



## Rancang Bangun Mesin *Espresso* dengan Sistem *Pre-Charge Pneumatic*

Dwi Istiyarno<sup>1</sup>, Ikhwan Taufik<sup>2</sup>, Herru Budi Santoso<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Tidar, Indonesia

E-mail: [dwiistiyarno@students.untidar.ac.id](mailto:dwiistiyarno@students.untidar.ac.id)<sup>1</sup>, [ikhwantaufik26@untidar.ac.id](mailto:ikhwantaufik26@untidar.ac.id)<sup>2</sup>, [herru.santosa@untidar.ac.id](mailto:herru.santosa@untidar.ac.id)<sup>3</sup>

Korespondensi penulis: [dwiistiyarno@students.untidar.ac.id](mailto:dwiistiyarno@students.untidar.ac.id)<sup>1</sup>

**Abstract.** *The development of technology in the world is growing rapidly, so that technology is able to make everything that is done faster and more effective, such as technology that is developing in the coffee industry. Manual espresso machines are done using human power, so there are limitations to the power needed to make espresso in large quantities at once and lack of time efficiency. This pneumatic system allows for more responsive pressure control compared to manual systems. The Pneumatic Pre-Charge (PCP) system is a system that utilizes natural resources as its main energy source in renewable energy systems such as air. The method used to achieve a more optimal manual espresso machine is to use an experimental research method to test the performance of the espresso machine designed from a combination of a PCP system through empirical data collection to measure how efficient the machine is. The design process produces a manual espresso machine design which can then be developed into a espresso machine. Testing was carried out as many as 210 cycles and was divided into 3 stages of testing, namely a 360 cc cylinder capacity with a pressure of 2700 psi capable of pressing an average of 70 times, showing that the coarser the grind size of the coffee powder used, the time and pressure required will be reduced by requiring a pressure of 35 psi. From the results of this study, further testing is needed on the use of a PCP system espresso machine to validate its usefulness in supporting the needs of making espresso in the coffee industry.*

**Keywords:** *espresso machine, pneumatic, pneumatic pre-charge, pneumatic espresso.*

**Abstrak.** Perkembangan teknologi didunia kian hari makin berkembang dengan pesat, sehingga teknologi mampu membuat segala hal yang dilakukan menjadi lebih cepat dan efektif seperti halnya teknologi yang berkembang pada industri kopi. Mesin *espresso* manual dilakukan menggunakan tenaga manusia maka ada keterbatasan tenaga yang dibutuhkan untuk pembuatan *espresso* dalam jumlah banyak sekaligus serta kurangnya efisiensi waktu. Sistem *pneumatic* ini memungkinkan kontrol tekanan yang lebih responsif dibandingkan dengan sistem manual. Sistem *Pre-Charge Pneumatic* (PCP) merupakan sistem yang memanfaatkan sumber daya alam sebagai media sumber energi utamanya dalam sistem energi terbarukan seperti udara. Metode yang digunakan agar tercapainya mesin *espresso* manual yang lebih optimal yaitu menggunakan metode penelitian eksperimen untuk menguji kinerja mesin *espresso* yang dirancang dari penggabungan sistem PCP melalui pengambilan data empiris untuk mengukur seberapa efisien mesin tersebut. Proses perancangan menghasilkan desain mesin *espresso* manual yang kemudian dapat dikembangkan menjadi mesin *espresso* yang lebih hemat tenaga. Pengujian dilakukan sebanyak 210 siklus dan terbagi dalam 3 tahap pengujian yaitu kapasitas tabung 360 cc dengan tekanan 2700 psi mampu melakukan pengepresan sebanyak rata-rata 70 kali penggunaan menunjukkan bahwa semakin kasar *grind size* bubuk kopi yang digunakan, maka waktu dan tekanan yang dibutuhkan akan berkurang dengan membutuhkan tekanan 35 psi yang terbuang dalam satu kali ekstraksi. Dari hasil penelitian ini perlu adanya pengujian lanjutan pada penggunaan mesin *espresso* sistem PCP untuk memvalidasi kegunaan menunjang kebutuhan pembuatan *espresso* pada industri kopi.

