

## PERANCANGAN *FORMING UNIT* PADA MESIN PEMBUAT *PAPER BOWL* DENGAN MEKANISME *CAM*

**Yohanes Ronaldo Febriano<sup>1</sup>, Rahim D Limonu<sup>2</sup>, Mikhael Agni Laksamana Yudha<sup>3</sup>,  
Fransiska Karlentina Hapsari.<sup>4</sup>**

Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta  
Jl. Adisucipto Km 9,5, Bluluk, Colomadu, Surakarta.

\*Email: ronaldofebriano@gmail.com<sup>1</sup>, limonu.sterling@gmail.com<sup>2</sup>, mikhaelagni@gmail.com<sup>3</sup>,  
fransiskakh@gmail.com<sup>4</sup>

### Abstrak

*Perancangan Forming Unit Mesin Pembuat Paper Bowl Dengan Mekanisme Cam adalah salah satu unit dari mesin pembuat paper bowl. Terdapat 3 unit dalam mesin pembuat paper bowl, yaitu paper feeder and forming unit, cutting unit, dan assembling unit. Dalam paper feeder and forming unit ini ada 2 bagian utama, yang pertama feeder yang berfungsi sebagai penyimpan input pertama yaitu cupstock paperboard yang telah dipotong berpola dan ditumpuk dalam paper magazine. Proses feeding input yang pertama menggunakan sistem vacuum yang digerakan dengan piston cylinder. Lalu yang kedua adalah forming unit yang berfungsi sebagai pembentuk dinding paper bowl dan proses perekatan bagian dinding tersebut menggunakan ultrasonic welding, sistem ini menggunakan prinsip getaran tinggi sekitar 20-40 khz, getaran/gelombang yang besar tersebut menimbulkan gesekan antar molekul dan gesekan tersebut menimbulkan panas yang akan membuat material melekat menjadi satu, sedangkan untuk gerakan naik turun ultrasonic welding menggunakan mekanisme cam. Setelah proses forming selesai, sisi dinding paper bowl yang telah jadi akan di transfer ke proses yang selanjutnya yaitu proses cutting dan proses assembling.*

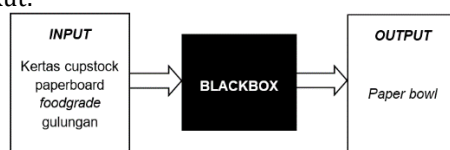
**Kata kunci:** Paper Bowl, Feeder, Cupstock, Forming Unit, Ultrasonic Welding, Cam

### 1. PENDAHULUAN

Industri makanan dan minuman saat ini berkembang cukup cepat, banyak masyarakat yang mendirikan usaha terkait dengan bidang kuliner (makanan dan minuman). Di zaman ini perkembangan teknologi juga berkembang pesat, terutama di bidang internet. Orang-orang tidak hanya membuka usaha kuliner lewat toko/warung saja, tetapi juga merambah ke bisnis *online*. Segala macam produk sekarang bisa diperjualbelikan melalui sistem *online*, termasuk makanan dan minuman.

Perkembangan industri makanan juga mendorong permintaan akan kemasan makanan. Ada beberapa macam kemasan makanan antara lain plastik, kertas, logam (kaleng), kaca dan lain-lain. Menurut Dr. Jenna Jambeck peneliti dari Universitas Georgia menyatakan Indonesia merupakan penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia setelah China. Indonesia menghasilkan 1,29 juta ton sampah plastik, sampah plastik tersebut merupakan sampah plastik yang dibuang ke laut lepas. Sampah plastik yang dibuang ke laut juga akan menyebabkan masalah pada kelangsungan ekosistem laut karena plastik memiliki sifat susah terurai oleh alam. Industri pertambangan rawan terhadap kerusakan lingkungan seperti terciptanya lubang-lubang akibat penggalian tanah selama proses pertambangan dilaksanakan. Kerusakan lingkungan akibat dari aktivitas pertambangan menggerakkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan untuk mengeluarkan sebuah aturan di mana perusahaan penambang wajib untuk melakukan proses perataan tanah setelah proses penambangan sudah selesai, hal ini tercantum dalam PP No 78 Tahun 2010.

Batasan masalah yang menjadi ruang lingkup kerja dari pelaksanaan perancangan mesin pembuat *paper bowl* adalah sebagai berikut:



**Gambar 1** Diagram Batasan Masalah

Dilihat dari batasan masalah di atas, mesin rancangan ini memiliki karakteristik *input* dan *output* seperti yang akan dijelaskan di bawah ini:

### 1.1 Spesifikasi *Input*

Di bawah ini akan dijelaskan apa saja yang akan menjadi *input* dari mesin pembuat *paper bowl* sekaligus dengan spesifikasinya:

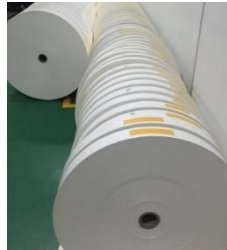
- a. *Cupstock Paperboard*



**Gambar 2** *Cupstock Paperboard*

*Cupstock Paperboard* adalah input pertama dari perancangan mesin pembuat *paper bowl*. Jenis kertas yang dipakai adalah kertas *cupstock foodgrade* yang telah dipotong berpola dengan ukuran untuk *paper bowl* jenis 17oz yang ramah lingkungan dan khusus untuk kemasan makanan. Tebal kertas yaitu 0,3-0,5mm.

