

PERANCANGAN UNIT *ROTO CASTING 12 CAVITY* DENGAN TRANSMISI RANTAI PADA MESIN PENCETAK PATUNG KARAKTER *PLASTER PAINTING* DARI BAHAN *GYP SUM*

Fabianus Siltian Simbarja¹, Mahendra Heza Kusuma², Robby Budi Santoso³, Perwita Kurniawan⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta
Jl. Adisucipto Km 9,5, Blulukan, Colomadu, Surakarta.

*Email: fabianussiltian@gmail.com, heza63@gmail.com, robbybudi182@gmail.com,
perwita_k@yahoo.co.id

Abstrak

Mesin pencetak patung karakter plaster painting dari bahan gypsum merupakan mesin yang berfungsi untuk memudahkan proses pencetakan patung karakter plaster painting. Mesin ini terdiri dari 3 (tiga) unit utama, yaitu transfer unit, mixing unit, dan roto casting unit. Tujuan utama dalam perancangan unit roto casting pada mesin pencetak patung karakter plaster painting yaitu untuk mencetak lebih dari satu patung secara bersamaan untuk meningkatkan kapasitas produksi. Proses perancangan roto casting unit menggunakan metode penyelesaian dengan pengumpulan data, pembuatan morfologi desain, dan analisis. Unit roto casting merupakan unit yang berfungsi untuk mencetak patung karakter plaster painting dengan hasil berongga. Kapasitas unit ini adalah 12 patung dalam sekali cetak, dengan dimensi maksimal patung 11x11x11cm. Proses transfer bahan pada mesin ini menggunakan sistem screw conveyor dan water pump. Input utama dari unit ini adalah gypsum cair dengan volume 0,5 liter untuk setiap cetakan. Mesin ini membutuhkan 2 orang operator sebagai operator mesin.

Kata kunci: *gypsum, roto casting, plaster painting*

1. PENDAHULUAN

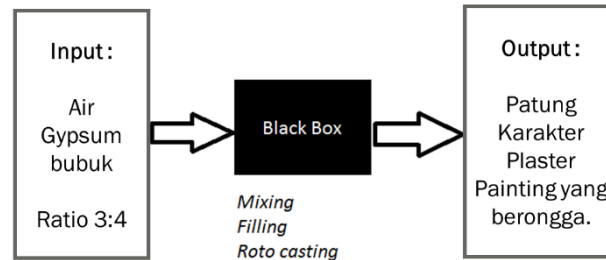
Penjualan mainan edukatif di Indonesia mulai mengalami peningkatan sejak tahun 2016 akibat proyek pengadaan mainan edukatif dari pemerintah untuk menunjang kegiatan pembelajaran. Salah satu mainan edukatif yang banyak diminati adalah patung karakter *plaster painting* yang terbuat dari bahan *gypsum*. Mainan ini merupakan media mewarnai patung 3 dimensi yang memiliki banyak manfaat antara lain sebagai sarana pembelajaran konsep 3D, belajar mengenal warna, melatih saraf motorik tangan, membantu meningkatkan fokus dan kemampuan kinestetik, serta mengembangkan kemampuan otak kanan.

Salah satu pengusaha mainan patung karakter *plaster painting* yang ada di Jawa Tengah adalah bapak Iwan Kurniadi. Beliau telah memulai usaha tersebut sejak tahun 2004 dengan mendirikan usaha *Liya Plaster*. Jumlah permintaan patung karakter *plaster painting* hingga saat ini terus mengalami peningkatan hingga mencapai rata-rata 10.000 pcs patung setiap bulannya, akan tetapi kapasitas produksi *Liya Plaster* hanya mampu mencetak rata-rata 4800 pcs per bulannya. Faktor yang menyebabkan kapasitas produksi patung karakter *plaster painting* tidak maksimal adalah karena proses pencetakan patung yang masih manual. Hasil dari petung karakter yang dihasilkan *Liya Plaster* adalah patung karakter yang berongga. Produk tersebut dihasilkan dengan memutar cetakan dalam 2 sumbu, akibatnya timbul gaya sentrifugal yang menyebabkan *gypsum* cair di dalam cetakan berpindah memenuhi dinding cetakan. Cetakan terus diputar selama sekitar 10 menit hingga *gypsum* cair mengeras. Proses manual tersebut hanya mampu menghasilkan 1 patung dalam sekali cetak apabila dikerjakan oleh satu operator., sehingga jika ingin meningkatkan kapasitas produksi diperlukan lebih banyak tenaga manusia untuk mencetak patung karakter.

Dari permasalahan tersebut, muncul gagasan untuk membuat mesin yang dapat mencetak lebih dari satu patung dalam waktu bersamaan, untuk mengurangi jumlah operator dalam pembuatan patung karakter. Perancangan yang dilakukan ini memiliki beberapa tujuan antara lain mengubah proses pencetakan patung yang semula manual menjadi otomatis, mengurangi jumlah operator menjadi maksimal 2 orang, dan meningkatkan kapasitas produksi menjadi 400 pcs per hari. Berdasarkan tujuan-tujuan tersebut, maka perancangan mesin pencetak patung karakter *plaster painting* dari bahan *gypsum*

diharapkan mampu menjadi salah satu solusi terhadap masalah-masalah di atas. Fokus perancangan dilakukan pada *roto casting unit* yang merupakan *unit* utama dalam mesin pencetak patung karakter *plaster painting* dari bahan *gypsum*.

