

RANCANG BANGUN RANGKA PENCETAK BAKSO DENGAN KAPASITAS 250 BUTIR/MENIT

Gusriady Syahputra^[1], Nazaruddin^[2] Herisiswanto^[3]
Laboratorium Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya km.12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

^[1]gusriady.syahputra1244@student.unri.ac.id, ^[2]nazaruddin.unri@yahoo.com^[3]heri_ft_unri@yahoo.co.id

Abstract

Meatball molding machine is a tool used to shape meatballs automatically by using electric motor power. The design stage is consists of needs analysis, preparation of product technical specifications, design of product concepts to produce alternative product concepts, which are then selected concepts to be made. From the form of the concept to be made, static analysis is carried out on the mechanical components of the meatball molding machine frame, which includes stress, deformation due to loading, safety factor and the number of welded wire. Static analysis was carried out in two ways, namely by manual calculation and finite element analysis using Autodesk Inventor 2016 Student Edition Software. Based on the results of the static analysis, the results of the maximum pressure was 0.5274 MPa on rod 1, 0.7031 MPa on rod 2. Deformation length was equal to 0.008721 mm on rod 1, 0.00116 mm on rod 2. The Safety factor was occurred 43.6 in stem 1, 32.7 in stem 2. The welding wire was used 8.635 sticks. The cutting time of the required frame components was 5.76 minutes.

Keywords: *meatballs machine, frame, stress, welding*

1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan teknologi hingga sekarang ini menghasilkan kehidupan masyarakat yang semakin efektif dan efisien, salah satunya adalah perkembangan teknologi di bidang kuliner bakso. Teknologi bidang ini diterapkan di bangunan manapun mulai dari bangunan industri skala besar, komersial hingga residensial (rumah tangga). Terlebih dengan kondisi kuantiti pembeli lebih tinggi dari pada kuantiti pada saat pembuatan bakso.

Sebelum mesin pencetak bakso dibuat, para pembuat bakso membentuk bakso secara manual dengan bantuan tangan untuk membentuk dimensi bakso, dengan cara ini memerlukan tenaga yang lumayan besar untuk membuat bakso dengan kuantitas yang banyak dan juga sangat membutuhkan waktu yang lama.

Seiring dengan perkembangan teknologi, hal yang dilakukan secara manual kini sudah perlahan-lahan menggunakan alat maupun teknologi agar proses yang dilakukan dapat lebih cepat dan hasil yang lebih baik. Dalam memproses suatu produksi untuk mencetak bakso menggunakan tangan atau secara manual membutuhkan waktu yang lama, untuk pembuatannya saja hanya sampai 80-100 butir bakso dengan diameter dan berat yang berbeda. Selain kurangnya efisien, pencetakan bakso menggunakan tangan kurang higienis dan diragukan kebersihannya.[1]

Dari kekurangan tersebut penelitian berkaitan dengan bagian rangka yang harus dapat menopang beban komponen yang ada pada rangka. maka rangka haruslah memiliki kriteria yang harus dapat menyangga beban dari elemen yang lain baik

secara langsung ataupun tidak langsung. Sehingga mendapatkan hasil rangka yang optimal dan efisien ketika mesin dioperasikan.

2. Metode

Metode penelitian yang dilakukan pertama kali yaitu perancangan permodelan alat yang akan dibuat dengan pertimbangan-pertimbangan dari segi perawatan alat dan proses produksi yang efisien.

Tahapan-tahapan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Studi pendahuluan

Merupakan tahap awal penelitian dimana kita akan menentukan topik permasalahan. Studi pendahuluan terbagi lagi menjadi studi pustaka dan studi orientasi

b. Tahap Studi Literatur

Tahapan ini merupakan tahapan mempelajari dan pendalaman konsep-konsep yang berkaitan dengan materi penelitian yang berasal dari beberapa sumber baik internet, buku, jurnal, dll.

c. Perumusan dan Batasan Perancangan

Tahapan ini merupakan tahapan untuk menentukan berbagai kebutuhan yang diperlukan dalam merancang mesin. Kebutuhan ini dapat berupa prasyarat yang dibutuhkan untuk merancang mesin maupun batasan-batasan dalam melakukan perancangan.