- b. *Cupstock Paper Roll*



**Gambar 3** *Cupstock Paper Roll*

*Cupstock Paper Roll* adalah input kedua dari perancangan mesin pembuat *paper bowl*. Jenis kertas yang dipakai adalah kertas *cupstock foodgrade* gulungan yang ramah lingkungan dan khusus untuk kemasan makanan. Diameter *paper roll* yaitu 800-1000mm, berat 500-750kg, dengan lebar kertas 120mm.

### 1.2 Spesifikasi *Output*

Mesin ini menghasilkan *output* yaitu *paper bowl* dengan ukuran 17oz dengan spesifikasi:

- Diameter atas : 120mm
- Diameter bawah : 120mm
- Tinggi : 90mm



**Gambar 4** *Paper Bowl* ukuran 17oz

### 1.3 Batasan Proses

Dalam proses perancangan mesin pembuat *paper bowl*, diberikan beberapa batasan untuk membantu pembatasan proses sehingga permasalahan bisa diselesaikan:

- a. Proses *input cupstock paperboard* dilakukan secara manual oleh operator
- b. Proses *input cupstock paper roll* dilakukan secara manual oleh operator
- c. Proses *output* dilakukan secara manual oleh operator dengan cara mengambil *paper bowl* dari *assembling unit*.
- d. Proses pengecekan dilakukan secara *visual* oleh operator

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses perancangan *paper feeder and forming unit* mesin pembuat *paper bowl* memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

### 2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang antara lain:

1. Laptop/PC

Proses perancangan yang dilakukan membutuhkan laptop/PC dengan jenis *processor* Intel(R) Core(TM) i5-7200 CPU @2.50GHz (4 CPUs) dan memori minimal RAM size 4 GB

2. *Software*

Proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang membutuhkan AutoCAD 2016 sebagai *software* dalam proses perancangan gambar 2D, *Solidworks 2017 Education Version* untuk proses perancangan gambar 3D. Microsoft Word 2016 untuk proses penyusunan laporan.

### 2.2 Bahan

Bahan yang digunakan sebagai dasar proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang:

1. Hasi Wawancara

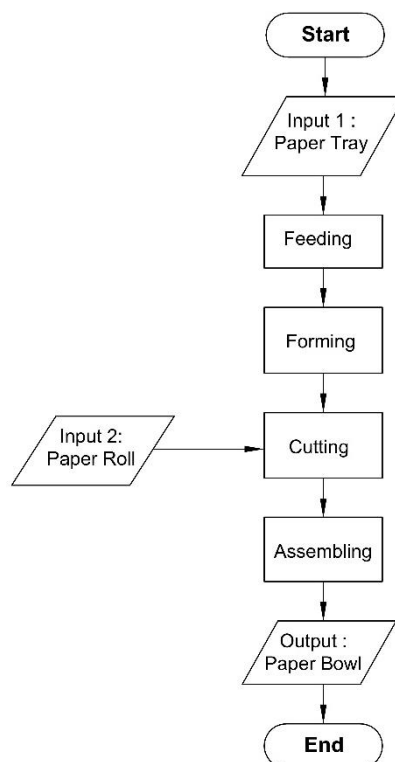
Hasil wawancara digunakan sebagai pelengkap materi dalam proses perancangan *storage unit* mesin penanam bibit untuk lahan pasca tambang. Hasil wawancara biasanya didapatkan dari *customer*.

2. Catatan Jurnal

Jurnal biasanya digunakan sebagai pembanding antara analisis perancangan dengan dasar-dasar teori yang sudah ada.

### 2.3 Metode Pengerjaan

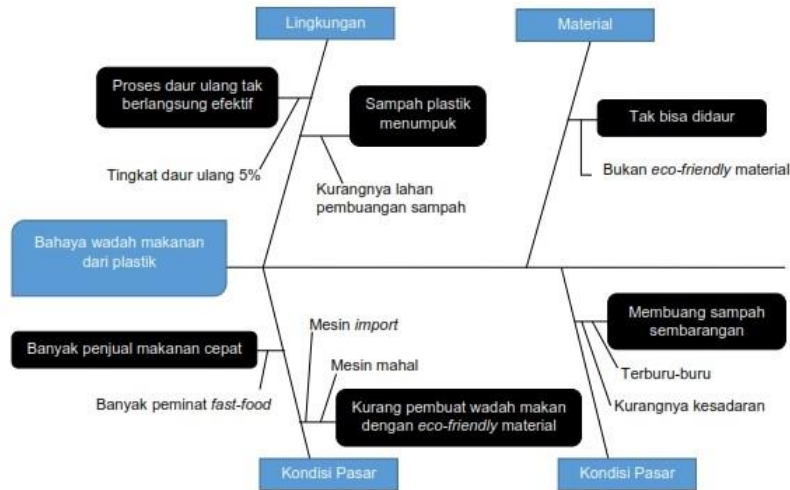
Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* dibawah ini:



