

RANCANG BANGUN MESIN PEMBUAT ES KRIM

Rosihan Wahyu Jatmiko¹⁾, Sunyoto²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)

Kampus Unnes Gd E5, Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

Email:rosihanwahyujatmikoo@gmail.com

Abstrak

Es krim merupakan jenis makanan yang banyak disukai oleh masyarakat, baik kalangan muda maupun tua. Hasil studi literatur dan observasi di lapangan menunjukkan adanya beberapa permasalahan seperti efektivitas, efisiensi, dan ergonomis dalam proses pembuatan es krim. Perancangan ini bertujuan untuk membuat mesin yang dapat berfungsi dengan baik, efektif, efisien, dan ergonomis. Perhitungan kebutuhan daya penggerak, penerus daya, kecepatan *v-belt*, kekuatan rangka bertujuan memenuhi target permintaan kebutuhan es krim sesuai dengan perencanaan perancangan. Mesin pembuat es krim menggunakan daya motor 0,25 HP dengan kecepatan putaran 1400 rpm dan tabung adonan kapasitas 16 liter. Keefektifan hasil es krim menunjukkan kecepatan putaran 230 rpm adalah kecepatan putaran yang baik digunakan dalam proses pembuatan. Efisiensi waktu mencapai 10% karena lebih cepat 2 menit dari mesin lama. Efisiensi kapasitas mencapai 22,23% karena mampu menghasilkan 6,67 liter lebih banyak. Efisiensi biaya mencapai 55,29% atau lebih hemat biaya listrik Rp 98,25. Ergonomis mesin pembuat es krim yang dikembangkan sangat layak dan lebih baik dari mesin lama.

Kata kunci: Es Krim, Efektivitas, Efisiensi, Ergonomis.

Abstract

Ice cream is a type of food that is liked by many people, both young and old. The results of literature studies and field observations show that there are several problems such as effectiveness, efficiency, and ergonomics in the process of making ice cream. This design aims to make a machine that can function properly, effectively, efficiently, and ergonomically. The calculation of propulsion needs, power successor, *v-belt* speed, frame strength aims to meet the demand for ice cream targets according to the design plan. The ice cream maker uses a 0.25 HP motor with a rotation speed of 1400 rpm and a dough tube with a capacity of 16 liters. The effectiveness of the ice cream results shows that the rotation speed of 230 rpm is a good rotation speed used in the manufacturing process. Time efficiency reaches 10% because it is 2 minutes faster than the old engine. The capacity efficiency reaches 22.23% because it is able to produce 6.67 liters more. Cost efficiency reaches 55.29% or more efficient electricity costs Rp. 98.25. Ergonomic ice cream maker machine developed is very decent and better than the old machine.

Keywords: Ice Cream, Effectiveness, Efficiency, Ergonomics

1. PENDAHULUAN

Es krim merupakan jenis makanan yang banyak disukai oleh masyarakat, baik kalangan muda maupun tua. Sering kali es krim digunakan sebagai sajian makanan saat pesta, baik acara pernikahan, khitanan, ulang tahun, dan acara lainnya. Menu hidangan es krim pada umumnya pembuatannya dibuat oleh usaha catering yang banyak terdapat di kota-kota bahkan desa. Selain dibuat oleh usaha catering, es krim juga banyak dibuat oleh *home industry* atau usaha kecil yang khusus memproduksi es krim untuk dijual langsung ke konsumen maupun dijajakan keliling oleh penjual keliling (Muslim, 2017:367).

Produksi es krim yang dibuat oleh *home industry* atau usaha catering masih banyak yang menggunakan cara konvensional. Prinsip pembuatan es krim adalah dengan cara mencampurkan bahan-bahan se-

perti, gula, santan, susu, hongkue, garam, dll. Kemudian bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam tabung dan tabung tersebut dimasukkan dalam wadah yang berisi es batu dan garam dan diputar dengan tangan selama kurang lebih 1,5 hingga 2 jam. Oleh karena itu es krim buatan usaha kecil atau industri rumahan disebut es putar karena proses pembuatannya dengan cara diputar.

Proses pembuatan es krim dengan cara konvensional atau dengan cara diputar manual oleh tangan manusia dinilai tidak efisien karena memakan waktu yang lama dalam proses pembuatannya. Padahal es krim seringkali diproduksi dalam jumlah yang banyak, sehingga membutuhkan banyak tenaga kerja yang bertugas untuk memutar tabung es krim untuk bisa menghasilkan es krim dalam jumlah yang banyak (Khumaedi dan Suwahyo, 2016: 48).

Kendala yang lain apabila proses pembuatan es krim secara konvensional adalah kecepatan putaran yang kurang stabil. Tidak stabilnya putaran karena proses pemutaran dilakukan oleh tenaga manusia yang disebabkan oleh faktor kelelahan pekerja. Tidak stabilnya putaran akan berpengaruh terhadap kualitas es krim yang dibuat, yaitu campuran homogen kurang merata serta proses pembekuan yang tidak bersamaan (Suyadi, dkk, 2014: 41).