**Kata kunci:** *mesin espresso, pneumatic, pre-charge pneumatic, espresso pneumatik.*

### 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi di dunia kian hari makin berkembang dengan pesat, sehingga teknologi mampu membuat segala hal yang dilakukan menjadi lebih cepat dan efektif seperti halnya teknologi yang berkembang pada industri kopi. Teknologi pada industri kopi mesin *espresso* banyak digunakan dengan penerapan berbasis sistem otomatis (Suryansyah

Hidayatulloh et al., 2023). Mesin *espresso* adalah satuan komponen untuk membuat kopi *espresso* yang terdiri dari pemanas air, mekanisme pompa, serta komponen teknis dalam mendukung proses ekstraksi kopi. Pengestrakkan bubuk kopi dilakukan dengan menambahkan air panas di bawah tekanan tinggi (Svahn & Björklund, 2019). Mesin *espresso* otomatis dibagi menjadi dua yaitu kategori komersial dan rumahan. Mesin *espresso* diklasifikasikan berdasarkan sistem kerja menjadi mesin *espresso* sistem manual yang sumber energi utamanya dengan memanfaatkan tenaga manusia dan mesin *espresso* sistem otomatis sumber energi utama memanfaatkan energi listrik.

Pengoptimalan mesin *espresso* dengan pemanfaatan energi yang disimpan pada tabung berisi udara sehingga menciptakan suatu tekanan (Ananta, 2021). *Valve* sebagai pengatur keluar masuknya tekanan udara kemudian dikompresikan oleh *air cylinder* dan disalurkan untuk melakukan penekanan pada bubuk kopi, terjadilah proses ekstraksi kopi sehingga menghasilkan *espresso*. Penerapan sistem PCP dengan mengedepankan sumber energi terbarukan seperti udara yang dikompresikan oleh *air cylinder* dapat meningkatkan efisiensi serta menerapkan teknologi dengan sumber energi yang berkelanjutan (Putra et al., 2022).

Pada penelitian ini untuk memenuhi kebutuhan pembuatan kopi pada industri kopi penggunaan mesin *espresso* manual, kemudian dikembangkan menjadi mesin *espresso* yang memanfaatkan sistem PCP. Penelitian berdasar pada perancangan ulang dengan pengembangan mekanisme *pre-charge* yang terintegrasi dalam mesin *espresso*. Metode eksperimen akan digunakan untuk menguji keoptimalan pada alat ini. Penelitian ini berdasar pada perancangan ulang dengan pengembangan mekanisme *pre-charge* yang terintegrasi dalam mesin *espresso* manual. Diharapkan mesin *espresso* menjadi lebih maksimal dan berkualitas dengan penerapan sistem PCP, serta dapat memberikan kontribusi signifikan bagi industri kopi menjadi alternatif teknologi yang memanfaatkan energi terbarukan.

Sistem *Pre-Charge Pneumatic* (PCP) yang biasa digunakan pada senapan, dengan sistem kerja awal diperlukannya mengisi ulang tabung udara bertekanan. Pengisian tabung dapat dilakukan dengan memompa secara manual atau menggunakan kompresor sebelum digunakan, sehingga dapat memungkinkan memiliki gaya tekan yang konsisten. Menurut Putra et al., (2022) sistem *pneumatic* ini memungkinkan kontrol tekanan yang lebih responsif dibandingkan dengan sistem manual. Sistem PCP merupakan sistem yang memanfaatkan sumber daya alam sebagai media sumber energi utamanya. Sedangkan *pneumatic* menurut Sumbodo et al., (2017) pada bukunya dengan judul *Pneumatik & Hidrolik* menjelaskan dalam sistem *pneumatic* memanfaatkan udara yang dikompresi untuk menggerakkan aktuator atau mengendalikan mekanisme dengan presisi tinggi. Sedangkan menurut Patrawala, 1 C.E. (2021)

sistem *pneumatic* merupakan udara bertekanan yang disimpan dalam tabung kemudian dilepaskan melalui katup pengatur tekanan untuk melakukan pekerjaan spesifik seperti mesin *espresso*. Komponen utama yang ada pada perangkat *pneumatic* yaitu: sistem udara terkompresi (kompresor, tabung, *cooler*, *dryer*), pengolahan udara (*regulator*, *filter*, *lutrifier*), katup sebagai pengatur tekanan, dan aliran, *actuator* (mengubah energi fluida menjadi energi gerak), sistem perpipaan, sensor dan *transduser*, dan sistem kendali dan *display*.

