

Limbah B3 adalah sisa dari usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang sifat atau konsentrasi dan jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan lingkungan hidup, dan dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta makhluk hidup lain (Marliani, 2015)

Salah satu contoh limbah bahan berbahaya dan beracun adalah kaleng aerosol. Kaleng aerosol ini biasa kita jumpai dalam kehidupan kita sehari-hari. Beberapa contoh kaleng ini antara lain kemasan kaleng obat nyamuk, parfum semprot, cat semprot, krim pencukur, deodoran, dan masih banyak yang lainnya (Icthiakhiri and Sudarmaji, 2015)

Limbah B3

Limbah atau sampah adalah bahan sisa yang dihasilkan dari sebuah proses produksi, apapun bentuk produksinya. Mulai dari skala kecil, seperti rumah tangga, hingga skala besar seperti pabrik industri. Limbah memiliki bentuk yang beragam, mulai dari limbah cair hingga limbah padat. Limbah menjadi bahan buangan yang keberadaannya tidak dikehendaki ada di lingkungan tinggal manusia. Sebab, limbah dinilai tidak memiliki manfaat apapun, baik secara ekonomis, kesehatan, maupun secara visual. Salah satu contoh dari limbah adalah limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

Limbah yang digolongkan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) bila mengandung bahan berbahaya atau beracun yang sifat dan konsentrasinya, baik langsung maupun tidak langsung dapat merusak, mencemarkan lingkungan hidup, dan juga dapat membahayakan kesehatan manusia. Contoh

limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) antara lain adalah bahan baku dengan karakteristik seperti berikut: mudah terbakar, mudah menyala, bersifat reaktif, mudah teroksidasi, dan lain-lain ketika hasil laboratorium dapat disimpulkan termasuk ke dalam kategori B3 (Marliani, 2015)

B3 adalah akronim dari bahan berbahaya dan beracun. Oleh karena itu, pengertian limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dapat diartikan sebagai suatu buangan atau limbah yang sifat dan konsentrasinya mengandung beberapa zat beracun dan berbahaya yang secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak lingkungan, mengganggu kesehatan, dan mengancam kelangsungan hidup manusia serta organisme lainnya. Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) ini dapat dihasilkan dari kegiatan domestik rumah tangga. Contoh limbah domestik yaitu kaleng bekas semprotan serangga, kaleng bekas sarden atau botol minuman kaleng, sisa cairan pembilas pakaian, desinfektan portable, sisa pewarna makanan, pennis, wadah deodoran, wadah cairan pemoles kendaraan, ataupun sisa barang elektronik (Pertiwi, Joko and Dangiran, 2017).

Sifat-sifat dari limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) antara lain adalah (Utami and Syafrudin, 2018) : mudah meledak (*explosive*), pengoksidasi (*oxidizing*), mudah menyala (*flammable*), beracun (*toxic*), berbahaya (*harmful*), korosif (*corrosive*), dan iritasi (*irritant*).

Jenis-Jenis Limbah B3

Jenis-jenis limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) menurut sumbernya dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu (Nugroho, 2013):

1. Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dari Sumber Spesifik

Segala macam limbah berbahaya yang berasal dari kegiatan utama industri dapat dikategorikan sebagai jenis limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dari sumber spesifik.

2. Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dari Sumber tidak Spesifik

Sama halnya dengan limbah B3 dari sumber spesifik, limbah jenis ini juga berasal dari aktivitas industri. Bedanya, limbah jenis ini bukan berasal dari kegiatan utama industri melainkan dari kegiatan selanjutnya seperti kegiatan

pemeliharaan alat, pencucian, pengemasan, pelarutan kerak dan kegiatan pemeliharaan lainnya.

3. Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang Sudah Kadaluwarsa, Tumpah dan Bekas Kemasan.

Berdasarkan kajian dari Setiyono (Setiyono, 2018), limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) juga memiliki masa kadaluwarsa dan tidak kalah berbahaya.

Kaleng Aerosol

Salah satu contoh dari limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) adalah kaleng aerosol. Membuang langsung kaleng aerosol begitu saja ke lingkungan sekitar memiliki dampak yang buruk bagi lingkungan. Gas yang biasa dijumpai pada kaleng aerosol yaitu propana, isobutana, butana, dan freon memiliki peran yang sangat besar bagi pengurangan lapisan ozon bumi (Zuraida *et al.*, 2012; Prasetyo, 2014; Kholil and Prasetyo, 2017). Bahan-bahan tersebut biasanya juga dapat digunakan untuk mengemas produk seperti produk insektisida, cat semprot, pernis, cairan pembersih, *antiseptic*, *hair spray*, deodoran, dan lain-lain. Selama kaleng berada di penimbunan, kaleng tersebut dapat mengeluarkan gas berbahaya tersebut ke atmosfer bumi (O'Brien, Klapperick and Bell, 1995). Pada umumnya, kaleng tersebut terbuat dari bahan aluminium, tin plate dan kadang kaleng tersebut dilapisi dengan pelat timah, seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Beberapa jenis kaleng aerosol

Kaleng aerosol memiliki beberapa komponen antara lain (Zuraida *et al.*, 2012; Prasetyo, 2014; Kholil and Prasetyo, 2017):

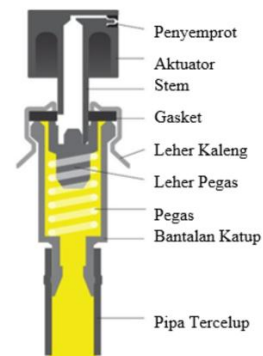
1. **Wadah.** Banyak material yang bisa digunakan dalam proses pembuatan wadah aerosol seperti logam, aluminium dan baja tidak mudah berkarat (stainless steel), tinplate, juga plastik.

2. **Propelan.** Propelan adalah zat yang menghasilkan beban yang dibutuhkan untuk mendorong bahan atau kandungan dari wadah dengan komponen lain yang mengubah bahan ke bentuk fisik yang diinginkan. Contoh gas yang digunakan seperti etana dan butana.

3. **Kosentrat.** Kosentrat memerlukan pelarut pembantu untuk memperbaiki kelarutan zat aktif atau formulasi dalam propelan, contohnya alkohol murni.