Survey lapangan telah dilakukan pada UMKM es krim milik bapak Paiman yang beralamat di Jalan Pringgodani Dalam II No. 3, RT/RW 06/IX, Krobokan, Kota Semarang, Jawa Tengah. Hasil survey yang dilakukan mesin es krim yang ada disana kurang praktis, efektif, efisien, dan ergonomis dalam proses pembuatannya. Kepraktisan dari mesin kurang karena tabung adonan yang digunakan juga menggunakan tabung khusus yang harus dimodifikasi dengan menambahkan komponen berbentuk silinder di bawah tabung adonan sehingga harus memindahkan adonan es krim yang sudah membeku ke tabung untuk pemasaran es krim. Penggunaan tabung khusus kurang praktis karena harus memindahkan adonan es krim yang sudah jadi ke tabung untuk pemasaran es krim. Mesin es krim yang ada disana juga kurang efektif dan efisien dengan patokan waktu pembuatan 20 menit tetapi harus membuka dan menutup tabung adonan untuk mengecek apakah adonan es krim sudah jadi atau belum. Proses pembekuan es juga masih kurang baik apabila waktu yang digunakan tetap 20 menit dengan membuka dan menutup tutup tabung untuk mengecek adonan es krim. Faktor ergonomis mesin es krim yang ada disana juga perlu dipertimbangkan lagi karena rangka dasar mesin yang cukup tinggi sehingga harus mengangkat dan menurunkan tabung es krim yang berat. Proses mengangkat dan menurunkan tabung adonan es krim yang berat tentunya kurang nyaman dan dapat mengakibatkan cidera pada otot pinggang atau punggung pembuatnya.

2. METODE

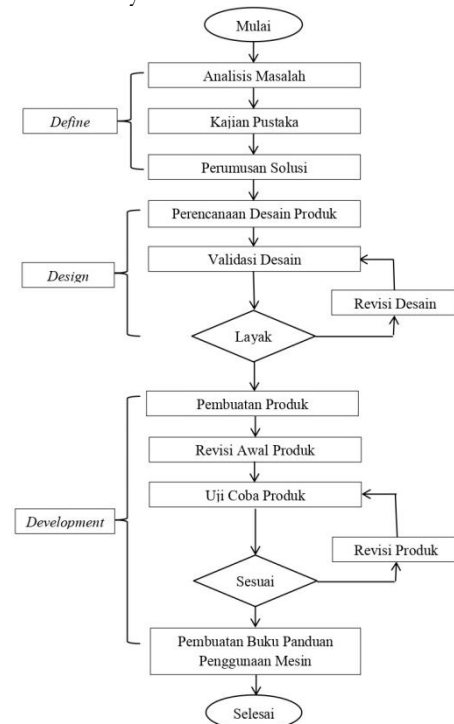
2.1 Model Pengembangan

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan model *Research and Development*. Menurut Sugiyono (2016:407) model *research and development* adalah suatu metode penelitian yang menghasilkan sebuah produk atau mengembangkan dan menyempurnakan suatu produk yang telah ada sebelumnya untuk menguji keefektifan produk yang dibuat.

Model *Research and Development* pada penelitian ini yang mengacu pada model pengembangan dari Thiagarajan yaitu model 4 D yang merupakan singkatan dari *Define, Design, Development, dan Dissemination* (Sugiyono 2015:28).

2.2 Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan merupakan tahapan-tahapan yang akan menjabarkan prosedur yang akan dilakukan dalam perancangan suatu produk. Prosedur yang digunakan pada model yang dipilih untuk penelitian ini adalah model 4D. Prosedur pengembangan produk akan diuraikan lebih jelas sebagai berikut, namun pada penelitian ini tidak sampai pada tahap penyebarluasan (*dissemination*) karena keterbatasan waktu dan biaya:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.3 Uji Coba Produk

2.3.1 Desain Uji Coba

Pada uji tahap pertama dilakukan oleh tiga validator untuk menguji kelayakan dari desain rancangan mesin pembuat es krim yang dikembangkan. Pengujian selanjutnya adalah pengujian kinerja mesin yang meliputi uji keefektifan, uji efisiensi, dan uji keergonomisan.

Uji coba kinerja mesin dilakukan dengan menggunakan variasi tiga kecepatan yang berbeda untuk mencari kecepatan putaran yang baik digunakan dalam proses produksi es krim kecepatan putaran mesin es krim yang baik untuk proses akan menggunakan variasi tiga kecepatan putaran mesin atau tiga jenis perbandingan *pulley* yang berbeda. Pada uji coba keefektifan dan efisiensi menggunakan parameter penelitian yaitu menggunakan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut :

1. Variabel bebas : Kecepatan putaran (230 rpm, 250 rpm, 280 rpm)

2. Variabel terikat : Keefektifan Mesin (Hasil es krim: tekstur, rasa), Efisiensi Mesin (Waktu pembuatan dan biaya)
3. Variabel kontrol : Motor listrik 1400 rpm, volume adonan 11 liter, suhu -2°C, rasa es krim *strawberry*, adonan es krim (tepung maizena ½ kg, tepung sagu ¼ kg, gula 1 kg, susu 1 liter, santan kelapa 3 kg)

Uji coba lain yang dilakukan yaitu uji coba keergonomisan dari mesin es krim. Pada uji coba ergonomis nantinya akan dilakukan oleh pengguna mesin untuk mengetahui apakah mesin es krim yang dibuat aman dan nyaman digunakan dalam proses pembuatan. Uji keergonomisan mesin dilakukan dengan mengisi angket yang sudah disediakan dan akan diisi oleh pengguna mesin es krim yang menguji.