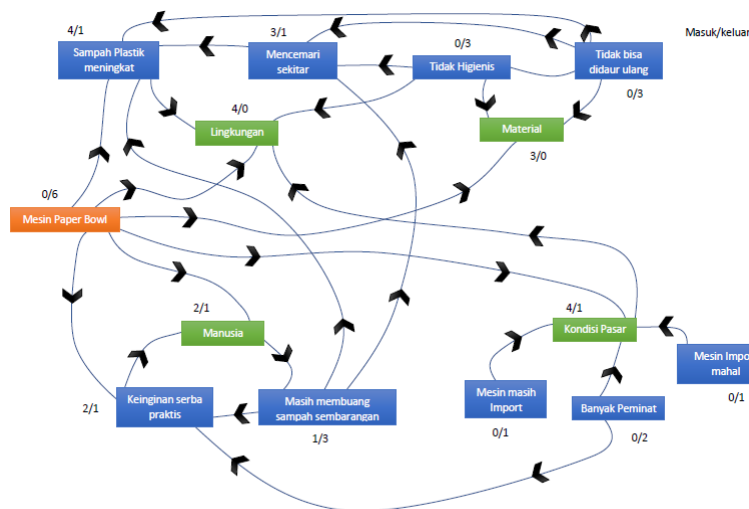
**Gambar 5** Flowchart Proses Perancangan

**2.3.1 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data yang kami lakukan dengan wawancara dengan *customer*, sehingga kami mendapatkan berbagai data yang dapat kami masukkan kedalam Batasan masalah dan identifikasi masalah. Selain wawancara dengan *customer*, kami juga mencari jurnal dan data pendukung dari internet, data – data pendukung berupa grafik, peraturan tentang reklamasi lahan pasca tambang, kerusakan lingkungan akibat tambang di beberapa daerah di Indonesia. Selain dengan melakukan wawancara dan data jurnal, terdapat Analisa sebab akibat dengan menggunakan metode *fishbone* dan diagram sebab akibat.



Gambar 6 Metode Fish Bone



Gambar 7 Diagram Keterkaitan

**2.3.2 Desain**

Setelah mengumpulkan semua data yang melengkapi kebutuhan dalam proses perancangan *paper feeder and forming unit* dalam perancangan mesin pembuat *paper bowl* lalu dilakukanlah poses desain yang dibagi menjadi beberapa tahap:

**1. Penentuan Matriks Kebutuhan**

Sebelum melakukan proses desain, beberapa data harus ditentukan keterkaitan antara satu dengan yang lain. Pada proses penentuan matriks kebutuhan, diperlukan beberapa data seperti *requirement list* yang didapatkan berdasarkan permintaan *customer*, *engineer characteristic* yang diperlukan untuk menjawab permintaan dari *customer*, dan matriks kebutuhan untuk menentukan hubungan antara *requirement list* dan *engineer characteristic*.

**2. Pemilihan Konsep**

Pemilihan konsep dilakukan dengan metode *Stuart Pugh* atau biasa dikenal sebagai *morphological metode*. Pemilihan konsep ini dilakukan dengan cara membandingkan antara 3 atau lebih konsep yang dianggap mampu memenuhi *requirement list*.

### 3. Penilaian Konsep

Penilaian konsep dilakukan berdasarkan kemampuan konsep tersebut dalam memenuhi *requirement list*, dan juga pertimbangan akan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing konsep yang sudah ditentukan.

### 4. Penentuan Konsep Pemenang

Penentuan konsep pemenang dilakukan berdasarkan hasil dari penilaian dengan kriteria pembobotan dan kriteria penilaian. Hasil dari penilaian tersebut merupakan hasil akhir akan desain yang akan dibuat dan dianggap salah satu konsep terbaik yang mampu memenuhi *requirement list* dibandingkan konsep lainnya.

#### 2.3.3 Analisis

Analisis dilakukan agar rancangan mesin dapat memenuhi kriteria-kriteria yang dibutuhkan dan aman dalam pengaplikasiannya. Analisis yang dilakukan yaitu terdiri dari perhitungan konstruksi, perhitungan dimensi minimum pada bagian kritis, dan perhitungan daya motor.

#### 1. Perhitungan CAM

Perhitungan CAM dilakukan untuk mengetahui besarnya kecepatan linear dan kecepatan putaran CAM. Perhitungan CAM dari *sealing unit* akan dijelaskan sebagai berikut.

- a. Menghitung kecepatan linear CAM ( $v$ )

Kecepatan linear digunakan untuk menentukan perkiraan perpindahan jarak CAM dalam satuan waktu.

$$v = \frac{s}{t}$$

$s$  = Jarak langkah CAM

$t$  = Waktu Proses

- b. Menghitung kecepatan putar CAM ( $n$ )

$$n = \frac{60}{t}$$

#### 2. Menghitung Daya Motor

Perhitungan daya motor diperlukan untuk mengetahui daya berdasarkan torsi motor sesuai dengan beban yang diterima.

