

Perancangan Mesin Pembuat Pelet Apung Berbahan Maggot Berkapasitas 20 Kg/Jam dengan Metode TRIZ

Adnan Rakhmadi Ramadhan¹, Devi Eka Septiyani², Heri Widiatoro³

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail : adnan.rakhmadi.tpkml7@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail : devi.eka @polban.ac.id

³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail : heri.widiatoro@polban.ac.id

ABSTRAK

Maggot atau larva lalat black soldier dapat dimanfaatkan untuk pakan ikan dikarenakan tingginya kandungan protein. Kebanyakan pembudidaya maggot menjual produk hasil budidaya mereka dalam bentuk maggot kering dan maggot beku. Konsumen dari badan budidaya ini beberapa diantaranya adalah peternak ikan yang menggunakan maggot ini sebagai suplemen tambahan untuk memenuhi kebutuhan protein ikan yang tidak diberikan setiap hari. Untuk menambah nilai jual dari maggot muncul gagasan untuk mengolah terlebih dahulu maggot menjadi pelet apung agar nutrisi ikan dapat terpenuhi seutuhnya. Pelet apung merupakan pakan ikan yang terbuat dari campuran tepung, air, dan sumber protein sehingga memiliki kandungan gizi yang lengkap bagi ikan. Gagasan tersebut dapat diwujudkan dengan dibuat rancangan mesin pembuat pelet apung berbahan maggot. Rancangan akan dibuat dengan metode perancangan TRIZ (*Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadath*) dan Pahl and Beitz dengan luaran berupa hasil rancangan. Hasil dari penelitian ini adalah rancangan dari mesin pembuat pelet apung yang mencakup fungsi pengadukan, ekstrusi, pemanasan, dan pemotongan. Kapasitas kasar mesin 24 kg/jam, luaran berupa pelet apung kering berbentuk bola dengan ukuran 5 mm, menggunakan energi listrik sebagai sumber energinya, konsumsi daya maksimal 1100 watt, dan total biaya produksi mesin senilai Rp. 5.686.020.

Kata Kunci

Perancangan, Maggot, Pelet, TRIZ

1. PENDAHULUAN

Maggot atau larva Black Soldier Fly (BSF) banyak dibudidayakan karena banyaknya manfaat yang dapat diperoleh salah satunya pada bidang peternakan. Penggunaan maggot sebagai pakan ternak banyak digunakan dikarenakan tingginya kandungan protein. Fahmi, dkk. [1] melakukan riset mengenai kandungan gizi yang terdapat pada maggot usia 6-7 hari yakni protein: 60,2%; lemak: 13,3%; abu: 7,7%; karbohidrat: 18,8%. Penggunaan maggot sebagai suplemen ikan ini terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan ikan.

PT. Prabu adalah salah satu perusahaan di Kota Tangerang yang membudidayakan maggot untuk dipasarkan kepada UMKM peternakan ikan khususnya di Provinsi Banten. Berdasarkan informasi yang didapat dari wawancara dengan salah satu pengelola PT. Prabu, Produk maggot yang dihasilkan adalah maggot berusia siap panen (sudah dewasa dan belum memasuki fase pupa) yakni ~14 hari dan dijual dalam 2 variasi yakni maggot kering dan maggot segar yang dibekukan.

UMKM konsumen mayoritas menggunakan maggot sebagai suplemen pakan ikan untuk memenuhi kandungan protein ikan. Untuk menambah nilai jual dari maggot PT. Prabu, disarankan agar menjual maggot

dalam bentuk pelet yang sudah dicampurkan dengan bahan tambah lain agar gizi ternak dapat terpenuhi sepenuhnya.

Pelet apung adalah pakan ikan yang terbuat dari campuran tepung, sumber protein, dan air yang berbentuk bola dengan diameter tertentu dan kering sehingga dapat mengapung diatas permukaan air. Mengacu pada standar SNI tahun 2006, kandungan dari pelet apung yakni protein berkisar 20-35%, lemak berkisar 2-10%, abu kurang dari 12%, dan kadar air kurang dari 12% [2]. Sumber lain mengatakan agar dapat mengapung diatas permukaan air, kandungan air pada pelet apung yakni berkisar 10%-15% [3].