4. **Katup Terpasang.** Kegunaan dari katup terpasang yaitu melepaskan isi dari tabung dalam wujud yang diinginkan dan dengan kecepatan yang diinginkan dengan menerapkan katup berbagai ukuran, dalam kuantitas yang tepat. Diantara bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan katup contohnya adalah plastik, karet, aluminium, dan baja tidak mudah berkarat.

Adapun bagian katup terpasang umumnya mencakup segmen-segmen seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Bagian katup kaleng aerosol (O'Brien, Klapperick and Bell, 1995)

Aktuator merupakan komponen yang ditekan pelanggan untuk memobilisasi katup yang mengeluarkan produk dari wadah. Tangkai berfungsi untuk menyokong aktuator dan pemancaran produk dalam bentuk yang tepat ke ruang aktuator (Kholil and Prasetyo, 2017). Pengikat ditempatkan secara tepat terhadap tangkai, yang berfungsi untuk mencegah terjadi kebocoran zat di dalam kaleng. Pegas adalah mekanisme yang menarik kembali aktuator ketika penekanan telah selesai dilepaskan, lalu pegas tersebut memulihkan katup ke letak semula (Prasetyo, 2014). Lengkungan bantalan melekat di tabung aerosol atau wadah, berfungsi memegang katup. Karena segmen bawah lengkung bantalan ini tersentuh

formula, maka ia harus memperoleh perhitungan atau pertimbangan yang sama dengan area dalam wadah, agar kriteria ketercampuran dipenuhi (Zuraida *et al.*, 2012). Umumnya dilapisi menggunakan material seperti resin atau vinyl untuk meminimalisir pencampuran yang tidak diinginkan. *Body* terletak langsung di bawah lengkung bantalan yang memiliki fungsi menghubungkan pipa dengan tangkai dan aktuator. Bersamaan dengan tangkai, lubangnya juga membantu menyimpulkan kecepatan pelepasan hasil yang dikeluarkan. Pipa tercelup (*Dip tube*) terletak secara memanjang dari badan, turun menuju kedalam produk, berfungsi untuk membawa produk dalam kemasan dari wadah menuju katup. Aktuator merupakan komponen yang ditekan pelanggan untuk memobilisasi katup yang mengeluarkan produk dari wadah.

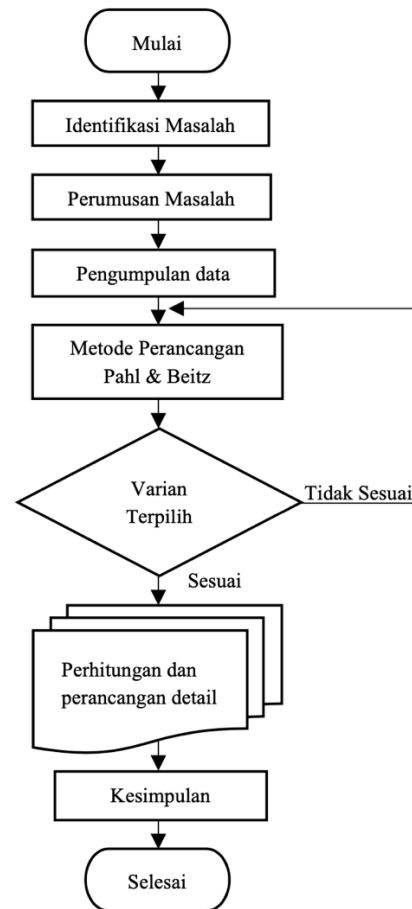
Penelitian ini merupakan bagian dari roadmap penelitian pengembangan teknologi tepat guna untuk mengatasi sampah atau limbah. Tulisan ini membahas tentang perancangan mesin mesin pembuka kaleng *aerosol* untuk kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dengan tujuan untuk mendapatkan rancangan dan spesifikasi mesin yang sesuai dengan fungsi dan kebutuhan. Metode pemotongan kaleng dengan menggunakan mesin otomatis merupakan kebaruan dalam penelitian yang dilakukan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 3. Untuk mendapatkan hasil rancangan yang optimal dan sesuai dengan kebutuhan, maka digunakan metode perancangan agar lebih terarah dan terukur. Adapun metode perancangan dan pengembangan produk yang digunakan adalah metode Pahl & Beitz.

Tahap pertama dalam perancangan dan pengembangan produk adalah melakukan identifikasi terhadap masalah yang kan diselesaikan atau dicarikan solusinya. Berdasarkan metode perancangan Pahl & Beitz (Pahl *et al.*, 2013) untuk dapat memenuhi konsep desain, terdapat daftar persyaratan yang terdiri dari beberapa aspek perancangan. Adapun penilaian aspek tersebut terdiri dari suatu hal yang wajib dipenuhi (*demand*) ataupun masih sebatas keinginan (*wishes*) yang rangkumannya dapat dilihat pada tabel 1 . Sebelumnya dibuat dan disebarakan kuesioner

kepada pelanggan atau pengguna atau pelaku pengolah limbah kaleng jenis aerosol.



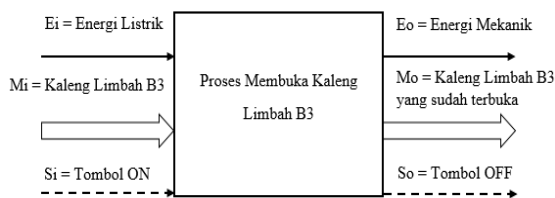
Gambar 3. Metode penelitian

Tabel 1. Kuisisioner *wish and demand*

No	Aspek Perancangan	Persyaratan	Tingkat Kebutuhan
1	Ergonomi	Kenyamanan dalam pengoperasiannya	W
		Mudah dalam pengoperasiannya	D
2	Material	Material tahan terhadap korosi	D
		Mudah didapatkan dipasaran	D
3	Energi	Daya motor listrik yang digunakan Memadai untuk beroperasi	D
4	Gaya	Gaya pendorong kaleng memadai	D
		Gaya putar mata pisau memadai	D
5	Geometri	Tampilan mesin yang sederhana	D
		Dimensi keseluruhan mesin tidak terlalu besar	W
6	Aplikasi	Mesin bersifat ramah lingkungan	D
		Pemakaian mesin dalam jangka waktu yang lama	W
7	Keamanan	Mesin aman ketika dioperasikan	D
8	Sinyal	Sinyal untuk memutar mata pisau	D
9	Perawatan	Perawatan mudah	D
		Biaya perawatan terjangkau	D
10	Perakitan	Proses perakitan yang mudah	D

Setelah dibuat struktur fungsi keseluruhan beserta sub fungsinya, maka selanjutnya dicari prinsip-prinsip solusi untuk memenuhi sub fungsi tersebut. Metode yang akan digunakan dalam mencari prinsip solusi adalah metode kombinasi, yaitu metode yang mengkombinasikan semua solusi yang ada dalam bentuk matriks (Libyawati, Suwandi and Agustian, 2017; Pamungkas *et al.*, 2019; Suwandi and Budiawan, 2019).

