

PERANCANGAN UNIT *SEALING* PADA MESIN *FILLING* DAN *PACKAGING* MANISAN CARICA DENGAN MEKANISME CAM

Nimas Putri Kinanti¹, Anthony Darmasaputra², Martinus Advent Santoso³, Galih Prasetyo⁴.

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

*Email: nimasputrikinanti@gmail.com, anthonydarmasaputra@gmail.com,
martinusadventsantoso@gmail.com, galihprasnew@gmail.com

Abstrak

Mesin Filling dan Packaging Manisan Carica merupakan mesin yang berperan sebagai alat bantu dalam proses pengisian dan pengemasan carica. Mesin ini terdiri dari 2 unit utama, yaitu filling unit dan sealing unit. Tujuan utama dari perancangan mesin ini adalah untuk mengisi buah carica dan sirup ke dalam cup, kemudian menutupnya dengan plastik seal. Proses perancangan sealing unit menggunakan metode penyelesaian dengan pengumpulan data dan pembuatan morfologi desain. Sealing unit dalam perancangan mesin ini bertujuan agar proses sealing dapat menghasilkan produk yang lebih seragam dan dapat berjalan secara kontinu. Proses pergerakan sealing unit menggunakan mekanisme CAM dengan aktuator motor induksi 1 phase. Input dari sealing unit berupa cup yang sudah berisi carica dan sirup serta plastik seal berkapasitas untuk 1400 cup. Operator yang dibutuhkan pada perancangan mesin filling dan packaging manisan carica sebanyak 2 orang.

Kata kunci: *Filling, Pakcaging, Sealing Cup, Manisan Carica*

1. PENDAHULUAN

Pepaya gunung atau yang lebih dikenal dengan sebutan carica merupakan buah sejenis pepaya yang hidup dan tumbuh di dataran tinggi di atas 1500 mdpl. Carica tumbuh subur terutama di Kawasan Wonosobo dan sekitarnya, maka tidak heran jika carica menjadi salah satu oleh-oleh khas dari Wonosobo.

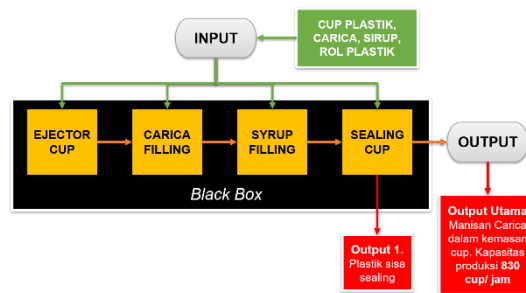
Carica pada umumnya diolah menjadi manisan dan dikemas di dalam *cup* atau botol. Di Wonosobo sendiri banyak UKM yang berkecimpung dalam produksi manisan carica tersebut. Salah satunya yang telah disurvei adalah UKM milik Ibu Puji dengan merek carica Delicia. UKM Delicia mampu memproduksi manisan carica kemasan cup sebanyak 350 kg atau 5000 *cup* per harinya. Jumlah ini meningkat 2 kali lipat dari tahun sebelumnya yang hanya berjumlah 150 kg per harinya.

Banyaknya jumlah produksi yang dihasilkan ternyata masih belum mampu memenuhi permintaan masyarakat. Hal ini terjadi salah satunya karena keterbatasan proses produksi yang dilakukan masih manual. Proses manual dimulai dengan pengupasan buah carica, kemudian pemisahan buah dari biji dan getah, pemotongan, perebusan, hingga proses pengemasan. Keseluruhan proses membutuhkan waktu yang cukup lama dengan jam kerja produktif 9 jam (pukul 6 pagi hingga pukul 4 sore).

Ibu Puji memiliki 25 karyawan dan 7 mesin pres untuk membantu dalam memproduksi manisan carica, namun hal tersebut belum efektif karena karyawan masih harus lembur menyelesaikan produksi terutama pada proses pres/mengemas dan memberi label pada *cup*. Kendala yang terjadi pada proses pengepresan adalah karyawan harus memotong plastik *seal* terlebih dahulu dengan ukuran yang sudah ditentukan, kemudian memposisikan cup dan juga plastik seal pada selongsong mesin pres. Apabila seluruh komponen sudah dalam posisinya, maka pedal akan diinjak untuk menurunkan pemanas yang akan menekan plastik seal agar merekat pada bibir *cup*.

Proses pengemasan membutuhkan waktu yang lama dan prosedur yang cukup rumit, ditambah harus melabeli *cup* satu persatu setelah proses mengemas. Berdasarkan kendala yang terjadi maka diperlukan perancangan mesin *filling* dan *packaging* manisan carica untuk unit *sealing*. Perancangan unit *sealing* ini nantinya akan memudahkan proses pengemasan dan pelabelan produk manisan carica.

Batasan masalah yang menjadi ruang lingkup kerja dari pelaksanaan perancangan mesin *filling* dan *packaging* manisan carica adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Batasan Masalah

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

1.1 Spesifikasi *Input*

Berikut ini akan dijelaskan *input* dari mesin *filling* dan *packaging* manisan carica sekaligus dengan spesifikasinya:

- a. Buah Carica



Gambar 2 Buah Carica

(sumber: www.berita360.com, 2018)

Input yang pertama adalah buah carica matang yang sudah melewati proses pengupasan, pemisahan biji dan getah, perebusan, serta pemotongan skala besar (1 buah menjadi 4 sampai 6 potongan besar atau menyesuaikan ukuran buah). Berat buah yang dimasukkan juga sudah ditimbang dengan berat 50 gram.