Tujuan dari perancangan ini yakni untuk menciptakan solusi dari gagasan tersebut yakni merancang mesin khusus untuk membuat pelet apung berbahan maggot dengan kapasitas 20 kg/jam. Produk sejenis sudah ada dipasaran, namun peruntukannya universal, tidak ada fungsi pengadukan, menggunakan motor diesel, dan ukurannya cenderung besar. Rancangan akan dibuat dengan alur metode perancangan Pahl and Beitz dan metode TRIZ (*Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadath*) untuk menemukan solusi dari kontradiksi yang didapatkan dari konsep rancangan awal pada tahapan

kedua metode Pahl and Beitz, yakni perancangan konsep.

2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan untuk proses perancangan alat ini menggunakan metode Pahl and Beitz secara alur pengerjaannya dan metode TRIZ untuk memecahkan masalah berupa kontradiksi pada tahap perancangan konsep. Alur pengerjaan menurut metode Pahl and Beitz yakni dimulai dengan perencanaan, perancangan konsep, perancangan detail, dokumentasi, dan prototype [4]. Alur pengerjaan yang dilakukan hanya sampai tahap 4 karena luaran hanya sampai hasil rancangan. Untuk proses TRIZ penjelasannya sebagai berikut [5]:

2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan mengkaji permasalahan spesifik yang ada pada konsep rancangan awal. Keluaran dari identifikasi masalah spesifik berupa kontradiksi antara *worsening feature* dan *improving feature* yang kemudian di konversi menjadi masalah umum sesuai dengan kondisi yang paling mirip dengan *39 Parameters*.

2.2 Identifikasi Potensi Solusi

Identifikasi dilakukan dengan bantuan *tools* matriks kontradiksi, matriks mempertemukan antara *improving feature* dan *worsening feature* yang sudah ditentukan. Keluaran yang didapatkan yakni 2-4 potensi solusi dari *40 Invention Principles*.

2.3 Pilih solusi terbaik

Hasil potensi solusi yang didapatkan kemudian dikaji mana yang paling efektif dalam menyelesaikan masalah yang ditentukan di awal. Apabila sudah ditemukan yang paling efektif kemudian dapat lanjut ke tahapan selanjutnya, apabila belum, dapat dikaji ulang lagi salah satu dari 2-4 potensi solusi yang didapatkan.

2.4 Implementasi Solusi

Hasil kajian solusi yang dinilai paling efektif kemudian diterapkan dalam menyelesaikan masalah pada sistem yang sudah ditentukan di awal.

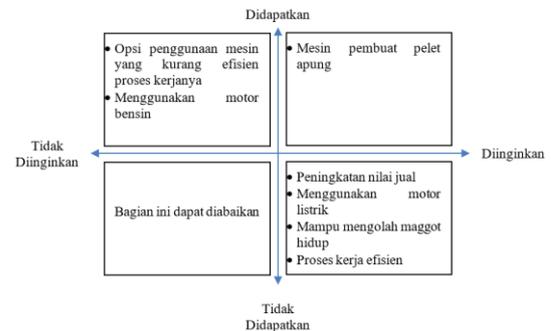
Bagian awal dari penyelesaian masalah kontradiksi dengan metode TRIZ perlu dibuat terlebih dahulu konsep rancangan menggunakan metode Pahl and Beitz.

3. HASIL

3.1 Perencanaan

Perencanaan dilakukan untuk menentukan daftar tuntutan dari mesin yang akan dirancang. Hal yang

dilakukan yakni observasi, wawancara, dan diskusi dengan salah satu pengelola PT. Prabu. Hasil dari kegiatan tersebut digambarkan pada *customer windows* dibawah.



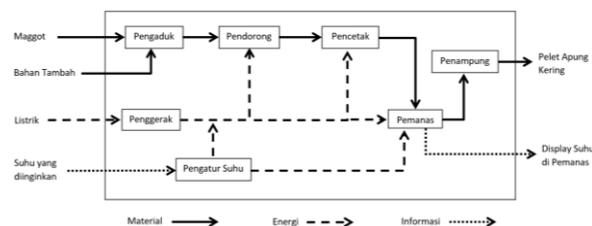
Gambar 1. *Customer Windows*

Dari customer windows tersebut dapat ditarik daftar tuntutan yakni sebagai berikut :

1. Mesin dapat membantu proses pembuatan pelet apung yakni pengadukan adonan, pencetakan, dan pengeringan.
2. Mesin dapat membuat pekerjaan menjadi efisien
3. Kapasitas produksi 20 Kg/Jam
4. Material yang bersentuhan dengan bahan baku menggunakan material food grade
5. Menggunakan sumber tenaga listrik
6. Mesin dapat mengolah adonan maggot segar
7. Mesin menghasilkan pelet apung kering dengan ukuran diameter pelet 5 mm