d. Penentuan Konsep Desain

Tahapan ini merupakan tahapan untuk menentukan konsep-konsep rancangan mesin berdasarkan prasyarat dan batasan dalam perancangan seperti yang telah dibahas sebelumnya. Hasil dari penentuan konsep ini berupa gambar sketsa rancangan.

e. Pemilihan Konsep Desain

Tahapan ini merupakan tahapan untuk menentukan konsep mana yang paling mungkin untuk dirancang. Pemilihan konsep ini didasarkan pada keinginan pengguna hasil rancangan ini nantinya.

f. Tahapan Analisa Statik

Tahapan ini merupakan tahapan untuk menganalisa struktur dari konsep yang telah dirancang sebelumnya. Analisa yang dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara perhitungan manual dan analisis elemen hingga menggunakan program *Autodesk Inventor 2016*.

g. Tahapan Gambar Teknik

Tahapan ini merupakan tahapan menggambar beberapa komponen (*part*) yang telah ditentukan pada proses sebelumnya sesuai dengan aturan gambar teknik

h. Tahap Pembuatan Alat

Tahapan ini merupakan tahapan pembuatan komponen (*part*) sesuai dengan aturan kerja dan keselamatan kerja.

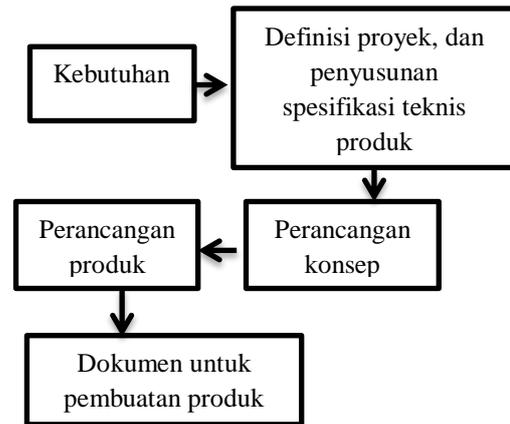
i. Tahap pembuatan Laporan

Tahapan ini merupakan tahapan akhir setelah semua proses dilakukan, sehingga dilakukan penyusunan laporan yang berisi tentang semua proses perancangan dan analisa statik ini sesuai dengan format yang telah dilakukan.

2.1 Perancangan

Berdasarkan bentuk objeknya, perancangan dapat dibagi menjadi tiga [2]. Yang pertama adalah perancangan asli, yaitu merupakan desain penemuan yang benar-benar didasarkan pada penemuan yang belum pernah ada sebelumnya. Yang kedua adalah pengembangan atau modifikasi, yaitu merupakan pengembangan produk yang sudah ada dalam rangka peningkatan efisiensi, efektivitas, atau daya saing untuk memenuhi tuntutan pasar atau tuntutan zaman. Selanjutnya yang ketiga adalah adopsi yaitu merupakan perancangan yang mengambil sebagian sistem atau seluruhnya dari produk yang sudah ada untuk penggunaan lain, dengan kata lain untuk mewujudkan alat mesin yang memiliki fungsi lain.

Berdasarkan bentuk objeknya, perancangan dapat dibagi menjadi tiga [3]. Yang pertama adalah perancangan asli, yaitu merupakan desain penemuan yang benar-benar didasarkan pada penemuan yang belum pernah ada sebelumnya. Yang kedua adalah pengembangan atau modifikasi, yaitu merupakan pengembangan produk yang sudah ada dalam rangka peningkatan efisiensi, efektivitas, atau daya saing untuk memenuhi tuntutan pasar atau tuntutan zaman. Selanjutnya yang ketiga adalah adopsi yaitu merupakan perancangan yang mengambil sebagian sistem atau seluruhnya dari produk yang sudah ada untuk penggunaan lain, dengan kata lain untuk mewujudkan alat mesin yang memiliki fungsi lain.