- b. Sirup Carica



Gambar 3 Sirup Carica

(sumber: <http://djpen.kemendag.go.id>, 2018)

Input yang ke 2 adalah sari biji buah carica yang juga sudah diproses sebelumnya. Biji buah carica direbus dengan penambahan bahan pemanis gula, kemudian disaring agar biji dan sarinya terpisah. Sari yang telah disaring akan digunakan sebagai sirup manisan carica.

- c. *Cup* Plastik



Gambar 4 *Cup* Plastik

(sumber: www.suryaindoplastik.com, 2019)

Input yang ke 3 adalah wadah plastik untuk mengemas carica. *Cup* plastik yang digunakan adalah merk Maplas dengan ukuran diameter besar 75 mm dan ukuran diameter kecil 55 mm serta memiliki tinggi 40 mm.

- d. Plastik *Seal*



Gambar 5 Plastik Seal

(sumber: dikemas.com, 2019)

Input yang ke 4 adalah plastik tutup kemasan atau plastik *seal*. Plastik penutup kemasan berupa rol dengan kapasitas untuk 1400 *cup* dan memiliki berat 1,5 kg serta diameter 13 cm. Penutup kemasan akan dicetak bersamaan dengan stiker merk, sehingga operator tidak perlu menempel stiker merk secara manual.

1.2 Spesifikasi Output

Mesin ini menghasilkan *output* manisan carica dalam kemasan *cup* yang sudah terlabeli dengan *merk*.



Gambar 6 Manisan Carica
(sumber: www.wonosobozone.com, 2019)

1.3 Batasan Proses

Batasan proses merupakan proses yang tidak dikerjakan mesin atau pengerjaannya di luar mesin. Berikut ini merupakan batasan proses dari mesin *filling* dan *packaging* manisan carica:

- Proses pengupasan, pemotongan, dan perebusan buah serta sirup dilakukan secara terpisah seperti pada proses manual.
- Proses pengisian semua input dilakukan secara manual oleh operator menggunakan wadah sebagai alat bantu.
- Input* buah carica sudah berupa potongan sesuai takaran (50 gram).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses perancangan *sealing unit* mesin *filling* dan *packaging* manisan carica 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 *sealing unit* untuk mesin *filling* dan *packaging* manisan carica antara lain:

- 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
- Software*
Proses perancangan *sealing unit* mesin *filling* dan *packaging* manisan carica membutuhkan AutoCAD 2016 sebagai *software* dalam proses perancangan gambar 2D, Solidworks 2017 *Education Version* untuk proses perancangan gambar 3D, dan Microsoft Word 2016 untuk proses penyusunan laporan.

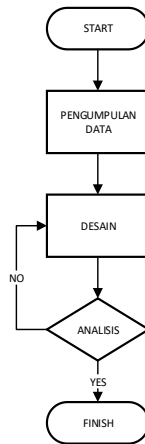
2.2 Bahan

Bahan yang digunakan sebagai dasar proses perancangan *sealing unit* mesin *filling* dan *packaging* manisan carica:

- Hasi Wawancara
Hasil wawancara digunakan sebagai pelengkap materi dalam proses perancangan *sealing unit* *filling* dan *packaging* manisan carica. Hasil wawancara biasanya didapatkan dari *customer*.
- Catatan Jurnal
Jurnal biasanya digunakan sebagai pembanding antara analisis perancangan dengan dasar-dasar teori yang sudah ada.

2.3 Metode Pengerjaan

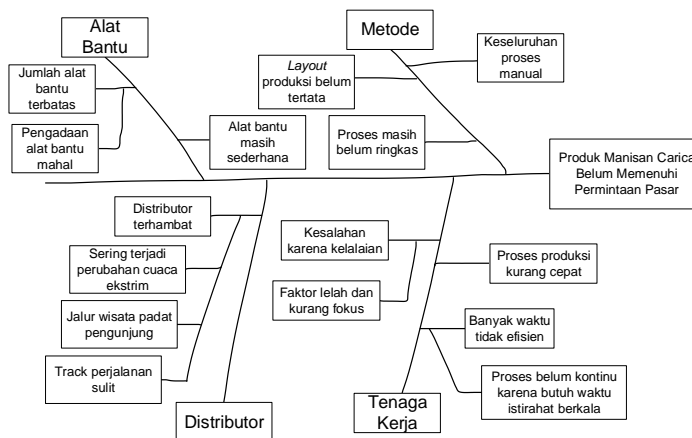
Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* dibawah ini



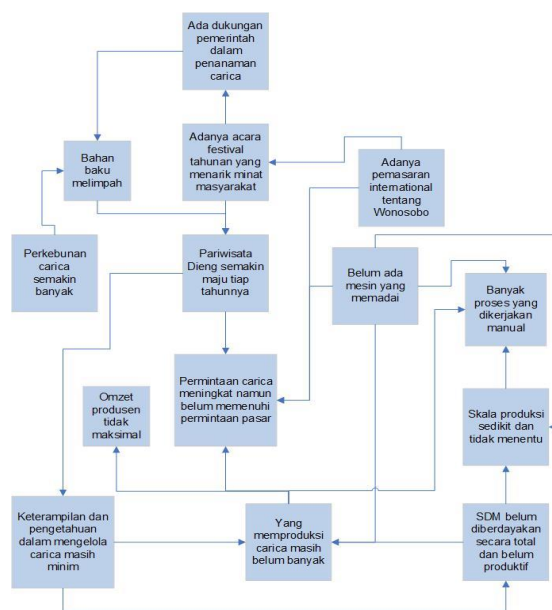
Gambar 7 Flowchart Proses Perancangan

2.3.1 Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan 2 cara, yaitu wawancara dengan produsen pembuat manisan carica dan peninjauan langsung ke beberapa penjual atau toko oleh-oleh manisan carica. Selain dengan melakukan wawancara dan melakukan peninjauan langsung, terdapat analisa sebab-akibat dengan menggunakan metode fishbone dan diagram keterkaitan.