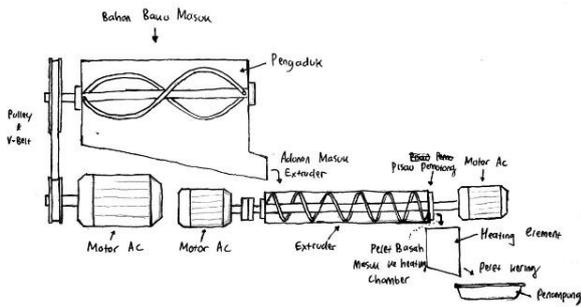
3.2 Perancangan Konsep

Fungsi Utama dari alat ini adalah untuk memproses bahan baku berupa maggot dan bahan tambah lainnya menjadi pelet apung kering. Fungsi bagian dari alat ini digambarkan pada gambar dibawah



Gambar 2. *Black Box*

Setelah ditentukan fungsi bagian kemudian dibuat konsep rancangan awal menggunakan metode pahl and beitz.



Gambar 3. Konsep Rancangan Awal

Konsep rancangan tersebut kemudian diterapkan proses triz dimulai dengan identifikasi masalah. Masalah yang didapatkan yakni:

1. Mesin memiliki banyak fungsi bagian guna mendukung keefisienan namun menyebabkan dimensi mesin menjadi besar
2. Hampir tiap fungsi bagian memerlukan penggerak berupa motor listrik sehingga banyak diperlukan motor listrik.

Masalah tersebut kemudian ditranslasikan menjadi masalah umum berdasarkan 39 Parameters.

Tabel 1. 39 Parameters

| Rangkuman Masalah spesifik | Masalah Umum | |
|----------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| | Improving Feature | Worsening Feature |
| Banyaknya bagian mesin | 39. Productivity | 6. Area of Stationary |
| Butuh banyak motor listrik | 27. Reliability | 16. Duration of Action by a Stationary Object |

Masalah umum tersebut kemudian ditemukan solusinya dengan contradiction matrix dibawah. Solusi yang dipilih ditandai dengan lingkaran merah.

Tabel 2. Contradiction Matrix

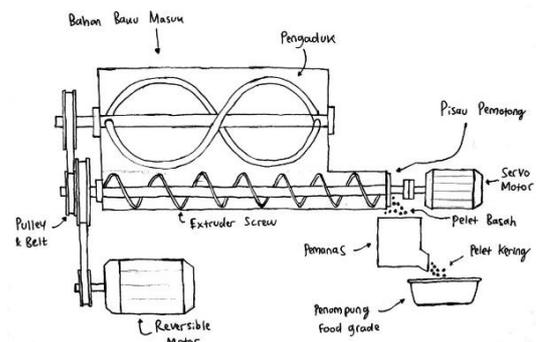
| | | | |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|--------|
| Worsening Features | 6. Area Of Stationary | 16. Duration of Action by a Stationary Object | |
| | | | |
| Improving Features | 39. Productivity | 10 (15) | |
| | | 17 (7) | |
| | 27. Reliability | | (6) 27 |
| | | | 34 40 |

Dari tabel kontradiksi maka didapatkan solusi spesifik dengan penjelasan sebagai berikut:

6. *Universality* : Buat part atau objek untuk menjalankan beberapa fungsi.
7. *Nested Doll* : letakan suatu objek didalam objek yang lainnya
15. *Dynamics* : biarkan atau rancang agar karakteristik dari objek, kondisi eksternal, atau proses agar mendapatkan kondisi pengoperasian yang optimal.

Setelah didapatkan solusi kemudian dilakukan implementasi dan didapatkan konsep rancangan yang dapat dilihat pada Gambar 4. Implementasi dari solusi umum tersebut yakni:

6. *Universality* : motor listrik untuk fungsi menggerakkan pengaduk dan menggerakkan extruder screw menggunakan 1 motor listrik yang sama.
7. *Nested Doll* : extruder screw terletak didalam wadah pengaduk.
15. *Dynamics* : untuk fungsi menggerakkan pengaduk dan extruder screw digunakan motor listrik reversible atau dapat bergerak dengan arah putaran clockwise dan counter-clockwise.



