

PERANCANGAN DAN REALISASI *BEVERAGES VENDING MACHINE* DENGAN PENGGERAK MOTOR *STEPPER*

Christindita Sri Utami¹, Dwi Guritno², Yosua Nur Aji Pamungkas³, Ratmono Hari Wldyatmoko⁴.

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

*Email: christinditasriu@gmail.com, dwiguritno97@gmail.com, yosuanuraji@gmail.com,
ratmono.hari@atmi.ac.id

Abstrak

Beverages vending machine adalah mesin yang berfungsi untuk membuat campuran minuman. Mesin terdiri dari 2 proses utama yaitu proses placing cup dan filling. Input mesin adalah sirup dengan rasa cocopandan, jeruk dan melon serta sprite dan peps. Proses dimulai dengan placing cup yang merupakan proses penempatan gelas pada base yang menjadi tempat berhentinya putaran botol. Saat tombol start ditekan, proses placing cup akan berjalan dengan penggerak menggunakan mekanisme cam. Gelas yang telah jatuh ke tempat pemberhentian botol, akan di deteksi oleh sensor infrared dan sensor akan memberikan sinyal ke motor stepper untuk bergerak sesuai komposisi menu yang dipilih. Botol yang sudah berada di atas gelas, akan mengeluarkan minuman sesuai komposisi yang dibutuhkan. Cairan yang masuk ke dalam gelas akan diukur beratnya oleh sensor loadcell yang berada dibagian bawah gelas. Filling akan berhenti ketika berat yang diinginkan sudah tercapai. Mesin ini dirancang menggunakan control microcontroller dan compatible menuju internet of thing. Mesin ini dapat menerima pesanan dari handphone android. Output yang dihasilkan adalah mocktail dengan 7 varian menu.

Kata kunci: *placing cup, filling, sensor, microcontroller*

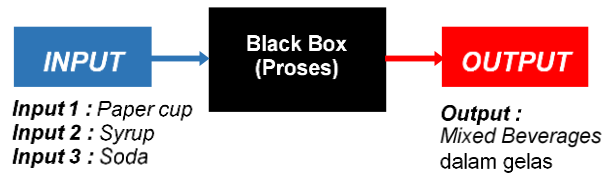
1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan industri 4.0 sudah di depan mata. Bahkan revolusi industri generasi keempat ini telah dibicarakan dan gaungnya semakin nyaring terdengar di Indonesia. Apalagi sejak Presiden Joko Widodo meresmikan peta jalan atau *roadmap* yang disebut *making Indonesia 4.0*. Presiden berharap, sektor Industri 4.0 tersebut bisa menyumbang penciptaan lapangan kerja lebih banyak serta investasi baru yang berbasis teknologi.

Demi menunjang kebutuhan industri serta proses akademis di Politeknik ATMI Surakarta untuk menuju pendidikan berbasis industri 4.0, dibutuhkan alat peraga sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa. Jika dibandingkan dengan Politeknik Manufaktur Bandung dan VEDC Malang, Politeknik ATMI sangat tertinggal dari sisi sarana dan prasarana praktek. Training unit dan fasilitas yang mereka miliki sudah sangat ideal, maju dan modern. Investasi yang dibutuhkan untuk penyediaan fasilitas tersebut sangat besar, namun kebutuhan peningkatan kemampuan mahasiswa, tuntutan dunia industri, dan persaingan antar perguruan tinggi inilah yang menuntut ATMI untuk memiliki dan mengembangkan sarana prasarana pendidikan praktek. Dalam hal ini Politeknik ATMI Surakarta sudah memiliki training unit untuk media pembelajaran yaitu "*Handling System Training Unit*", tetapi untuk fasilitas yang lain seperti alat peraga yang praktis dan mudah dibawa belum memilikinya.

Semakin berkembangnya teknologi dibuatlah alat peraga berbasis industri 4.0 dengan konsep mesin "*Beverages Vending Machine*" yang tidak hanya digunakan sebagai media pembelajaran, tetapi juga sebagai media promosi Politeknik ATMI Surakarta. Alat peraga kali ini yaitu "*Beverages Vending Machine*" karena ketertarikan khalayak umum dengan mesin yang sering dijumpai di kehidupan sehari-hari lebih besar dibanding mesin dalam proses manufaktur. Mesin ini merupakan gabungan dari mekanik, sensor, electric motor, elektrik, PLC, maupun sistem kontrol yang lain. Pembuatan alat peraga ini, mahasiswa akan bisa belajar tentang desain konstruksi, setting dan programming secara langsung dengan aplikasi yang riil. Tidak hanya itu, pembuatan alat peraga juga merencanakan untuk mengintegrasikan dengan internet sehingga dapat diakses dari *smartphone* dan mewujudkan purwarupa industri 4.0.

Batasan masalah yang menjadi ruang lingkup kerja dari pelaksanaan perancangan *beverages vending machine* yang diajukan adalah sebagai berikut:



Gambar Error! No text of specified style in document. 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 *beverages vending machine* sekaligus dengan spesifikasinya:

- a. Gelas



Gambar 2 Gelas/*cup*

Gelas/*cup* diperlukan sebagai wadah minuman yang akan dicampur. Gelas yang digunakan memiliki kapasitas 250 ml dengan material *art paper* 230 gsm.