Struktur fungsi adalah masukan dan keluaran suatu sistem teknik untuk menjalankan tugas tertentu. Struktur fungsi mesin pembuka kaleng limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) ini terdiri dari 2 unsur, yaitu fungsi keseluruhan dan sub fungsi keseluruhan seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Fungsi keseluruhan


















Mekanisme yang terjadi pada mesin pembuka limbah kaleng bahan berbahaya dan beracun (B3) yaitu dimulai dari motor yang kemudian meneruskan daya gerak ke *gearbox*, dan selanjutnya diterima oleh komponen *puli*, dimana *puli* ini membuat gerak translasi secara horizontal pada batang engkol dan diterima oleh penahan bermagnet. Kemudian kaleng yang terjatuh dari corong masuk akan tertahan oleh penahan bermagnet, yang kemudian diteruskan untuk dilakukan proses pembukaan bagian atas dan bawah kaleng aerosol yang dilakukan oleh mata pisau.

Prinsip solusi diusahakan sebanyak mungkin, akan tetapi prinsip-prinsip solusi tersebut dianalisis lagi, dimana prinsip solusi yang kurang bermanfaat dapat dihilangkan atau diabaikan dengan tujuan agar dalam tahap perancangan konsep selanjutnya tidak terlalu banyak konsep yang harus dievaluasi kembali (Pamungkas *et al.*, 2019; Suwandi and Budiawan, 2019).

Setelah membuat tabel prinsip solusi (lihat tabel 2), maka tahap selanjutnya adalah pembuatan konsep varian, terdapat 3 varian konsep yang akan dibuat dan hanya 1 varian yang terpilih. Untuk itu, dibuatlah kuisioner 3

varian konsep untuk menentukan varian mana yang akan terpilih.

Tabel 2. Prinsip solusi

No.	Sub-Fungsi	Solusi		
		1	2	3
1	Profil Rangka	 Siku	 Kotak Berongga	
2	Pendorong Benda Kerja (Batang Engkol)	 Silinder Pejal	 Persegi Panjang	
3	Pegangan Batang Engkol	 Tipe 1	 Tipe 2	
4	Pegangan Pemotong	 Tipe 1	 Tipe 2	 Tipe 3
5	Sumber Penggerak Pemotong	 Berjumlah Satu	 Berjumlah Dua	
6	Penahan Kaleng	 Tipe 1	 Tipe 2	 Tipe 3
7	Corong Masuk	 Tipe 1	 Tipe 2	 Tipe 3

Keterangan garis tabel:



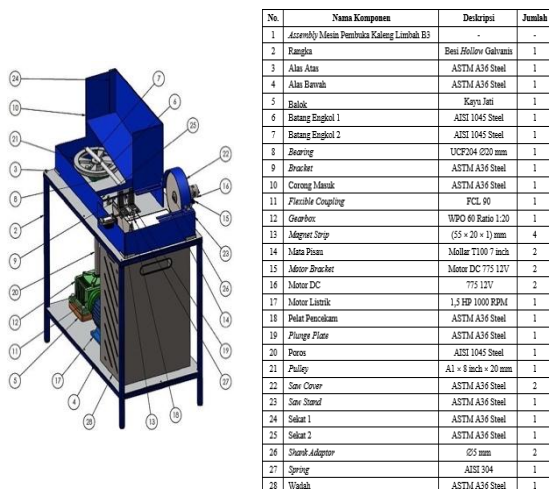
Dari hasil kombinasi tabel prinsip solusi dihasilkan kombinasi sebagai berikut :
 Varian 1 : 1.1 – 2.1 – 3.1 – 4.1 – 5.1 – 6.1 – 7.1
 Varian 2 : 1.2 – 2.2 – 3.2 – 4.2 – 5.1 – 6.2 – 7.2
 Varian 3 : 1.2 – 2.2 – 3.2 – 4.3 – 5.2 – 6.3 – 7.3

Selanjutnya, data kuisioner kemudian dievaluasi dan dibagi nilai-nilainya berdasarkan masing-masing varian konsep dan kriteria evaluasi yang totalnya berjumlah 10 kriteria evaluasi. Terdapat parameter kriteria untuk mengetahui atau mengukur bahwa mesin tersebut dapat memenuhi kriteria atau tidak. Kemudian setelah dilakukan pembobotan didapatkan hasil 3,00 untuk varian 1, kemudian 3,46 untuk varian 2, serta 4,19 untuk varian 3. Berdasarkan pembobotan varian tersebut, maka dihasilkan nilai varian yang terbesar yaitu varian 3 dengan nilai 4,19 seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Pembobotan varian

No.	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Satuan	Varian 1			Varian 2			Varian 3		
					H	M	BM	H	M	BM	H	M	BM
1	Kemudahan Operasi	0,1	Mesin dapat dioperasikan dengan mudah	-	Cukup Baik	3	0,3	Baik	3	0,3	Baik	4	0,4
2	Kemamanan	0,1	Amat untuk dioperasikan	-	Cukup Baik	3	0,3	Baik	4	0,4	Baik	4	0,4
3	Perawatan Mudah	0,1	Komponen mesin mudah dibersihkan	-	Cukup Baik	3	0,3	Baik	3	0,3	Baik	4	0,4
4	Kesalahan Rangka	0,1	Rangka tidak mudah korosi	-	Cukup Baik	3	0,3	Baik	3	0,3	Baik	5	0,5
5	Ketersediaan Komponen	0,09	Komponen mudah didapatkan	-	Cukup Baik	3	0,27	Baik	4	0,36	Baik	5	0,45
6	Mekanisme Seelertama	0,06	Cara kerja mesin mudah dipahami	-	Cukup Baik	3	0,18	Baik	4	0,24	Baik	4	0,24
7	Perawatan Mudah	0,06	Komponen mesin mudah untuk dirakit	-	Cukup Baik	3	0,18	Cukup Baik	4	0,24	Cukup Baik	5	0,24
8	Biaya Produksi	0,09	Harga komponen murah	Rp	Cukup Baik	3	0,27	Baik	3	0,27	Baik	4	0,36
9	Efisiensi waktu produksi	0,15	Membatalkan waktu yang sedikit untuk menghasilkan produk	s	Cukup Baik	3	0,45	Baik	4	0,6	Baik	4	0,6
10	Kualitas produk	0,15	Hasil akhir produk sesuai dengan yang diinginkan	-	Cukup Baik	3	0,45	Baik	3	0,45	Baik	4	0,6
Jumlah					1,00		3,00		3,46		4,19		