Batasan masalah yang menjadi ruang lingkup perancangan mesin pencetak patung karakter *plaster painting* dengan bahan *gypsum* dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Batasan Masalah

Berdasarkan batasan masalah tersebut, rancangan mesin ini memiliki spesifikasi *input* dan *output* seperti yang dijelaskan berikut:

1.1 Spesifikasi *Input*

Penjelasan *input* dan *output* mesin pencetak patung karakter *plaster painting* dengan bahan dengan bahan *gypsum* dijelaskan secara rinci beserta spesifikasinya sebagai berikut:

- a. *Gypsum* bubuk



Gambar 2 *Gypsum* Bubuk

(Sumber : www.bukalapak.com, 2019)

Gypsum bubuk merupakan bahan utama dalam pembuatan patung karakter *plaster painting*. *Gypsum* bubuk yang digunakan adalah *gypsum* bubuk yang dijual di pasaran dengan takaran 0,6 kilogram untuk satu patung.

- b. Air



Gambar 3 Air

(Sumber : www.blog.klikmro.com, 2019)

Air merupakan bahan tambah dalam pembuatan adonan *gypsum* cair agar *gypsum* mudah dibentuk dalam cetakan. Air yang digunakan adalah air keran dengan takaran 0,8 liter untuk satu patung.

1.2 Spesifikasi *Output*

Output yang dihasilkan mesin pencetak patung karakter *plaster painting* adalah patung karakter *plaster painting* berbagai bentuk yang berongga dengan dimensi maksimal 11x11x11cm.



Gambar 4 Patung karakter *Plaster Painting*
(Sumber : www.bukalapak.com, 2019)

1.3 Batasan Proses

Dalam perancangan mesin pencetak patung karakter *plaster painting* dengan bahan *gypsum* ini diberikan beberapa batasan proses untuk membantu penyelesaian masalah:

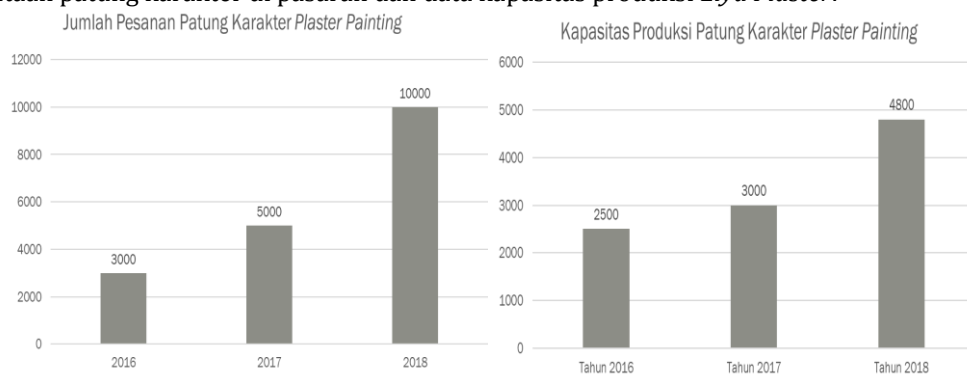
- Proses penuangan bahan ke dalam cetakan dilakukan secara manual.
- Proses penakaran bahan dilakukan secara manual.
- Proses otomatisasi pada proses *mixing*, *filling*, dan *roto-casting*.
- Pengambilan produk dari cetakan dilakukan secara manual.

2. METODOLOGI

Proses perancangan *roto casting unit* pada mesin pencetak patung karakter *plaster painting* dari bahan *gypsum* menggunakan tiga metode, yaitu metode pengumpulan data, metode morfologi desain, dan metode Analisis.

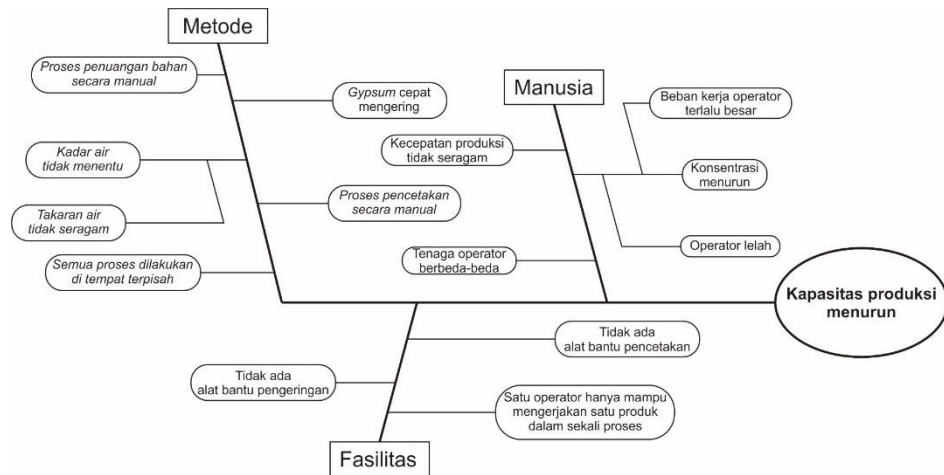
2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara dengan narasumber dan analisis sebab akibat permasalahan di lapangan. Narasumber adalah bapak Iwan selaku *customer* sekaligus pemilik usaha *Liya Plaster*. Hasil yang diperoleh dari wawancara adalah data permintaan patung karakter di pasaran dan data kapasitas produksi *Liya Plaster*.