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini akan berfokus pada tingkat efektifitas penggunaan tabung PCP 360 cc pada mesin *espresso* dengan tekanan yang dibutuhkan dalam proses ekstraksi maksimal 110 psi. Dalam penelitian ini waktu yang dibutuhkan dalam proses ekstraksi maksimal 38 detik dengan alat yang dirancang merupakan prototipe. Rangka mesin *espresso* dibuat menggunakan bahan besi yang akan di uji langsung oleh peneliti. Tujuan dari perencanaan dan pembuatan mesin *espresso* dalam penelitian ini yaitu merancang dan mengembangkan mesin *espresso* manual dengan mengintegrasikan sistem PCP serta mengetahui jumlah penggunaan tabung PCP 360 cc tekanan 2700 psi pada mesin *espresso* dengan sistem PCP.

## 2. KAJIAN TEORITIS

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian berkaitan dengan inovasi dalam bidang teknik mesin memiliki peran penting dalam memajukan pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan. Sistem *Pre-Charge Pneumatic* (PCP) yang biasa digunakan pada senapan, dengan sistem kerja awal diperlukannya mengisi ulang tabung udara bertekanan. Pengisian tabung dapat dilakukan dengan memompa secara manual atau menggunakan kompresor sebelum digunakan, sehingga dapat memungkinkan memiliki gaya tekan yang konsisten. Menurut Putra et al., (2022) sistem *pneumatic* ini memungkinkan kontrol tekanan yang lebih responsif dibandingkan dengan sistem manual. Sistem PCP merupakan sistem yang memanfaatkan sumber daya alam sebagai media sumber energi utamanya. Penelitian yang dilakukan Putra et al., (2022) memiliki dimensi tabung 100 mm dengan material tabung berjenis STKM13C. Eksperimen dilakukan pada tabung dengan mengisi gas CO<sub>2</sub> bertekanan 30 Bar tidak menimbulkan efek mengembang, sehingga perencanaan tabung aman untuk pengisian gas CO<sub>2</sub> senjata anti tank.

Antu & Botutihe (2023) merancang kompresor mini dengan menggunakan tabung *freon*, bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah dari tabung *freon* AC. Pengujian alat dilakukan sebanyak 3 kali untuk mendapatkan waktu terbaik dalam pengisian tabung angin kompresor dengan tekanan maksimal 120 psi diperoleh pada waktu 15 menit

pengisian. Selain itu Saputra et al., (2022) membuat rancang bangun mesin *espresso* dengan sistem *pneumatic* berbasis arduino uno. Pengoptimalan mesin *espresso* manual menjadi semi otomatis dengan memanfaatkan sistem pada arduino uno. Spesifikasi yang digunakan dengan panjang 300 mm lebar 300 mm dan tinggi 550 mm dilengkapi kompresor, *actuator pneumatic*, *plugger*, silinder *plugger espresso*, dan instalasi arduino.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, peneliti melakukan penelitian “Rancang bangun mesin *esspreso* dengan system pre-charge pneumatic”. Penelitian ini diharapkan bisa memberikan kontribusi pada inovasi pengembangan teknologi diindustri kopi dengan memperkenalkan inovasi baru penerapan sistem PCP serta menjadikan dasar dalam mengembangkan sistem *pneumatic* sehingga dapat merancang ulang mesin mesin yang ada pada industri kopi menjadi lebih canggih.

