

PERANCANGAN UNIT CORRUGATING MESIN PEMBUAT FLEXIBLE STRAWS

Adityo Danujo Utomo¹, Erlangga Dewantara², Mahesha Putra Utama³, Dikky Kusuma Wijaya.⁴

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

*Email: emailnyaty2298@gmail.com¹, erlangga1202@gmail.com², maheput21@gmail.com³, dikky.kusuma@atmi.ac.id⁴

Abstrak

Unit corrugating pada mesin pengemas flexible straw berfungsi untuk membuat alur pada sedotan lurus. Mesin ini dirancang dengan kecepatan produksi 6pack/menit dengan 8 jam kerja sehari. Mesin terdiri unit yang compact yaitu unit grooving dan packaging. Input dari mesin ini adalah sedotan plastik lurus dengan panjang 245 mm. Input dimasukkan secara manual oleh operator. Input berupa sedotan akan masuk ke bagian processing barrel yang menggunakan mekanisme reciprocating barrel cam untuk kemudian dibentuk alur sedotan tekuk menggunakan heater dengan suhu 50-100 °C. Sedotan yang sudah beralur kemudian akan masuk ke bagian packaging sejumlah 50 pcs/ kemasan. Sedotan tersebut akan dibungkus plastik melalui unit packaging yang akan diteruskan ke bagian roll & heating unit. Setelah itu sedotan yang sudah dibungkus plastik akan dipotong di bagian cutting unit agar bisa menjadi satu kemasan utuh dengan isi 50 pcs/ kemasan.

Kata kunci: mesin, pengemas, pembuat, sedotan, tekuk, cam

1. PENDAHULUAN

Sedotan tekuk (*flexible straws*) merupakan alat bantu yang digunakan untuk memudahkan minuman masuk ke mulut. Dahulu sedotan terbuat dari rumput, dan saat ini sedotan dibuat dari plastik dengan jenis *polypropylene* dan *polystyrene*. Sedotan plastik saat ini sudah banyak yang menggunakan *polylactid acid* yang merupakan *biodegradable* plastik sesuai dengan *British Standard 8472*, *American ASTM D6954*, *UAE Standard 5009:2009*, *French Accord 751-808*. *Polylactid Acid (PLA)* ditemukan pada tahun 1932 oleh Carothers (DuPont) yang memproduksi PLA dengan berat molekul rendah dengan memanaskan asam laktat pada kondisi vakum. Pada tahap selanjutnya, DuPont dan Ethicon memfokuskan pembuatan aplikasi *medical grade sutures*, implan dan kemasan obat. Baru-baru ini, beberapa perusahaan seperti Shimadzu dan Mitsui Tuatsu di Jepang telah memproduksi sejumlah PLA untuk aplikasi plastik. *Polylactid acid* atau Poli laktida (PLA) dengan rumus kimia $(CH_3CHOHCOOH)_n$ adalah sejenis polimer atau plastik yang bersifat *biodegradable*, *thermoplastic* dan merupakan *poliester alifatik* yang terbuat dari bahan-bahan terbarukan seperti pati jagung atau tanaman tebu. PLA sudah dikenal sejak abad yang lalu, namun baru diproduksi secara komersial dalam beberapa tahun terakhir dengan keunggulan kemampuan untuk terdegradasi secara biologi.

Menteri Perindustrian Airlangga Hartarto menyampaikan, industri minuman di dalam negeri mampu tumbuh 8,41% pada semester I tahun 2018. Kinerja positif ini tentu memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian nasional. Menperin meyakini, industri makanan dan minuman nasional masih memiliki potensi pertumbuhan yang cukup baik karena didukung oleh sumber daya alam yang berlimpah dan permintaan domestik yang besar. "Laju pertumbuhan sektor industri makanan dan minuman pada triwulan I tahun 2018 mencapai 12,70% dan berkontribusi hingga 35,39% terhadap PDB industri non-migas," ungkap Menteri Perindustrian. Kemenperin memproyeksi, produk minuman ringan akan terus tumbuh seiring dengan kebutuhan masyarakat modern yang menginginkan produk minuman yang praktis dibawa, aman atau higienis dan harganya terjangkau.



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*

Input pada mesin terdiri dari dua bahan, sedotan plastik dan roll plastik. Penjelasan mengenai spesifikasi *input* secara detail terkait jenis, bentuk dan ukuran dijelaskan sebagai berikut :

a. Sedotan Lurus

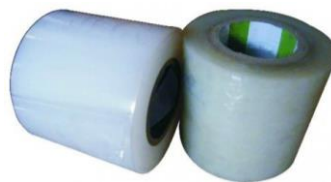
Input utama dari mesin berupa sedotan lurus yang sudah melalui proses ekstrusi dan sudah dipotong dengan dimensi \varnothing 3,8 mm x 245 mm. Material dari sedotan tersebut adalah PP, PS dan PLA. Sedotan lurus ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Sedotan Lurus

b. Roll Plastik

Input kedua berupa *roll* plastik berbahan LDPE yang berfungsi sebagai pembungkus sedotan. Dimensi dari *roll* plastik ini yaitu lebar 240 mm dengan ketebalan 0,1 mm.