- b. Sirup



Gambar 3 Sirup

Sirup yang menjadi batasan masalah untuk mesin ini yaitu dengan spesifikasi:

1. Cocoland = 480 ml
2. Melon = 480 ml
3. Jeruk = 480 ml

- c. Soda



Gambar 4 Soda

Soda yang dibutuhkan untuk *input* memiliki spesifikasi :

1. Sprite = 1000 ml
2. Pepsi Blue = 1000 ml

1.2 Spesifikasi *Output*

Mesin ini menghasilkan *mocktail* yaitu minuman yang telah tercampur sesuai dengan menu yang disediakan.



Gambar 5 Mocktail

1.3 Batasan Proses

Dalam proses perancangan dan realisasi *beverages vending machine*, diberikan beberapa batasan untuk membantu pembatasan proses sehingga permasalahan bisa diselesaikan:

1. *Input* tidak dapat custom sesuai keinginan pengguna.
2. Pengisian botol dilakukan manual oleh operator.
3. Proses *filling* adalah proses pencampuran komposisi menu yang sudah disediakan.
4. Proses pengambilan minuman yang sudah selesai dilakukan secara manual oleh operator.
5. Listrik 1 *phase* 220 VAC/50Hz sudah tersedia.
6. Kontrol *wireless* hanya menggunakan *local net*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses perancangan dan realisasi *beverages vending machine* 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 dan realisasi *beverages vending machine* 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 dan realisasi *beverages vending machine* 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 dan realisasi *beverages vending machine*:

1. Hasi Wawancara

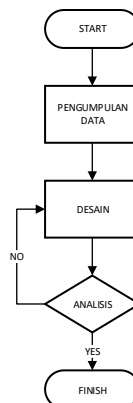
Hasil wawancara digunakan sebagai pelengkap materi dalam proses perancangan dan realisasi *beverages vending machine*. Hasil wawancara biasanya didapatkan dari *customer*.

2. Catatan Jurnal

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

2.3 Metode Pengerjaan

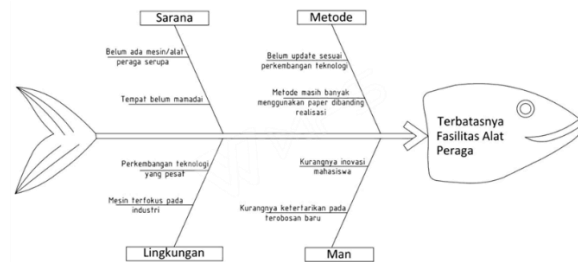
Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* dibawah ini



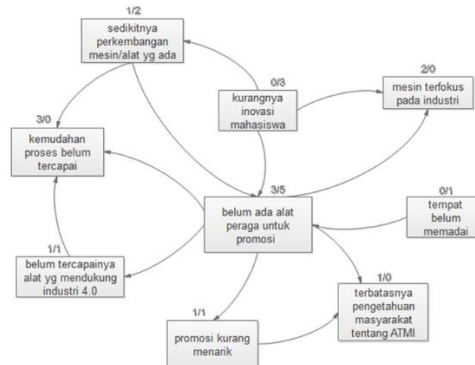
Gambar 6 Flowchart Proses Perancangan

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 informasi tentang perkembangan industri 4.0 di Indonesia dan di perguruan tinggi. Selain dengan melakukan wawancara dan data jurnal, terdapat Analisa sebab akibat dengan menggunakan metode *fishbone* dan diagram sebab akibat.



Gambar 7 Metode Fish Bone



Gambar 8 Diagram Keterkaitan

2.3.2 Desain

Setelah mengumpulkan semua data yang melengkapi kebutuhan dalam proses perancangan dan realisasi *beverages vending machine*, 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

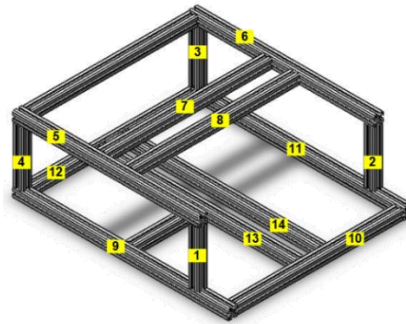
Penentuan konsep pemenang dilakukan berdasarkan hasil dari penilaian dengan kriteria pembobotan dan kriteria penilaian. Hasil dari penilaian tersebut merupakan hasil akhir akan desain yang akan dibuat dan dianggap salah satu konsep terbaik yang mampu memenuhi *requirement list* dibandingkan konsep lainnya.

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 dimensi minimum pada bagian kritis pada *frame*, perhitungan *shaft*, dan perhitungan daya motor *stepper*.

1. Perhitungan Kekuatan Daerah Kritis pada Frame

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



Gambar 9 Konstruksi *Frame*

Data Konstruksi Rangka :

Alumunium Profile 3030

Faktor keamanan leku (v) = 2

Modulus Elastisitas (E) = 69000 N/mm²

Panjang rangka (L) = 500 mm

Massa beban (m) = 10 kg

Faktor kelenturan (f_{max}) = 2

Momen Inersia Alumunium Profile 30x30 :

I_x = 3,47 x 10⁴ mm⁴

Mengitung momen inersia pada sumbu x (I_x) :

Sumbu x

$$\begin{aligned} \text{Gaya yang ditopang (F')} &= m \times g \times v \\ &= 10 \times 9,81 \times 2 \\ &= 196,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya per sisi (F)} &= F' / 2 \\ &= 196,2 / 2 \\ &= 98,1 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen Inersia sumbu x perhitungan (I_x)

$$\begin{aligned} F \text{ max} &= \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I_x} \\ 2 &= \frac{98,1 \times 500^3}{48 \times 69000 \times I_x} \\ I_x &= \frac{98,1 \times 500^3}{48 \times 69000 \times 2} \\ &= 1851,222 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

I_x minimal perhitungan lebih kecil dari I_x Alumunium Profile 3030 sehingga konstruksi rangka utama aman.