### 3. METODE PENELITIAN

Teknik analisis data yang digunakan adalah metode teknik analisis data kuantitatif. Data kuantitatif adalah data numerik yang dapat dihitung secara akurat. Sedangkan metode analisis data kuantitatif merupakan metode yang dapat digunakan dalam melakukan penelitian data numerik. Dalam perhitungan peneliti menggunakan rumus dari Sumbodo et al., (2017) pada bukunya dengan judul *Pneumatik & Hidrolik* menjelaskan dalam sistem *pneumatic* terdapat perhitungan dasar yang menjadikan acuan dalam menghitung tekanan udara (P), debit aliran udara (Q), kecepatan torak (V), perhitungan daya kompresor (P<sub>2</sub>). Udara yang diperlukan untuk mendapatkan nilai yang diharapkan sebagai gambaran analisis awal serta menentukan nilai terbaik atau kondisi optimal dengan menggunakan perhitungan matematis. Rumus yang digunakan dalam perhitungan mesin *espresso pneumatic* yaitu:

a. Debit aliran:

$$Q = A \times v \text{ -----}$$

Keterangan:

Q = Debit aliran udara (m<sup>3</sup>/s)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

v = Kecepatan udara (m/s)

b. Kecepatan torak:

$$v = \frac{Q}{A} \text{ -----}$$

Keterangan:

v = kecepatan torak (m/s)

$Q$  = debit aliran udara ( $m^3/s$ )

$A$  = luas penampang torak ( $m^2$ )

c. Udara yang diperlukan:

$$Q_{maju} = A \times S \times n \times \frac{P_e + P_{atm}}{P_{atm}}$$

Keterangan:

$Q$  = Debit udara yang diperlukan ( $m^3/min$ )

$A$  = Luas penampang ( $m^2$ )

$S$  = Langkah torak ( $m/s$ )

$n$  = Banyak langkah (kali/menit)

$P_e$  = Tekanan ( $N/m^2$ )

$P_{atm}$  = Kebutuhan pengepresan (kali)

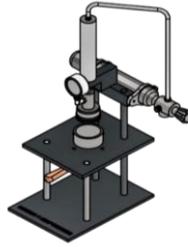
Dalam perancangan mesin *espresso* dengan sistem *Pre-Charge Pneumatic* (PCP) menggunakan alat dan bahan yaitu:

Alat	Bahan
1. Laptop	1. Mesin <i>espresso</i> manual
2. Mesin Bubut	2. Komponen <i>PCP</i>
3. Mesin <i>Milling</i>	3. Tabung <i>PCP</i>
4. Mesin Gerinda	4. Regulator
5. Mesin Bor	5. Selang <i>Pneumatic</i>
6. Tap Ulir	6. Indikator Tekanan
7. Jangka Sorong	7. Besi dan Aluminium
8. Penggaris	
9. Manometer	
10. Kunci	

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Hasil Rancang Bangun Mesin *Espresso*

Rancang bangun mesin *espresso* dengan sistem *Pre-Charge Pneumatic* (PCP) pada Gambar 4.1. Sistem mesin *espresso* yang dirancang terdiri dari beberapa komponen utama yaitu tabung penyimpanan bertekanan, katup pengatur aliran, dan rangka mesin *espresso*. Bahan yang digunakan untuk perakitan rangka pada mesin *espresso* adalah besi dan aluminium. Sistem *PCP* dirancang untuk memberikan nilai yang lebih efektif.



**Gambar 4.1 Rancang bangun mesin *espresso* PCP**

Sumber energi utama dalam menggerakkan mesin *espresso* yaitu memanfaatkan udara yang dimampatkan dengan tekanan tinggi pada sebuah tabung sehingga pemilihan tabung harus sesuai kebutuhan dan keamanan yang menjadi dasar pemilihan tabung. Tabung PCP berkapasitas 360cc dengan spesifikasi tabung yaitu:

- a. Kapasitas : 360 cc atau 2700 psi
- b. Tekanan Kerja Maksimum : 200-300 bar
- c. Bahan Tabung : Alumunium 6061
- d. Diameter Tabung : 4,11 cm
- e. Berat Tabung : 550 gram
- f. Dimensi Tabung : 4,8 cm × 4,8 cm × 30 cm

Tabung PCP pada Gambar 2 di bawah pada sistem PCP berfungsi untuk menyimpan udara bertekanan tinggi yang akan digunakan dalam proses *pre-charge*. Udara ini dikompresi sebelumnya dan disimpan hingga siap digunakan dalam siklus ekstraksi *espresso*.