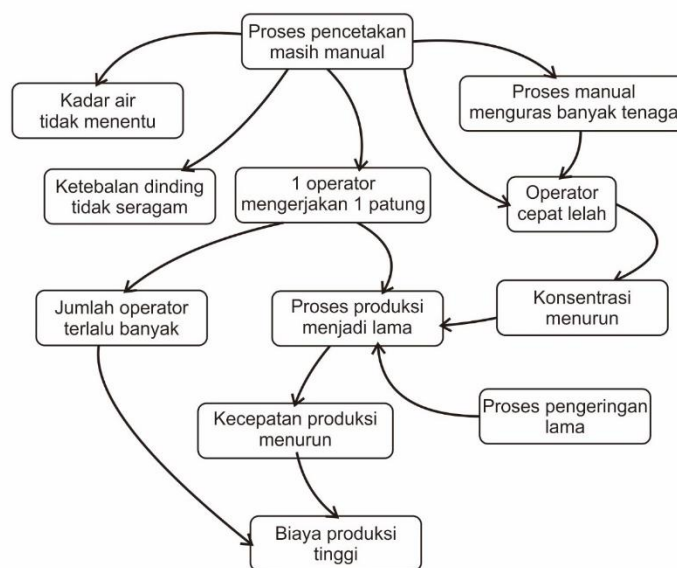


Gambar 5 Grafik Jumlah Pesanan dan Kapasitas Produksi *Plaster Painting* Tahun 2016-2018

Metode pengumpulan data yang lain adalah analisis lapangan. Tujuan dari analisis lapangan adalah mengidentifikasi sebab-akibat permasalahan yang terjadi di tempat usaha bapak Iwan dan menentukan masalah utama yang dihadapi *customer*. Metode analisis yang dilakukan adalah metode diagram sebab akibat dan diagram keterkaitan.



Gambar 6 Diagram Sebab Akibat



Gambar 7 Diagram Keterkaitan

2.2 Morfologi Desain

Setelah tahap pengumpulan data selesai dilakukan dan data yang dibutuhkan telah terkumpul, maka tahap selanjutnya adalah merancang morfologi desain. Tahapan proses morfologi desain dijelaskan sebagai berikut:

2.2.1 Penentuan Daftar Kebutuhan Customer dan Daftar Karakteristik Teknis

Tahap ini merupakan tahap untuk menentukan hal-hal apa saja yang diinginkan oleh customer dalam rancangan mesin pencetak patung karakter *plaster painting*. Setelah daftar kebutuhan customer diperoleh, langkah selanjutnya yaitu menentukan tingkat kebutuhan dari masing-masing kebutuhan tersebut. Langkah ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan mana yang harus diutamakan dalam perancangan mesin pencetak patung karakter *plaster painting*.

Tabel 1 Daftar Kebutuhan *Customer*

NO.	DAFTAR KEBUTUHAN	BOBOT
1	Output berupa patung berongga	5
2	Minimal terdapat 5 cetakan dalam 1 mesin	5
3	Kapasitas listrik maksimal 2200 W, 1 phase, 220VAC	4
4	Harga mesin maksimal Rp.175.000.000,00	3
5	Easy maintenance	3
6	Part mudah didapatkan	3
7	Kapasitas produksi 400pcs/8jam	3
8	Mesin mudah dioperasikan	2
9	Tingkat keamanan tinggi	2
10	Dimensi mesin maksimal 6m x 3m x 3m	2
11	Mesin tidak berisik	2

Tahap selanjutnya adalah pembuatan daftar karakteristik teknis, yang berisi tentang parameter-parameter teknis pada mesin pencetak patung karakter *plaster painting*.

Tabel 2 Daftar Karakteristik teknis

NO.	KARAKTERISTIK TEKNIS	SATUAN
1	Pemilihan transmisi	-
2	Pemilihan material <i>cover</i>	-
3	Dominasi <i>local content</i>	Rupiah
4	Jarak antar cetakan	Mm
5	Jumlah <i>mold</i>	Pcs
6	Kecepatan putar motor <i>mixer</i>	Rpm
7	Lama waktu pengisian bahan	Menit
8	Jumlah <i>clamping</i>	Pcs
9	Kecepatan putar motor <i>roto-casting</i>	Rpm
10	Pemilihan actuator	Watt
11	Kemampuan <i>frame</i> menahan beban	N/m ²
12	Rasio volume bahan dengan volume <i>mold</i>	MI
13	<i>Control</i> yang <i>user friendly</i>	-
14	Jumlah dan posisi tombol darurat	Pcs
15	Pemilihan material <i>frame</i>	Mm
16	Pemilihan jenis <i>control</i>	-

2.2.2 Penentuan Matriks Kebutuhan

Sebelum melakukan proses desain, perlu ditentukan hubungan antara masing-masing kebutuhan *customer* dengan karakteristik teknis yang telah ditentukan. Hal ini bertujuan untuk menentukan karakteristik teknis manakah yang paling berpengaruh terhadap kebutuhan *customer*.

2.2.3 Pemilihan Konsep

Pemilihan konsep bertujuan untuk mencari konsep rancangan yang sesuai dengan kebutuhan *customer*. Seluruh kemungkinan konsep rancangan dibuat dalam tahap ini, dan di tahap ini pula terjadi proses penentuan konsep pemenang yang selanjutnya menjadi konsep rancangan mesin yang dipilih untuk digambar.