2.3.2 Subyek Uji Coba

Subyek uji coba dalam uji penelitian ini adalah tiga validator untuk mengetahui kelayakan/validitas dari desain mesin pembuat es krim yang sudah dirancang. Sedangkan objek uji coba untuk pengujian kinerja mesin pembuat es krim adalah mesin pembuat es krim untuk menguji efektivitas, efisiensi, dan ergonomis dari mesin pembuat es krim yang sudah dibuat.

2.3.3 Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis data kuantitatif yang merupakan hasil dari pengukuran variabel yang dioperasikan menggunakan instrument penelitian yang ada. Sumber data penelitian berasal dari sumber data primer melalui instrumen yang ada seperti data hasil angket kelayakan desain yang dikembangkan untuk para ahli perancangan dan data hasil uji coba pembuatan es krim dengan menggunakan mesin pembuat es krim untuk mengetahui efektivitas, efisiensi, dan ergonomis mesin yang dibuat.

2.3.4 Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian menurut Sugiyono (2016:148) adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur fenomena alam maupun sosial yang diamati dalam suatu penelitian. Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan angket/kuesioner untuk mengetahui kelayakan desain rancangan dan spesifikasi mesin pembuat es krim, menguji keefektifan, efisiensi, dan keergonomisan mesin yang dikembangkan.

Angket menurut Sugiyono (2016:199) merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada subyek penelitian untuk dijawab. Penggunaan angket pada penelitian ini diaplikasikan untuk uji kelayakan desain rancangan mesin pembuat es krim dari tiga validator, angket uji kesukaan untuk menguji tekstur dan rasa es krim, dan angket uji keergonomisan mesin pembuat es krim untuk pengguna mesin.

2.3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan teknik analisis data deskriptif yang berasal dari hasil pengujian yang dilakukan. Statistik deskriptif yang digunakan adalah statistik yang menganalisis data dengan cara mendeskripsikan data hasil pengujian yang telah dilakukan tanpa membuat kesimpulan secara umum (Sugiyono, 2016:207). Pada teknik analisis data uji kinerja mesin yang meliputi uji kelayakan desain rancangan, uji efektivitas, efisiensi, dan ergonomis dengan cara membandingkan hasil observasi mesin yang lama dengan mesin yang baru.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Rancangan

3.1.1 Perhitungan Komponen Mesin

1. Kapasitas Bahan

Kapasitas bahan yang digunakan tergantung pada ukuran tabung adonan yang digunakan pada mesin pembuat es krim. Tabung yang berada di pasaran memiliki dimensi yang berbeda-beda, sehingga pemilihan dimensi tabung adonan menentukan kapasitas bahan yang digunakan dalam mesin pembuat es krim. Data perencanaan sebagai berikut:

- Diameter Tabung Adonan (d) : 220 mm
- Tinggi Tabung Adonan (t) : 435 mm
- Massa Jenis Air (ρ air) : 1000 kg/m³
- Massa Jenis Es (ρ es) : 920 kg/m³

a. Volume Tabung Es

$$\begin{aligned} V &= \pi \cdot r^2 \cdot t \\ &= \pi \cdot 0,11^2 \cdot 0,435 \\ &= 0,016 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Masa Bahan

$$\begin{aligned} M_{\text{air}} &= V \cdot \rho_{\text{air}} \\ &= 0,016 \cdot 1000 \\ &= 16 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Daya Mesin

Daya disini adalah daya yang dibutuhkan untuk memutar tabung adonan es krim. Daya yang dibutuhkan tergantung dari sifat bahan, massa bahan, dan sistem pemutar tabung atau sistem transmisi. Bahan dari pembuatan es krim ini berupa cair yang akan diputar secara konstan sampai membeku menjadi es krim. Data perencanaan sebagai berikut:

- Massa/ berat bahan (m) : 16 kg
- Diameter tabung adonan : 220 mm
- Kecepatan putaran mesin (N₂) : 230 rpm
- Percepatan gravitasi (α) : 9,8 m/s²
- Jarak terhadap sumbu (r) : 150 mm

a. Gaya normal

$$F = m \cdot \alpha$$

$$= 16 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 156,8 \text{ N}$$

b. Torsi

$$T = F \cdot r$$

$$= 156,8 \cdot 0,15 \text{ m}$$

$$= 23,52 \text{ Nm}$$

c. Daya motor

$$P = \frac{T \cdot N_2}{S}$$

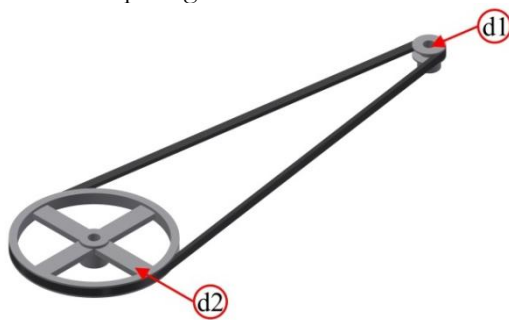
$$= \frac{23,52 \cdot 230}{60}$$

$$= 90,16 \text{ W} = 0,12 \text{ Hp}$$

Jadi mesin pembuat es krim menggunakan motor listrik dengan daya 0,25 Hp dengan kecepatan putaran 1400 rpm.