2. Perhitungan Diameter *Shaft*

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

Diketahui data sebagai berikut:

Poros Transmisi

L1 = 28,5 mm

L2 = 170 mm

L3 = 17,5 mm

L4 = 190 mm

m = 10 kg

P_{motor} = 8 W

n_{motor} = 5 rpm

F_A = 5092,5 N

F_a = 100 N

Persamaan gaya

$$\Sigma F = 0$$

$$0 = R_{Ax} + R_{Bx} + R_{Cx} - F_A$$

$$R_{Ax} = - R_{Bx} - R_{Cx} + F_A$$

Persamaan RBx

$$\begin{aligned}
 \Sigma MA &= 0 \\
 0 &= (-RBx \times L3) + (FAx(L2+L3)) - (RCx \times (L1+L2+L3)) \\
 &= (-RBx \times 17,5) + (5092,5 \times (170 + 17,5)) - (RCx \times \\
 &\quad (28,5 + 170 + 17,5)) \\
 RBx \times 17,5 &= 954843,75 - (RCx \times 216) \\
 RBx &= \frac{954843,75 - (RCx \times 216)}{17,5}
 \end{aligned}$$

Persamaan RCx :

$$\begin{aligned}
 \Sigma MB &= 0 \\
 0 &= (RAx \times L3) + (FA \times L2) - (RCx \times (L1+L2)) \\
 RCx \times 198,5 &= (RAx \times 17,5) + (5092,5 \times 170) \\
 RCx \times 198,5 &= RAx \times 17,5 - 865725 \\
 RCx &= \frac{RAx \times 17,5 - 865725}{198,5}
 \end{aligned}$$

Mencari RAx :

$$\begin{aligned}
 RAx &= \frac{954843,75 - \left(\frac{RAx \times 17,5 - 865725}{198,5} \times 216 \right)}{17,5} - \\
 &\quad \frac{RAx \times 17,5 - 865725}{198,5} + 5092,5 \\
 RAx &= \frac{-954843,75 + 19,042 + 942048,36}{17,5} - 0,08816RAx + \\
 &\quad 4361,335 + 5092,5 \\
 RAx &= -54562,5 + 1,08816 RAx + 53831,334 - \\
 &\quad 0,08816 RAx + 4361,335 + 5092,5 \\
 RAx &= 8722,665 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Mencari RCx :

$$\begin{aligned}
 RCx &= \frac{8722,665 \times 17,5 - 865725}{198,5} \\
 &= 5130,330
 \end{aligned}$$

Mencari RBx :

$$\begin{aligned}
 RAx &= -RBx - RCx + FA \\
 8722,665 &= -RBx - RCx + FA \\
 RBx &= -8722,665 - 5130,33 + 5092,5 \\
 &= -8760,435 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menghitung momen bidang Y (Mb)**Persamaan gaya :**

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= 0 \\
 0 &= RAy + RBy + RCy \\
 RAy &= -RBy - RCy
 \end{aligned}$$

Persamaan RBx :

$$\begin{aligned}
 \Sigma MA &= 0 \\
 &= (Fa \times r) - (RBy \times L3) - (RCy \times (L1+L2+L3)) \\
 RBy \times 17,5 &= (100 \times 190) - (RCy \times (28,5 + 170 + 17,5)) \\
 RBy \times 17,5 &= 19000 - (RCy \times 216) \\
 RBy &= \frac{19000 - (RCy \times 216)}{17,5}
 \end{aligned}$$

Persamaan RCx :

$$\begin{aligned}
 \Sigma MB &= 0 \\
 &= (Fa \times r) - (RAy \times L3) - (RCy \times (L1+L2)) \\
 RCy \times 198,5 &= (100 \times 190) - (RAy \times 17,5) \\
 RCy &= \frac{19000 - (RAy \times 17,5)}{198,5}
 \end{aligned}$$

Mencari R_{Ay} :

$$R_{Ay} = \frac{19000 - \left(\frac{19000 - (R_{Ay} \times 17,5)}{198,5} \times 216 \right)}{17,5} - \frac{19000 - (R_{Ay} \times 17,5)}{198,5}$$

$$R_{Ay} = \frac{-19000 + 20675,062 + 19,042}{17,5} - 0,08816 R_{Ay} + 95,717$$

$$R_{Ay} = -1085,714 + 1181,432 - 0,08816 R_{Ay} - 0,08816 R_{Ay} + 95,717$$

$$R_{Ay} = 191,435 \text{ N}$$

Mencari R_{Cy} :

$$\begin{aligned} R_{Cy} &= 0,08816 R_{Ay} + 95,717 \\ &= 0,08816 \times 191,435 + 95,717 \\ &= 112,593 \text{ N} \end{aligned}$$