- a. Menghitung Siklus Pergerakan  
b. Menghitung kecepatan putaran crank

$$n = (1 \text{ putaran} \times 60) / t$$

- c. Menghitung *Ratio* Motor

$$i = n_{\text{motor}} / n$$

- d. Menghitung Gaya Sistem

$$F = m_{\text{sistem}} \times \mu \times g$$

- e. Menghitung Torsi *Load*

$$TL = (F \times D) / 2$$

- f. Menghitung Torsi Motor

$$TM = TL' / i$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan konsep *storage unit* ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu pembuatan desain morfologi, deskripsi konsep, kriteria pembobotan, kriteria penilaian, dan penilaian ketiga buah konsep untuk mendapatkan sebuah konsep pemenang yang sesuai dengan kebutuhan.

#### 3.1 Penentuan Matriks Kebutuhan

**Tabel 1 Requirement List**

No.	Requirement / Permintaan
1.	Mesin <i>compact</i>
2.	Kapasitas produksi 12.600 pcs / hari .
3.	Harga maksimal Rp 150.000.000.
4.	Mesin mudah untuk digunakan oleh operator.
5.	Dimensi mesin maksimal 4000 x 2000 x 2000 mm.
6.	Tenaga kerja maksimal 1 orang.
7.	Mesin mampu <i>knockdown</i> .
8.	Mesin mudah untuk <i>maintenance</i> .
9.	Daya yang digunakan 2400 – 3600 Watt.

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa data permintaan *customer* yang memiliki tingkat kepentingan paling tinggi (nilai 5) adalah mudah dioperasikan dan jenis bibit yang ditanam. Sedangkan untuk permintaan *costumer* yang bersifat rata-rata (nilai 3) adalah jumlah operator, kemudahan *maintenance*, jumlah output air, dan dimensi kompos blok.

Dalam mencapai permintaan tersebut maka dibuatlah rumusan akan solusinya.

**Tabel 2 Karakteristik Teknis**

<b>Engineering Characteristic :</b>	
1.	Dimensi mesin (mm)
2.	Kecepatan putaran motor (rpm)
3.	Jarak antar unit (mm)
4.	Lama titik impas (bulan)
5.	Pemilihan daya komponen elektrik (Watt)
6.	Pemilihan material dan <i>standard part</i> (pcs)
7.	Lama proses setiap 1 produk (detik)
8.	Kecepatan perpindahan antar proses (mm/detik)

Setelah ditentukan *engineer characteristic*, langkah selanjutnya yaitu merumuskan hubungan dari *requirement list* dengan *engineer characteristic* pada tabel matriks kebutuhan.

Customer Needs	Engineering Characteristic	Engineering Characteristic							
		Dimensi mesin (mm)	Putaran motor ditambah (rpm)	Jarak antar unit (mm)	BEP (bulan)	Pemilihan daya komponen (Watt)	Pemilihan part standar (pcs)	Lama proses tiap 1 produk (detik)	Kecepatan perpindahan produk (mm/dtk)
		1	2	3	4	5	6	7	8
Mesin compact	5	■		●	●			●	
Kapasitas produksi 14400/hari	3		■	■			▲		
Harga max 150 juta	3	■		▲	■	■		●	●
Mesin mudah digunakan operator	4	●						▲	
Dimensi maksimal 3000x2000x1000 mm	4	■	●						
Tenaga kerja maksimal 1 orang	3				▲			■	▲
Mesin mampu knockdown	2	■			■	▲		▲	
Mudah untuk maintenance	4	■		▲	▲		■		●
Daya 3000-3600 Watt	2	●	▲	●		■			▲
Jumlah	168	39	62	74	53	48	55	27	
Persentase %	19	4.3	6.9	8.2	5.9	5.3	6.1	3	

Gambar 8 Tabel Matriks Kebutuhan

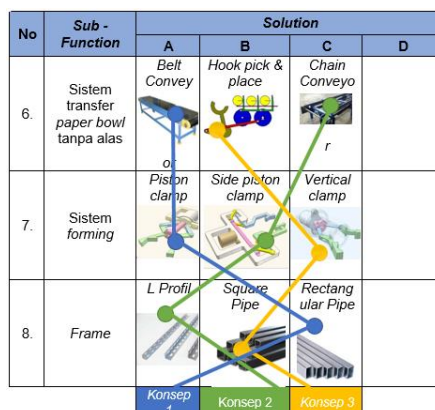
Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa dimensi mesin merupakan hal yang paling penting dalam perancangan *paper feeder and forming unit* mesin pembuat *paper bowl* ini.

3.2 Perancangan Konsep *Paper Feeder Unit*

Desain morfologi unit ini akan berisikan tentang bagaimana penggerak sistem *feeder* dan *transfer*, sistem pengambil dan transfer *cupstock paper*, sistem transmisi penggerak, jenis sensor, dan jenis rangka *frame*.