Gambar 8 Metode Fish Bone



Gambar 9 Diagram Keterkaitan

2.3.2 Desain

Data yang sudah terkumpul kemudian akan diolah menjadi sebuah desain. Penentuan sebuah desain dilakukan dengan beberapa tahap, antara lain:

1. Penentuan Matriks Kebutuhan

Penentuan matriks kebutuhan merupakan hal pertama yang dilakukan. Penentuan matriks ini dilakukan untuk mengetahui dengan jelas hal-hal penting yang harus diterapkan dalam perancangan dan juga sebagai jembatan antara keinginan *customer* dengan *engineer*, sehingga desain yang diimplementasikan sesuai dengan kebutuhan dan fungsi sebagaimana mestinya.

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 merupakan pembobotan pada setiap konsep berdasarkan ketercapaian *requirement* pada masing-masing konsep serta pertimbangan dari segi kelebihan dan kekurangannya.

4. Penentuan Konsep Pemenang

Penentuan konsep pemenang dilakukan berdasarkan hasil dari penilaian konsep. Konsep dengan pembobotan nilai paling tinggi akan keluar menjadi konsep pemenang. Konsep terpilih ini nantinya akan menjadi desain final yang dikerjakan.

2.3.3 Analisis

Analisis dilakukan agar rancangan mesin dapat memenuhi kriteria-kriteria yang dibutuhkan dan aman dalam pengaplikasiannya. Analisis yang dilakukan terdiri dari perhitungan konstruksi, perhitungan diameter poros 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

t = waktu proses

b. Menghitung Kecepatan Putar Cam (n)

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

2. Menghitung Diameter Minimum Poros

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan diameter minimum dari poros yang mengalami pembebanan berdasarkan dengan angka keamanan.

a. Menghitung Momen Terbesar

Momen terbesar diperlukan untuk menentukan daerah kritis akibat pembebanan pada poros.

$$MT = 9550 \times \frac{P}{n}$$

MT = Momen puntir

P1 = Daya motor

n1 = Jumlah putaran

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

Mv = Momen gabungan
 $Mb(RA)$ = Resultan momen tekuk
 $\alpha 0$ = Faktor batas tegangan

b. Menghitung Diameter Sementara

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

$$\sigma \text{ sementara} = \frac{\Sigma bw}{v}$$

σ sementara = Tegangan sementara
 Σbw = Tegangan tekuk ganti
 v = Angka keamanan

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

c. Menghitung Diameter Sebenarnya

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

$$\sigma \text{ sebenarnya} = \frac{\Sigma bw \times b1 \times b2}{\beta k \times v}$$

σ sebenarnya = Tegangan sebenarnya
 $b1$ = Faktor kekasaran
 $b2$ = Faktor ukuran
 βk = Faktor ukuran

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

3. Menghitung Daya Motor

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

a. Menghitung Torsi Motor

$$T' = \frac{m \times g \times D}{2} \times v$$

T' = Torsi motor dengan angka keamanan
 m = Massa
 g = Kecepatan gravitasi
 D = Diameter shaft
 v = Angka keamanan

b. Menghitung Torsi Sesuai Rasio

$$TM = \frac{T'}{i}$$

TM = Torsi motor sesuai rasio
 i = Rasio putaran motor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan sistem merupakan kegiatan membuat pola teknis atau bentuk teknis sistem berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan pada kegiatan *morphology design*. Kegiatan ini akan menentukan sistem yang dipilih berdasarkan perhitungan kebutuhan pelanggan mengenai sistem yang dibuat.

Perancangan konsep *sealing 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

Daftar kebutuhan dapat dikelompokkan berdasarkan tingkat kepentingannya. Adapun nilai pembobotan 5 merupakan skala yang paling tinggi atau yang paling penting, sedangkan nilai pembobotan 1 merupakan skala yang paling rendah atau yang kurang penting. Di bawah ini akan ditunjukkan tingkat kepentingan dari perancangan mesin *filling and packaging* manisan carica pada *sealing unit* berdasarkan tingkat kepentingan yang paling tinggi sampai yang paling rendah.

Tabel 1 Tingkat Kepentingan *Requirement List*

No.	Requirement/ Permintaan	TK
1	Kapasitas produksi 5000 cup per hari	5
2	Umur pakai mesin panjang	5
3	Mudah dibersihkan	5
4	Kontak fisik 0% pada saat proses <i>filling</i> dan <i>sealing</i>	5
5	Daya listrik maksimal 2200 W (1 Phase)	4
6	Mudah dioperasikan	4
7	Ergonomis	4
8	Luas ruangan yang tersedia 7 m ²	3
9	Harga mesin kurang dari Rp 300.000.000	3
10	Mesin portable	2

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa data permintaan *customer* yang memiliki tingkat kepentingan paling tinggi adalah kapasitas produksi 5000 cup per hari, umur pakai mesin panjang, mudah dibersihkan dan kontak fisik 0% pada saat proses *filling* dan *sealing*.