2.2.4 Penilaian Konsep

Penilaian konsep dilakukan berdasarkan kemampuan masing-masing konsep dalam memenuhi kebutuhan *customer* dan juga dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari setiap konsep. Konsep-konsep tersebut dinilai berdasarkan kriteria penilaian yang dibuat dengan mempertimbangkan sesifikasi teknis, kebutuhan konsumen, pengalaman, dan standar yang berlaku.

2.2.5 Penentuan Konsep Pemenang

Konsep pemenang ditentukan berdasarkan hasil dari penilaian konsep dengan kriteria penilaian dan kriteria pembobotan. Hasil dari penilaian tersebut merupakan hasil akhir dari rancangan *roto casting unit* yang akan dibuat dan dianggap paling memenuhi kebutuhan *customer* dibandingkan dengan konsep yang lainnya.

2.3 Analisis

Analisis dilakukan supaya rancangan mesin dapat memenuhi kriteria-kriteria yang dibutuhkan dan aman dalam pengoperasiannya. Analisis yang dilakukan terdiri dari analisis diameter poros, kekuatan *frame*, daya motor, kekuatan rantai, dan umur pakai *bearing*.

2.3.1 Analisis Diameter Poros

Analisis diameter poros dilakukan untuk menentukan diameter minimal poros yang dapat digunakan dengan beban yang bekerja pada konstruksi *roto casting unit*.

1. Menghitung Momen Gabungan

Perhitungan momen gabungan berguna untuk menentukan diameter poros minimal yang dibutuhkan dalam konstruksi.

$$M_v = \sqrt{M_b^2 + 0,75 (\alpha_0 \times M_t)^2}$$

- M_v = Momen gabungan
 M_b = Momen tekuk
 α_0 = Faktor batas tegangan
 M_t = Momen puntir

2. Menghitung Tegangan Sementara

Perhitungan tegangan sementara digunakan sebagai acuan tegangan yang terjadi pada poros dalam keadaan pembebanan ideal tanpa pengaruh dari keadaan tertentu.

$$\sigma_{\text{sementara}} = \frac{\sigma_{bw}}{V}$$

- $\sigma_{\text{sementara}}$ = Tegangan sementara
 σ_{bw} = Tegangan tekuk ganti
 V = Angka keamanan (2,5-3,0)

3. Menghitung Diameter Sementara

Perhitungan diameter sementara digunakan sebagai acuan dalam keadaan pembebanan ideal tanpa pengaruh dari keadaan tertentu. Untuk menentukan diameter sementara, terlebih dahulu perlu menghitung tegangan sementara.

$$D_k \text{ sementara} = \sqrt[3]{\frac{M_v}{0,1 \times \sigma_{\text{sementara}}}}$$

- $D_k \text{ sementara}$ = Diameter sementara

4. Menghitung Tegangan Sebenarnya

Nilai tegangan sebenarnya diperoleh dengan mempertimbangkan beberapa faktor dalam perhitungan seperti tingkat kekerasan poros, angka keamanan, faktor ukuran, dan angka efek lekuk.

$$\sigma_{\text{sebenarnya}} = \frac{\sigma_{bw} \times b1 \times b2}{\beta_k \times v}$$

- $\sigma_{\text{sebenarnya}}$ = Tegangan sebenarnya
- $b1$ = Faktor kekasaran
- $b2$ = Faktor ukuran
- β_k = Angka efek lekuk

5. Menghitung Diameter Sebenarnya

$$D_k \text{ sebenarnya} = \sqrt[3]{\frac{M_v}{0,1 \times \sigma_{\text{sebenarnya}}}}$$

D_k sebenarnya = Diameter sebenarnya

2.3.2 Analisis Daya Motor

Analisis daya motor dilakukan untuk mengetahui daya yang bekerja pada konstruksi serta untuk menentukan spesifikasi motor yang diperlukan untuk mengoperasikan *roto casting unit*.

1. Menghitung Torsi Motor

$$TL' = \frac{m \times g \times D}{2} \times V$$

- TL' = Torsi motor
- m = Massa yang harus digerakkan oleh motor
- g = Percepatan gravitasi
- D = Diameter poros
- V = Angka keamanan

2. Menghitung Torsi Motor Sesuai Rasio

$$TM = \frac{TL'}{i}$$

- TM = Torsi motor sesuai rasio
- i = Rasio putaran motor

2.3.3 Analisis Umur Pakai *Bearing*

1. Menghitung Beban Ekuivalen Dinamik

Perhitungan beban ekuivalen dinamik digunakan untuk menentukan total beban yang bekerja pada *bearing*.

$$P = (X \times Fr) + (Y \times Fa)$$

- P = Beban ekuivalen dinamik
- X = Faktor radial
- Fr = Gaya radial
- Y = Faktor aksial
- Fa = Gaya aksial

2. Menghitung Umur Pakai *Bearing*

$$L_H = \frac{L \times 10^6}{n \times 60}$$

- L_H = Umur pakai *bearing* dalam hitungan jam kerja
 L = Umur pakai *bearing* dalam hitungan jumlah putaran
 n = Kecepatan putaran

2.3.4 Analisis Rantai

Analisis rantai dilakukan untuk mengetahui spesifikasi minimal rantai yang dibutuhkan untuk menggerakkan *roto casting unit*, meliputi penentuan *pitch diameter* dan panjang rantai minimal.