No	Sub - Function	Solution			
		A	B	C	D
1.	Proses perekatan	Perekat panas 	Lem foodgrade 	Ultrasoni c Welding 	
2.	Sistem pendinginan	Fan 	Tanpa fan / udara luar 		
3.	Mekanisme penggerak sistem perekatan	Cam 	Crankshaft 	Rack and pinion 	
4.	Transmisi penggerak sistem transfer	Pulley with belt 	Chain with sprocket 	Gear 	Tanpa transmisi 
5.	Penggerak sistem transfer dan perekatan	Induction Motor 	Reversible Motor 	Pneumatic Cylinder 	Motor stepper 

Gambar 9 Morfologi *Paper Forming Unit*



Gambar 9 Morfologi Paper Forming Unit (lanjutan)

Konsep dihasilkan pada desain morfologi di atas dinyatakan dalam garis berhubungan di mana konsep 1 digambarkan dengan garis berwarna biru, konsep 2 dengan garis berwarna hijau, dan konsep 3 dinyatakan dengan garis berwarna kuning.

### 3.3 Penilaian Konsep Paper Feeder Unit

Penilaian konsep sistem Paper Feeder Unit ini dilakukan dalam 3 tahap, yaitu perhitungan kriteria pembobotan, penentuan kriteria penilaian, dan penilaian ketiga konsep.

#### 1. Pembobotan Faktor Penilaian

Pembobotan faktor penilaian dapat dilihat pada Gambar 10.

Pembobotan berdasarkan Kriteria	Kriteria Penilaian										
	Dimension	Easy Maintenance	Easy Manufacture	Portability	Easy to Use	Performance View	Cost	Complexity	Durability	Easy to Assembly	
Dimension	1	1	0	1	2	1	1	0	2	1	
Easy Maintenance	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	
Easy Manufacture	2	2	1	1	1	1	1	0	0	1	
Portability	1	1	1	1	2	1	2	1	0	1	
Easy to use	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	
Performance View	1	2	1	1	2	1	1	0	1	2	
Cost	1	1	1	0	1	1	1	1	2	1	
Complexity	2	2	2	1	1	2	1	1	2	1	
Durability	0	2	2	2	1	1	0	0	1	1	
Easy to Assembly	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
	10	14	10	9	13	8	10	5	10	11	
	0.71	1	0.71	0.64	0.93	0.57	0.7	0.4	0.7	0.8	

Gambar 10 Tabel Pembobotan Faktor Penilaian Paper Feeder Unit

#### 2. Kriteria Penilaian

Kriteria penilaian konsep paper feeder unit dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Kriteria Penilaian Konsep

	5	3	1
Dimension	Ukuran 2000x2000x1500 mm	Ukuran antara 2000-3000x2000-3000x1500-2000 mm	Ukuran lebih dari 3000x3000x2000 mm
Easy Maintenance	Automatic Maintenance	Memerlukan alat bantu kerja	Memerlukan alat bantu dan tambahan operator
Easy Manufacture	Bentuk sederhana	Banyak kontur khusus	Memerlukan alat bantu khusus
Portability	Memerlukan 1 orang	Memerlukan 2-5 orang	Memerlukan >5 orang
Easy to use	Full Machine Automatic	1 operator	>1 operator
Performance View	Semua berada di dalam frame	Terlihat beberapa komponen di luar frame	Semua komponen terlihat di luar frame
Cost	<100 juta	100-150 juta	>150 juta
Complexity	<20 jam	20-35 jam	>35 jam
Durability	Daya tahan mesin >3 tahun	Daya tahan mesin 3-5 tahun	Daya tahan mesin >5 tahun
Easy to Assembly	Memerlukan bantuan 1 orang	Memerlukan bantuan 2-5 orang	Memerlukan bantuan >5 orang

### 3. Penilaian Konsep

Penilaian ketiga buah konsep sistem *paper feeder unit* dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4** Tabel Penilaian *Paper Feeder Unit*

Paper Feeder Unit								
No.	Kriteria	Bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
			Nilai	Total	Nilai	Total	Nilai	Total
1	Dimension	0.71	3	2.13	3	2.13	3	2.13
2	Easy Maintenance	0.86	3	2.58	5	4.30	5	4.20
3	Easy Manufacture	0.71	3	2.13	3	2.13	3	2.13
4	Portability	0.57	3	1.71	3	1.71	3	1.71
5	Easy to use	1.00	5	5.00	5	5.00	3	3.00
6	Performance View	0.36	1	0.36	1	0.36	1	0.36
7	Cost	0.86	3	2.58	3	2.58	3	2.58
8	Complexity	0.43	1	0.43	1	0.43	1	0.43
9	Durability	0.86	3	2.58	3	2.58	3	2.58
10	Easy to Assembly	0.79	5	3.95	5	3.95	3	2.37
<b>Total</b>		7.15	30	23.45	32	25.17	28	21.59
<b>Peringkat</b>			<b>2</b>		<b>1</b>		<b>3</b>	

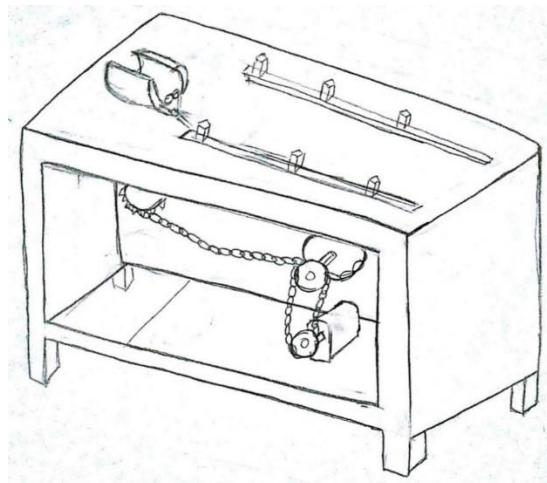
Pada tabel 7 dapat disimpulkan bahwa konsep kedua merupakan konsep yang diambil sebagai konsep sistem *paper feeder unit* karena mendapatkan peringkat 1 serta kegunaannya sudah mampu mencukupi kebutuhan mesin yang akan dirancang.