3. Perhitungan Transmisi Kecepatan Putaran

Mesin pembuat es krim menggunakan transmisi pulli dan sabuk V seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2. Transmisi Kecepatan Putaran

Data perencanaan transmisi kecepatan putaran sebagai berikut:

- Daya motor listrik (P) : 0,25 Hp
- Kecepatan putaran motor listrik (N_1): 1400 rpm
- Jarak sumbu antar poros (x) : 700 mm
- Diameter *pulley* pada motor (d_1): 50 mm
- Diameter *pulley* pemutar tabung (d_2): 300 mm

a. Reduksi Kecepatan Putaran

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

$$N_2 = \frac{d_1 \cdot N_1}{d_2}$$

$$N_2 = \frac{50 \cdot 1400}{300}$$

$$N_2 = 230 \text{ rpm}$$

b. Panjang Sabuk

$$L = \pi(r_1 + r_2) + 2 \cdot x + \frac{(r_1 - r_2)^2}{x}$$

$$= \pi(25 + 150) + 2 \cdot 700 + \frac{(25 - 150)^2}{700}$$

$$= 1971,82 \text{ mm}$$

$$= 78 \text{ inchi}$$

Jadi sabuk V yang digunakan adalah tipe A-78

c. Kecepatan Linier Sabuk V

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60}$$

$$= \frac{\pi \cdot 0,3 \cdot 1400}{60}$$

$$= 21,98 \text{ m/s}$$

4. Perhitungan Poros

Data perencanaan sebagai berikut:

- Daya motor listrik (P): 90,16 W = 0,12 kW
- Panjang poros : 545 mm
- Kekuatan tarik bahan poros (τ_b) : 53 kg/mm² (Material S 35 C-D)

Faktor koreksi :

- Daya (Fc) : 1,5
- Faktor keamanan (Sf_1) : 6 (Material S-C)
- Pengaruh kekasaran permukaan (Sf_2) : 2
- Pengaruh beban dikenakan kejutan (Kt) : 3
- Kemungkinan beban lentur (Cb): 2

a. Besar Tegangan Geser yang Diizinkan

$$\tau_a = \frac{\tau_b}{Sf_1 \cdot Sf_2}$$

$$= \frac{53}{6 \cdot 2}$$

$$= 4,41 \text{ kg/mm}^2$$

b. Daya yang Ditransmisikan

$$P_d = F_c \cdot P$$

$$= 1,5 \cdot 0,09$$

$$= 0,135 \text{ kW}$$

c. Momen Puntir Terencana

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{P_d}{N_2}\right)$$

$$= 9,74 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{0,135}{230}\right)$$

$$= 487 \text{ kg mm}$$

d. Diameter Poros

$$d_s = \left(\frac{5,1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T\right)^{1/3}$$

$$= \left(\frac{5,1}{4,41} \cdot 3 \cdot 2 \cdot 487\right)^{1/3}$$

$$= 14,98 \text{ mm}$$

Poros yang digunakan untuk mesin pembuat es krim menggunakan poros dengan diameter 50 mm agar lebih aman.

e. Tegangan Geser yang Terjadi

$$\tau = \frac{5,1 \cdot T}{d^3}$$

$$= \frac{5,1 \cdot 487}{50^3}$$

$$= 0,02 \text{ kg/mm}^2$$

Tegangan geser yang terjadi < tegangan geser yang diizinkan, sehingga perencanaan diameter poros memenuhi syarat.

5. Perhitungan Bantalan

$$D_b = d_s - 0,2$$

$$= 50 - 0,2$$

$$= 49,98 \text{ mm}$$

6. Faktor Keamanan Rangka

Proses analisis faktor keamanan dilakukan untuk mengetahui aman atau tidaknya rangka mesin pembuat es krim. Analisis faktor keamanan rangka di-

lakukan dengan menggunakan *software Ansys Workbench 15.0*. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam proses analisis rangka mesin pembuat es krim:

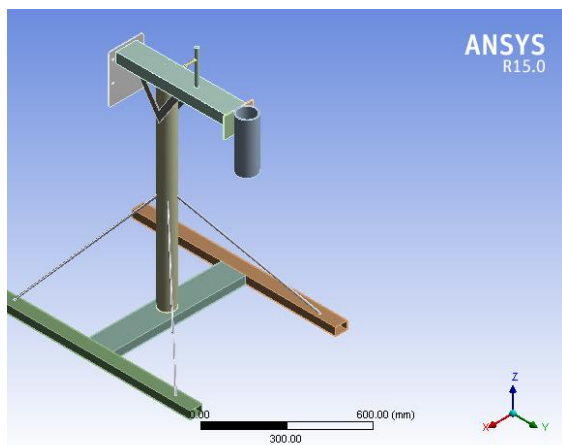
a. Input Engineering Data Material

Input material adalah proses memasukkan sifat mekanik dari material yang digunakan pada rangka mesin pembuat es krim pada menu *input engineering data*.