Gambar 1 Tahapan Perancangan [4]

Tahapan perancangan merupakan tahapan-tahapan dalam melakukan desain agar mendapatkan produk yang sesuai keinginan dan kegunaannya. Proses perancangan dilakukan berdasarkan perancangan deskriptif french, proses ini terdapat lima langkah utama, yaitu dengan menjabarkan kebutuhan, definisi proyek, perancangan konsep produk serta dokumen untuk pembuatan produk.

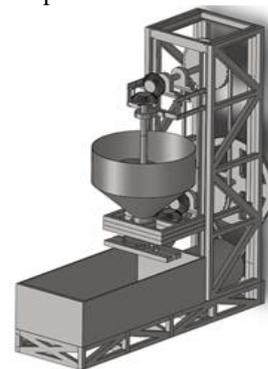
2.2 Konsep Rancangan Rangka Mesin Pencetak Bakso

Metode yang digunakan pada langkah ini adalah *Performance Specification Model*, yang terdiri dari :

- 1) Mempertimbangkan tingkatan-tingkatan solusi yang berbeda yang dapat diaplikasikan.
- 2) Menentukan tingkatan untuk beroperasi.
- 3) Identifikasi atribut-atribut performansi yang diinginkan
- 4) Menentukan kebutuhan performansi untuk setiap atribut (Rosnani Ginting, 2010) [5].

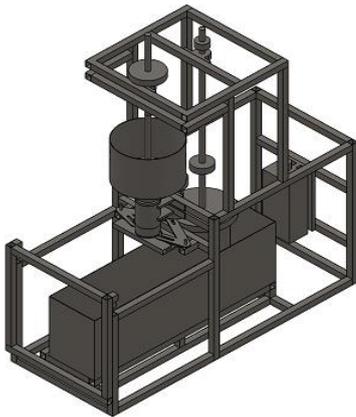
Sebelum dilakukan pembuatan rangka mesin pencetak bakso, Pertama sekali dilakukan perancangan rangka mesin pencetak bakso dengan menggunakan *Autodesk Inventor*. Dan Perancangan struktur rangka, ada 2 konsep rancangan dapat dilihat pada gambar 2 dan 3 yang dibuat oleh tim.

a. Konsep 1



Gambar 2 Konsep 1

- b. Konsep 2
Dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3 Konsep 2

Setelah dilakukan variasi konsep rancangan maka langkah selanjutnya adalah kriteria perbandingan, maka dapat dibuat matrik pengambil keputusan seperti yang di perlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kriteria Seleksi

No	Kriteria seleksi	Konsep		
		bobot	1	2
1	Dimensi yang proposional	6	4	5
2	Kuat dan tahan lama	6	4	5
3	Harga yang relatif murah	6	4	5
4	Kemungkinan dipasarkan	6	6	6
Total		18	21	

Dari matrik pengambilan keputusan, maka konsep yang memiliki skor tertinggi adalah konsep 2, sehingga konsep ini lah yang akan dikembangkan selanjutnya menjadi prototipe rangka mesin pencetak bakso.

2.3 Analisa Struktur Dengan Perhitungan Manual

Analisis struktur dimulai dengan menentukan gaya yang bekerja pada struktur. Terdapat gaya yang bekerja pada struktur, yaitu gaya karena berat sendiri [6]. Setelah diketahui berat sendiri maka dilakukan perhitungan gaya. Kemudian selanjutnya menentukan tegangan maksimum yang terjadi dengan menggunakan persamaan no 1 [7] berikut:

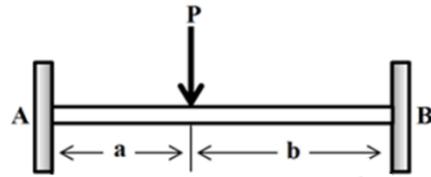
$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2} \quad (1)$$

Dimana :

- σ_{max} = Tegangan maksimum (N/m²)
- σ_x = Tegangan pada arah sumbu-x (N/m²)
- σ_y = Tegangan pada arah sumbu-y (N/m²)
- τ_{xy} = Tegangan geser pada bidang xy (N/m²)

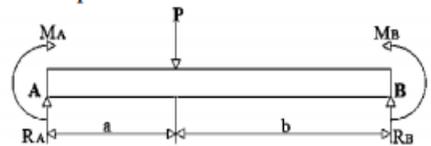
Defleksi yang terjadi dipengaruhi oleh bentuk, pembebanan dan material *beam*. Gambar 4 menunjukkan suatu pembebanan dengan 2 tumpuan

jepit sebagai tumpuannya .