#### 3.4 Deskripsi Konsep *Forming Unit*

Awal dari proses pada mesin pembuat *paper bowl* ini adalah *paper feeder unit* untuk memindahkan *cupstock paperboard* ke *forming unit*. Setelah itu *cupstock paperboard* akan dibentuk di *forming unit* dengan menggunakan sistem *clamping* dari sisi kanan dan kiri. Mekanisme untuk menggerakkan *clamp* yaitu menggunakan sistem *crank* yang terkoneksi dengan mekanisme lainnya.

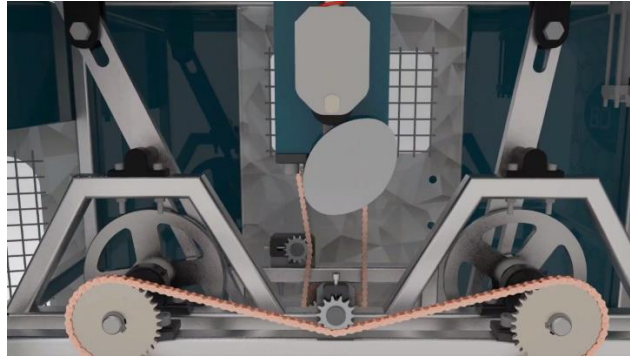
Lalu selanjutnya adalah bagian perekatan sisi dinding *paper bowl* menggunakan *ultrasonic welding* dengan sistem getaran yang akan membuat molekul dari kertas bergesekan dan akhirnya akan menimbulkan panas yang melelehkan dan merekatkan material dari *cupstock paperboard*. Pergerakan naik dan turun dari *ultrasonic welding* menggunakan sistem *cam* yang terkoneksi dengan mekanisme lainnya. Kedua sistem transfer (transfer dari *feeder* ke *forming* dan transfer dari *forming* ke *cutting*) menggunakan *crank*, untuk mengubah gaya rotasi ke translasi untuk pergerakan sistem transfer.

Semua mekanisme yang ada terkoneksi satu sama lain sehingga motor yang digunakan hanya ada 1 yang ada dibagian bawah, motor yang digunakan adalah motor DKM 90W.



**Gambar 11** *Paper Feeder Unit* Konsep Pemenang

*Forming unit* ini terdiri dari *cup former* yang digerakkan dengan sistem *crank*, lalu kertas yang telah digulung/dibentuk akan ditekan oleh *ultrasonic welding* untuk menyatukan bagian dinding *paper bowl*. Pergerakan naik turun *ultrasonic welding* menggunakan sistem *cam*.



**Gambar 12** Mekanisme *Paper Forming Unit*

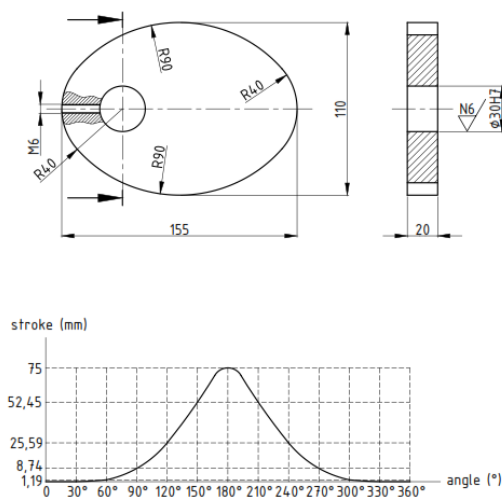
*Forming Unit* ini mendapatkan input dari *paper feeder unit*. Seluruh mekanisme yang ada digerakkan dengan motor induksi sebesar 90 watt. Beban *frame* yang mampu ditopang sebesar 500 kg dengan angka keamanan sebesar 2.

### 3.5 Analisa

Analisa yang digunakan dalam proses perancangan *paper forming unit* mesin pembuat *paper bowl* ini antara lain:

#### 1. Menghitung *Cam*

Dibawah ini merupakan perhitungan kecepatan linear dan kecepatan putaran *cam*.



**Gambar 13** *Cam Forming Unit*

Data Cam :

Waktu Proses (t) = 2 sekon

Jarak Langkah *Cam* (s) = 65 mm

a. Menghitung Kecepatan Linear *Cam* (v)

$$\begin{aligned} V &= \frac{S}{t} \\ &= \frac{65}{2} \\ &= 32,5 \text{ mm/s} \\ &= 0,325 \text{ mm/s} \end{aligned}$$

b. Menghitung Kecepatan Putaran *Cam*

$$\begin{aligned} V &= \frac{60}{t} \\ &= \frac{60}{2} \\ &= 30 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan kecepatan putaran *cam* sebesar 30 rpm.