**Gambar 4.2 Tabung PCP 360 cc dan Penempatan Tabung**

Desain dan penempatan tabung PCP ditempatkan pada posisi yang memudahkan akses untuk pengisian ulang dan perawatan. Desain integrasi mempertimbangkan faktor keamanan dan kemudahan penggunaan, kemudian tabung dihubungkan dengan sistem *pneumatic* melalui katup dan regulator yang memastikan aliran udara bertekanan dapat dikontrol dengan presisi. Setelah instalasi, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa tabung PCP dapat menahan

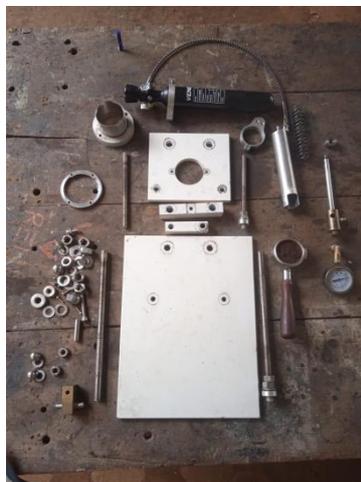
tekanan yang diperlukan tanpa kebocoran. Kalibrasi sistem *pneumatic* dilakukan untuk memastikan tekanan *pre-charge* sesuai dengan kebutuhan ekstraksi *espresso*.

Tabung *air cylinder single acting* hidrolis adalah komponen yang digunakan dalam rancang bangun mesin *espresso* dengan memanfaatkan tabung senapan pompa angin yang dimodifikasi untuk menyediakan tekanan yang diperlukan dalam sistem *pre-charge*. Senapan pompa angin, yang pada dasarnya adalah alat yang menggunakan tekanan udara untuk mendorong proyektil, Prinsip kerja dengan sistem PCP memiliki kesamaan dengan senapan pompa angin, sehingga memungkinkan untuk diadaptasi dalam mesin *espresso* seperti pada Gambar 3.



**Gambar 4.3 Air cylinder single acting**

Hasil perakitan struktur dasar yang menampung semua komponen utama mesin, termasuk tabung PCP, *air cylinder*, sistem *pneumatic*, dan berbagai kontrol seperti pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4 Komponen mesin espresso PCP**

Pada proses perakitan prototipe setelah melalui tahap perakitan adalah sebagai berikut:



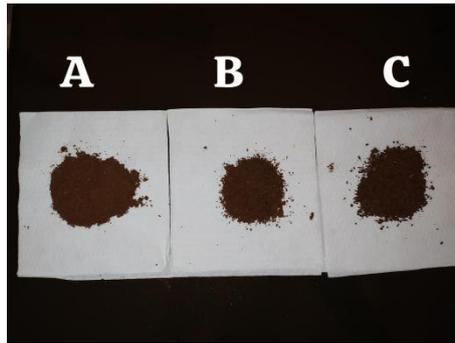
**Gambar 4.5** proses perakitan komponen mesin espresso sistem PCP

Berdasarkan Gambar diketahui bahwa proses perakitan komponen mesin espresso sistem PCP menghasilkan prototipe yang baik. Hasil prototipe mengalami perubahan pada bagian rangka tabung yang dinilai kurang efektif karena terlalu berat ketika menggunakan bahan besi sedangkan tabung sendiri yang tidak begitu berat dan aman ketika posisi tabung pada posisi horizontal. Proses selanjutnya dari perancangan ini adalah proses pengujian prototipe mesin espresso sistem PCP.

**a. Hasil Pengujian Prototipe**

Proses pengujian mesin *espresso* sistem PCP dilakukan secara langsung dengan membuat *espresso* sesuai standar pembuatan *espresso* yaitu menggunakan rasio pembuatan kopi 1:2 jumlah air yang digunakan lebih banyak dua kali lipat dibandingkan jumlah bubuk kopi yaitu kopi 18 gram dan air 36 gram yang menghasilkan *espresso double shot*.