Berdasarkan tabel 3, maka varian 3 terpilih menjadi varian yang akan dikembangkan dan dibuat perancangan detailnya. Kelebihan dari varian 3 ini adalah penggunaan magnet yang diletakkan pada pengecam limbah kaleng agar memaksimalkan cengkaman pada kaleng saat proses pembukaan bagian atas dan bawah kaleng aerosol. Adanya beberapa pelindung komponen pun diharapkan dapat lebih aman pada saat proses pembukaan terjadi juga menjadi salah satu keunggulan dibanding dengan varian lainnya. Gambar varian terpilih dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Varian terpilih

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Spesifikasi Komponen Mesin

Perancangan detail di buat berdasarkan varian terpilih pada perancangan konsep varian sebelumnya. Prinsip kerja dari mesin Pembuka Kaleng Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) ini menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama, putaran motor listrik kemudian diteruskan ke gearbox reducer, dan diteruskan ke puli menggunakan poros. Dari puli tersebut kemudian diteruskan ke batang

engkol yang mendorong kaleng aerosol menuju ke stand pemotong untuk dilakukan proses pembukaan bagian atas dan bawah kaleng tersebut.

Berikut dijabarkan perhitungan daya motor yang akan dipergunakan (Khurmi and Gupta, 2005):

1. Perhitungan daya dan torsi:

$$F_p = 0,8 \cdot U \cdot s \cdot R_m \quad (1)$$

$$F_p = 0,8 \cdot 63\text{mm} \cdot 0,17\text{mm} \cdot 245$$

$$F_p = 2099,16 \text{ N}$$

2. Massa tools:

Massa tools + Massa benda uji

Massa gerinda + Massa adaptor shrank +

Massa kaleng aerosol kosong

$$\text{Massa tools} = (0,01 \text{ kg} + 0,1 \text{ kg} + 0,1 \text{ kg})$$

$$\text{Massa tools} = 0,21 \text{ kg}$$

3. Gaya tools :

$$F \text{ tools} = 0,01 + 0,1 + 0,1 \cdot \text{gravitasi}$$

$$F \text{ tools} = 0,21 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F \text{ tools} = 2,06 \text{ N}$$

4. Gaya total:

$$F \text{ total} = F \text{ tools} + F \text{ pemotongan}$$

$$= 2,06 \text{ N} + 2099,16 \text{ N}$$

$$= 2101,22 \text{ N}$$

5. Torsi:

$$T = F \cdot r$$

$$T = 2101,22 \text{ N} + 88,9 \text{ mm} \quad (2)$$

$$T = 186798,45 \text{ kg.mm}$$

$$T = 186,79 \text{ kg.m}$$

6. Perhitungan daya yang dibutuhkan:

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{100 \cdot 60} \cdot T \quad (3)$$

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1500}{100 \cdot 60} \cdot T$$

$$P = 1,57 \cdot 186,79$$

$$P = 293,27 \text{ Watt}$$

$$P = 0,29 \text{ kW}$$

Perhitungan daya rencana motor listrik pemotong kaleng menggunakan persamaan rumus

$$P_d = f_c \cdot P \quad (4)$$

$$P_d = 1,5 \text{ (berdasarkan tabel faktor koreksi dengan asumsi 8 jam kerja)}$$

$$P_d = 1,5 \cdot P$$

$$P_d = 1,5 \cdot 0,29 \text{ kW}$$

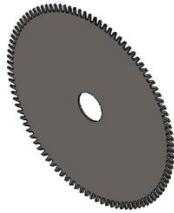
$$P_d = 0,43 \text{ kW}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, maka didapatkan perhitungan daya sebesar 0,43 kW atau setara dengan 0,58 Hp. Berdasarkan perhitungan

diatas, maka digunakan motor listrik sebesar 1 Hp.

Perhitungan Gaya pada Mata Pisau

Mata pisau yang digunakan berjenis *circullar saw blade* dengan bahan alumunium, diameter 7 inch atau sekitar 178 mm dan tebal 1 mm serta jumlah mata pisau sebanyak 100 buah yang dapat dilihat pada gambar 4:



Gambar 4. Mata pisau

Berikut dijabarkan perhitungan gaya pada pisau yang dirancang (Khurmi and Gupta, 2005):

1. Kecepatan putaran potong :

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad (5)$$

Dimana : d = diameter poros = 20mm
n = putaran poros

$$= \pi \cdot d^2 \\ = 3,14 \cdot 20^2 \\ = 1256 \text{ rpm}$$

Maka :

$$V = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 1256}{1000 \cdot 60}$$

$$V = \frac{78876,8}{60000}$$

$$V = 1,31 \text{ m/s}$$

2. Kecepatan hasil pemotongan :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (6)$$

Dimana : d = diameter poros pisau
= 5mm = 0,05 m

n = putaran poros = 1256 rpm

Maka :

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,05 \cdot 1256}{1000}$$

$$v = \frac{78,87}{1000}$$

$$= 0,7 \text{ m/min}$$

3. Kapasitas pemotongan :

$$Q = \rho \cdot v \quad (7)$$

Dimana :

ρ = massa kaleng aerosol (100g)

Maka : Q = 100 . 0,07

$$Q = 7 \text{ kg/jam}$$

4. Berat pisau :

$$W_n = d.t.y \quad (8)$$

Dimana : d = diameter mata pisau = \varnothing 178mm

t = tebal mata pisau = 1 mm

y = berat jenis pisau = $2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Bahan pisau memakai alumunium

Maka :

$$W_n = 178 \cdot 1 \cdot 2,7 \cdot 10^3$$

$$= 0,18 \text{ kg}$$

5. Gaya tangensial pisau

$$F_t = \frac{W_n}{g} \cdot \omega^2 \cdot r = \frac{W_n}{g} \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right)^2 \cdot r \quad (9)$$