Penentuan karakteristik teknis merupakan sebuah proses yang menjembatani antara kebutuhan konsumen dengan kebutuhan teknis agar kebutuhan konsumen tersebut dapat dispesifikasikan ke dalam bentuk yang lebih umum dan terukur. Di bawah ini merupakan *engineer characteristic* yang membantu dalam perumusan desain konsep.

Tabel 2 *Engineer Characteristic*

No.	Engineering Characteristic
1	Ukuran mesin (mm)
2	Kecepatan Produksi (pcs/h)
3	Volume penampungan sirup dan buah (m ³)
4	Daya pembebanan motor (P)
5	Gaya yang bekerja motor (F)
6	Kecepatan putaran motor conveyor (rpm)
7	Kecepatan perpindahan antar proses (mm/sekon)
8	Durability mesin (year)
9	Tekanan pada sealing unit (N)
10	Suhu pada proses <i>sealing</i> (°C)
11	Jarak antar proses (mm)

Daftar kebutuhan, tingkat kepentingan dan karakteristik teknis sudah ditentukan.

Langkah selanjutnya adalah membuat matriks kebutuhan yang menunjukkan kemungkinan relasi antara kebutuhan pelanggan dan karakteristik teknis.

Voice Of Consumer	Engineering Characteristic	Engineering Characteristic										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kapasitas produksi 5000 cup per hari	5	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
Umur pakai mesin panjang	5			Δ	Δ	Δ		⊖	Δ			
Mudah untuk dibersihkan	5	⊖	⊖									Δ
Kontak fisik 0% pada saat proses <i>filling</i> dan <i>sealing</i>	5	Δ							Δ			
Daya listrik maksimal 2200 W (3 Phase)	4				⊖	⊖	⊖		Δ	Δ	⊖	
Mudah untuk dioperasikan	4											
Ergonomis	4	⊖	⊖						Δ			⊖
Luas ruangan yang tersedia 7 m ²	3	⊖	⊖	⊖				⊖				⊖
Harga mesin kurang dari Rp300.000.000,-	3	⊖					Δ		Δ			
Mesin portable	2	⊖							Δ			
<i>Absolute Importance</i>		108	61	92	41	41	79	57	63	9	4	98
<i>Relative Importance (%)</i>		10.8	6.1	9.2	4.1	4.1	7.9	5.7	6.3	0.9	0.4	9.8

Gambar 10 Tabel Matriks Kebutuhan

Keterangan:

⊖: Hubungan Kuat (9)

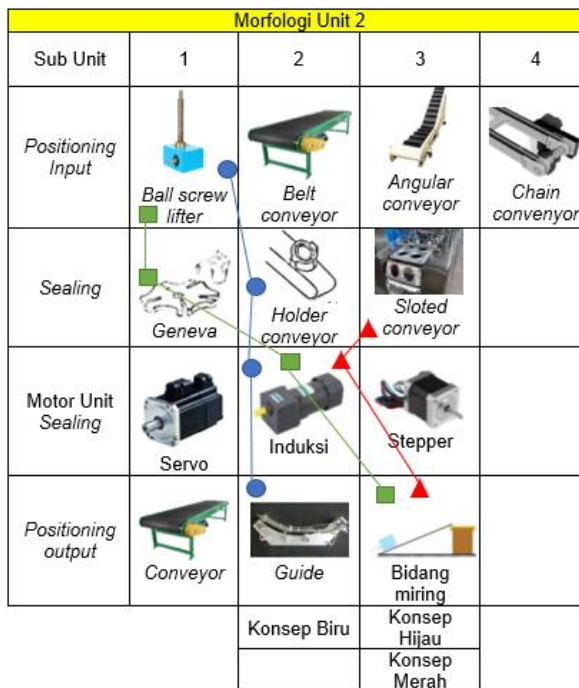
⊖: Hubungan Sedang (4)

Δ: Hubungan Lemah (1)

Pemenuhan dari *requirement list* berdasarkan *engineering characteristic* atau *voice of customer* yang paling berpengaruh adalah ukuran mesin, diikuti dengan harga mesin dan volume penampungan buah dan sirup, serta jarak antar proses.

3.2 Perancangan Konsep Sealing Unit

Perancangan konsep *sealing unit* akan berisikan tentang bentuk *sealing*, mekanisme dan penggerak yang digunakan, serta mekanisme *input* dan *output* produk pada unit.



Gambar 11 Morfologi Sealing Unit

Morfologi atau pemilihan konsep sudah dilakukan dan menghasilkan tiga konsep yaitu, konsep biru dengan pola 1-2-2-2 konsep hijau dengan pola 1-1-2-3 dan konsep merah dengan pola 0-3-2-3.

3.3 Penilaian Konsep Sealing Unit

Penilaian pada tiap-tiap konsep merupakan cara untuk mendapatkan konsep terbaik. Hasil dari penilaian konsep ini nantinya akan menjadi konsep pemenang atau konsep yang terpilih.