## 2. Menghitung Torsi Motor

### a. Perhitungan Proses Satu Siklus Pergerakan

Semua sistem terhubung menjadi satu dengan mekanisme. Satu siklus terjadi terus berulang-ulang, 1 siklus terdiri dari proses kertas dihisap, dipindahkan, ditransfer, dibentuk dan direkatkan, lalu ditransfer ke unit selanjutnya.

$$\begin{aligned} 1 \text{ siklus} &= 2 \text{ detik} \\ 1 \text{ siklus} &= 1 \text{ putaran } \textit{sprocket set} \\ 1 \text{ putaran } \textit{sprocket} &= 1 \text{ putaran } \textit{crank} \\ 1 \text{ siklus} &= 1 \text{ putaran } \textit{crank} \end{aligned}$$

### b. Perhitungan Kecepatan Putaran *Crank* (n)

$$\begin{aligned} n &= (1 \text{ putaran} \times 60) / t \\ &= (1 \text{ putaran} \times 60) / 2 \text{ s} \\ &= 30 \text{ rpm} \end{aligned}$$

### c. Perhitungan Rasio Motor (i)

$$\begin{aligned} i &= n_{\text{motor}} / n \\ &= 1300 / 30 \\ &= 43,333 \end{aligned}$$

### d. Perhitungan Gaya yang Terjadi pada Sistem (F)

$$\begin{aligned} F &= m_{\text{sistem}} \times \mu \times g \\ &= 75 \times 1 \times 9,81 \\ &= 735,75 \text{ N} \end{aligned}$$

### e. Perhitungan Torsi Load (TL)

$$\begin{aligned} TL &= (F \times D) / 2 \\ &= (735,75 \times 30) / 2 \\ &= 11036,25 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

### f. Perhitungan Torsi Load dengan Angka Keamanan (TL')

$$\begin{aligned} TL' &= TL \times v \\ &= 11036,25 \times 2 \\ &= 22072,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

### g. Perhitungan torsi motor (TM)

$$\begin{aligned} TM &= TL' / i \\ &= 22072,5 / 43,333 \\ &= 509,369 \text{ Nmm} \\ &= 0,509 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Tabel 5 Ketercapaian Pasca Desain

Requirement List					
No.	Requirement / Permintaan	Spesifikasi teknis yang bisa diukur	Tingkat kepentingan	Indikator Ketercapaian (%)	Implementasi dalam desain
1	Mesin Compact	Semua berada pada 1 frame	5	100 %	Tersedia storage dan bagian sisa pembuangan menyatu dalam 1 frame yang sama. Meskipun dalam 1 frame yang sama tetapi tiap unit dapat berdiri sendiri.
2	Kapasitas produksi 12.600 pcs/hari	Kapasitas 12.600 pcs/hari	3	100 %	Untuk kapasitas yang dapat dihasilkan selama 7 jam kerja adalah 13.491 pcs dengan catatan 1 produk awal 20 detik, kemudian per produk setiap 20 detik.
3	Harga Maksimal Rp.150.000.000	Harga kurang dari Rp.150.000.000	3	60 %	Harga jual mesin Rp.250.000.000
4	Mesin mudah digunakan operator	Mode otomatis dan mode manual	4	100 %	Panel box menyediakan 2 pilihan mode, yaitu mode otomatis dan mode manual serta

5	Dimensi mesin maksimal 4000 x 2000 x 2000 mm	Dimensi kurang dari 4000 x 2000 x 2000 mm	4	100 %	penambahan tombol <i>emergency</i> . Dimensi ukuran mesin 3500 x 1600 x 1900 mm dapat memenuhi ukuran yang disediakan.
6	Tenaga kerja maksimal 1 orang	Operator kurang dari 1 orang	3	100 %	Operator cukup 1 orang sudah cukup untuk mengoperasikan mesin tersebut
7	Mesin mampu <i>knockdown</i>	Mudah dibongkar pasang	3	100 %	Pada pemasangan dan pelepasan tiap <i>connector</i> memakai baut dengan diminimalisasi pengelasan pada <i>connector</i> .
8	Mesin mudah untuk <i>maintenance</i>	Akses untuk <i>troubleshooting</i> dan <i>maintenance</i>	3	80 %	Mesin menyediakan akses untuk <i>troubleshooting</i> dan <i>maintenance</i> dalam tiap unit berupa <i>cover</i> transparan dan bisa dibuka tutup sesuai kebutuhan.
9	Daya yang digunakan 2400-3600 <i>watt</i>	Daya kurang dari 3600 <i>watt</i>	2	100 %	Menggunakan komponen komponen yang konsumsi daya listriknya rendah dengan total daya dalam desain mesin adalah 3000 <i>watt</i>

Berdasarkan penilaian yang sudah dilakukan di atas, dihitung ketercapaian desain sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase Ketercapaian} &= ((100 \times 5) + (100 \times 3) + (60 \times 3) + (100 \times 4) + (100 \times 4) \\
 &\quad + (100 \times 3) + (100 \times 3) + (80 \times 3) + (100 \times 2)) / 30 \\
 &= (500 + 300 + 180 + 400 + 400 + 300 + 300 + 240 \\
 &\quad + 200) / 30 \\
 &= 94 \%
 \end{aligned}$$

#### 4. KESIMPULAN

Perhitungan konstruksi rancangan mesin telah dilakukan dan dinilai cukup aman. *Cam* akan berputar dengan kecepatan 30 rpm dan memiliki kecepatan linear 32,5 mm per detik dengan stroke sebesar 65 mm pada putaran 180°. Perhitungan konstruksi lanjutan masih perlu dilakukan untuk realisasi rancangan mesin dikarenakan perhitungan yang dilakukan terbatas pada konstruksi atau komponen yang dianggap kritis.