Dimana :

W_n = Berat pisau (kg)

n = putaran poros (rpm)

g = gaya gravitasi = $9,81 \text{ m/s}^2$

r = jari-jari lintasan potong

Maka, gaya tangensial pisau sebesar :

$$F_t = \frac{0,18}{9,81} \left(\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1256}{60} \right)^2 \cdot 0,89$$

$$F_t = 5,17 \text{ kg}$$

$$F_t = 49,04 \text{ N}$$

Perhitungan Gaya Engkol

Engkol dipergunakan untuk penerus gerak dorong kaleng ke arah pisau, berikut dijabarkan perhitungan gaya pada engkol yang dirancang (Khurmi and Gupta, 2005):

1. Perhitungan massa *tools* :

Massa *puli* + massa batang engkol 1 + massa batang engkol 2 + Plat pencekam

Massa *tools* = 0,82 kg

Frekuensi (putaran/sekon):

$$f = \frac{1}{T} \quad (10)$$

$$f = \frac{50}{60}$$

$$f = 0,83 \text{ sekon}$$

2. Kecepatan sudut:

$$\omega = \frac{2 \pi}{T} \quad (11)$$

Dimana :

ω = kecepatan sudut (rad/sekon)

π = konstanta lingkaran

Maka :

$$\omega = \frac{2 \pi}{0,83} = 2,4 \pi \text{ rad/s}$$

3. Kecepatan linear:

$$v = 2 \pi \cdot r \cdot f \quad (12)$$

Dimana :

v = kecepatan linear (rad/sekon)

π = konstanta lingkaran = 22/7
 r = radius (jari-jari lingkaran)
 f = frekuensi (putaran/sekon)

Maka :

$$v = 2 \pi \cdot r \cdot f$$

$$v = 2 \pi \cdot 100 \cdot 0,83$$

$$v = 521.21 \text{ mm/s} = 0,521 \text{ m/s}$$

4. Gaya sentripetal:

$$F_s = m \frac{v^2}{R} \quad (13)$$

Dimana :

F_s = Gaya sentripetal atau komponen gaya dalam arah radial (N)

m = Massa benda (kg)

v = Kecepatan linear (m/s)

R = radius (jari-jari lingkaran)

Perhitungan Poros

Spesifikasi poros pada Mesin Pembuka Kaleng Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) menggunakan bahan baja karbon st37 dengan kekuatan tarik sebesar 57 MPa atau sebesar 57.000.000 N/m². Adapun langkah-langkah perhitungan pada perencanaan poros yaitu (Khurmi and Gupta, 2005):

1. Penentuan daya rencana :

Diketahui :

P_d = Daya yang direncanakan (kW)

F_c = Faktor koreksi = 1

P = Nominal daya output motor penggerak (kW)

$$P_d = f_c \cdot P$$

$$P_d = 1 \cdot 0,104 \text{ kW}$$

$$P_d = 0,10 \text{ kW}$$

2. Torsi poros :

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n} \quad (14)$$

Diketahui :

T = Torsi (kg.mm)

P_d = Daya perencanaan (kW) = 0,104 kW

n = Putaran mesin = 1000 RPM

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n_1}$$

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,104}{1000}$$

$$T = \frac{974000 \cdot 0,104}{1000}$$

$$T = 101,29 \text{ kg.mm}$$

$$T = 0,12 \text{ kg.m}$$

3. Tegangan geser yang diizinkan :

$$\tau_A = \frac{\sigma_B}{Sf1 \cdot Sf2} \quad (15)$$

Dimana :

τ_A = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)

σ_B = Kekuatan tarik material (kg/mm²)

$Sf1$ = Safety factor = 3,0 karena memakan baja karbon

$Sf2$ = Safety factor = 1,3 dikarenakan pengaruh kekerasan pasak dan poros bertingkat

$$\tau_A = \frac{\sigma_B}{Sf1 \cdot Sf2}$$

$$\tau_A = \frac{5,302 \text{ kg/mm}^2}{3 \cdot 1,3}$$

$$\tau_A = 1,35 \text{ kg/mm}^2$$

4. Diameter poros :

$$D_s = \left[\frac{5,1}{\tau_A} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3} \quad (16)$$

$$D_s = \left[\frac{5,1}{1,35} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 101,29 \right]^{1/3}$$

$$D_s = 20 \text{ mm}$$

Ket :

K_t = 2,0 karena diperkirakan terjadi tumbukan besar

C_b = 2,0 karena diperkirakan terjadi pemakaian dengan beban lentur

Perhitungan Puli

Puli dipergunakan untuk penerus gerak dari motor ke engkol pendorong, berikut dijabarkan perhitungan gaya pada puli yang dirancang (Khurmi and Gupta, 2005):

$$D_2 = \frac{D_1 \cdot N_1 \cdot \eta_p}{N_2} \quad (17)$$

Dimana :

N_1 = Putaran mesin penggerak (rpm)

D_2 = Diameter puli mesin kerja (mm)

N_2 = Putaran mesin kerja

η_p = Randemen pengopel untuk Flat belt : 0,9 – 0,93 untuk V belt : 0,95 – 0,97

Maka :

$$D_2 = \frac{D_1 \cdot N_1 \cdot \eta_p}{N_2}$$

$$= \frac{20 \cdot 1000 \cdot 0,95}{1000}$$

$$= 200 \text{ mm}$$

Perhitungan gearbox reducer

Adapun perhitungan gearbox yang akan digunakan adalah gearbox dengan jenis WPO dengan rasio perbandingan 1:20 (Khurmi and Gupta, 2005):

$$n = \frac{1}{20} \cdot 1000 \text{ Rpm} \quad (18)$$

Keterangan :

$n = \text{rpm}$ yang dibutuhkan

$$n = \frac{1}{20} \cdot 1000$$

$$n = 50 \text{ Rpm} = 0,83 \text{ Rps}$$

Analisa Kekuatan Rangka

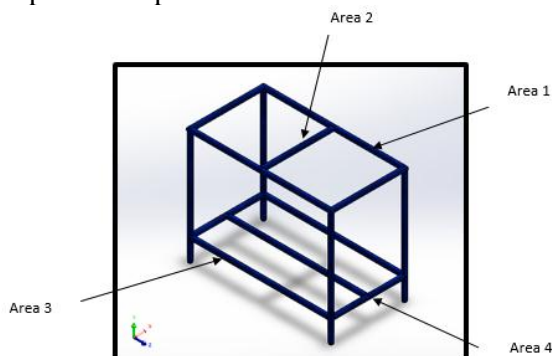
Analisis yang dilakukan yaitu untuk mengetahui tingkat kekuatan rangka mesin dalam menerima beban (Libyawati, Upara and Suwandi, 2019). Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* SOLIDWORKS 2021 *Education Version*, dan jenis beban yang diterima rangka yaitu beban statis. Untuk mengetahui lebih lanjut, maka akan ditampilkan spesifikasi rangka dari mesin ini dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Spesifikasi rangka