Gambar 4. Konsep Rancangan Hasil Proses TRIZ

3.3 Perancangan Detail

a. Perhitungan volume wadah

Volume wadah ditentukan dengan terlebih dahulu menentukan kapasitas mesin yakni 20 kg/jam dan kapasitas sekali proses yakni 10 kg. Diketahui massa jenis dari adonan pelet menurut penelitian oleh triwissaka [6] yakni 840 kg/m³. Maka volume wadah dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$V_{wadah} = \frac{Q_{pengaduk}}{\text{Padanan}} = \frac{10 \text{ kg}}{840 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{wadah} = 0,0119 \text{ m}^3$$

b. Perhitungan gaya pengadukan

Kecepatan pengaduk perlu ditentukan sebelum menghitung gaya pengadukan. Kecepatan pengadukan

ideal bagi adonan tepung yakni 64 rpm selama 8 menit menurut hasil penelitian Abdul Rahman Wahid, dkk [7]. Selain kecepatan pengaduk data berikut juga diperlukan untuk menentukan gaya pengadukan

| | |
|-------------------------------------------------------|-------------------------|
| Drag coefficient (Cd) | : 1,2 |
| Massa jenis adonan (ρ) | : 840 kg/m ³ |
| Kecepatan pengaduk (v) | : 0,5 m/s |
| Luas penampang pengaduk yang kontak dengan adonan (A) | : 0,93 m ² |

Penghitungan gaya pengadukan menggunakan rumus berikut :

$$Fd = \frac{1}{2} \times Cd \times \rho \times v^2 \times A$$

$$Fd = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 840 \times 0,5^2 \times 0,93$$

$$Fd = 117,2 \text{ N}$$

c. Perhitungan Kecepatan Screw Conveyor

Perhitungan kecepatan screw conveyor dilakukan agar didapat putaran yang dapat memenuhi kapasitas yang ditentukan. Data yang diperlukan untuk menghitung kecepatan screw conveyor yakni:

| | |
|------------------------------------------|----------------------------------|
| Kapasitas Ekstrusi (m) | : 50 kg/jam |
| Berat Jenis Adonan (W) | : 840 kg/jam |
| Kapasitas Screw Conveyor per rpm (C/rpm) | : 0,033 ft ³ /jam/rpm |

Perhitungan putaran ekstrusi menggunakan rumus berikut :

$$N = \frac{v}{C/rpm}$$

Nilai v dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah:

$$v = \frac{m}{w}$$

$$v = \frac{50}{840}$$

$$v = 0,06 \frac{m^3}{jam} = 2,1 \text{ ft}^3/jam$$

Setelah didapat nilai v maka kecepatan putaran screw conveyor (N) dapat dihitung dengan persamaan dibawah:

$$N = \frac{2,1}{0,033}$$

$$N = 63,9$$

$$N \approx 64 \text{ rpm}$$

d. Perhitungan kecepatan pemotongan

Pemotongan direncanakan untuk memotong adonan yang keluar dari dies berbentuk bola dengan diameter 5mm berjumlah 8 dengan 2 bilah mata pisau. Kapasitas mesin sekali proses adalah 10 kg, maka agar dapat mencapai kapasitas mesin 20 kg/jam, kapasitas ekstrusi harus mencapai 40 kg/jam dengan asumsi dalam sekali proses waktu ekstrusi yang diperlukan yakni 15 menit. Untuk menghitung kecepatan yang diperlukan untuk pemotongan diperlukan data sebagai berikut :

| | |
|------------------|-----------------|
| Kecepatan adonan | : 1270 mm/menit |
| Jumlah pisau | : 2 |
| Diameter adonan | : 5 mm |

Perhitungan kecepatan putaran menggunakan rumus berikut :

$$n_p = \frac{\text{kecepatan adonan}}{\text{jumlah pisau} \times \text{panjang adonan}}$$

$$n_p = \frac{1270 \text{ mm/menit}}{2 \times 5 \text{ mm}}$$

$$n_p = 127 \text{ rpm}$$

e. Perhitungan kebutuhan heating element

Fungsi pemanasan akan digunakan heating element berupa heating band yang akan memanaskan adonan hingga suhu 80°C dikarenakan pada suhu 70°C-90°C adonan akan mengalami gelatinisasi yang menyebabkan adonan tidak pecah saat keluar dari dies [8]. Menghitung daya heating element yang dapat memenuhi kebutuhan diperlukan data sebagai berikut:

| | |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|
| Laju aliran ekstrusi (m) | : 0,0111 kg/s |
| Kalor spesifik adonan (Cp) | : 5,5336 kJ/kg.K |
| Massa barrel (m) | : 0,7 kg |
| Kalor spesifik stainless steel (Cp) | : 0,46 W |
| Koefisien konveksi heater (kuningan) (hc) | : 6,5 W/m ² .C |
| Luas Penampang Heater (A) | : 8,9x10 ⁻³ m ² |
| Suhu Awal (T1) | : 293 K |
| Suhu Akhir (T2) | : 353 K |
| Waktu Pemanasan | : 300 detik |