Gambar 3 Roll Plastik

1.2 Spesifikasi *Output*

Output berupa sedotan plastik dengan kemasan. Jumlah 1 kemasan sebanyak 50 *pcs*. *Output* berupa sedotan yang sudah ditebuk lehernya dengan dimensi \varnothing 3,8 mm x 210 mm dengan panjang leher 20 mm.

1.3 Batasan Proses

Batasan proses pada mesin pembuat dan pengemas *flexible straw*, yaitu :

- Sedotan dimasukkan secara *manual* oleh *operator*.
- Input roll* plastik dipasang secara *manual* oleh *operator*.
- Output* diambil *manual* oleh *operator*.
- Apabila ada produk yang jatuh/ tidak bisa diproses, produk diambil secara *manual* oleh *operator*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses perancangan unit *corrugating* mesin pembuat *flexible straws* 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 unit *corrugating* mesin pembuat dan pengemas *flexible straws* 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 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 sebagai berikut:

1. Mesin Pemanding

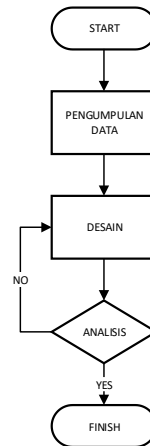
Hasil data yang didapatkan dari mesin pembanding dikumpulkan dan digunakan untuk membuat mesin yang sesuai permintaan.

2. Catatan Jurnal

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

2.3 Metode Pengerjaan

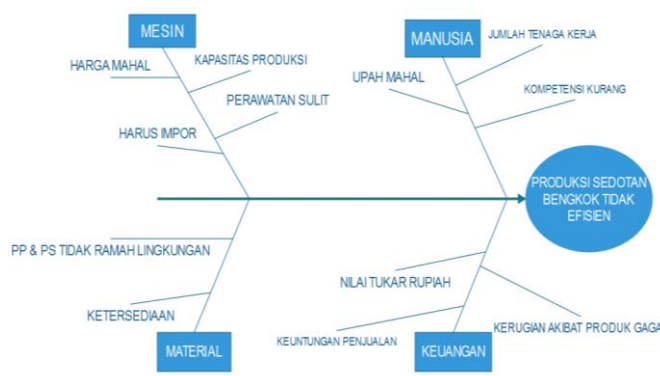
Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* dibawah ini



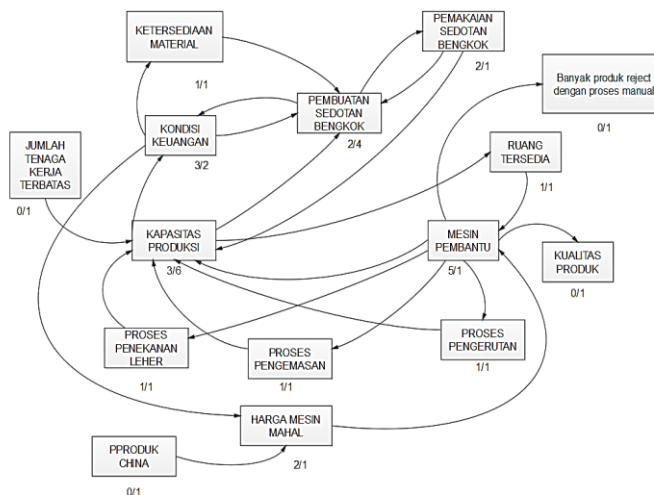
Gambar 4 Flowchart Proses

2.3.1 Pengumpulan Data

Kami mencari jurnal dan data pendukung dari *internet*, data – data pendukung. Selain dengan data jurnal, terdapat analisa sebab akibat dengan menggunakan metode *fishbone* dan diagram sebab akibat.



Gambar 5 Metode Fish Bone



Gambar 6 Diagram Keterkaitan

2.3.2 Desain

Setelah mengumpulkan semua data yang melengkapi kebutuhan dalam proses perancangan unit *corrugating* mesin pembuat *flexible straws*, 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* 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 Kekuatan Daerah Kritis

Perhitungan kekuatan daerah kritis diperlukan untuk menentukan ukuran minimal serta membantu dalam pembuktian kekuatan konstruksi dalam sebuah perancangan mesin.

a. Menghitung Kekuatan *Frame*

Kekuatan *frame* ini sangatlah dibutuhkan sebagai bukti bahwa konstruksi *frame* yang digunakan sebagai penyangga aman untuk digunakan terhadap beban tertentu.