Mencari R_{Bx} :

$$R_{Ax} = -R_{Bx} - R_{Cx}$$

$$191,435 = -R_{Bx} - R_{Cx}$$

$$R_{Bx} = -191,435 - 112,593$$

$$= -304,028 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_{bmax} &= 8722,665 \times 17,5 \\ &= 152646,637 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_t &= 9550 \times \frac{P}{n} \\ M_t &= 9550 \times \frac{8}{5} \\ &= 15280 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= \frac{370}{1,73 \times 340} \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_v &= \sqrt{M_b + 0,75 \times (\alpha_0 \times M_t)} \\ &= \sqrt{152646,637^2 + 0,75 \times (0,62 \times 15280)^2} \\ &= 152866,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{bsem} &= \frac{\tau_{bw}}{\frac{v}{370}} \\ &= \frac{2,5}{2,5} \\ &= 148 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{ksem} &= \sqrt[3]{\frac{M_v}{0,1 \times \tau_{bsem}}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{152866,96}{0,1 \times 148}} \\ &= 21,77 \end{aligned}$$

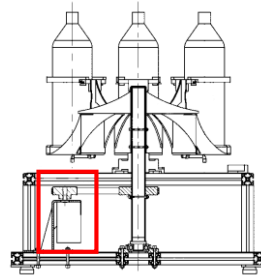
$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{T_{bw \times b_1 \times b_2}}{\beta_k \times v} \\ &= \frac{370 \times 0,88 \times 0,92}{1,5 \times 1,5} \\ &= 133,134 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dk &= \sqrt[3]{\frac{152866,96}{0,1 \times 133,134}} \\ &= 22,53 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sesuai perhitungan di atas diameter kritis yang didapat dari perhitungan tersebut adalah 22,53 mm dengan *shaft* pejal.

3. Menghitung Daya Motor Stepper

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



Gambar 10 Motor Penggerak Utama

Diketahui data sebagai berikut :

1/6 Putaran = 1 detik
 1 putaran penuh = 6 detik
 Kecepatan putaran motor = $1/6 \text{ rps} = 10 \text{ rpm}$

Perhitungan Motor Rotary unit

Diketahui data sebagai berikut:

Massa Botol = @ $1 \text{ kg} \times 5 = 5 \text{ kg}$
 Massa shaft dan plat = 2 kg
 Massa total (mtot) = 7 kg
 Kecepatan putar yang dibutuhkan (n) = 10 rpm
 Diameter (d) = 380 mm (jarak sumbu botol)
 Koefisien gesek (μ) = $0,3$
 Kecepatan gravitasi (g) = $9,81 \text{ m/s}^2$
 Timing Pulley 1 = 60 T
 Timing Pulley 2 = 20 T
 Rasio (i) = 3

Menghitung Torsi Beban (TB)

TB = $mtot \times g \times \mu \times r$
 $= 7 \times 9,81 \times 0,3 \times 0,19$
 $= 3,914 \text{ Nm}$

Menghitung Momen Inersia

JBeban = $m \times r^2$
 $= 7 \times 0,19^2$
 $= 0,253$

Menghitung Kecepatan motor

ndibutuhkan = 10 rpm
 nsebenarnya = $n \times i$
 $= 10 \times 3$
 $= 30 \text{ rpm}$

Menghitung Torsi Akselerasi

Ta = $(2\pi \times n \times Jbeban) / (60 \times s)$
 $= (2\pi \times 30 \times 0,253) / (60 \times 6)$
 $= 0,1324 \text{ Nm}$

Menghitung total torsi sebenarnya (TtotalM)

Ttotal = TB + Ta
 $= 3,958 \text{ Nm} + 0,1324 \text{ Nm}$
 $= 4,09 \text{ Nm}$

Sesuai perhitungan di atas dipilih motor stepper NEMA 34 seri HWC-ST-3445SD4 dengan *holding torque* 4,5 Nm.

Pembuktian

Menghitung kecepatan rotasi yang dihasilkan (n')

n' = $nmotor / i$
 $= 30 / 3$
 $= 10 \text{ rpm}$

Menghitung torsi sebenarnya (TM)

$$\begin{aligned}
 TM &= TL' / i \\
 &= 4,09 \text{ Nm} / 3 \\
 &= 1,36 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan konsep *beverages vending machine* 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 List	Tingkat Kepentingan
1	Budget max. Rp 30.000.000,-	5
2	Easy maintenance	4
3	Terkoneksi dengan internet	4
4	Easy to use	4
5	Compact	4
6	Good performance	3
7	Good safety	3
8	Easy to assy	3
9	Durable	3
10	Easy to move	3
11	Ergonomis	2
12	Dimensi max. 800x800x1000 mm (PxLxT)	2

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa data permintaan *customer* yang bersifat sangat penting (nilai 5) adalah *budget* maksimal Rp 30.000.000,-. Sedangkan untuk permintaan *costumer* yang bersifat penting (nilai 4) adalah *easy maintenance*, terkoneksi dengan internet, *easy to use* dan *compact*.

Dalam mencapai permintaan tersebut maka dibuatlah rumusan akan solusinya.