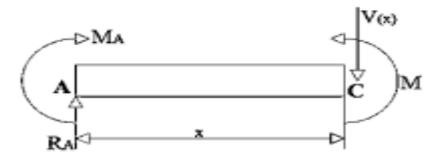
Gambar 4 Beam Dengan 2 Tumpuan Jepit

Diagram benda bebas tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram Benda Bebas *Beam* Dengan 2 Tumpuan Jepit

Selanjutnya kita Gambarkan diagram benda bebas bagian potongan *Beam* AC pada panjang x adalah $0 \leq x \leq a$, seperti yang dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram Benda Bebas potongan *Beam* AC

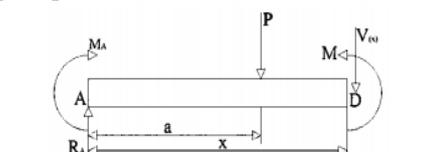
Dari Gambar 6 diatas dapat ditentukan nilai M, yaitu :

$$\begin{aligned} M &= EI \frac{d^2y}{dx^2} = M_A + R_A x \\ EI \frac{dy}{dx} &= M_A x + \frac{1}{2} R_A x^2 + c_1 \\ EI y &= \frac{1}{2} M_A x^2 + \frac{1}{6} R_A x^3 + c_1 x + c_2 \quad (2) \end{aligned}$$

Dimana :

- M = Momen bending (N.m)
- E = Modulus elastisitas (Gpa)
- I = Momen inersia (m⁴)
- RA = Reaksi tumpuan pada titik A (N)
- y = Deformasi yang terjadi (mm)

Selanjutnya gambarkan diagram benda bebas bagia potongan AD pada panjang x adalah $a \leq x \leq L$, seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram Benda Bebas *Beam* AD

Dari Gambar diatas dapat ditemukan nilai M, yaitu :

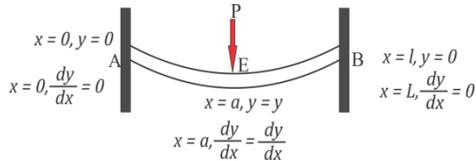
$$M = EI \frac{d^2y}{dx^2} = M_A + R_A x - P(x - a)$$

$$EI \frac{dy}{dx} = M_A x + \frac{1}{2} R_A x^2 - \frac{1}{2} P(x-a)^2 + c_3$$

$$EI y = \frac{1}{2} M_A x^2 + \frac{1}{6} R_A x^3 - \frac{1}{6} P(x-a)^3 + c_3 x + c_4$$

(3)

Selanjutnya tetapkan kondisi batas yang terjadi pada *Beam*, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Penetapan Kondisi Batas

Lalu masukan kondisi batas tersebut kepersamaan untuk potongan AC dan AD, maka didapatkan nilai :

$$M_A = \frac{Pb^3 - Pb^2(a+b)}{L^2}$$

$$M_A = -\frac{Pab^2}{L^2} \quad (4)$$

Reaksi tumpuan titik A :

$$R_A = \frac{Pb^2L + 2Pab^2}{L^3} = \frac{Pb^2(a+b) + 2Pab^2}{L^3}$$

$$R_A = \frac{Pb^2(3a+b)}{L^3} \quad (5)$$

Defleksi maksimal yang terjadi pada *Beam* :

$$EI y = \frac{1}{2} M_A a^2 + \frac{1}{6} R_A a^3$$

$$y = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{2} M_A a^2 + \frac{1}{6} R_A a^3 \right) \quad (6)$$