Menghitung Gaya Total

Gaya total dengan angka keamanan digunakan untuk menentukan perkiraan beban yang akan diterima oleh *frame*.

$$F' = m \times g \times \phi \tag{1}$$

- m = Massa beban
- g = Kecepatan gravitasi
- ϕ = Angka keamanan

Menghitung Momen Inersia Sumbu Y

Momen inersia digunakan untuk membandingkan momen yang dialami oleh *frame* saat terjadi pembebanan dengan momen inersia yang diizinkan. Jika momen inersia perhitungan lebih kecil dari momen inersia yang diizinkan maka konstruksi *frame* tersebut aman untuk digunakan.

$$I_y = \frac{L^2 \times F'}{\pi^2 \times E} \tag{2}$$

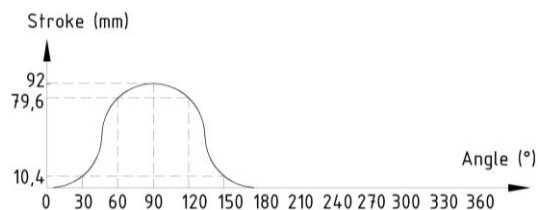
- L = Panjang *Frame* yang menerima beban
- F' = Gaya yang diterima dengan angka keamanan
- E = Modulus Elastisitas

b. Menghitung CAM

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan putaran *CAM* pada proses .



Gambar 7 Processing Barrel



Gambar 8 Diagram CAM

Menghitung Stroke

Stroke merupakan jarak yang ditempuh oleh follower akibat kontur dari *CAM*

Menghitung Momen Terbesar

Momen terbesar diperlukan untuk menentukan dimana diameter daerah kritis akibat pembebanan.

$$MT = 9550 \cdot \frac{P1}{n1} \tag{3}$$

- MT = Momen puntir
- P1 = Daya motor
- n1 = Jumlah putaran

$$Mv = \sqrt{Mb(RA)^2 + (0,75)(\alpha 0 \cdot MT)^2} \tag{4}$$

- Mv = Momen gabungan

$M_b(RA)$ = Resultan momen tekuk
 α_0 = Faktor batas tegangan

Menghitung Diameter Sementara

Perhitungan diameter sementara digunakan sebagai acuan dalam keadaan pembebanan ideal tanpa pengaruh dari keadaan tertentu.

$$\sigma_{\text{Sementara}} = \frac{\sigma_{bw}}{y} \quad (5)$$

$\sigma_{\text{Sementara}}$ = Tegangan sementara

σ_{bw} = Tegangan tekuk ganti

n_1 = Angka keamanan (2,5-3,0)

$$dk_{\text{sementara}} = \sqrt[3]{\frac{Mv}{0,1 \times \sigma_{\text{sementara}}}} \quad (6)$$

Menghitung Diameter Sebenarnya

Perhitungan diameter sebenarnya didapatkan berdasarkan faktor lain seperti tingkat kekasaran *shaft*, angka keamanan, faktor ukuran, dan faktor efek lekuk.

$$\sigma_{\text{sebenarnya}} = \frac{\sigma_{bw} \times b_1 \times b_2}{\beta_k \times \theta} \quad (7)$$

$\sigma_{\text{sebenarnya}}$ = Tegangan sebenarnya

b_1 = Faktor kekasaran

b_2 = Faktor ukuran

β_k = Faktor ukuran

$$dk_{\text{sebenarnya}} = \sqrt[3]{\frac{Mv}{0,1 \times \sigma_{\text{sebenarnya}}}} \quad (8)$$

c. Menghitung Daya Motor

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

Menghitung Torsi Motor

$$T' = \frac{m \times g \times D}{2} \times \theta \quad (9)$$

T' = Torsi motor dengan angka keamanan

m = Massa

g = Kecepatan gravitasi

D = Diameter *shaft*

θ = Angka keamanan

Menghitung Torsi Motor Sesuai Rasio

$$TM = \frac{T}{i} \quad (10)$$

TM = Torsi motor sesuai rasio
 I = Rasio putaran motor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan mesin pembuat dan pengemas *flexible straws* 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 Tingkat Kepentingan *Requirement List*

NO	<i>Requirement List</i>	Tingkat Kepentingan
1	Harga mesin ≤ Rp150.000,00	5
2	Mudah dioperasikan	4
3	Kapasitas produksi mesin 6pack/menit	4
4	Ukuran <i>compact</i>	4
5	Higienis	4
6	Jumlah operator maksimal 2 orang	3
7	Listrik 3 <i>phase</i> 380VAC, daya maksimal 15kW	3
8	mudah perawatan	3
9	Material sedotan PS, PP dan PLA	3
10	Panjang <i>neck</i> sedotan 2mm	2