1. Pembobotan Faktor Penilaian

Di bawah ini merupakan tabel dari pembobotan faktor penilaian tiap konsep. Pembobotan yang dilakukan berdasarkan hasil perbandingan yang lebih penting tiap-tiap permintaan

REQUIREMENT (Faktor Penilaian)	Harga Sealing Unit	Kemudahan Maintenance	Kemudahan Cleaning	Kecepatan Sealing	Kekuatan Konstruksi sealing unit	Umur pakai komponen	Kerumitan konstruksi komponen
Harga Sealing unit	1	1	2	1	2	2	0
Kemudahan maintenance	1	1	1	1	2	2	0
Kemudahan cleaning	0	1	1	1	1	1	0
Kecepatan Sealing	1	1	1	1	1	2	0
Kekuatan konstruksi sealing unit	0	0	1	1	1	1	1
Umur pakai komponen	0	0	1	0	1	1	0
Kerumitan konstruksi komponen	2	2	2	2	1	2	1
Hasil	5	6	9	7	9	11	2
	0,45	0,55	0,82	0,64	0,82	1,00	0,18

Gambar 12 Pembobotan Faktor Penilaian Sealing Unit

2. Kriteria Penilaian

Tabel kriteria penilaian sealing unit berisi penilaian berdasarkan skala kepentingan. Kriteria penilaian *sealing unit* terdiri dari harga, kemudahan *maintenance*, kemudahan *cleaning*, kecepatan, kekuatan konstruksi, umur pakai komponen dan kerumitan pemasangan. Kriteria penilaian *sealing unit* akan dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 3 Kriteria Penilaian *Sealing Unit*

Kriteria Penilaian	5	4	3	2	1
Harga <i>Sealing unit</i>	<50 juta	50-65 juta	65-80 juta	80-100 juta	>100 juta
Kemudahan <i>Maintenance</i>	<i>Automatic maintenance</i>	Tidak membutuhkan alat bantu dan alat khusus	Membutuhkan alat bantu	Membutuhkan alat khusus	Membutuhkan alat bantu dan alat khusus
Kemudahan <i>Cleaning</i>	<30 menit	30-40 menit	40-50 menit	50-60 menit	>60 menit
Kecepatan <i>Sealing</i>	t <4 s	t 4-5 s	t 6-7 s	t 8-9 s	t >9 s
Kekuatan Konstruksi <i>Sealing unit</i>	Mampu menahan beban >150 kg	Mampu menahan beban 125-150 kg	Mampu menahan beban 90-125 kg	Mampu menahan beban 50-90 kg	Mampu menahan beban <50 kg
Umur pakai komponen	>10 tahun	7-10 tahun	5-7 tahun	3-5 tahun	<3 tahun
Kerumitan Konstruksi	Waktu pemasangan komponen <6 jam	Waktu pemasangan komponen 6-9 jam	Waktu pemasangan komponen 10-13 jam	Waktu pemasangan komponen 14-17 jam	Waktu pemasangan komponen >17 jam

3. Penilaian Konsep

Penilaian konsep dilakukan untuk mengetahui konsep yang memiliki nilai paling tinggi. Konsep dengan nilai paling tinggi ini akan terpilih untuk menjadi konsep yang digunakan. Tabel penilaian konsep sealing unit akan dijelaskan sebagai berikut.

SEALING UNIT								
No	Kriteria	Bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
			Nilai	Total	Nilai	Total	Nilai	Total
1	Harga <i>sealing unit</i>	0.45	4	1.8	3	1.4	3	1.4
2	Kemudahan <i>maintenance</i>	0.55	3	1.7	3	1.7	3	1.7
3	Kemudahan <i>cleaning</i>	0.82	4	3.3	4	3.3	5	4.1
4	Kecepatan <i>sealing</i>	0.64	5	3.2	5	3.2	4	2.6
5	Kekuatan konstruksi sealing unit	0.82	4	3.3	4	3.3	4	3.3
6	Umur pakai komponen	1.00	5	5.0	5	5.0	5	5.0
7	Kerumitan konstruksi komponen	0.18	4	0.7	4	0.7	4	0.7
TOTAL			29	18.93	28	18.48	28	18.66
PERINGKAT		4.28	1		3		2	

Gambar 13 Penilaian *Sealing Unit*

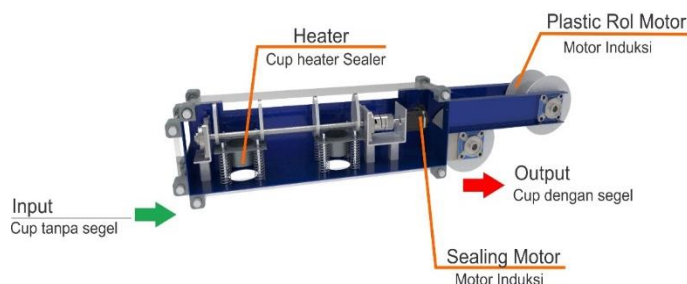
Hasil dari penilaian di atas, didapatkan konsep dengan nilai tertinggi adalah konsep 1. Urutan kedua adalah konsep 3 dan urutan ketiga adalah konsep 2.

3.4 Deskripsi Konsep *Sealing Unit*

Sealing unit menggunakan mekanisme cam sebagai penggerak. Cam akan mendorong turun pemanas yang akan menekan plastik *seal* supaya menempel pada bibir *cup*. *Cup* akan ditahan oleh *holder conveyor* pada saat proses *sealing*. Penggerak dari cam adalah motor induksi. *Cup* yang sudah selesai dikemas akan keluar dari mesin dengan bantuan *guide*.