1	A	B	C	D	E
Property	Value	Unit			
2	Density	7850	kg m ⁻³		
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
12	Alternating Stress Mean Stress	Tabular			
16	Strain-Life Parameters				
24	Tensile Yield Strength	250	MPa		
25	Compressive Yield Strength	2.5E+08	Pa		
26	Tensile Ultimate Strength	460	MPa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		
28	Isotropic Thermal Conductivity	60.5	W m ⁻¹ ...		
29	Specific Heat	434	J kg ⁻¹ ...		
30	Isotropic Relative Permeability	10000			
31	Isotropic Resistivity	1.7E-07	ohm m		

Gambar 3. Input Engineering Data Material

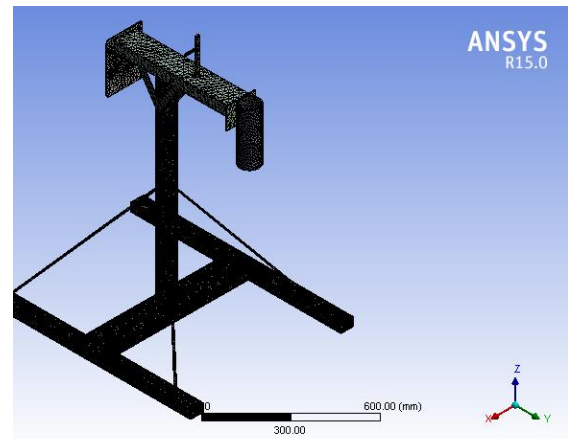
b. Import Geometri Rangka Mesin



Gambar 4. Input Geometri

c. Meshing Rangka

Meshing adalah proses mengubah struktur rangka menjadi elemen-elemen yang sangat kecil secara otomatis. Proses merubah struktur rangka dilakukan dengan mengatur pada menu *setting sizing*.

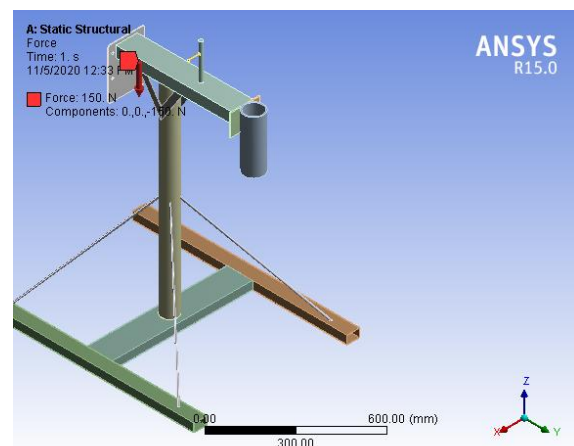


Gambar 5. Meshing Rangka

d. Pembebanan dan Kondisi Batas

Pembebanan pada struktur rangka mesin pembuat es krim dilakukan dengan perhitungan asumsi beban total yang diterima rangka sebesar 190 N yang tersebar merata ke bagian rangka mesin pembuat es krim yang bersentuhan langsung dengan sumber beban tersebut.

Kondisi batas atau tumpuan adalah menentukan bagian yang bersentuhan langsung dengan tanah sebagai tumpuan rangka. Pada desain rangka mesin pembuat es krim bagian yang tumpuan rangka yang bersentuhan langsung dengan tanah adalah bagian lantai rangka yang berbentuk huruf H.



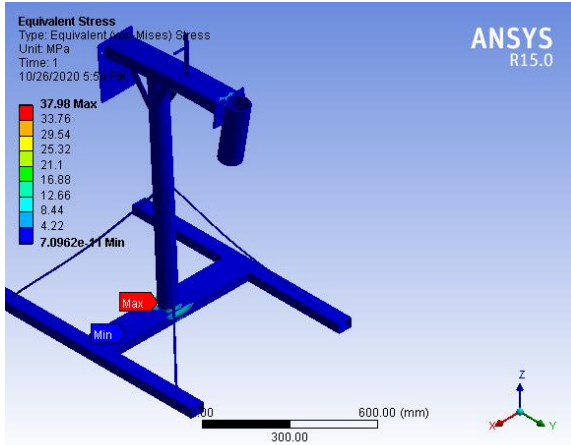
Gambar 6. Pembebanan dan Kondisi Batas

e. Hasil Analisis

- Distribusi Tegangan *Von Mises*

Akibat beban total yang diberikan pada struktur rangka mesin pembuat es krim, maka tegangan maksimum *von mises* terjadi pada daerah tiang utama yang menempel pada bagian lantai sebesar 37,98 MPa. Namun tegangan maksimum yang terjadi pada rangka masih lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan luluh *Sy (Yield Strength)* material yang digunakan yaitu sebesar 250 MPa. Secara keseluruhan struktur rangka mesin pembuat es krim dapat dikatakan aman. Distribusi