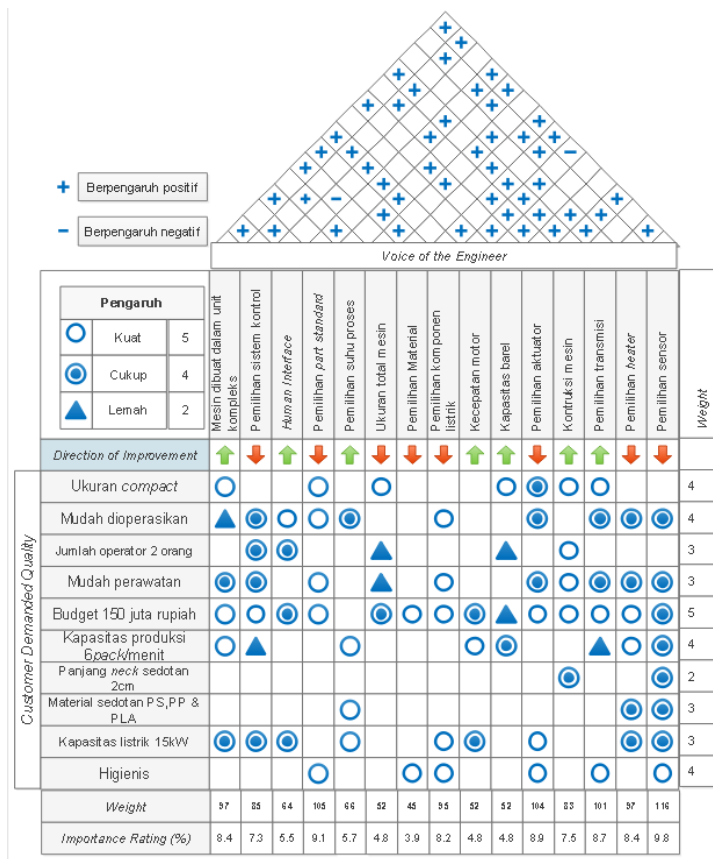
Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa data permintaan *customer* yang memiliki tingkat kepentingan paling tinggi (nilai 5) adalah harga mesin kemudian yang paling rendah (2) adalah panjang dari leher sedotan.

Dalam mencapai permintaan tersebut maka dibuatlah rumusan akan solusinya.

Tabel 2 *Engineer Characteristic*

No.	Karakteristik Teknis	Satuan
1	Kapasitas <i>hopper</i>	<i>pieces</i>
2	Panjang mesin	meter
3	Lebar mesin	meter
4	Tinggi mesin	meter
5	Tinggi panel kontrol	meter
6	Suhu material PP, PS dan PLA	celcius
7	Panjang sedotan input	milimeter
8	Diameter sedotan input	milimeter
9	Tebal sedotan input	milimeter
10	Sistem kontrol yang digunakan	-
11	Daya listrik	watt
12	Kecepatan motor	rpm
13	Kapasitas produksi	pcs/menit
14	Kapasitas barel pemrosesan	pcs
15	Suhu untuk laminasi <i>packaging</i>	celcius
16	Panjang langkah <i>straws transfer</i>	milimeter
17	Gaya penekanan sedotan	newton

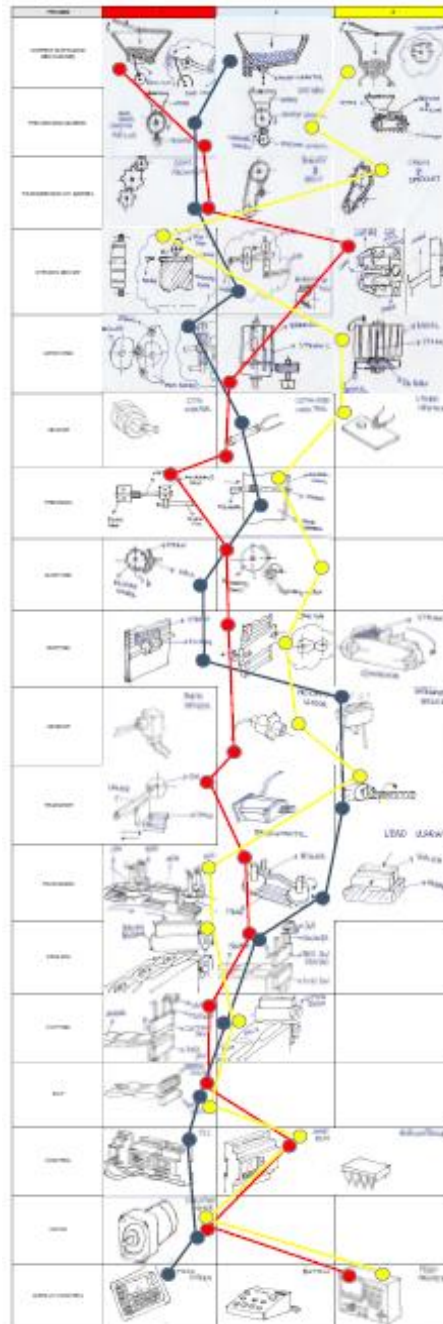
Setelah ditentukan *engineer characteristic*, langkah selanjutnya yaitu merumuskan hubungan dari *requirement list* dengan *engineer characteristic* pada tabel matriks kebutuhan.