Berdasarkan penilaian pasca desain, adapun hasil ketercapaian perancangan *forming unit* pada mesin pembuat *paper bowl* dengan mekanisme *cam* adalah 94% dan penyimpangan ketercapaian sebesar 6%.

Perancangan *forming unit* pada mesin pembuat *paper bowl* dengan mekanisme *cam* masih belum sempurna dan masih terdapat beberapa aspek yang memiliki kemungkinan pengembangan ke depannya. Adapun beberapa saran pengembangan yang dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Menambah variasi ukuran *cup former* agar bisa dibuat untuk ukuran yang lain.
2. Penambahan sensor untuk mendeteksi apabila ada kesalahan pada unit *forming (double layer, kertas terpotong, kertas belumpada posisinya)*.
3. Menambahkan pengatur suhu untuk *ultrasonic welding*.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

Antropometri Indonesia, *Rekap Data Antropometri Indonesia*. Diakses dari [http://antropometriindonesia.org/index.php/detail/artikel/4/10/data\\_antropometri](http://antropometriindonesia.org/index.php/detail/artikel/4/10/data_antropometri). 12 Januari 2019.

- Badan Pusat Statistik. *Perkembangan Impor Kelompok Kemasan dan Kotak Dari Kertas Karton dari Indonesia*. Diakses dari [http://kemenperin.go.id/statistik/barang\\_negara.php?negara=138&jenis=i&kode=202017006](http://kemenperin.go.id/statistik/barang_negara.php?negara=138&jenis=i&kode=202017006). 21 September 2018.
- Badan Pusat Statistik. *Pertumbuhan Produksi Industri Manufaktur triwulan IV 2017*. Diakses dari <https://www.bps.go.id/pressrelease/2018/02/01/1479/pertumbuhan-produksi-industri-manufaktur-besar-dan-sedang-triwulan-iv-tahun-2017-naik-sebesar-5-15-persen-dan-pertumbuhan-produksi-industri-manufaktur-mikro-dan-kecil-triwulan-iv-2017-naik-sebesar-4-59-persen.html>. 21 September 2018.
- Balai Besar Pulp dan Kertas. *Tambah Cuan dari Kemasan Makanan*. Diakses dari [http://www.bbpk.go.id/berita\\_tampil.php?id=2nmSq0ReUn0-WcdqLtGggrmnBG0CntgUegpSrsIQ7qc](http://www.bbpk.go.id/berita_tampil.php?id=2nmSq0ReUn0-WcdqLtGggrmnBG0CntgUegpSrsIQ7qc). 4 November 2018.
- B. Sudibyo, Ing. HTL. *Transmisi Sabuk*. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta. 1991.
- B. Sudibyo, Ing. HTL. *Poros Penyangga dan Poros Transmis*. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta. 1991.
- B. Sudibyo, Ing. HTL. *Kekuatan dan Tegangan Ijin*. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta. 1991.
- B. Sudibyo, Ing. HTL. *Roda Gigi Jilid 1*. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta. 1991.
- B. Sudibyo, Ing. HTL. *Bantalan Gelinding*. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta. 1991.
- Dadan Muhanda, Asep. *Pabrik kertas di Riau*. Diakses dari <https://ekonomi.bisnis.com/read/20160620/257/559507/pasar-kemasan-kertas-ditaksir-capai-us-1-triliun-pada-2020-#>. 19 November 2018.
- Harian Ekonomi Neraca. *Industri Kemasan Harus Memiliki Standar*. Diakses dari <http://kemenperin.go.id/artikel/7660/Industri-Kemasan-Harus-Memiliki-Standar>. 20 September 2018.
- Indah Kiat Pulp and Paper Products. *Foopak Bio Natura Cup*. Diakses dari <http://www.ikserang.com/iks/home.php?p=product&d=Foopak%20Bio%20Natura%20Cup>. 21 September 2018.
- Indonesia Finance Today. *Penjualan Industri Kemasan Diestimasi Tumbuh 10% menjadi Rp. 77 Triliun*. Diakses dari <http://www.kemenperin.go.id/artikel/11322/Penjualan-Industri-Kemasan-Diestimasi-Tumbuh-10-Jadi-Rp-77-Triliun>. 24 September 2018.
- Politeknik ATMI Surakarta, *Tabel Elemen Mesin*. ATMI PRESS SOLO. 17 Januari 2019.
- Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah Nomer 81 tahun 2012 tentang *Pengelolaan Sampah Rumah Tangga, dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Sekretariat Negara. Jakarta. 2012.
- Suroto. *Strength of Materials*. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta. Surakarta.