Keperluan kalor untuk memanaskan adonan dihitung dengan rumus berikut :

$$Qa = m \times Cp \times \Delta T$$

$$Qa = 0,0111 \times 1,08 \times (353 - 293)$$

$$Qa = 0,719 \text{ kW} = 719 \text{ watt}$$

Keperluan kalor untuk memanaskan barrel dihitung dengan rumus berikut :

$$Qb = m \times Cp \times \Delta T$$

$$Qb = 0,7 \times 0,46 \times (353 - 293) = 19,32 \text{ kJ}$$

$$Qb = \frac{19,32 \text{ kJ}}{300}$$

$$Q_b = 0,064 \text{ kW} = 64 \text{ W}$$

Untuk menghitung kalor yang terbuang ke udara menggunakan rumus berikut:

$$Q_c = hc \times A \times \Delta T$$

$$Q_c = 65, \times 8,9 \times 10^{-3} \times (353 - 293)$$

$$Q_c = 3,47 \text{ W}$$

Maka kalor total yang diperlukan didapatkan dengan rumus berikut :

$$Q_{tot} = Q_{adonan} \times Q_{barrel} \times Q_{konveksi}$$

$$Q_{tot} = 719 + 64 + 3,47$$

$$Q_{tot} = 786,47 \text{ Watt}$$

f. Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi akan menghitung biaya total yang diperlukan untuk membuat hasil rancangan. Dalam menghitung aspek ekonomi, perhitungan akan dipecah menjadi 3 yakni perhitungan komponen standar, material komponen non-standar, dan manufaktur komponen non-standar. Penjabaran dari analisa aspek ekonomi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Total Biaya Produksi

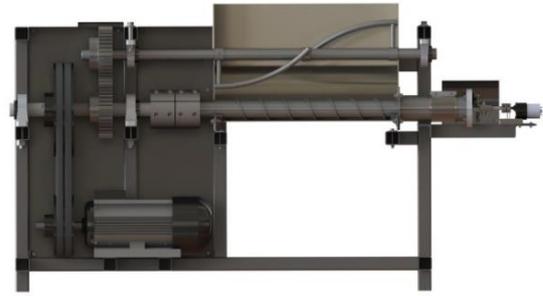
| No | Keterangan | Biaya (Rp) |
|--------------|---------------------------------|------------------|
| 1 | Komponen Standar | 4.107.600 |
| 2 | Material Komponen Non-Standar | 978.420 |
| 3 | Manufaktur Komponen Non-Standar | 600.000 |
| Total | | 5.686.020 |

3.4 Dokumentasi

Bagian ini akan menunjukkan hasil dari gambar render 3d modelling pandangan *isometric* dan depan terpotong.



Gambar 5. Render *Isometric*



Gambar 6. Render Depan Potongan

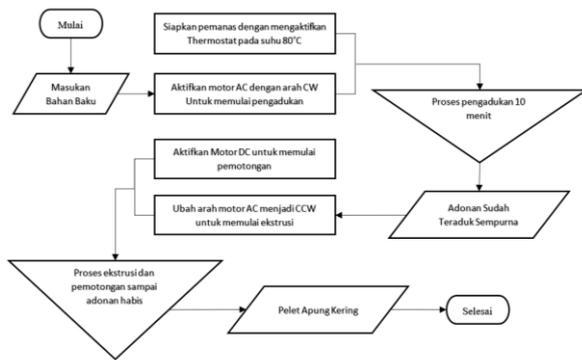
4. PEMBAHASAN

Luaran dari proses perancangan menggunakan metode Pahl and Beitz kali ini adalah spesifikasi hasil rancangan. Spesifikasi tersebut harus dibandingkan dengan daftar tuntutan yang sudah ditentukan pada bagian perencanaan untuk menentukan apakah daftar tuntutan terpenuhi atau tidak. Spesifikasi hasil rancangan yakni sebagai berikut :