Tabel 2 Engineering Characteristic

No.	Voice of Engineer
1	Pemilihan material
2	Menggunakan local content (Rp)
3	Pemilihan aktuator (watt)
4	Pemilihan kontrol
5	Pemilihan interface
6	Penentuan putaran motor (rpm)
7	Lama waktu filling (s)
8	Jarak antar botol (mm)
9	Kemampuan frame menahan beban (N/mm ²)

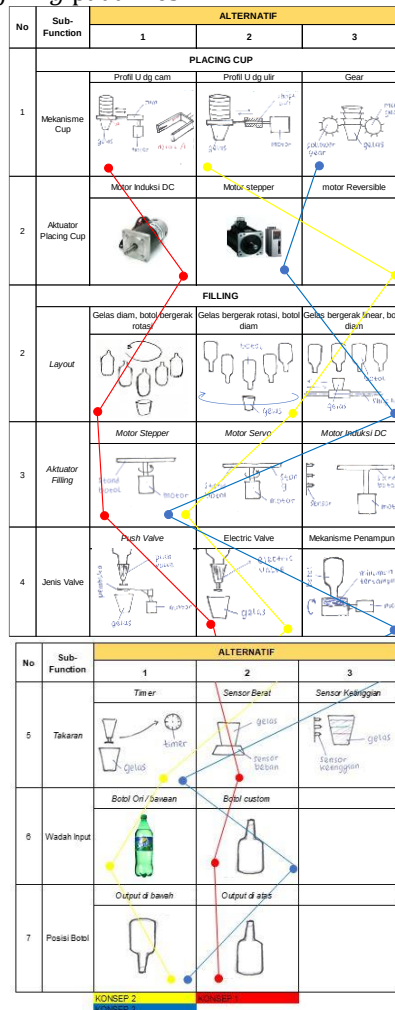
Setelah ditentukan *engineer characteristic*, langkah selanjutnya yaitu merumuskan hubungan dari *requirement list* dengan *engineer characteristic* pada tabel matriks kebutuhan.

Voice of Engineer Requirement List	Tingkat Kepentingan	Voice of Engineer								
		Pemilihan material	Menggunakan local content	Pemilihan aktuator	Pemilihan kontrol	Pemilihan interface	Penentuan putaran motor	Lama waktu filling	Jarak antar botol	Kemampuan frame menahan beban
Easy to move	3	○								△
Ergonomis	2					○				
Easy Maintenance	4	△		○	○	△				
Low budget	5	□	□	○	□		△			○
Easy to use	4				□	□		△		
Easy to assy	3								△	△
Durability	3		○	△						
Compact	4								□	△
Good performance	3			○	□	○	○	○		
Safety	3	○								
1 △ 3 ○ 5 □	281	47	34	39	72	39	14	13	23	25
		0.17	0.12	0.14	0.26	0.14	0.05	0.05	0.08	0.09

Gambar 11 Matrix Kebutuhan

3.2 Perancangan Konsep *Beverages Vending Machine*

Desain morfologi unit ini akan berisikan tentang bagaimana bentuk, mekanisme penggerak botol dan proses *filling* pada mesin.



Gambar 12 Morfologi *Beverages Vending Machine*

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 kuning, dan konsep 3 dinyatakan dengan garis berwarna biru.

3.2.1 Penilaian Konsep *Beverages Vending Machine*

Penilaian konsep sistem *beverages vending machine* 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 3.

Tabel 3 Pembobotan Faktor Penilaian *Beverages Vending Machine*

Requirement List	Tingkat Kepentingan	Easy to move	Ergonomis	Easy Maintenance	Low budget	Easy to use	Easy to assy	Durability	Compact	Good performance
Easy to move	3	1	1	1	1	2	0	1	2	1
Ergonomis	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Easy Maintenance	4	1	1	1	2	1	1	0	1	1
Low budget	5	1	1	0	1	1	0	0	1	0
Easy to use	4	0	1	1	1	1	1	1	1	0
Easy to assy	3	2	1	1	2	1	1	2	2	1
Durability	3	1	1	2	2	1	0	1	2	1
Compact	4	0	0	1	1	1	0	0	1	2
Good performance	3	1	1	1	2	2	1	1	0	1
	8	8	9	13	11	5	7	12	8	
		0.62	0.62	0.69	1.00	0.85	0.38	0.54	0.92	0.62

2. Kriteria Penilaian

Kriteria penilaian konsep *beverages vending machine* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Kriteria Penilaian Konsep *Beverages Vending Machine*.