2.4 Proses Pemotongan Rangka

Proses pemotongan rangka dilakukan guna mendapatkan ukuran benda kerja sesuai yang di inginkan sebagaimana hasil desain yang sudah ditentukan. Proses pemotongan rangka ini adalah baja *hollow* dengan ukuran 30 x 30 x 20 mm panjang 6000 mm 1 batang. Dalam pembuatan rencana pemotongan bahan, didasarkan pada identifikasi kebutuhan bahan untuk pembuatan rangka.

$$Tm = \frac{tg \times l \times tb}{sr \times n}$$

Dimana :

- n = Putaran mesin (rpm)
- Tm = waktu pengerjaan (menit)
- Tg = tebal mata gerinda (mm)
- l = Panjang bidang pemotongan (mm)
- tb = Ketebalan benda kerja (mm)
- Sr = Ketebalan Pemakanan (mm/putaran) [8]

2.5 Perhitungan Batang Kawat Las

Proses penyambungan pada bahan dilakukan salah satunya yaitu dengan cara pengelasan. Proses pengelasan ialah proses penyatuan logam melalui pencairan bahan dasar dengan tujuan agar kedua bahan tersebut dapat menyatu. pemilihan jenis

material juga perlu diperhatikan sesuai dengan fungsinya. Dalam kawat baja dilas, kawat elektroda dibagi menjadi elektroda untuk baja lunak, tinggi baja karbon, baja paduan, besi cor, dan logam non-ferrous. Bahan elektroda harus memiliki yang sama sifat logam [9]. Untuk mengetahui berapa banyak batang kawat las yang dibutuhkan dapat dilihat pada rumus sebagai [10] berikut :

mencari volume batang :

$$V_{\text{batang}} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

volume pengelasan :

$$V_{\text{Pengelasan}} = V \times \text{Panjang sambungan pengelasan}$$

Maka kawat las yang dibutuhkan adalah :

$$\frac{\text{berat logam las}}{\text{berat elektroda perbatang}}$$

2.6 Analisis Elemen Hingga

Analisis elemen hingga dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Autodesk Inventor 2016*. Adapun proses analisis tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

1. Pemilihan material
2. Proses *meshing*
3. Penetapan *constraint*
4. Penetapan beban
5. Jalankan simulasi program

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Hitungan Secara Teoritis

$$\text{Massa Total} = 21,71 \text{ kg} + 0,77 \text{ kg}$$

$$= 22,48 \text{ kg}$$

$$\text{Beban (F)} = m \cdot g$$

$$= 22,48 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 220,52 \text{ kg m/s}^2$$

$$= 220,52 \text{ N}$$

$$F_A = F_B = \frac{Fb^2(3a+b)}{L^3}$$

$$= \frac{(220,52 \text{ N})(0,0625 \text{ m}^2)(0,75 \text{ m} + 0,25 \text{ m})}{0,125 \text{ m}^3}$$

$$= 110,26 \text{ N}$$

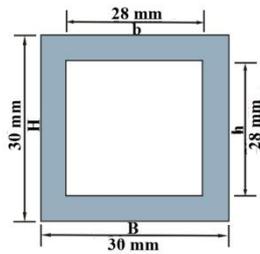
$$M_A = M_B = -\frac{F a \cdot b^2}{L^2}$$

$$= -\frac{(220,52 \text{ N})(0,25 \text{ m})(0,0625 \text{ m}^2)}{(0,25 \text{ m}^2)}$$

$$= -13,7825 \text{ N.m}$$

Berdasarkan dimensi pada gambar rancangan, maka diketahui nilai dari $L = 0,5 \text{ m}$ pada profil *Hollow 30 x 30 t = 2 mm* untuk Gambar 9.