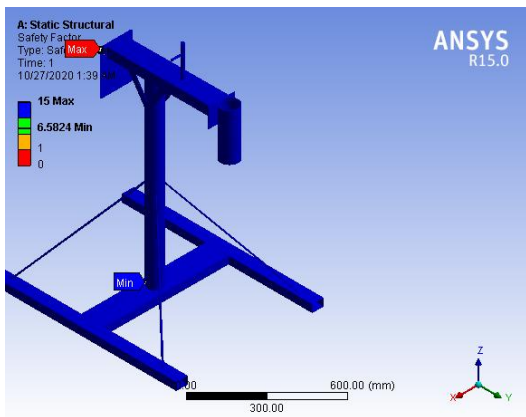
tegangan *von mises* sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Distribusi Tegangan *Von Mises*

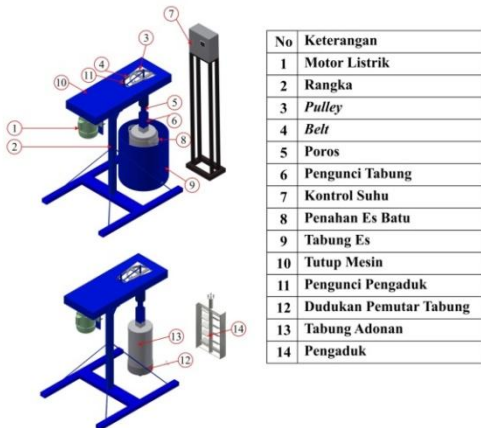
d. *Safety Factor*

Faktor keamanan minimum pada rangka mesin pembuat es krim adalah sebesar 6,5824. Dengan demikian faktor keamanan rangka mesin pembuat krim sudah memenuhi kriteria angka keamanan yang disarankan yaitu lebih besar dari angka 1,0.



Gambar 8. Safety Factor

3.1.2 Desain Mesin



Gambar 9. Mesin Pembuat Es Krim

Tabel1. Spesifikasi Mesin Pembuat Es Krim

No	Nama Bagian	Keterangan
1	Dimensi Mesin Pembuat Es Krim	P = 1000 mm, L = 700 mm, T = 1200 mm
2	Daya Motor Listrik	0,25 HP, Kecepatan Putaran 1400 rpm
3	Kapasitas	16 Liter
4	Rangka mesin : Tiang Utama Rangka Lantai/Dasar Rangka Atas Penyangga Tiang Utama	Besi Pipa Hitam Diameter 2,5 Inch Besi Hollow 40 mm x 60 mm Besi Kanal U 100 mm x 50 mm x 5 mm Besi Ulir Diameter 10 mm
5	Tabung Adonan	D = 220 mm, T= 435 mm, <i>Stainless Steel 304</i> , Kapasitas 16 L
6	Dudukan Pemutar Tabung	D = 240 mm, T = 100 mm, <i>Stainless Steel 304</i>
7	Bearing duduk	Diameter 20 mm
8	Belt	78 inch, Tipe A-78, <i>Rubber</i>
9	Pulley	Diameter 300 mm & 50 mm
10	Pengaduk	<i>Stainless Steel 304</i> & Plat Teflon
11	Bearing	Diameter inside 50 mm (2 pcs)
12	Penahan Es Batu	Diameter 240 mm, <i>Stainless Steel</i>
13	Kontrol Suhu	Omron E5CWL
14	Poros Penggerak	Besi Pipa Hitam Diameter 50 mm
15	Tabung Es	Tabung Plastik

3.1.3 Validasi Desain

Tabel 2. Hasil Validasi Validator 1

No.	Validator	Nilai	Persentase	Keterangan
1	Validator 1	$\frac{13}{16} \times 100 \%$	81,25 %	Sangat Layak
2	Validator 2	$\frac{15}{16} \times 100 \%$	93,75 %	Sangat Layak
3	Validator 3	$\frac{16}{16} \times 100 \%$	100 %	Sangat Layak
Persentase Akhir		$\frac{13+15+16}{48} \times 100 \%$	91 %	Sangat Layak

Setelah diketahui hasil penilaian rancangan desain mesin pembuat es krim oleh tiga validator dapat disimpulkan bahwa desain rancangan sangat layak karena dari ketiga validator mengatakan desain rancangan sangat layak dan memperoleh persentase akhir sebesar 91%.

3.2 Uji Keefektifan Mesin

Pengujian keefektifan mesin pembuat es krim dilakukan tiga kali pembuatan es krim menggunakan mesin pembuat es krim dengan variasi tiga kecepatan putaran mesin yang berbeda-beda. Pengujian ini menggunakan variabel kontrol yaitu, motor listrik kecepatan putaran 1400 rpm, volume adonan 11 liter, suhu -2°C, rasa es krim *strawberry*. Pada setiap pembuatan es krim akan dilakukan penilaian terhadap hasil es krim yang telah dibuat menggunakan angket uji kesukaan untuk menguji aspek rasa dan tekstur es krim kepada 25 panelis.