BEVERAGES VENDING MACHINE					
Kriteria Evaluasi	Nilai				
	Sangat Baik (5)	Baik (4)	Cukup (3)	Kurang Baik (2)	Tidak Baik (1)
<i>Easy to move</i>	Ringan dan mudah dibawa oleh satu orang tanpa alat bantu	Ringan dan mudah dibawa oleh satu orang dengan alat bantu	Tidak ringan tetapi udah dibawa oleh satu orang dengan alat bantu	Dibawa oleh dua orang tanpa alat bantu	Dibawa oleh dua orang dengan alat bantu
<i>Ergonomis</i>	Memenuhi aspek <i>utility,safety,comfort ability</i> dan <i>flexibility</i>	Memenuhi aspek <i>utility,safety,comfort ability</i> tetapi kurang <i>flexible</i>	Memenuhi aspek <i>utility</i> dan <i>safety</i> tetapi kurang <i>flexible</i> dan <i>comfortability</i>	Memenuhi aspek <i>utility</i> tetapi kurang <i>safety,flexible</i> dan <i>comfortability</i>	Tidak memenuhi segala aspek
<i>Easy Maintenance</i>	tidak membutuhkan part khusus dan alat bantu	tidak membutuhkan part khusus	membutuhkan alat bantu tanpa part khusus	membutuhkan alat bantu dengan part khusus	membutuhkan alat bantu dan part khusus
<i>Ready to Industri 4.0</i>	Dapat dioperasikan menggunakan <i>smartphone</i> dengan koneksi internet	Dapat dioperasikan menggunakan <i>smartphone</i> dengan koneksi <i>local wireless</i>	Dapat dioperasikan menggunakan <i>smartphone</i> dengan koneksi <i>bluetooth</i>	Dapat dioperasikan menggunakan <i>laptop</i> dengan koneksi kabel	belum bisa dioperasikan menggunakan <i>smartphone/laptop</i>
Dimensi max. 800x800x1000(mm)	ukuran kurang dari dimensi maksimal	ukuran sesuai dengan <i>requirement list</i>	masih masuk batas toleransi ukuran dimensi maksimal	ukuran tidak seragam	dimensi melebihi batas maksimal
<i>Low budget</i>	biaya pembuatan kurang dari <i>requirement list</i>	biaya pembuatan sesuai dengan <i>requirement list</i>	masih masuk batas toleransi biaya	<i>over budget</i> antara 0-100% dari <i>requirement list</i>	<i>over budget</i> lebih dari 100% <i>requirement list</i>
<i>Easy to use</i>	Pengoperasian dan pengisian botol dapat dilakukan oleh semua orang	Pengoperasian dan pengisian botol dapat dilakukan oleh semua orang dengan alat bantu	Pengoperasian dan pengisian botol dilakukan oleh operator tanpa alat bantu	Pengoperasian dan pengisian botol dilakukan oleh operator dengan alat bantu	Pengoperasian dan pengisian botol dilakukan oleh operator dengan alat bantu dan keahlian khusus
<i>Easy to assy</i>	Postioning antar part jelas dan mudah dijangkau, pemasangan menggunakan <i>tool standard</i>	Postioning antar part jelas dan mudah dijangkau, pemasangan menggunakan <i>tool khusus</i>	Postioning antar part jelas tetapi sulit dijangkau, pemasangan menggunakan <i>tool standard</i>	Postioning antar part jelas tetapi sulit dijangkau, pemasangan menggunakan <i>tool khusus</i>	Postioning antar part tidak jelas dan sulit dijangkau, pemasangan menggunakan <i>tool khusus</i>
<i>Durability</i>	Rata - rata umur pakai komponen 4-5 tahun	Rata - rata umur pakai komponen 3-4 tahun	Rata - rata umur pakai komponen 2-3 tahun	Rata - rata umur pakai komponen 1-2 tahun	Rata - rata umur pakai komponen <1 tahun
<i>Compact</i>	Ukuran sesuai, tidak terdapat ruang kosong	Ukuran sesuai, terdapat ruang kosong	Lebar melebihi tuntutan	Tinggi melebihi tuntutan	Lebar dan tinggi melebihi tuntutan
<i>Good performance</i>	hasil <i>output</i> dan proses pembuatan minuman lebih baik dari <i>requirement list</i>	kinerja sesuai dengan <i>requirement list</i>	hasil <i>output</i> sesuai <i>requirement list</i> namun proses pembuatan minuman tidak sesuai	hasil <i>output</i> tidak sesuai <i>requirement list</i> namun proses pembuatan minuman sesuai	kinerja tidak sesuai dengan <i>requirement list</i>

3. Penilaian Konsep

Penilaian ketiga buah konsep sistem *beverages vending machine* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Penilaian *Beverages Vending Machine*

BEVERAGES VENDING MACHINE								
NO	Kriteria	Bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
			Nilai	Total	Nilai	Total	Nilai	Total
1	<i>Easy to move</i>	0.62	2	1.24	2	1.24	2	1.24
2	<i>Ergonomis</i>	0.62	4	2.48	4	2.48	4	2.48
3	<i>Easy Maintenance</i>	0.69	3	2.07	3	2.07	3	2.07
6	<i>Low budget</i>	1	5	5	5	5	4	4
7	<i>Easy to use</i>	0.85	3	2.55	3	2.55	3	2.55
8	<i>Easy to assy</i>	0.38	5	1.9	5	1.9	5	1.9
9	<i>Durability</i>	0.54	3	1.62	3	1.62	3	1.62
10	<i>Compact</i>	0.92	5	4.6	4	3.68	4	3.68
11	<i>Good Performance</i>	0.62	4	2.48	3	1.86	3	1.86
TOTAL		6.24	34	23.94	32	22.4	31	21.4
PERINGKAT			1		2		3	

Pada tabel 6 dapat disimpulkan bahwa konsep 1 merupakan konsep yang diambil sebagai konsep sistem *beverages vending machine* karena mendapatkan peringkat 1 serta kegunaannya sudah mampu mencukupi kebutuhan mesin yang akan dirancang.