1. Menghitung *Pitch Diameter*

Perhitungan *pitch diameter* dilakukan untuk menentukan spesifikasi minimal rantai yang dibutuhkan dalam konstruksi.

$$D_p = \frac{\text{Pitch}}{\sin(180/N)}$$

- D_p = *Diameter pitch*
 N = Jumlah gigi pada rantai

2. Menghitung Panjang Minimal Rantai

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N + N'}{2} + \sqrt{\left(L - \frac{N + N'}{2} \right)^2 + \left(\frac{N' - N}{4\pi^2} \right)^2} \right]$$

- C = Panjang Rantai
 L = Panjang *Pitch*

2.3.5 Analisis Kapasitas Produksi

Analisis kapasitas produksi dilakukan untuk mengetahui apakah kapasitas produksi dari mesin pencetak patung karakter *plaster painting* memenuhi permintaan *customer*, guna meningkatkan kapasitas produksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perancangan konsep *roto casting unit* pada mesin pencetak patung karakter *plaster painting* dengan bahan *gypsum* melewati tiga tahap, antara lain tahap penentuan matriks kebutuhan, perancangan konsep (morfologi desain), dan penilaian konsep.

3.1 Penentuan Matriks Kebutuhan

Matriks kebutuhan menunjukkan hubungan antara masing-masing kebutuhan *customer* dengan karakteristik teknis yang telah ditentukan. Berikut ini dijelaskan hubungan masing-masing kebutuhan *customer* dengan karakteristik teknis beserta presentase pengaruh karakteristik tersebut terhadap ketercapaian kebutuhan *customer*.













Requirement List		Voice of Engineer																
		Pemilihan transmisi	Pemilihan material cover	Dominasi local content	Jarak antar mold	Kecapatan mixing bahan	Kecapatan filling bahan	Jumlah clamping	Efisiensi desain	Kecapatan roto casting	Pemilihan aktuator	Kemampuan frame menahan beban	Ratio volume bahan dengan volume mold	Control yang user friendly	Jumlah mold	Jumlah dan posisi tombol emergency	Pemilihan material	Pemilihan control
Tingkat Kepentingan		Relation Matrix																
2	Mesin mudah dioperasikan													■				
2	Tingkat keamanan tinggi		●								■					●		
4	Kapasitas listrik maksimal 2200 W									■							●	
3	Harga mesin dibawah 175 juta	●	▲	■	▲			●	●		●				●		●	●
2	Dimensi mesin maksimal 6x3x3 m				■				■						●			
2	Mesin tidak berisik	■	●							▲								
3	Kapasitas produksi 400pcs/8jam					■	■			■					●			
5	Output berupa patung berongga									■				●				
5	1 mesin minimal 5 mold														●			
3	Easy maintenance	■									■							■
3	Part mudah didapatkan			●							■						■	
Score		30	23	24	9	9	9	15	21	26	45	6	25	6	65	10	24	44
Relative Importance (%)		7,7	5,9	6,1	2,3	2,3	2,3	3,8	5,4	6,6	11,5	1,5	6,4	1,5	16,6	2,6	6,1	11,3

Keterangan		
▲	1	Lemah
■	3	Sedang
●	5	Kuat

Gambar 8 Matriks Kebutuhan

3.2 Pemilihan Konsep

Pemilihan konsep *roto casting unit* pada mesin pencetak patung karakter *plaster painting* dengan bahan *gypsum* berisi tentang jenis transmisi, jenis aktuator yang digunakan, model *clamping* pada *mould*, mekanisme *roto casting*, dan jumlah *mould*.

No	Sub-Function	Solution			
		1	2	3	4
1	Motor				
2	Mold Clamping				
3	Transmisi				
4	Roto Casting				
5	Jumlah Mold	6	12	24	

Gambar 9 Morfologi Desain

3.2.1 Pembuatan Kriteria Penilaian

Kriteria penilaian bertujuan untuk membantu proses pemilihan konsep yang dianggap paling mampu memenuhi kebutuhan *customer*. Kriteria penilaian dibuat dengan mempertimbangkan kebutuhan *customer*.

Tabel 3 Kriteria Penilaian

Kriteria	Nilai				
	5	4	3	2	1
Harga	<175 juta	175-180 juta	180-195 juta	195-210 juta	>210 juta
Konsumsi Daya	< 1600 Watt	1600-1800 Watt	1800-2000 Watt	2000-2200 Watt	> 2200 Watt
Kebisingan	< 80 dB	80-86 dB	86-94 dB	94-100 dB	> 100 dB
Dimensi Mesin	≤ 6x3x3 m (p x l x t)	-	-	-	> 6x3x3 m (p x l x t)
Kapasitas Produksi	≥ 400 pcs/jam	-	-	-	< 400 pcs/jam
Hasil Output	Patung berongga	-	-	-	Patung tidak berongga
Jumlah mold	≥ 5 mold	-	-	-	< 5 mold
Kemanan	Terdapat cover pada bagian yang berputar dan pada transmisi, serta terdapat tombol <i>emergency</i> dan sensor beban (<i>load</i>)	-	-	-	Tanpa cover, tombol <i>emergency</i> , dan sensor beban (<i>load</i>)
Easy Operating	Bisa dilakukan oleh orang awam tanpa petunjuk khusus	-	Bisa dilakukan oleh orang awam dengan petunjuk khusus	-	Hanya bisa dilakukan oleh orang yang telah menjalani pelatihan
Easy Maintenance	Bisa dilakukan oleh orang awam tanpa petunjuk khusus	Bisa dilakukan oleh orang awam dengan petunjuk khusus	Bisa dilakukan oleh orang awam dengan petunjuk khusus dan alat khusus	perlu teknisi ahli tanpa bantuan alat khusus	perlu teknisi ahli dan bantuan alat khusus
Ketersediaan Part	Tersedia di pasaran lokal, dan dapat segera didapatkan	-	Tersedia di pasaran lokal dengan pemesanan terlebih dahulu	-	Impor dari luar negeri