Jenis rangka	Besi kotak berongga ($20 \times 20 \times 2$) mm
Material	Besi <i>hollow</i> galvanis
Kekuatan tarik	203,94 MPa (203943242,6 N/m ²)
Kekuatan luluh	356,90 MPa (356900674,5 N/m ²)
Massa jenis	7870 kg/m ³

Jenis rangka yang digunakan mesin ini merupakan jenis besi dengan profil kotak berongga dengan ukuran 20x20x2mm berjenis besi *hollow* galvanis yang memiliki kekuatan tarik sebesar 203,94MPa dan kekuatan luluh sebesar 356,90 MPa, selain itu massa jenis dari material ini sebesar 7870 kg/m³.

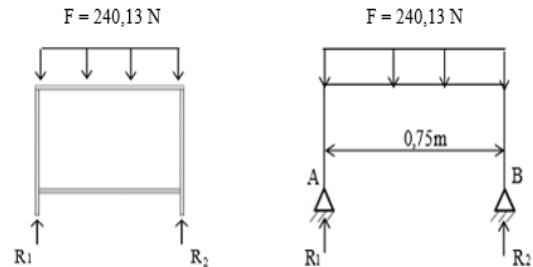
Perhitungan Diagram benda bebas dilakukan terhadap 4 area utama pembebanan pada rangka. Perhitungan diagram benda bebas dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pembebanan pada rangka

1. Perhitungan FBD area 1

Pada titik pembebanan ini, rangka menerima pembebanan sebesar 21,10 kg sehingga gaya yang terjadi sebesar 240,13 N dan panjang rangka adalah 0,75 m. Adapun hasil perhitungan dari *free body diagram* area 1 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. FBD area 1

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_1 \cdot 0,75 - 240,13 \cdot 0,75 \cdot 0,20 = 0$$

$$0,75 \cdot R_1 = 31,04$$

$$R_1 = \frac{31,04}{0,75}$$

$$R_1 = 41,38 \text{ N}$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_2 \cdot 0,75 - 240,13 \cdot 0,75 \cdot 0,20 = 0$$

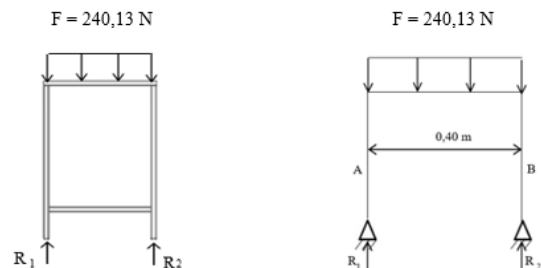
$$0,75 \cdot R_2 = 31,04$$

$$R_2 = \frac{31,04}{0,75}$$

$$R_2 = 41,38 \text{ N}$$

2. Perhitungan FBD area 2

Pada titik pembebanan ke 2 ini, rangka menerima pembebanan sebesar 21,10 kg sehingga gaya yang terjadi sebesar 240,13 N dan panjang rangka adalah 0,40 m. Adapun hasil perhitungan dari *free body diagram* area 2 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. FBD area 2

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_1 \cdot 0,40 - 240,13 \cdot 0,40 \cdot 0,20 = 0$$

$$0,40 \cdot R_1 = 16,5$$

$$R_1 = \frac{16,5}{0,40}$$

$$R_1 = 41,38 \text{ N}$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_2 \cdot 0,40 - 240,13 \cdot 0,40 \cdot 0,20 = 0$$

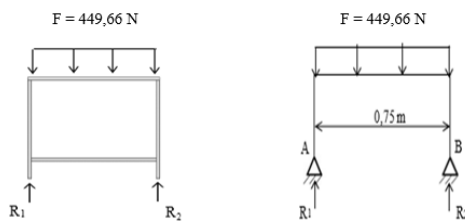
$$0,40 \cdot R_2 = 16,5$$

$$R_2 = \frac{16,5}{0,40}$$

$$R_2 = 41,38 \text{ N}$$

3. Perhitungan FBD area 3

Pada titik pembebanan ke 2 ini, rangka menerima pembebanan sebesar 45,85 kg sehingga gaya yang terjadi sebesar 449,66 N dan panjang rangka adalah 0,75 m seperti Gambar 8.



Gambar 11. FBD area 3

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_1 \cdot 0,75 - 449,66 \cdot 0,75 \cdot 0,20 = 0$$

$$0,75 \cdot R_1 = 67,44$$

$$R_1 = 67,44/0,75$$

$$R_1 = 89,93 \text{ N}$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_2 \cdot 0,75 - 449,66 \cdot 0,75 \cdot 0,20 = 0$$

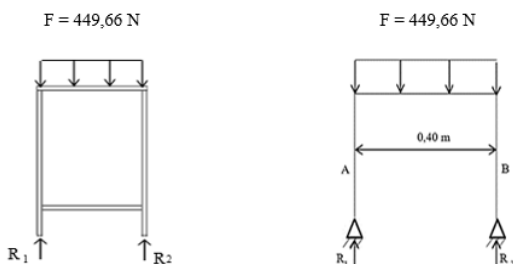
$$0,75 \cdot R_2 = 67,44$$

$$R_2 = 67,44/0,75$$

$$R_2 = 89,93 \text{ N}$$

4. Perhitungan FBD area 4

Pada titik pembebanan ke 2 ini, rangka menerima pembebanan sebesar 45,85 kg sehingga gaya yang terjadi sebesar 449,66 N dan panjang rangka adalah 0,40 m. Adapun hasil perhitungan dari *free body diagram* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. FBD area 4

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_1 \cdot 0,40 - 449,66 \cdot 0,40 \cdot 0,20 = 0$$

$$0,40 \cdot R_1 = 35,97$$

$$R_1 = 35,97/0,40$$

$$R_1 = 89,93 \text{ N}$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_2 \cdot 0,40 - 449,66 \cdot 0,40 \cdot 0,20 = 0$$