1. Mesin memiliki fungsi pengadukan dan ekstrusi bahan baku, pemotongan adonan menjadi bentuk bola, serta pemanasan.
2. Material yang bersentuhan dengan bahan baku dan adonan menggunakan AISI 403.
3. Kapasitas mesin : 24 kg/jam dengan penjabaran kapasitas maksimal mesin sekali proses yakni 10 kg/jam. Durasi pengadukan sekali proses 10 menit. Ekstrusi, pemanasan, dan pemotongan berjalan parallel selama 15 menit. Total waktu untuk memproses 10 kg adonan maka selama 25 menit.
4. Penggunaan daya maksimal : 1100 Watt.
5. Dimensi : 630 x 1087 x 264 mm

Dengan spesifikasi sebagai berikut dapat dikatakan hasil rancangan memenuhi daftar tuntutan dikarenakan mesin sudah mencakup fungsi pengadukan, pemotongan dan pemanasan. Mesin dapat dikatakan membuat pekerjaan menjadi efisien dikarenakan semua proses pembuatan pelet sudah tercakup. Material yang kontak dengan adonan menggunakan stainless steel seri AISI 403 dimana material tersebut sudah food grade. Mesin sudah menggunakan energi listrik sebagai sumber tenaganya. Spesifikasi teknis mesin seperti kecepatan putaran, motor yang digunakan, dsb. sudah dihitung dan disesuaikan untuk mampu mengolah adonan maggot basah dan hasil cetakan berupa bola dengan diameter 5 mm.

Proses kerja mesin digambarkan sebagai berikut pada flowchart berikut.



Gambar 7. Flowchart Proses Kerja Mesin

Putaran dan Waktu Pengadukan,” *Journal Of Mechanical Engineering*, vol. 1, no. 1, 2017.

- [8] B. S. Purwasmita dan R. , “Sintesa, Karakterisasi, dan Fabrikasi Material Berpori Untuk Aplikasi Pelet Apung (Floating Feed),” *Jurnal Bionatura*, vol. X, no. 1, 2008.

5. KESIMPULAN

Hasil rancangan mesin pembuat pelet apung berbahan maggot dapat menghasilkan pelet apung dengan kapasitas total 24 kg/jam. Inovasi dari rancangan ini yakni mesin hasil rancangan bekerja secara semi otomatis dan sepenuhnya menggunakan listrik sebagai sumber tenaganya. Fungsi yang dicakup oleh mesin yakni pengadukan, ekstrusi, pemanasan, dan pemotongan. Produk eksisting tidak dilengkapi dengan proses pengadukan. Hasil rancangan yang dibuat sudah memenuhi daftar tuntutan.

6. SARAN

Mesin masih bisa dikembangkan menjadi full otomatis namun tidak dilakukan pada perancangan ini karena diluar batasan masalah dan kapasitas masih bisa diperbesar lagi dengan pertimbangan dimensi juga ikut membesar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Fahmi, S. Hem dan I. W. Subamia, “Potensi Maggot Untuk Peningkatan Pertumbuhan dan Status Kesehatan Ikan,” vol. 4, no. 2, 2009.
- [2] R. Zaenuri, B. Suharto dan A. T. Haji, “Kualitas Pakan Ikan Berbentuk Pelet Dari Limbah Pertanian,” vol. 1, no. 1, 2014.
- [3] S. P. Hudha, P. Hartono dan H. Maragiyanto, “Perencanaan Mesin Pencetak Pelet Ikan Kapasitas 100 Kg/Jam,” *Jurnal Sains dan Teknologi Teknik Mesin Unisma*, vol. 14, no. 1, 2020.
- [4] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen dan K.-H. Grote, *Engineering Design*, 3rd penyunt., London: Springer-Verlag London, 2007.
- [5] G. Altshuller, *And suddenly the inventor appeared: TRIZ, the theory of inventive problem solving*, 2nd penyunt., Auburn: Technical Innovation Center, Inc, 1996.
- [6] A. Triwissaka, N. Husodo dan B. Luwar, “Rancang Bangun Mesin Pelet Ikan Dengan Mekanisme "Screw Press" Dari Bahan Baku Yang Telah Diroses Fermentasi,” 2016.
- [7] A. R. Wahid, N. Mulyaningsih dan X. Salahudin, “Analisis Mesin Mixer Horizontal Dengan Variasi