3.2.2 Penentuan Konsep Pemenang

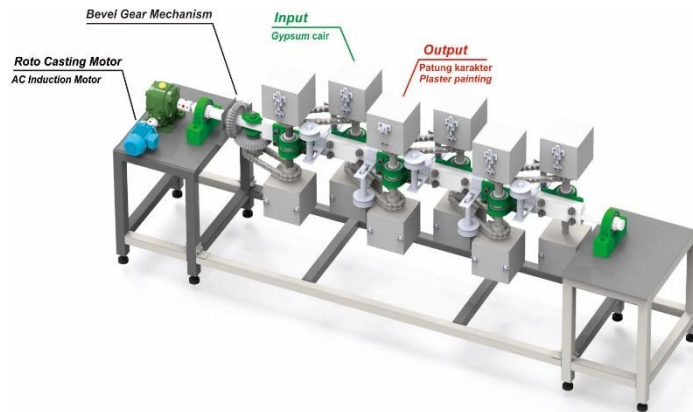
Konsep pemenang ditentukan dengan melihat konsep manakah yang memiliki nilai terbesar dibandingkan dengan konsep lain. Tabel penilaian konsep *roto casting unit* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Penilaian Konsep

Kriteria Evaluasi	Matriks Evaluasi						
	Bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
		Nilai	Total	Nilai	Total	Nilai	Total
Pengoperasian	0,3	5	1,5	5	1,5	5	1,5
Keamanan	0,6	5	3	5	3	5	3
Kapasitas Listrik	0,4	4	1,6	4	1,6	4	1,6
Harga	0,6	5	3	4	2,4	4	2,4
Dimensi Mesin	0,3	5	1,5	4	1,2	5	1,5
Kebisingan	0,2	4	0,8	4	0,8	4	0,8
Kapasitas Produksi	0,7	5	3,5	5	3,5	5	3,5
Hasil Output	1	5	5	5	5	5	5
Jumlah Mold	0,4	5	2	5	2	5	2
Maintenance	0,5	5	2,5	5	2,5	5	2,5
Ketersediaan Parts	0,7	5	3,5	5	3,5	4	2,8
Total			27,9		27		26,6

3.2.3 Deskripsi Konsep Unit Roto Casting

Unit *Roto casting* bergerak dengan mekanisme roda gigi payung. *Unit* ini terdapat 6 poros kecil yang masing-masing terdapat 2 *mold*, sehingga dalam *roto casting* unit terdapat 12 *mold*. Setiap *mold* dihubungkan dengan rantai agar dapat berputar bersamaan. Patung berongga dihasilkan dengan memanfaatkan gaya sentrifugal yang timbul dari perputaran 2 sumbu yang berbeda. Gaya sentrifugal tersebut menyebabkan *gypsum* di dalam cetakan tertekan menuju ke permukaan dinding cetakan hingga mengeras dan membentuk produk yang sesuai dengan kontur cetakan.



Gambar 9 Konsep Pemenang *Roto Casting Unit*

Unit Roto casting ini memiliki kapasitas produksi 576 pcs per 8 jam kerja, dengan aktuator motor induksi dengan sumber tegangan 1 *phase* 220 VAC 50 Hz sebesar 1 HP. Dimensi *unit* ini adalah 2180x925x541 mm dengan kemampuan *frame* menahan beban sebesar 215 kg.

Konsep *unit* ini memiliki kelebihan mampu mencetak 12 patung secara bersamaan dalam satu siklus. Kelemahan dari konsep *unit* ini adalah menimbulkan suara bising ketika beroperasi, karena mekanisme yang digunakan untuk menggerakkan semua poros adalah mekanisme rantai. Kelemahan lain dari konsep *unit* ini adalah terdapat putaran sisa ketika *unit* ini berhenti beroperasi, karena aktuator yang digunakan adalah motor induksi.

3.3 Hasil Analisis

Analisa dilakukan supaya rancangan mesin dapat memenuhi kriteria-kriteria yang dibutuhkan dan aman dalam pengoperasiannya. Analisis yang dilakukan terdiri dari analisis diameter poros, kekuatan *frame*, daya motor, kekuatan rantai, dan umur pakai *bearing*.

3.3.1 Analisis Diameter Poros

Analisis diameter poros dilakukan untuk menentukan diameter minimal poros yang dapat digunakan dengan beban yang bekerja pada konstruksi *roto casting unit*.