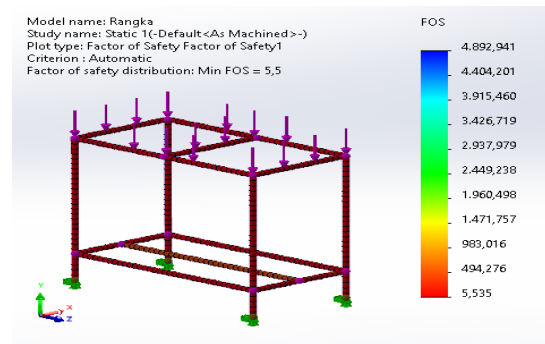
$$0,40 \cdot R_2 = 35,97$$

$$R_2 = 35,97/0,40$$

$$R_2 = 89,93 \text{ N}$$

Analisis Sumbu Y Area 1

Untuk memastikan hasil perhitungan kekuatan rangka perlu dilakukan analisis simulasi dengan menggunakan software untuk dapat dibandingkan agar didapatkan nilai referensi yang valid (Libyawati, Upara and Suwandi, 2019). Berdasarkan hasil perhitungan dasar menggunakan rumus volume dan massa, maka didapatkan massa jenis dengan melakukan. Total beban yang ditopang pada rangka area 1 yaitu sebesar 21,10 kg dengan massa total sebesar 240,13 N seperti tampak pada Gambar 10.



Gambar 10. Analisis sumbu Y area 1

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, *factor of safety* pada rangka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$SF = \text{yield strength} / \text{tegangan normal}$$

$$= 356,90 \text{ MPa} / 36,84 \text{ MPa}$$

$$= 9,6$$

Sementara itu *allowable stress* atau tegangan yang diizinkan pada rangka dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$\text{Allowable Stress} = 0,75 \cdot \text{yield stress}$$

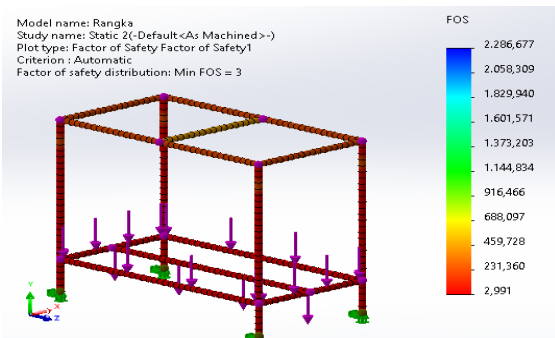
$$= 0,75 \cdot 36,84 \text{ MPa}$$

$$= 27,63 \text{ Mpa}$$

Analisis Sumbu Y Area 2

Untuk pembebanan area 2 didapatkan total massa dari komponen-komponen mesin ialah sebesar 45,85 kg atau sebesar 449,66 N. Total massa jenis ini didapatkan melalui

perhitungan volume dan massa dari komponen yang digunakan yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Analisis sumbu y area 2

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, *factor of safety* pada rangka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SF = \text{yield strength} / \text{tegangan normal}$$

$$SF = 356,90 \text{ MPa} / 68,182 \text{ MPa}$$

$$SF = 5,23$$

Semakin tinggi nilai *factor of safety* maka semakin aman suatu kontruksi dari rangka (Libyawati, Upara and Suwandi, 2019) sedangkan *allowable stress* atau tegangan yang diizinkan pada rangka dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Allowble Stress} = 0,75 \cdot \text{yield stress}$$

$$\text{Allowble Stress} = 0,75 \cdot 68,182 \text{ MPa}$$

$$\text{Allowble Stress} = 51,137 \text{ MPa}$$

maka, dapat ditarik kesimpulan bahwa rangka mesin dengan jenis material besi hollow galvanis ini aman untuk digunakan karena tegangan maksimal yang terjadi sebesar 51,137 MPa, tidak melebihi batas *yield strength* dari material tersebut yang sebesar 356,90 MPa.

Analisis Sumbu X

Pada analisis sumbu x ini, besar gaya didapatkan dari mekanisme kerja dari komponen puli, batang engkol 1 dan 2, serta pengecam dari kaleng aerosol. Besarnya gaya tersebut sebesar 22 N yang tampak pada Gambar 12.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, *factor of safety* pada rangka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$SF = \text{yield strength} / \text{tegangan normal}$$

$$SF = 356,90 \text{ MPa} / 0,001 \text{ MPa}$$

$$SF = 356,90$$

Semakin tinggi nilai *factor of safety* maka semakin aman suatu kontruksi dari rangka dan sementara itu, *allowable stress* atau tegangan

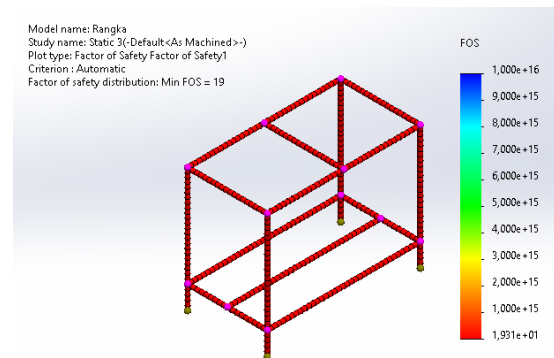
yang diizinkan pada rangka dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Allowble Stress} = 0,75 \cdot \text{yield stress}$$

$$\text{Allowble Stress} = 0,75 \cdot 0,001 \text{ MPa}$$

$$\text{Allowble Stress} = 0,0075 \text{ MPa}$$

maka, dapat ditarik kesimpulan bahwa rangka mesin dengan jenis material besi hollow galvanis ini aman untuk digunakan karena tegangan maksimal yang terjadi sebesar 0,0075 MPa, tidak melebihi batas *yield strength* dari material tersebut yang sebesar 356,90 MPa.