Luas permukaan dimana gaya bekerja adalah :



Gambar 9 Profil Hollow

Nilai Momen Inersia :

$$I = \frac{1}{12}bh^3 - \frac{1}{12}b'h'^3$$

$$I = 2,94 \cdot 10^{-8} m^4$$

defleksi maksimum yang terjadi pada batang adalah :

$$y = \frac{L^2}{48EI} (6M_J + f_J L)$$

$$y = \frac{(0,5m)^2}{48(210 \cdot 10^9)2,94 \cdot 10^{-8}} \{6(13,7825 N \cdot m) + 110,26 N(0,5 m)\}$$

$$y = 1,16 \cdot 10^{-5} m$$

tegangan permukaan yang terjadi adalah :

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I} = \frac{M(\frac{h}{2})}{I} = \frac{Mh}{2I}$$

$$\sigma_x = \frac{13,7825 N \cdot m \cdot 0,03 m}{2(2,94 \cdot 10^{-8} m^4)}$$

$$\sigma_x = 7031887,7 N/m^2$$

Persamaan tegangan maksimum Dimana $\sigma_y = 0$ untuk analisa dua dimensi. Maka tegangan maksimal adalah :

$$\sigma_{max} = \frac{7031887,7 N/m^2 - 0}{2} + \sqrt{\left(\frac{7031887,7 N/m^2 - 0}{2}\right)^2}$$

$$\sigma_{max} = 7031887,7 N/m^2$$

Untuk safety factor nya adalah :

$$sf = \frac{230000000 N/m^2}{7031887,7 N/m^2}$$

$$= 32,7$$

3.2 Analisis Struktur

Berdasarkan diagram alir untuk perhitungan manual dan analisis elemen hingga, maka didapatkan hasil struktur seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Analisis Struktur

No	Hasil Analisis	Bagian yang dianalisis		
		Batang 1	Batang 2	
1	Displacement (mm)	Perhitungan Manual Analisis Elemen Hingga	0,008721	0,00116
		Perhitungan Manual Analisis Elemen Hingga	0,005788	0,03856
2	Tegangan Maksimal	Perhitungan Manual Analisis Elemen Hingga	0,5274	0,7031
		Perhitungan Manual Analisis Elemen Hingga	0,9075	1,536

	Elemen Hingga Perhitungan Manual Analisis Elemen Hingga		
3	Safety Factor	43,6	32,7
		15	15

Hitungan Proses Pemotongan

waktu pemotongan adalah sebagai berikut :

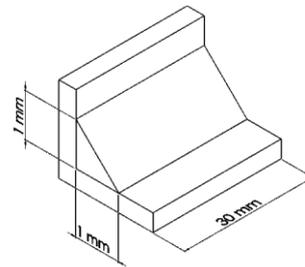
$$Tm = \frac{2 mm \times 30m \times 30 mm}{2 mm/putaran \times 11000} = 0,08 \text{ menit}$$

Hitung Batang Kawat Las

$$V_{batang} = \pi \cdot r^2 \cdot t = 3,14 \cdot (1,3)^2 \cdot 300 mm = 1,59198 mm^3$$

$$p = \frac{m}{v} = \frac{13 gram}{1,59198} = 8,16 \text{ gram/mm}^3$$

Selanjutnya mencari volume pengelasan dengan rumus sebagai berikut :



Gambar 10 Titik Pengelasan

Luas Area :

$$A = \frac{1}{2} \times a \times t = \frac{1}{2} \times 1 mm \times 30 mm = 15 mm^2$$

$$V_{Pengelasan} = A \times \text{panjang sambungan pengelasan} = 15 mm^2 \times 30 mm = 450 mm^3 = 0,45 cm^3$$

Berat Logam Las :

$$= V \times \text{massa jenis kawat} = 0,45 cm^3 \times 6,99 \text{ gram/cm}^3 = 3,14 \text{ gram}$$

Maka kawat las yang dibutuhkan adalah :

$$= \frac{\text{berat logam las}}{\text{berat elektroda perbatang}} = \frac{3,14 \text{ gram}}{20 \text{ gram}} = 0,157 \text{ (untuk satu batang pengelasan)}$$