3.2.2 Deskripsi Konsep *Beverages Vending Machine*

Beverages vending machine yang dibuat menggunakan sistem mekanisme *timing pulley* sebagai penggerak utama pada mesin. Mesin digerakan oleh actuator berupa motor stepper dengan torsi 4,5 Nm. Torsi yang besar dibutuhkan untuk menggerakkan *magazine* dengan massa botol berisi minuman. Sistem kontrol menggunakan *microcontroller* berbasis Arduino Mega 2560. Pengoperasian mesin dapat dilakukan melalui tiga cara yaitu *push button*, HMI dan *smartphone*. Pengoperasian melalui *smartphone* menggunakan *local net* atau intranet dimana mesin memiliki *router* yang

dapat memancarkan sinyal dan sinyal tersebut yang akan mengirimkan perintah ke Arduino melalui modul *ethernet shield*. *Ethernet shield* akan diletakan di atas Arduino lalu disambung dengan *router* menggunakan kabel LAN. Programming *ethernet shield* menggunakan program yang berbeda dengan program Arduino lainnya karena program *Ethernet shield* harus memasukan kode HTML yang nantinya akan muncul pada halaman web. Proses penggunaan mesin melalui *smartphone* adalah, yang pertama *log in* ke *website* TA07 menggunakan *barcode* atau alamat web yang telah disediakan, lalu masuk ke halaman pemesanan, pilih menu minuman, lalu mesin akan memproses menu sesuai dengan komposisinya.

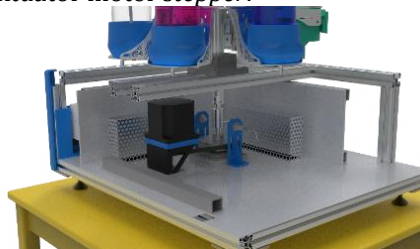
Kelebihan dari mesin ini adalah pengoperasian menggunakan koneksi *wireless* dan performa *filling* karena mesin ini menggunakan pompa peristaltik yang dapat menghambat bocornya cairan saat pompa dalam kondisi mati. Kekurangan dari konsep ini adalah kebutuhan torsi yang besar untuk memutarakan botol pada proses *filling* dan membutuhkan dua orang untuk membawa mesin ini.



Gambar 13 *Beverages Vending Machine* Konsep Pemenang

Beverages Vending Machine digunakan untuk mencampur minuman sesuai dengan menu yang telah disediakan.

Mekanisme yang digunakan yaitu *timing pulley* sebagai penggerak utama pada *rotary unit* dengan aktuator motor *stepper*.



Gambar 14 Penggerak *Timing Pulley*

Perancangan proses telah dilakukan di tahap sebelumnya, maka tahap selanjutnya merupakan tahap penilaian terhadap perancangan. Penilaian ini berbeda dengan penilaian yang dilakukan pada proses morfologi, melainkan lebih ke analisis dan evaluasi terhadap rancangan yang telah dibuat. Analisis dan evaluasi ini dilakukan terhadap desain morfologi dan *requirement list customer*. Tujuannya untuk mengidentifikasi ketercapaian desain mesin dan penilaian penyimpangan atau tidaknya dari *customer*.

Tabel 6 Ketercapaian Desain

Requirement List					
No.	Requirement / Permintaan	Spesifikasi teknis yang bisa diukur	Tingkat Kepentingan Customer	Indikator ketercapaian	Implementasi dalam desain
1	<i>Easy to move</i>	Ringan dan mudah dibawa oleh satu orang tanpa alat bantu	3	40%	Tersedia <i>handle</i> sebagai alat bantu untuk mengangkat mesin
2	Ergonomis	Memenuhi aspek utility, safety, comfortability dan flexibility	2	80%	Sudut kemiringan pada penempatan HMI didesain 30°
3	<i>Easy maintenance</i>	tidak membutuhkan part khusus dan alat bantu	4	80%	Cover mudah dibongkar pasang sehingga memudahkan akses ke dalam mesin.
4	Terkoneksi dengan internet (4.0)	Dapat dioperasikan melalui <i>android</i>	4	100%	Tersedia web sebagai media untuk memesan minuman
5	Dimensi max. 800x800x1000 mm (PxLxT)	Dimensi kurang dari 800 x 800 x 1000 mm	2	100%	Dimensi ukuran mesin 800 x 700 x 800 dapat memenuhi ukuran yang disediakan.
6	Budget max. Rp 30.000.000,-	Harga penjualan max Rp 30.000.000,-	5	100%	Budget penjualan seharga Rp 20.000.000

Requirement List					
No.	Requirement / Permintaan	Spesifikasi teknis yang bisa diukur	Tingkat Kepentingan Customer	Indikator ketercapaian	Implementasi dalam desain
7	<i>Easy to use</i>	Pengoperasian dan pengisian botol dapat dilakukan oleh semua orang	4	60%	Terdapat <i>interface</i> berupa HMI <i>touch screen</i> dan tombol
8	<i>Easy to assy</i>	Positioning antar part jelas dan mudah dijangkau, pemasangan menggunakan tool standard	3	60%	Pada pemasangan tiap connector memakai baut dengan meminimalisasi pengelasan pada connector
9	<i>Durable</i>	Rata - rata umur pakai komponen 4-5 tahun	3	60%	Menggunakan komponen yang total daya dalam desain mesin adalah 200 watt
10	<i>Compact</i>	Ukuran sesuai, tidak terdapat ruang kosong	4	80%	Semua proses berada dalam satu unit mesin
11	<i>Good performance</i>	hasil output dan proses pembuatan minuman lebih baik dari requirement list	3	60%	Kontrol dibuat sesuai dengan fungsi dengan fitur tambahan
12	<i>Good safety</i>	terdapat sensor jika terjadi <i>over dose</i> , sambungan kabel menggunakan skun	3	100%	Terdapat cover yang menutupi mesin