Tabel 3. Uji Keefektifan Mesin Lama

No	Kecepatan Putaran Mesin	Waktu Pembuatan (Menit)	Indikasi Hasil Es Krim (Tekstur)			Indikasi Hasil Es Krim (Rasa)		
			Tidak Suka	Suka	Sangat Suka	Tidak Suka	Suka	Sangat Suka
1	250 rpm	20 menit	0	6	19	0	5	20



Gambar 10. Hasil Es Krim Mesin Lama



Gambar 12. Hasil Es Krim Kecepatan Putar 250 rpm

Tabel 4. Uji Keefektifan Mesin Baru

No	Kecepatan Putaran Mesin	Waktu Pembuatan (Menit)	Indikasi Hasil Es Krim (Tekstur)			Indikasi Hasil Es Krim (Rasa)		
			Tidak Suka	Suka	Sangat Suka	Tidak Suka	Suka	Sangat Suka
1	280 rpm	22,24 menit	10	15	0	4	19	2
2	250 rpm	20,36 menit	0	17	8	0	12	13
3	230 rpm	18,17 menit	0	4	21	0	3	22



Gambar 11. Hasil Es Krim Kecepatan Putar 280 rpm



Gambar 13. Hasil Es Krim Kecepatan Putar 230 rpm

Pengujian keefektifan dalam penelitian ini bertujuan untuk membandingkan keefektifan mesin es krim lama dan mesin es krim baru. Serta membandingkan kecepatan putaran mesin mana yang cocok digunakan dalam proses pembuatan es krim. Proses pengujian ini menggunakan angket uji kesukaan yang telah diisi oleh 25 orang panelis.

Hasil dari uji keefektifan dari pengujian ini menunjukkan bahwa mesin es krim baru lebih efektif dari mesin es krim yang lama. Mesin lama membutuhkan waktu pembuatan 20 menit, sedangkan mesin es krim baru membutuhkan waktu 18 menit. Hasil ini menunjukkan mesin baru lebih efektif 2 menit dari mesin es krim yang lama.

Hasil pengujian variasi kecepatan putaran mesin yang diujikan terhadap mesin yang baru menunjukkan bahwa kecepatan putaran mesin 230 rpm adalah kecepatan putaran yang cocok digunakan untuk proses pembuatan es krim dan waktu pembuatannya lebih cepat. Kecepatan putaran mesin 230 rpm dari aspek tekstur 21 orang memilih sangat suka dari 25 orang, sedangkan untuk aspek rasa 22 orang memilih sangat suka dari 25 orang. Hasil ini menjadi hasil

yang paling baik jika dibandingkan dengan kecepatan putaran lainnya yaitu 250 rpm dan 280 rpm.

3.3 Uji Efisiensi Mesin

Pengujian efisiensi penelitian ini dari segi waktu, kapasitas, dan biaya. Pengujian efisiensi mesin pembuat es krim dilakukan dengan membandingkan kapasitas es krim yang dibuat selama satu jam antara mesin pembuat es krim lama dan mesin pembuat es krim baru. Pada perhitungan efisiensi hanya mengambil hasil terbaik dari pengujian variasi kecepatan yang telah dilakukan. Berikut adalah perhitungan efisiensi mesin pembuat es krim lama dan baru:

1. Waktu

$$\begin{aligned} Ef_1 &= \frac{(x_1 - y_1)}{x_1} \times 100\% \\ &= \frac{(20 \text{ menit} - 18 \text{ menit})}{20 \text{ menit}} \times 100\% \\ &= \frac{2 \text{ menit}}{20 \text{ menit}} \times 100\% \\ &= 10\% \end{aligned}$$

Efisiensi dari segi waktu mesin pembuat es krim yang telah dikembangkan lebih efisien 10% atau 2 menit lebih cepat waktu pembuatannya dari mesin es krim lama.

2. Kapasitas

$$\begin{aligned} Ef_2 &= \frac{(Va_2 \times \frac{60 \text{ menit}}{y_1}) - (Va_1 \times \frac{60 \text{ menit}}{x_1})}{(Va_1 \times \frac{60 \text{ menit}}{x_1})} \times 100\% \\ &= \frac{(11 \text{ liter} \times \frac{60 \text{ menit}}{18 \text{ menit}}) - (10 \text{ liter} \times \frac{60 \text{ menit}}{20 \text{ menit}})}{(10 \text{ liter} \times \frac{60 \text{ menit}}{20 \text{ menit}})} \times 100\% \\ &= \frac{36,67 \text{ liter} - 30 \text{ liter}}{30 \text{ liter}} \times 100\% \\ &= \frac{6,67 \text{ liter}}{30 \text{ liter}} \times 100\% \\ &= 22,23\% \end{aligned}$$

Efisiensi dari segi kapasitas mesin pembuat es krim yang telah dikembangkan lebih efisien 22,23% atau 6,67 liter lebih banyak dari mesin lama dalam satu jam.