Kelebihan dari *sealing unit* ini adalah penggunaan mekanisme cam yang memungkinkan proses *sealing* berjalan secara kontinu. Penggunaan *holder conveyor* juga membantu proses *sealing* agar *cup* tetap berada pada tempatnya sehingga hasil dari *sealing* bisa lebih presisi.

Sedangkan kekurangannya adalah sulitnya proses *cleaning* karena ruang gerak pada unit tidak terlalu luas (sempit).



Gambar 14 *Sealing Unit* Konsep Pemenang

Sealing unit terdiri dari 2 proses, yaitu *sealing cup* dan *cutting plastic*. *Sealing cup* merupakan proses penutupan *cup* dengan plastik *cup*, sedangkan *cutting plastic* untuk merapikan plastik sisa *seal* pada *cup*. *Sealing unit* mampu menampung plastik *seal* sebanyak 1 rol dengan kapasitas 1400 *cup*. Penggerak utama dari *sealing unit* adalah motor induksi 1 *phase*.

3.5 Analisa Perhitungan

Analisa yang digunakan dalam proses perancangan *sealing unit* mesin *filling* dan *packaging* manisan carica dengan mekanisme cam antara lain:

1. Menghitung Diameter Minimum Poros

Perhitungan poros untuk mencari diameter minimal dijelaskan sebagai berikut.

Diketahui:

Material	= S45C
Batas tegangan tekuk ganti (σ_{bw})	= 200 N/mm ²
Angka keamanan sementara V_s (2,5 – 3,0)	= 2,5
Daya <i>output</i> motor (P)	= 6 W
Putaran <i>output</i> (n ₂)	= 16 rpm
Batas tegangan ulang (σ_{sch})	= 340 N/mm ²
Diameter cam (d ₀)	= 40 mm
Faktor kekasaran permukaan (b ₁)	= 0,93
Faktor ukuran referensi (b ₂)	= 0,96
Angka efek lekuk (β_k)	= 1,3
Angka keamanan (V)	= 2
Massa total yang ditanggung (m)	= 13,5 kg
Jarak pusat beban ke titik tumpu (L ₁)	= 160 mm

Perhitungan:

Menghitung tegangan sementara ($\sigma_{sementara}$)

$$\begin{aligned}\sigma_{sementara} &= \Sigma bw/V_s \\ &= 200/2,5 \\ &= 80 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Menghitung momen puntir (MT)

$$\begin{aligned}MT &= 9550 \times (P/n) \\ &= 9550 \times (0,015/16) \\ &= 8,95 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Menghitung faktor batas tegangan dinamik (α_0)

$$\begin{aligned}\alpha_0 &= \Sigma bw/(1,73 \times \sigma_{sch}) \\ &= 200/(1,73 \times 340) \\ &= 0,34\end{aligned}$$

Menghitung kecepatan linier (v)

$$\begin{aligned}v &= (\pi \times d \text{ poros} \times n_1)/60 \\ &= (\pi \times 15 \times 16)/60 \\ &= 12,56 \text{ mm/s}\end{aligned}$$

Menghitung gaya keliling pada poros (Fu)

$$\begin{aligned}Fu &= (2 \times MT)/d_0 \\ &= (2 \times 8,95)/40 \\ &= 0,4475 \text{ N}\end{aligned}$$

Menghitung gaya radial pada poros (Fr)

$$\begin{aligned}Fr &= m \times g \\ &= 13,5 \times 9,81 \\ &= 132,435 \text{ N}\end{aligned}$$

Menghitung momen tekuk poros di titik A sumbu x (MbAx)

$$\begin{aligned}MbAx &= Fu \times L_1 \\ &= 0,4475 \times 160 \\ &= 71,6 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Menghitung momen tekuk poros di titik A sumbu y (MbAy)

$$\begin{aligned}MbAy &= Fr \times L_1 \\ &= 132,435 \times 160 \\ &= 21189,6 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Menghitung momen tekuk poros di titik A (MbRA)

$$MbRA = \sqrt{MbAx^2 + MbAy^2}$$

$$= \sqrt{71,6^2 + 21189,6^2}$$

$$= 21189,73 \text{ Nmm}$$

Menghitung momen gabungan (Mv)

$$Mv = \sqrt{Mb_{\max}^2 + (0,75)(\alpha_0 \times MT)^2}$$

$$= \sqrt{21189,73^2 + (0,75)(0,467 \times 8,95)^2}$$

$$= 21189,73 \text{ Nmm}$$

Menghitung diameter kritis sementara (dk sementara)

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

$$= \sqrt[3]{\frac{21189,73}{0,1 \times 80}}$$

$$= 13,84 \text{ mm}$$

Menghitung tegangan sebenarnya ($\sigma_{\text{sebenarnya}}$)

$$\sigma_{\text{sebenarnya}} = (\Sigma b_w \times b_1 \times b_2) / (\beta_k \times v)$$

$$= (200 \times 0,93 \times 0,96) / (1,3 \times 2)$$

$$= 68,67 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung diameter sebenarnya (dk sebenarnya)

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

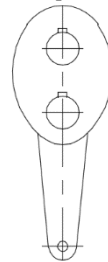
$$= \sqrt[3]{\frac{21189,73}{0,1 \times 68,67}}$$

$$= 14,56 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan di atas poros minimal sebesar 14,56 mm, sedangkan poros yang digunakan adalah 15 mm. Poros memenuhi perhitungan.

2. Perhitungan Cam

Di bawah ini merupakan perhitungan kecepatan linear dan kecepatan putar cam.



Gambar 15 Cam Sealing Unit

Adapun data dari cam sebagai berikut.