Gambar 7 Quality Function Deploy

3.2 Perancangan Mesin

Desain morfologi unit ini akan berisikan tentang bagaimana bentuk dan mekanisme yang akan digunakan pada rancangan mesin



Gambar 9 Morfologi Desain

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

3.2.1 Penilaian Konsep Desain

Penilaian konsep desain 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 tabel dibawah ini.

Tabel 3 Pembobotan Faktor Penilaian

REQUIREMENT LIST	Poin									
	Ukuran Compact	Mudah Dioperasikan	Operator maksimal 2 orang	Mudah Perawatan	Budget maksimal 150 juta	Kapasitas Produksi 6pack /menit	Panjang Neck sedotan 2cm	Material sedotan PS, PP dan PLA	Kapasitas listrik 15kW	Higienis
Ukuran 'Compact'	1	1	0	1	2	2	1	1	1	1
Mudah Dioperasikan	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Operator maksimal 2 orang	2	2	1	2	2	2	0	1	2	2
Mudah Perawatan	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
Budget maksimal 150 juta	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
Kapasitas produksi 6pack /menit	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
Panjang Neck sedotan 2cm	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2
Material sedotan PS, PP dan PLA	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Kapasitas listrik 15kW	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
Higienis	1	1	0	1	2	2	0	1	1	1
Poin	9	8	3	9	14	13	5	8	10	11
Bobot	0.64	0.6	0.21	0.64	1	0.9	0.4	0.57	0.7	0.79

2. Kriteria Penilaian

Kriteria penilaian konsep dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Kriteria Penilaian

Detail Requirement	Poin				
	4	3	2	1	
Ukuran compact	Kapasitas hopper (pieces)	>5000	4000	3000	<3000
	Panjang total mesin (meter)	1-1.5	1.5-2	-	>2
	Lebar total mesin (meter)	0.8-1	-	1-1.5	>1.5
	Tinggi total mesin (meter)	1.2-1.5	1.5-2	-	>2
	Tinggi panel kontrol (meter)	1-1.2	1.2-1.5	-	>1.5 or < 1
Material	Material yang bisa dikerjakan	PP, PS, PLA	-	PLA, PP	PLA
	Waktu pemanasan (menit)	<5	5	10	>10
Kapasitas Produksi	Kapasitas produksi (pcs/menit)	≥6pack/menit	-	-	<6pack/menit
Mudah Dioperasikan & Perawatan	Tingkat keamanan (operator & proses)	Dilengkapi sensor pengaman	Hanya tombol emergency	-	tanpa pengaman
	Sistem kontrol yang digunakan	Relay	Smart Relay	Mikrokontroler	PLC
Budget 150 juta rupiah	Energi yang digunakan	Listrik	-	-	Udara/Pneumatik
	Jumlah local content (%)	65	50	40	<40
Output	Panjang neck sedotan (centimeter)	2	>2	<2	-
	Tebal sedotan (milimeter)	0.02-0.18	-	-	<0.02 or >0.18
	Diameter sedotan (milimeter)	2-3.8	3.8	-	<2 or >3.8
	Panjang sedotan (milimeter)	140-220	-	-	<140 or >220
	Gaya tekan maksimal (kg)	0.4	0.5	-	<0.4 or >0.5
Kapasitas listrik	Daya listrik mesin (kilo watt)	<15	15	20	>20
Higienis	Jenis material yang digunakan	Foodgrade	-	-	Not foodgrade

3. Penilaian Konsep

Penilaian ketiga buah konsep dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Penilaian Konsep

No.	Kebutuhan Teknis	BOBOT	KONSEP 1		KONSEP 2		KONSEP 3	
			NILAI	TOTAL	NILAI	TOTAL	NILAI	TOTAL
Ukuran compact	1 Kapasitas hopper	0.64	3	1.92	3	1.92	2	1.28
	2 Panjang total mesin		4	2.56	4	2.56	4	2.56
	3 Lebar total mesin		4	2.56	4	2.56	4	2.56
	4 Tinggi total mesin		4	2.56	4	2.56	4	2.56
	5 Tinggi panel kontrol		4	2.56	3	1.92	4	2.56
Material	6 Material yang dikerjakan (PS, PP dan PLA)	0.57	4	2.28	4	2.28	3	1.71
	7 Waktu pemanasan		3	1.71	3	1.71	3	1.71
Kapasitas produksi	8 Kapasitas produksi 6pack/menit	0.9	4	3.6	4	3.6	4	3.6
	9 Tingkat keamanan (operator & produk)		4	2.56	3	1.92	4	2.56
Mudah dioperasikan & perawatan	10 Sistem kontrol yang digunakan	0.64	4	2.56	1	0.64	4	2.56
	11 Sumber energi yang dipakai		4	2.8	4	2.8	4	2.8
Budget 150 juta rupiah	12 Jumlah local content	0.7	3	2.1	4	2.8	3	2.1
	13 Panjang neck sedotan		4	1.6	4	1.6	4	1.6
Ukuran sedotan	14 Diameter sedotan yang dapat dikerjakan	0.4	4	1.6	4	1.6	3	1.2
	15 Panjang sedotan yang dapat dikerjakan		4	1.6	4	1.6	4	1.6
	16 Gaya tekan maksimal yang boleh diberikan		4	1.6	4	1.6	4	1.6
Higienis	17 Material yang digunakan	0.79	4	3.16	4	3.16	4	3.16
Total Poin			36.33 #1		36.83 #3		37.72 #2	