1. Menghitung Momen Gabungan

$$\begin{aligned} M_v &= \sqrt{M_b^2 + 0,75 (\alpha_o \times M_t)^2} \\ M_v &= \sqrt{1821351,84^2 + 0,75 (0,75 \times 78063,075)^2} \\ M_v &= 1822057,453 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Menghitung Tegangan Sementara

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{sementara}} &= \frac{\sigma_{bw}}{v} \\ \sigma_{\text{sementara}} &= \frac{300}{2,5} \\ \sigma_{\text{sementara}} &= 120 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

3. Menghitung Diameter Sementara

$$\begin{aligned} \text{Dk sementara} &= \sqrt[3]{\frac{M_v}{0,1 \times \sigma_{\text{sementara}}}} \\ \text{Dk sementara} &= \sqrt[3]{\frac{1822057,453}{0,1 \times 120}} \\ \text{Dk sementara} &= 53,34 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Menghitung Tegangan Sebenarnya

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{sebenarnya}} &= \frac{\sigma_{bw} \times b_1 \times b_2}{\beta_k \times v} \\ \sigma_{\text{sebenarnya}} &= \frac{300 \times 0,88 \times 0,8}{1,5 \times 2,5} \\ \sigma_{\text{sebenarnya}} &= 56,32 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

5. Menghitung Diameter Sebenarnya

$$\begin{aligned} \text{Dk sebenarnya} &= \sqrt[3]{\frac{M_v}{0,1 \times \sigma_{\text{sebenarnya}}}} \\ \text{Dk sebenarnya} &= \sqrt[3]{\frac{1822057,453}{0,1 \times 56,32}} \\ \text{Dk sebenarnya} &= 68,64 \text{ mm} \\ \text{Dk sebenarnya} &\sim 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.3.2 Analisis Daya Motor

1. Menghitung Torsi Motor

$$\begin{aligned} TL' &= \frac{m \times g \times D}{2} \times V \\ TL' &= \frac{211,79 \times 9,81 \times 80}{2} \times 2 \\ TL' &= 166212,792 \text{ Nmm} \\ TL' &= 166,212792 \text{ Nm} \end{aligned}$$

2. Menghitung Torsi Motor Sesuai Rasio

$$\begin{aligned} TM &= \frac{TL'}{i} \\ TM &= \frac{166212,792}{50} \\ TM &= 3324,255 \text{ Nmm} \\ TM &= 3,3224255 \text{ Nm} \end{aligned}$$

3.3.3 Analisis Umur Pakai Bearing

1. Menghitung Beban Ekuivalen Dinamik

$$\begin{aligned} P &= (X \times Fr) + (Y \times Fa) \\ P &= (1 \times 2,077) + (2,8 \times 0) \\ P &= 2,077 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Menghitung Umur Pakai *Bearing*

a. Umur Pakai (dalam jam kerja)

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^q$$

$$L = \left(\frac{13,5}{2,077}\right)^3$$

$$L = 274,6 \cdot 10^6 \text{ putaran}$$

b. Umur Pakai (dalam jam kerja)

$$L_H = \frac{L \times 10^6}{n \times 60}$$

$$L_H = \frac{274,6 \times 10^6}{60 \times 60}$$

$$Q$$

$$L_H = 8,7 \text{ tahun}$$

3.3.4 Analisis Rantai

1. Menghitung *Pitch Diameter*

$$D = \frac{Pitch}{\sin(180/N)}$$

$$= \frac{19,05}{\sin(180/12)}$$

$$= 73,6 \text{ mm}$$

2. Menghitung Panjang Minimal Rantai

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N + N'}{2} + \sqrt{\left(L - \frac{N + N'}{2}\right)^2 + \left(\frac{N' - N}{4\pi^2}\right)^2} \right]$$

$$= \frac{1}{4} \left[57,6 - \frac{12 + 12}{2} + \sqrt{\left(57,6 - \frac{12 + 12}{2}\right)^2 + \left(\frac{12 - 12}{4\pi^2}\right)^2} \right]$$

$$= 28,8$$

Sehingga, panjang rantai yang dibutuhkan :

$$= 28,8 \times pitch$$

$$= 28,8 \times 19,05$$

$$= 548,64 \text{ mm}$$

3.3.5 Analisis Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi adalah salah satu acuan utama dalam merancang sebuah mesin untuk memenuhi permintaan produksi. Kapasitas produksi sebanyak 400 pcs per hari. Analisis perhitungan kapasitas produksi mesin akan dijelaskan sebagai berikut:

Permintaan produksi minimal	= 400 pcs/hari (8 jam kerja efektif)
	= 50 pcs/jam
Waktu produksi satu siklus	= 10 menit/ <i>piece</i>
Jumlah <i> mold</i>	= 12 buah
Sehingga,	
Jumlah siklus per jam	= 60/10 menit
	= 6 siklus
Kapasitas produksi	= 6 siklus x 12 <i> mold</i>
	= 72 pcs/jam
	= 576 pcs/hari (8 jam kerja)

2.1 Evaluasi Pasca Morfologi Desain

Konsep pemenang yang telah dirancang selanjutnya dievaluasi. Evaluasi morfologi pasca desain bertujuan untuk meninjau hasil perancangan mesin, terhadap kebutuhan *customer*. Kebutuhan *customer* dibandingkan dengan hasil perancangan mesin, untuk melihat apakah mesin yang dirancang telah memenuhi kebutuhan *customer*. Hasil evaluasi rancangan konsep *roto casting unit* ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Evaluasi Morfologi Pasca Desain