Waktu proses (t) = 4 sekon
 Jarak langkah cam (s) = 2 x 40 mm = 80 mm

Menghitung kecepatan linear cam

$$v = s/t$$

$$= 80/4$$

$$= 20 \text{ mm/s} = 0,2 \text{ m/s}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan kecepatan linier pada cam sebesar 0,2m/s.

Menghitung kecepatan putar cam

$$n = 60/t$$

$$= 60/4$$

$$= 15 \text{ rpm}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan kecepatan putar cam sebesar 15 rpm.

3. Menghitung Daya Motor

Perhitungan untuk mengetahui seri dari motor penggerak *sealing* akan dijelaskan sebagai berikut.

Waktu proses (tc) = 4 sekon
 Diameter roller (d roller) = 15 mm
 Massa total (mTot) = 2,498 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Putaran motor (n1)} &= 1200 \text{ rpm} \\
 \text{Angka Keamanan (V)} &= 2 \\
 \text{Menghitung keliling roller (K roller)} \\
 \text{K roller} &= \pi \times d \text{ roller} \\
 &= \pi \times 15 \text{ mm} \\
 &= 47,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung kecepatan linier (v)

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{K \text{ roller}}{t_c} \\
 &= \frac{47,1}{4} \\
 &= 11,775 \text{ mm/s}
 \end{aligned}$$

Menghitung kecepatan putaran motor (n2)

$$\begin{aligned}
 n2 &= \frac{60}{t_c} \\
 &= \frac{60}{4} \\
 &= 15 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Menghitung rasio berdasarkan putaran motor (i)

$$\begin{aligned}
 i &= \frac{n1}{n2} \\
 &= \frac{1200}{15} \\
 &= 80
 \end{aligned}$$

Menghitung gaya yang bekerja (F)

$$\begin{aligned}
 F &= m_{\text{Tot}} \times g \\
 &= 2,498 \times 9,81 \\
 &= 24,505 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menghitung torsi linier (TL)

$$\begin{aligned}
 TL &= \frac{F \times d \text{ roller}}{2} \\
 &= \frac{24,505 \times 15}{2} \\
 &= 183,79 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Menghitung torsi linier dengan angka keamanan (T'L)

$$\begin{aligned}
 T'L &= TL \times V \\
 &= 183,79 \times 2 \\
 &= 367,58 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Menghitung torsi motor (TM)

$$\begin{aligned}
 TM &= \frac{T'L}{i} \\
 &= \frac{367,58}{80} \\
 &= 4,59 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan kecepatan putaran motor dan torsi motor di atas, maka jenis motor yang dipilih berspesifikasi *single phase AC Induction motor* dengan daya 6 Watt, putaran motor 1200 rpm, dan *rating torque* 49 Nmm dengan spesifikasi *gearhead motor* yaitu rasio 75. Tipe motor yang digunakan adalah 2IK6GN-CWE/2GN75K.

Di bawah ini merupakan perhitungan pembuktian daya motor berdasarkan motor yang sudah dipilih.

Menghitung putaran motor (n'2) berdasarkan rasio (i') pembuktian

$$\begin{aligned}
 n'1 &= 1200 \text{ rpm} \\
 i' &= 75 \\
 n'2 &= \frac{n1}{i'} \\
 &= \frac{1200}{75} \\
 &= 16 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Menghitung pembuktian torsi motor (TM')

$$\begin{aligned}
 TM' &= \frac{T'L}{i'} \\
 &= \frac{367,58}{75} \\
 &= 4,90 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Menghitung pembuktian kecepatan linier (v')

$$v' = \frac{k \text{ core} \times n'2}{60}$$

$$= \frac{\pi \times 15 \times 16}{60}$$

$$= 12,56 \text{ mm/s}$$

Di dapatkan dari katalog motor *rated torque* sebesar 49 Nmm, sedangkan torsi yang dibutuhkan hanya 4,90 Nmm. Perhitungan juga menunjukkan kebutuhan kecepatan putaran motor minimal sebesar 15 rpm.

Setelah pembuktian didapatkan kecepatan yang baru sebesar 16 rpm. Percepatan ini membuat perubahan pada kecepatan linier yang bertambah menjadi 12,56 mm/s dari sebelumnya 11,775 mm/s.

Berdasarkan perhitungan dan analisis di atas, motor dapat digunakan untuk penggerak *sealing unit* karena memenuhi kebutuhan minimal pada daya motor, kecepatan putaran motor dan kecepatan liniernya.

3.5.1 Analisa Pasca Desain

Analisis dan evaluasi dilakukan terhadap desain morfologi dan *requirement list customer*. Tujuannya untuk mengidentifikasi ketercapaian desain mesin dan penilaian penyimpangan terhadap keinginan dari *customer*. Desain dikatakan berhasil jika *requirement list* dari *customer* dapat tercapai secara maksimal.

Di bawah ini merupakan tabel ketercapaian kebutuhan berdasarkan hasil perancangan mesin yang sudah dilakukan.