Pada tabel 5 dapat disimpulkan bahwa konsep pertama merupakan konsep yang diambil sebagai konsep pemenang karena mendapatkan peringkat 1 serta kegunaannya sudah mampu mencukupi kebutuhan mesin yang akan dirancang.

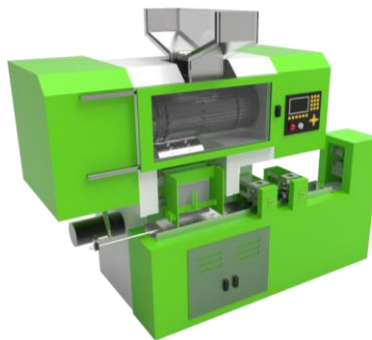
3.2.2 Deskripsi Konsep Pemenang

Konsep pemenang merupakan hasil desain konsep mesin pemenang berdasarkan morfologi yang telah dibuat. Konsep mesin pemenang terdiri dari mekanisme *hopper (entrance mechanism)* yang berfungsi sebagai tempat *input flexible straws* dan membagi jumlah sedotan yang masuk ke *processing barrel* dengan menggunakan mekanisme *face cam* yang digerakkan oleh *motor* dengan transmisi *gear*. Sedotan akan dibawa maju masuk ke *mandrel* dengan menggunakan mekanisme *angular cam*, sedotan selanjutnya dibentuk alurnya dengan menggunakan *roller (roller digerakkan oleh motor induksi yang ditransmisikan oleh gear)* yang telah dikoneksikan dengan *induction heater* yang telah diatur suhunya sesuai dengan material sedotan. Sedotan yang alurnya sudah terbentuk, akan ditekan dengan mekanisme *reciprocating barrel cam* agar alur menjadi rapat. Sedotan yang sudah diproses di *processing barrel*, sedotan di-*eject* dan diteruskan ke bagian *dosing* untuk dihitung sejumlah 50 pcs sedotan setiap kemasan nantinya, proses tersebut menggunakan mekanisme *face cam*. *Proximity sensor* tipe *capacitive* digunakan untuk mendeteksi ketinggian sedotan yang berjumlah 50 pcs. Sedotan akan didorong maju ke bagian *packaging* dengan *transfer shaft* yang digerakkan dengan mekanisme *cam* dengan penggerak *cam* berupa motor induksi. Sedotan akan dikemas dengan input kemasan berupa rol plastik. Plastik kemasan dipanaskan dengan suhu yang telah diatur agar plastik kemasan tertutup secara horisontal memanjang menggunakan mekanisme

roll heating. Plastik kemasan yang berisi sedotan akan ditutup dan dipotong menggunakan mekanisme *cam heating*.



Gambar 10 Unit Corrugating



Gambar 11 Desain Konsep Pemenang

Kontrol pada mesin menggunakan *Smart Relay* dengan *display* berupa *Monitor* dan tombol. Kelebihan dari konsep pemenang adalah kontrol dapat diterapkan di berbagai proyek instalasi dan hemat waktu. Selain itu *smart relay* memiliki sifat fleksibel dan sangat handal, lebih ekonomis daripada *PLC* untuk aplikasi yang sederhana dan memerlukan waktu training lebih pendek daripada *PLC*. Kekurangan dari *smart relay* adalah jumlah koneksi *input* dan *output* yang terbatas.

Proses perancangan telah dilakukan pada tahap sebelumnya, maka tahap berikutnya adalah tahap penilaian terhadap perancangan. Hal ini berbeda dengan penilaian yang terdapat pada proses sistem morfologi desain, melainkan hasil dari perbandingan Analisa dan evaluasi terhadap desain yang telah dibuat pada proses sebelumnya. Analisis ini dilakukan berdasarkan dengan rancangan morfologi dan *requirement list customer* dengan tujuan untuk mengidentifikasi apakah desain mesin sudah dapat memenuhi permintaan *customer*.

Berikut merupakan perhitungan kecepatan putaran yang dibutuhkan .