Gambar 12. Analisis sumbu X

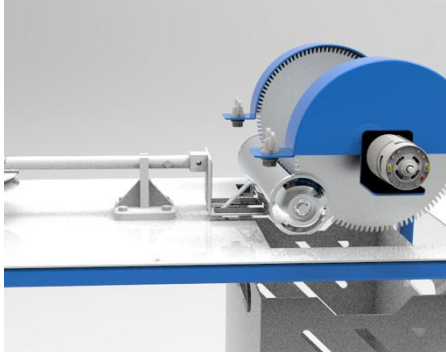
Cara Kerja Mesin Pembuka Kaleng Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Langkah pertama yaitu motor listrik menerima sinyal on (hidup) dan bergerak, kemudian dari motor listrik ini meneruskan daya putaran ke gearbox. Dari gearbox, kecepatan putar diturunkan dan pergerakan rotasi secara horizontal tersebut berubah arahnya menjadi gerak rotasi secara vertikal kearah poros, yang meneruskan putaran tersebut ke komponen puli seperti yang ditampakkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Mesin pembuka kaleng limbah bahan berbahaya dan beracun (B3)

Dari komponen puli ini, putaran diubah dari rotasi menjadi translasi untuk mendorong penahan bermagnet serta kaleng aerosol seperti tampak pada Gambar 14.



Gambar 14. Proses membuka bagian atas dan bawah kaleng *aerosol*

Proses pembukaan kaleng tersebut akan menghasilkan hasil akhir produk berupa kaleng aerosol tanpa tutup dan alas, yang jatuh kedalam wadah penampung pada bagian bawah mesin yang kemudian bisa digunakan kembali untuk kerajinan tangan/produk yang memiliki nilai ekonomis dan bermanfaat bagi masyarakat sekitar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dijabarkan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa komponen-komponen utama dari mesin pembuka kaleng limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang digunakan meliputi : Motor AC 1,5 Hp 1000 Rpm, motor DC 775 12V, besi *hollow* galvanis, *bearing* ucf 204 diameter 20 mm, *shrank adaptor* diameter 5 mm, mata pisau mollar diameter 7 inch, *Magnet Strip, Spring, Puli A1* × 8 inch × 20 mm, poros ST37 atau setara dengan AISI 1045 diameter 20 mm, *Gearbox* WPO 60 ratio 1:20, serta *Flexible Coupling* FCL 90.

Berdasarkan hasil analisis kekuatan rangka yang telah dilakukan menggunakan fitur *frame analysis* pada *software* SOLIDWORKS 2021 *Education Version* terhadap 2 sisi dari rangka mesin yang paling banyak menerima beban komponen mesin. Pada analisis rangka sisi 1, diberikan gaya sebesar 240,13 N dengan tegangan terbesar yang terjadi pada sisi rangka 1 senilai 36,84 MPa atau 36.846.000 N/m². Kemudian pada analisis rangka sisi 2, diberikan gaya sebesar 449,66 N dengan tegangan

terbesar yang terjadi pada sisi rangka 2 senilai 68,18 MPa atau sebesar 68.182.000 N/m².

DAFTAR PUSTAKA

- Ichtiakhiri, T. H. And Sudarmaji, S. (2015) 'B3 Waste Management And Health Workers Complaint In. Inka (Persero) Madiun City', *Jurnal Kesehatan Lingkungan Unair*. Airlangga University, 8(1), Pp. 118–127.
- Kholil, M. And Prasetyo, E. D. (2017) 'Tinjauan Kualitas Pada Aerosol Can Ø 65 X 124 Dengan Pendekatan Metode Six Sigma Pada Line Abm 3 Departemen Assembly', *Sinergi*. Mercu Buana University, 21(1), Pp. 53–58.
- Khurmi, R. S. And Gupta, J. K. (2005) *A Textbook Of Machine Design*. Eurasia.
- Libyawati, W., Suwandi, A. And Agustian, H. (2017) 'Rancang Bangun Teknologi Modified Atmosphere Storage (Mas) Dengan Kapasitas 4, 77 M³', *Jurnal Teknologi*, 9(2), Pp. 103–116.
- Libyawati, W., Upara, N. And Suwandi, A. (2019) 'Analisis Kinematika Pada Desain Alat Bantu Peningkat Keterampilan Juru Las Smaw', *Jurnal Teknologi*, 11(2), Pp. 111–116.
- Marliani, N. (2015) 'Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Sampah Anorganik) Sebagai Bentuk Implementasi Dari Pendidikan Lingkungan Hidup', *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan Mipa*, 4(2).
- Nugroho, S. S. (2013) 'Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Perspektif Undangundang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup', *Jurnal Sosial*, 14(2), Pp. 22–26.
- O'brien, M. D., Klapperick, R. L. And Bell, C. W. (1995) 'Aerosol Can Waste Disposal Device'. Google Patents.
- Pahl, G. *Et Al.* (2013) *Engineering Design: A Systematic Approach*. Springer Science & Business Media.
- Pamungkas, I. R. *Et Al.* (2019) 'Perancangan Mesin Tube Notcher Menggunakan Metode G. Pahl Dan W. Beitz', *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 9(2), Pp. 20–32.
- Pertiwi, V., Joko, T. And Dangiran, H. L. (2017) 'Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di

- Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang', *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*. Fakultas Kesehatan Masyarakat, 5(3), Pp. 420–430.
- Prasetyo, E. D. (2014) 'Analisa Produksi Pada Aerosol Can Ø 65 X 124 Dengan Menggunakan Metode Pendekatan Six Sigma Pada Line Abm 3 Departemen Assembly Pt. Xyz', *Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri*. Mercu Buana University, 8(2), P. 182871.
- Putra, T. I., Setyowati, N. And Apriyanto, E. (2019) 'Identifikasi Jenis Dan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Rumah Tangga: Studi Kasus Kelurahan Pasar Tais Kecamatan Seluma Kabupaten Seluma', *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), Pp. 49–61.
- Setiyono, S. (2018) 'Potensi Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di Wilayah Dki Jakarta Dan Strategi Pengelolaannya', *Jurnal Air Indonesia*, 1(3).
- Suwandi, A. And Budiyawan, D. A. (2019) 'Perancangan Gillnet Hauler Bertenaga Penggerak Hybrid Untuk Kapal 5-10 Gt', *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, Pp. 74–82.
- Utami, K. T. And Syafrudin, S. (2018) 'Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Studi Kasuspt. Holcim Indonesia, Tbk Narogong Plant', *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. Universitas Diponegoro, 15(2), Pp. 127–132.
- Zuraida, R. *Et Al.* (2012) 'Pengendalian Kualitas Untuk Meminimalkan Jumlah Cacat Pada Produk Kaleng Aeorosol', *Comtech: Computer, Mathematics And Engineering Applications*, 3(1), Pp. 584–594.