3. Biaya listrik sekali pembuatan

- Mesin lama

$$\begin{aligned} W_u &= P \times t \\ W_u &= 373 \text{ W} \times 0,33 \text{ jam} \\ W_u &= 123 \text{ Watt jam} \\ W_u &= 0,123 \text{ kWh} \\ \text{Biaya} &= W_u \times \text{Tarif PLN per kWh (1444,7)} \\ \text{Biaya} &= 0,123 \times \text{Rp } 1444,7 \\ \text{Biaya} &= \text{Rp. } 177,70 \end{aligned}$$

- Mesin Pembuat Es Krim Baru

$$\begin{aligned} W_u &= P \times t \\ W_u &= 186,42 \times 0,3 \text{ jam} \\ W_u &= 55,92 \text{ Watt jam} \\ W_u &= 0,055 \text{ kWh} \\ \text{Biaya} &= W_u \times \text{Tarif PLN per kWh (1444,7)} \\ \text{Biaya} &= 0,055 \times \text{Rp } 1444,7 \end{aligned}$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp. } 79,45$$

$$\begin{aligned} Ef_3 &= \frac{\text{Biaya listrik mesin lama} - \text{Biaya listrik mesin baru}}{\text{Biaya listrik mesin lama}} \\ &\times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp. } 177,70 - \text{Rp. } 79,45}{\text{Rp. } 177,70} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp. } 98,25}{\text{Rp. } 177,70} \times 100\% \\ &= 55,29\% \end{aligned}$$

Efisiensi dari segi biaya mesin pembuat es krim yang dikembangkan lebih efisien 55,29% atau lebih hemat Rp. 98,25 dari mesin lama.

3.4 Uji Ergonomis Mesin

Uji keergonomisan dalam penelitian ini dilakukan dengan memberikan angket kepada dua orang pengguna mesin pembuat es krim untuk menilai apakah mesin yang dibuat aman dan nyaman digunakan dalam proses produksi. Berdasarkan hasil angket diketahui kedua pengguna mesin pembuat es krim memberikan nilai 100% atau mesin pembuat es krim yang dibuat aman dan nyaman digunakan dalam proses produksi.

Tabel 5. Hasil Uji Ergonomis Pengguna 1& 2

No.	Pengguna Mesin	Nilai	Persentase	Keterangan
1	Pengguna Mesin 1	$\frac{10}{10} \times 100\%$	100 %	Sangat Layak
2	Pengguna Mesin 2	$\frac{10}{10} \times 100\%$	100 %	Sangat Layak
Persentase Akhir		$\frac{10+10}{20} \times 100\%$	100 %	Sangat Layak

4. SIMPULAN

1. Desain rancangan mesin pembuat es krim telah dirancang dengan perhitungan-perhitungan pada tiap komponennya dan analisis pada rangkanya yang telah dinyatakan karena memperoleh nilai *safety factor* 6,5824 serta desain rancangan dinyatakan sangat layak oleh tiga validator dengan persentase akhir 91%.

Berikut spesifikasi Mesin Pembuat Es Krim:

- Daya motor : 0,25 HP
- Volume tabung adonan : 16 liter
- Kecepatan putaran : 230 rpm
- Dimesin mesin : 1000 x 700 x 1200 mm
- Waktu pembuatan : 18 menit
- Panjang sabuk : 78 inch/ Tipe A-78
- Pulley* : Diameter 300 mm & 50 mm

2. Kecepatan putaran 230 rpm adalah kecepatan paling baik digunakan dalam proses pembuatan. Keefektifan hasil menunjukkan kecepatan putaran 230 rpm memiliki hasil es krim paling disukai dari segi tekstur dan rasa.

3. Efisiensi waktu mesin yang telah dikembangkan 10% atau lebih cepat 2 menit dari mesin lama. Efisiensi kapasitas 22,23% atau 6,67 liter lebih banyak dari mesin lama. Efisiensi biaya listrik dalam sekali

pembuatan 55,29% atau Rp. 98,25 lebih hemat dari mesin lama.

4. Ergonomis mesin pembuat es krim yang dikembangkan sangat layak dan lebih baik dari mesin lama.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Muslim. 2017. Redesain Mesin Pemutar dan Revitalisasi Manajerial Pengusaha Es Krim di Medan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 23(3): 366-371
- Sugiyono.2015. *Metode Penelitian dan Pengembangan*.Edisi 1. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono.2016. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Edisi delapan. Bandung: Alfabeta.
- Suwahyo dan M. Khumaedi.2016. Penerapan Mesin Pemutar Untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kualitas Es Puter. *Jurnal Rekayasa* 14(1) : 47-54.
- Suyadi.Sunarto.dan Rachman, N. F. 2014. Rancang Bangun Mesin Pembuat Es Puter Dengan Pengaduk dan Penggerak Motor Listrik. *Jurnal Rekayasa Mesin* 9(2) : 41-46.