Diketahui :

Diameter *processing barrel* (d) = 250 mm
 Panjang *processing barrel* (L) = 730 mm
 Waktu Proses (t) = 0,06 detik

Perhitungan :

Keliling *processing barrel* (K) = $\pi \times d$
 = $\pi \times 250\text{mm}$
 = 785,4mm
 = 0,7854 m

Jarak yang ditempuh sedotan(l) = $\frac{1}{2} \times K$
 = $\frac{1}{2} \times 785,398 \text{ mm}$
 = 392,699 mm
 = 0,3927 m

Kecepatan *linear* (v) = l / t

$$\begin{aligned}
 &= 0,3927 \text{ m}/0,06 \text{ s} \\
 &= 6,545 \text{ m/s} \\
 \text{Putaran motor (n)} &= \frac{60 \times 1000 \times v}{\pi \times d} \\
 &= \frac{60 \times 1000 \times 6,545}{\pi \times 0,25 \text{ m}} \\
 &= 500,001 \text{ rpm} \approx 500 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Dalam Perhitungan di bawah ini, bertujuan untuk menentukan *torsi motor* yang dibutuhkan, sehingga dapat digunakan sebagai referensi dalam memilih motor.

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya yang terjadi (F)} &= (m_{\text{tot}} + m_{\text{g}_{\text{tot}}}) \times g \\
 &= (43,46 + 12,31) \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 547,1037 \text{ N} \\
 \text{Torsi yang terjadi (T)} &= F \times r_{\text{rg1}} \\
 &= 547,1037 \text{ N} \times 0,075 \text{ m} \\
 &= 41,033 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi dengan angka keamanan (T')} &= T \times v \\
 &= 41,033 \text{ Nm} \times 2 \\
 &= 82,066 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio yang digunakan (i)} &= N_s / N_p \\
 &= 1500 / 500 \\
 &= 3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi Motor (TM)} &= T' / i \\
 &= 82,066 / 3 \\
 &= 27,36 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Dengan putaran yang dibutuhkan sebesar 500 rpm dan torsi sebesar 27,36 Nm, maka motor yang dipilih adalah **TECO AEEB 7,5HP132S** dengan *reducer Liming Motor Reducer H-208-1-3*.

Di bawah ini merupakan pembuktian motor yang dipilih. Motor yang dipilih adalah TECO AEEB 7,5HP132S, berikut adalah spesifikasi motor tersebut :

$$\begin{aligned}
 \text{RPM} &= 1445 \\
 \text{Torsi} &= 36,94 \text{ Nm} \\
 \text{Power} &= 7,5 \text{HP} / 5,5 \text{ kW} \\
 \text{Reducer Ratio} &= 3 \\
 \text{n motor yang dihasilkan} &= n_{\text{motor}} / \text{Reducer ratio} \\
 &= 1445 / 3 \\
 &= 481,66 \text{ rpm} \\
 \text{T motor sebenarnya} &= \frac{\text{Power} \times 60.000}{2 \times \pi \times \text{rpm}} \\
 &= \frac{5,5 \text{ kW} \times 60.000}{2 \times \pi \times 1445} \\
 &= 36,35 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil pembuktian, dapat disimpulkan bahwa motor yang dipilih dapat memenuhi kebutuhan *torsi* dan *rpm* yang diminta.

Tabel 6 Evaluasi hasil desain

NO	Requirement Lists	Spesifikasi Teknis yang Bisa Diukur	Tingkat Kepentingan	Indikator Ketercapaian	Implementasi Dalam Desain
1	Harga mesin ≤ Rp 150.000.000,-	Penyediaan tombol otomatis dan manual dalam kontrol panel	5	100%	Penggunaan <i>part</i> standart dengan kandungan <i>local content</i> dapat memangkas biaya yang cukup signifikan
2	Mudah Dioperasikan	Kontrol Panel yang mudah dipakai	4	90%	Penggunaan 1 tombol <i>Auto</i> dan 4 tombol manual, dan 1 tombol <i>emergency</i>
3	Kapasitas Produksi 6 <i>pack</i> /menit	Kapasitas produksi 6 <i>pack</i> /menit	4	100%	Penggunaan motor yang sudah diperhitungkan agar kapasitas produksi tercapai
4	Mesin <i>Compact</i>	Dimensi mesin 1600x400x1200 (PxLxT) dengan satu kesatuan utuh	4	100%	Unit pada mesin dibuat satu kesatuan
5	Higienis	Bagian mesin yang berhubungan langsung dengan sedotan menggunakan material <i>stainless steel</i>	4	100%	Mesin menggunakan material <i>stainless steel</i> pada bagian yang bersentuhan langsung dengan sedotan
6	Jumlah Operator maksimal 2 orang	Mesin dapat dioperasikan oleh 1 orang saja	3	100%	Pengoperasian mesin yang mudah hanya membutuhkan 1 operator
7	Mudah Perawatan	Dimensi mesin yang tidak terlalu besar akan memudahkan operator melakukan perawatan	3	90%	Operator dapat dengan mudah melakukan perawatan saat mesin sedang tidak beroperasi karena dimensi mesin yang tidak terlalu besar
8	Material Sedotan PP, PS, PLA	Mesin menggunakan <i>thermocontrol</i> agar dapat diatur suhunya sesuai dengan material yang diinginkan	3	100%	<i>Thermocontroller</i> digunakan untuk mengontrol suhu <i>heater</i> agar sesuai dengan karakteristik masing-masing material plastik yang diinginkan
9	Listrik 3 phase, 380 VAC, daya maksimal 15kW	Listrik 3 phase, 380 VAC, daya maksimal < 15kW	3	100%	Penggunaan listrik 3 <i>phase</i> sesuai dengan permintaan <i>costumer</i> dengan daya < 15kW
10	Panjang Neck Sedotan 2 cm	<i>Output</i> sedotan memiliki <i>neck</i> (leher) sepanjang 2 cm	2	90%	Hasil dari proses <i>grooving</i> sedotan membuat leher pada sedotan dan ketika sedotan itu ditekan (<i>press</i>) maka panjang leher terukur 2 cm
Jumlah Nilai					35
Total Ketercapaian					34,1
Presentase Ketercapaian (%)					97%