Tabel 4 Tabel Ketercapaian Pasca Desain

No	Requirement / Permintaan	Spesifikasi teknis yang bisa diukur	Tingkat kepentingan	Indikator ketercapaian	Implementasi dalam desain
1	Kapasitas produksi 5000 cup per hari	Jumlah kapasitas	5	100%	Total kapasitas produksi sebanyak 5100 cup
2	Umur pakai mesin panjang	Jenis material, merk komponen	5	85%	Penggunaan material st.st membuat mesin menjadi tahan karat dalam jangka waktu cukup panjang. Selain itu penggunaan bearing setelah dihitung umur pakainya rata-rata berada pada range 5-15 tahun
3	Mudah dibersihkan	Waktu <i>cleaning</i> kurang dari 1 jam	5	75%	Bagian-bagian yang langsung terkena buah dan sirup (rata-rata adalah <i>hooper</i>) dibuat dengan radius agar tidak ada sudut-sudut sempit yang sulit dibersihkan
4	Kontak fisik 0% pada saat proses <i>filling</i> dan <i>sealing</i>	Mode otomatis	5	90%	Input buah dan sirup ke dalam cup menggunakan mekanisme CAM dan <i>electric valve</i> sehingga minim terkena kontaminasi tangan operator.
5	Daya listrik maksimal 2200 W (1 phase)	Jumlah daya listrik	4	100%	Menggunakan komponen-komponen yang daya listriknya rendah dengan total daya 650 Watt
6	Mudah dioperasikan	Mode otomatis dan mode manual	4	85%	Terdapat tombol mode otomatis dan tombol untuk mode manual.
7	Ergonomis	Penggunaan mudah, area kerja nyaman	4	80%	Penggunaan HMI dan sedikit tombol, ruang lingkup kerja operator terhadap mesin cukup luas yaitu 1m ² . Tinggi total mesin 1700mm yang masih dapat dijangkau operator tanpa berjinjit atau dengan alat bantu
8	Luas ruangan yang tersedia 7m ²	Ukuran mesin harus muat dalam ruangan 7m ²	3	100%	Ukuran aktual dari mesin <i>filling and packaging</i> manisan carica adalah 3m ² . Sudah termasuk tempat penampungan utama buah dan sirup
9	Harga mesin kurang dari Rp300.000.000	material lokal konten	3	100%	Harga yang ditawarkan untuk mesin <i>filling and packaging</i> manisan carica sebesar Rp189.999.999
10	Mesin portable	Berat mesin, kerumitan komponen	2	70%	Mesin memiliki berat total 90kg, belum termasuk input. Mesin dapat dipindah dengan bantuan <i>forklift</i> atau dengan tenaga 4 orang. Pemindahan mesin harus dilakukan secara utuh, tidak mudah dibongkar pasang

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

$$\begin{aligned} \text{Presentase Keberhasilan} &= ((100 \times 5) + (85 \times 5) + (75 \times 5) + (90 \times 5) + (100 \times 4) + (85 \times 4) \\ &+ (80 \times 4) + (100 \times 3) + (100 \times 3) + (70 \times 2)) / 40 \\ &= (500 + 425 + 375 + 450 + 400 + 340 + 320 + 300 + 300 \\ &+ 140) / 40 \\ &= 88,75\% \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Rancangan unit *sealing* pada mesin *filling* dan *packaging* manisan carica dengan mekanisme cam telah dihasilkan. Konsep mesin dirancang dengan kapasitas mesin 900 cup per jam. Rancangan mesin bekerja dengan daya total 650 W dengan sumber tegangan 1 phase 220 VAC/50 Hz. *Input* utamanya adalah buah dan sirup carica serta *input* pendukung cup dan plastik seal yang akan menghasilkan *output* utama berupa manisan carica dalam cup.

Perhitungan konstruksi rancangan mesin telah dilakukan dan dinilai cukup aman. Hasil perhitungan menunjukkan diameter minimal poros cam yang dibutuhkan sebesar 14,56 mm, sedangkan poros yang digunakan sebesar 15 mm. Cam akan berputar dengan kecepatan 15 rpm dan memiliki kecepatan linear 20 mm per detik dengan *stroke* sebesar 40 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 *sealing unit* pada mesin *filling* dan *packaging* manisan carica adalah 88,75% dan penyimpangan ketercapaian sebesar 11,75%.

Perancangan unit *sealing* pada mesin *filling* dan *packaging* manisan carica 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. Proses *sealing* bisa dilakukan dalam 2 atau 3 *line* sehingga *output* yang dihasilkan bisa lebih banyak.
2. Penambahan sensor jarak pada proses penyegelan agar posisi *cup* dan posisi *sealing* bisa lebih presisi.
3. Proses *sealing* dan proses pemotongan plastik sisa dijadikan dalam 1 proses (tidak terpisah).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Rizki Kharina Dewi. ***Analisis Rantai Nilai Komoditas Buah Carica Di Kecamatan Kejajar Kabupaten Wonosobo***. Skripsi, Universitas Diponegoro Semarang, Semarang, 2017.
- Alfiah Mudrikah. Strategi Pengembangan Usaha Industri Kecil Olahan Carica UKM Gemilang Di Kabupaten Wonosobo. ***Economic Education Analysis Journal***, 7:(1)-157-158, 2018.
- Eko Budi Minarno. Skrining Fitokimia Dan Kandungan Total Flavanoid Pada Buah Carica Pubescens Lenne & K. Koch Di Kawasan Bromo, Cangar, Dan Dataran Tinggi Dieng. ***El-Hayah***, 5:2, 2015.
- Robert L. Mott. ***Machine Elements In Mechanical Design Fourth Edition***. Courier Westford. Inc, Phoenix Color Corp, United States of Amerika, 2004.
- B. Sudiby. ***Poros Penyangga dan Poros Transmisi***. ATMI PRESS SOLO, Surakarta.