No	Requirement List	Tingkat Kepentingan	Karakteristik Teknis	Presentase Ketercapaian	Implementasi dalam Rancangan
1	Output berupa patung berongga	5	Output berupa patung berongga	100%	Output patung berongga dihasilkan di <i>roto casting unit</i>
2	Minimal terdapat 5 <i>mold</i>	5	Jumlah <i>mold</i> minimal 5 buah	100%	Jumlah <i>mold</i> ada 12 buah
3	Kapasitas listrik maksimal 2200 W (setara 3 HP), 1 <i>phase</i> , 220VAC	4	Kapasitas listrik maksimal 2200 W, 1 <i>phase</i> , 220VAC	100%	Penggunaan listrik maksimal 3HP, dengan sumber tegangan 1 <i>phase</i> , 220 VAC
4	Harga mesin maksimal Rp.175.000.000	3	Harga mesin maksimal Rp.175.000.000	100%	Harga mesin Rp.175.000.000
5	<i>Easy maintenance</i>	3	Akses komponen elektrik dan mekanik	100%	Akses komponen mudah dijangkau oleh operator
6	<i>Part</i> mudah didapatkan	3	Dominasi <i>local content</i>	70%	Terdapat beberapa produk dari luar negeri (motor, komponen elektrik, dll.)
7	Kapasitas produksi 400pcs/8jam	3	Kapasitas produksi 400pcs/8jam	100%	Kapasitas produksi 420pcs/8jam
8	Mesin mudah dioperasikan	2	Terdapat mekanisme otomatis dan manual	100%	Terdapat mekanisme otomatis dan manual
9	Tingkat keamanan tinggi	2	Terdapat <i>cover</i> pada bagian yang berputar	100%	Terdapat <i>cover</i> pada bagian yang berputar
10	Dimensi mesin maksimal 6m x 3m x 3m	2	Dimensi mesin maksimal 6m x 3m x 3m	100%	Dimensi mesin 2,2m x 2,18m x 2,5m
11	Mesin tidak berisik	2	Pemilihan transmisi	50%	Terdapat transmisi rantai pada <i>roto casting unit</i> , yang menghasilkan suara bisings ketika beroperasi
Jumlah Nilai				34	
Total Ketercapaian				32,1	
Presentase Ketercapaian				94%	

4. KESIMPULAN

Rancangan unit *roto casting 12 cavity* dengan transmisi rantai pada mesin pencetak patung karakter *plaster painting* dari bahan *gypsum* dapat memenuhi daftar permintaan *customer*. Konsep mesin *roto casting unit* dirancang dengan dimensi (PxLxT) 2180 x 925 x 541 mm dan kapasitas produksi 576 patung per hari dapat meningkatkan efisiensi waktu proses produksi dan dapat memenuhi permintaan pasar. Mesin pencetak patung karakter *plaster painting* yang dirancang memiliki 12 *mold* guna mempermudah proses produksi dalam satu siklus. Sistem transmisi yang digunakan untuk menggerakkan *roto casting unit* adalah transmisi rantai. Berdasarkan hasil analisis rantai, diperoleh kebutuhan rantai dengan spesifikasi *pitch* 19,05 mm (0,75 *inch*), *pitch diameter* 73,6 mm, dengan panjang minimal rantai 548,64 mm.

Presentase ketercapaian rancangan mesin mencapai 94%, dimana dapat dikatakan bahwa rancangan mesin pencetak patung karakter *plaster painting* berhasil memenuhi kebutuhan *customer*. Rancangan mesin tersebut meskipun telah berhasil memenuhi kebutuhan *customer*, akan tetapi

rancangan tersebut masih belum sempurna, sehingga dibutuhkan pengembangan untuk menjadi sempurna diantaranya dengan :

1. Mekanisme pembuka dan penutup keran dibuat otomatis.
2. *Roto casting unit* dirancang supaya jumlah *mold* dapat ditambahkan atau dikurangi sesuai kebutuhan produksi.
3. Pelepasan produk dari *roto casting unit* dirancang supaya dapat dilepas secara otomatis.

5. DAFTAR PUSTAKA

- B. Sudiby. **Transmisi Sabuk**. ATMI PRESS SOLO, Surakarta.
- B. Sudiby. **Poros Penyangga dan Poros Transmisi**. ATMI PRESS SOLO, Surakarta.
- B. Sudiby. **Kekuatan dan Tegangan Ijin**. ATMI PRESS SOLO, Surakarta.
- B. Sudiby. **Bantalan Gelinding**. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta, 2018.
- Mott, Robert L. **Machine Elements in Mechanical Design**. Pearson Education, New Jersey, 2004.
- Politeknik ATMI Surakarta. **Tabel Elemen Mesin**. ATMI PRESS SOLO, Surakarta.
- K3LH. **Analisis Postur Kerja**: OWAS. Artikel, Indonesia, 2016. Diakses dari <http://ergonomi-fit.blogspot.com/2012/01/analisis-postur-kerja-owas.html> , tanggal 23 Mei 2019.
- Kemenperin. **Data Penjualan Mainan Edukatif**. Diakses dari <http://www.kemenperin.go.id/artikel/4689/Penjualan-Mainan-Edukatif-Capai-Rp-60-M>, tanggal 22 Oktober 2018.
- Regi Yanuar Widhia Dinnata. **Data Peningkatan Bisnis Mainan**. Diakses dari <http://kalimantan.bisnis.com/read/20170507/257/651515/bisnis-mainan-edukatif-naik>, tanggal 22 Oktober 2018.