4. KESIMPULAN

Rancangan *unit corrugating* mesin pembuat *flexible straw*, yang *compact*, otomatis, ergonomis dan dapat memenuhi daftar permintaan pelanggan beserta sistem kontrolnya yang telah dihasilkan dengan tingkat pemenuhan sebesar 97% terhadap *requirement list*. Konsep mesin dirancang dengan dimensi (PxLxT) 1600x400x1200 mm dan kapasitas mesin 6 *pack*/menit dapat meningkatkan kapasitas produksi dibanding mesin yang dijual di pasar internasional. Unit *corrugating* ini dirancang dengan mekanisme *reciprocating barrel cam*. Perhitungan konstruksi rancangan mesin telah dilakukan dan dinilai cukup aman, meskipun perhitungan konstruksi lanjutan diperlukan. Mesin yang dirancang ini masih memiliki kekurangan dan berikut adalah saran pengembangan kedepan untuk rancangannya, yang pertama mesin dibuat menjadi *self maintenance*, kemudian mesin dibuat memiliki unit *labelling* mandiri dan dapat diimplementasikan teknologi 4.0.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Six Data Visualization.** Diakses dari <http://m.dw.com/en/six-data-visualization-that-explain-the-plastic-problem/a-36861883>, 14 Oktober 2018
- How are bendy straws made?.** Diakses dari <http://science.howstuffworks.com/Innovation?everyday-innovations/how-bendy-straws-are-made1.htm>, 14 Oktober 2018
- Straight truth about flexible drinking straw.** Diakses dari <http://invention.si.edu/straight-truth-about-flexible-drinking-straw>, 14 Oktober 2018
- Drinking Straw.** Diakses dari <http://www.madehow.com/Volume-4/Drinking-Straw.html>, 14 Oktober 2018
- Lebih dari 93 juta sedotan plastik digunakan masyarakat Indonesia.** Diakses dari <http://www.greener.co/berita/lebih-93-juta-sedotan-plastik-digunakan-masyarakat-Indonesia.html>, 14 Oktober 2018

- MNTI 2013-2-00658.** Dokumen Teknis, PT. Uniplastika Nathalindo. Serang, 2013.
- Fx. Suryadi. **Komunikasi Pribadi.** 12 Oktober 2018
- Altindo. **Pilihan Sedotan Ramah Lingkungan.** Diakses dari <https://altindo.co.id/pilihan-sedotan-ramah-lingkungan>, 18 Juli 2019.
- Atika Wahyuningsih. **Transmisi Sabuk.** Diakses dari <http://www.elemenmesinbyatikawahyuningsih.com/2013/01/transmisi-sabuk.html>
- Pengertian Bearing serta Fungsi dan macam-macamnya.** Diakses dari <https://mechanical-engineering19.blogspot.com/2016/10/pengertian-bearing-serta-fungsi-dan.html>
- Pemanas Listrik.** Diakses dari <https://penjualheater.blogspot.com/p/tentang-heater.html>, 8 Juli 2019.
- Bernadus Kartika, Kartika Sari, Leonardo Prasetyo Nugroho. **Perancangan Mesin Perakit dan Pengepak untuk Cable Clip.** Tugas Akhir, Program Studi Teknologi Perancangan Mekanik, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta, 2015
- Ant. Suroto. **Strength of Material.** Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta, 1991
- B. Sudiby, Ing. HTL. **Bantalan Gelinding.** Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta.
- B. Sudiby, Ing. HTL. **Roda Gigi Jilid 1.** Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta.
- B. Sudiby, Ing. HTL. **Kekuatan dan Tegangan Ijin.** Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta.