3.3 Pembahasan

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat adanya perbedaan antara perhitungan manual dengan analisis elemen hingga. Perbedaan ini dapat dilihat disemua elemen yang dianalisis. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai momen inersia pada perhitungan manual dengan analisis elemen hingga. Pada perhitungan manual, pelat dianggap solid dan dianggap tidak ada lubang-lubang kecil untuk baut sehingga nilai momen inersianya akan lebih besar dari analisis elemen hingga yang analisisnya menggunakan kondisi sebenarnya dari pelat. Perbedaan hasil perhitungan juga disebabkan oleh pembulatan nilai desimal yang dilakukan pada perhitungan manual, sehingga hasil perhitungannya tidak begitu akurat. Kemudian untuk hasil *Safety factor* dapat dilihat dari nilai elemen yang dianalisis, hal ini menunjukkan bahwa hasil rancangan aman untuk digunakan karena nilai *safety factor* yang didapat besar dari 1. Untuk hasil dari proses pemotongan dan kebutuhan batang kawat las dapat diketahui proses lama pengerjaan untuk membuat rangka dan jumlah batang kawat yang digunakan. Hal ini berguna dalam perencanaan desain yang telah ditentukan.

4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan analisis statik rangka pencetak bakso dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rancangan Rangka menggunakan baja profil *hollow*.
 - a. Struktur rangka menggunakan baja hollow 30 mm x 30 mm x 2 mm.
 - b. Ukuran mesin panjang 1263 mm x lebar 500 mm x tinggi 1305 mm.
2. Dari hasil analisis *displacement*, tegangan maksimal, serta *safety factor*, didapatkan kesimpulan *displacement* di dapatkan hasil pada batang 1 adalah 0,005788 dan pada batang 2 adalah 0,03856. Tegangan Maksimal pada batang 1 adalah 0,9075 dan pada batang 2 adalah 1,536. Kemudian untuk hasil *safety factor* dilihat dari nilai yang paling terkecil. Pada *software inventor* nilai terkecil pada batas aman *safety factor* adalah 12. Hal ini dikarenakan beban yang diterima pada bagian batang tidak besar sehingga nilai *safety factor* nya besar. Maka konsep rancangan masih dalam batas aman dengan mengacu pada hasil perhitungan analisis manual.
3. Pada proses pemotongan ini digunakan mesin gerinda sebagai alat untuk memotong bagian rangka menjadi beberapa komponen. Waktu yang digunakan untuk 1 kali pemotongan adalah Pada rancangan mesin pencetak bakso pemotongan dilakukan sebanyak 72 kali dimana total waktu pemotongan yang dibutuhkan adalah 5,76 menit.

4. Kawat las yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 0,157 batang untuk satu batang pengelasan. Pada rancangan mesin pencetak bakso pengelasan dilakukan pada 55 titik dimana kesusruhan kawat las yang digunakan untuk menyambung rangka adalah sebanyak 8,635 batang.

Daftar Pustaka

- [1] Aminy, Ahmad Yusran. 2013. *Rancang Bangun Mesin Pencetak Bakso*. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- [2] Epsito and Thrower.R.J., 1991.*Machine Design*, New York Delmar Publisher,Inc.
- [3] Hatamura, Y. and Yamamoto, Y. 1999. *The Practice of MachineDesign*. New york: Oxford University.
- [4] Harsokoesoemo, Darmawan. 2004. *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk) Edisi II*. Bandung: ITB.
- [5] Ginting, R. 2010. *Perancangan Produk*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Wiratmaja, I.G.N. 2005. *Bahan Kuliah MS2214 Elemen Mesin I*. Bandung : Lab. Perancangan Mesin, Departemen Teknik Mesin ITB.
- [7] Liong, The Houw dan Nainggolan. 1987. *Mechanic for Engineers: Statics and Dynamic, fourth edition*. Oleh Ferdinand P. Beer and E. Russell Johnston, Jr. Jakarta: Erlangga.
- [8] Widarto, Teknik Pemesinan Jilid 2 untuk SMK. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008. Jakarta.
- [9] Munawar, 2018. *The Effects of Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Welding On The Mechanical Characteristics With Heating Treatment inn S45c Steel*.
- [10] Ir. Darmayadi (T.T). *Kebutuhan Kawat Las*. Pt. Adhireksa Inticor Specialist In Welding Consumables Supply.