Analisis ketercapaian desain dapat dilihat dari persentase ketercapaian dari setiap aspek *requirement list*. Berikut adalah perhitungan presentase ketercapaian desain.

$$\text{Ketercapaian} = (\sum \text{Tingkat kepentingan} \times \text{Persentase ketercapaian}) / (\sum \text{Tingkat kepentingan})$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase ketercapaian} &= ((3 \times 40\%) + (2 \times 80\%) + (4 \times 80\%) + (4 \times 100\%) + (2 \times 100\%) + \\ &\quad (5 \times 100\%) + (4 \times 60\%) + (3 \times 60\%) + (3 \times 60\%) + (4 \times 80\%) + (3 \times 60\%) + \\ &\quad (3 \times 100\%)) / 40 \\ &= 78\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa persentase ketercapaian pada perancangan dan realisasi *beverages vending machine* mencapai 78% dengan penyimpangan ketercapaian sebesar 22%. Aspek yang tercapai dapat dilihat dari indikator persentase di atas 60%.

4. KESIMPULAN

Beverages vending machine terdiri dari proses *input cup* dan *filling* minuman bekerja dengan sumber tegangan 1 phase, 220 VAC/50Hz. *Input* utama adalah cup, minuman berkarbonasi dan sirup yang akan menghasilkan *output* berupa minuman yang sudah tercampur. Aktuator utama mesin adalah motor stepper NEMA 34 hybrid dengan *holding torque* 4,5Nm dan *rotation step* 1.8°. Mesin *beverages vending machine*. dapat dioperasikan melalui 3 pilihan *input*, yaitu *push button*, HMI dan *android*. Mesin dilengkapi dengan *router* sehingga memungkinkan untuk menambahkan koneksi internet, dengan kontrol utama berupa *microcontroller* Arduino Mega yang kompatibel dengan *Ethernet shield*. Realisasi mesin yang dilakukan sudah dalam tahap menggunakan jaringan lokal

sebagai implementasi dari *wireless control* dan penggunaan *smartphone*. Mesin menyediakan *device* yang mendukung untuk teknologi industri 4.0.

Perancangan dan realisasi *beverages vending machine* memiliki analisa ketercapaian pasca desain yang didapat dari perhitungan antara tingkat kepentingan dengan persentase ketercapaian tiap aspek. Data ketercapaian desain yang didapat adalah 78% dan penyimpangan desain sebesar 22%. Berdasarkan analisa ketercapaian desain didapat bahwa tingkat kepentingan paling tinggi dapat tercapai permintaannya. Aspek yang tidak tercapai pada analisis pasca desain dapat dijadikan dasar untuk pengembangan pada mesin dengan perubahan atau penambahan desain.

5. DAFTAR PUSTAKA

- A. Suroto. Strength of Materials. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta
- Arduino. ARDUINO MEGA 2560 MIKROKONTROLER ATmega2560. Diakses dari <http://www.labelektronika.com/2017/02/arduino-mega-2560-mikrokontroler.html/>, diakses 20 Juni 2019.
- Asep Kurniawan. LOADCELL / SENSOR BERAT. Diakses dari <https://www.semesin.com/project/2018/03/12/loadcell-sensor-berat/>, diakses 20 Juni 2019.
- B. Sudibyo, Ing. HTL. Bantalan Gelinding. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta, 1991
- B. Sudibyo, Ing. HTL. Kekuatan dan Tegangan Ijin. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta, 1991
- B. Sudibyo, Ing. HTL. Poros Penyangga dan Poros Transmisi. Diktat, Politeknik Fajarlusy. PENGERTIAN VENDING MACHINE. Diakses dari <http://fajarlusy.wordpress.com/2010/11/17/apaitu-vending-machine-/>, diakses 20 Juni 2019
- Juan. Fungsi Bearing dan Macam-Macam Bearing. Diakses dari <https://www.teknik-otomotif.com/2017/12/fungsi-bearing-dan-macam-macam-bearing.html>, diakses 10 Juni 2019
- Mikrokontroler. PENGERTIAN ETHERNET SHIELD DAN CARA KERJANYA. Diakses dari <http://www.immersa-lab.com/pengertian-ethernet-shield-dan-cara-kerjanya.htm>, diakses 20 Juni 2019
- Peralatan Produksi. Jenis-Jenis Pompa Berdasarkan Cara Kerjanya Mengalirkan Fluida. Diakses dari <https://www.prosesindustri.com/2014/12/jenis-jenis-pompa-berdasarkan-cara-kerjanya-mengalirkan-fluida.html>, diakses 20 Juni 2019
- Pratama, A. H., 2016. 5 Penerapan Internet Of Things (Iot) Andalan Jakarta Smart City 2016. Diakses dari <https://id.techinasia.com/aplikasi-iot-andalan-jakarta-smart-city-di-tahun-2016>, diakses 20 Juni 2019
- Sularso, dan Suga, Kiyokatsu. Dasar Perencanaan dan Pemilihan. "Pradya Paramita", Jakarta, 1985.
- Teknik Mesin. Fungsi dan Macam-Macam Pegas. Diakses dari <http://teknikmesin.id/fungsi-dan-macam-macam-pegas/>, diakses 15 Juni 2019.
- Zeny Fernandes, PROSES MACHINING COUPLING FLENDER TYPE B80 DI PT. KSB INDONESIA. Universitas Gunadarma, Depok, 2015.