Proses pengujian dilakukan sebanyak 70 kali pengepresan dimulai dari tekanan maksimal tabung 2700 psi. Tabung bertekanan 200 psi sudah tidak dapat mendorong sistem *pneumatic* atau *air cylinder* sesuai kriteria pembuatan *espresso* dengan durasi waktu melebihi 38 detik dan tekanan tidak mencapai 110 psi. Selanjutnya adalah mencari nilai yang dibutuhkan dalam satu kali pengepresan dengan variasi *grind size* bubuk kopi terdapat pada Gambar di bawah.



**Gambar 4.6 Pengepresan Dengan Variasi *Grind Size* Bubuk Kopi**

Dari gambar di atas terdapat 3 variasi *grind size* bubuk kopi dengan keterangan ukuran A adalah *fine* atau halus, B adalah *medium* atau sedang, dan C adalah *coarse* atau kasar. Hasil Pengujian Mesin *Espresso Sistem Pre-Charge Pneumatic* dapat di lihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.1 Hasil Pengujian Mesin *Espresso Sistem Pre-Charge Pneumatic***

	<i>Grind size</i> kopi	Tekanan tabung awal (psi)	Pengepresan (kali)	Waktu (menit)	Tekanan tabung akhir (psi)
	<i>Fine</i>	2700	69	34,5	185
	<i>Medium</i>	2700	70	35	194
	<i>Coarse</i>	2700	72	34	180
	Nilai Rata-rata		70,33	3 4, 5	186, 33

Hasil pengujian ini menunjukkan tekanan terendah didapatkan pada *grind size* kopi *coarse* mendapatkan 72 pengepresan dengan durasi waktu 34 menit, kemudian untuk nilai tekanan tertinggi didapatkan pada *grind size* kopi *fine* mendapatkan 69 pengepresan dengan durasi waktu 34 menit 5 detik. Berikut merupakan analisis perhitungan kebutuhan udara pada proses pengepresan:

a. Debit aliran udara

$$Q = A \times v$$

Keterangan:

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\
 &= \frac{3,14 \times (4,11)^2}{4} \\
 &= 13,2602 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 0,132602 \text{ m}^2$$

$v$  = Kecepatan udara (m/s)

$$v = \frac{\sqrt{2 \times P \times A}}{m}$$

$P$  = Tekanan tabung

$$= 2700 \text{ psi}$$

$$= 2700 \times 6894,76 \text{ pa/psi}$$

$$= 18624672 \text{ pa}$$

$A$  = Luas Penampang

$$= 0,132602 \text{ m}^2$$

$m$  = Volume tekanan

$$= \text{volume } (v) \times \text{suhu } (t)$$

$$v = \frac{360 \text{ cc}}{100000} = 0,00036 \text{ m}$$

$$t = 25^\circ\text{C} = 997,07 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 0,00036 \times 997,07$$

$$m = 0,3589 \text{ kg}$$

$$v = \frac{\sqrt{2 \times 6894,76 \times 0,132602}}{0,3589}$$

$$= \frac{\sqrt{1828,51}}{0,3589}$$

$$= \sqrt{5094,78}$$

$$= 71,37 \text{ m/s}$$

Maka debit aliran dengan alas penampang  $0,132602 \text{ m}^2$  dan kecepatan udara

$71,37 \text{ m/s}$  dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = A \times v$$

$$Q = 0,132602 \text{ m}^2 \times 71,37 \text{ m/s}$$

$$Q = 9,4638 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Kecepatan torak:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

$$Q = 9,4638 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 0,132602 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{9,4638}{0,132602}$$

$$v = 71,3699 \text{ m/s}$$

c. Udara yang diperlukan:

Setelah mengetahui luas penampang dan kecepatan torak atau kecepatan pengepresan maka kemudian mencari nilai udara yang dibutuhkan dalam satu kali pengepresan yaitu:

Rumus udara yang dibutuhkan:

$$Q_{maju} = A \times S \times n \times \frac{P_e + P_{atm}}{P_{atm}}$$

Keterangan:

$Q_{maju}$  = Udara yang dibutuhkan

$A = 0,132602985$  m

$S = 10$  cm = 0,1 m

$n = 1$  kali

$P_e = 2700$  psi

=  $2700 \times 6894,76$  pa/psi

= 18624672 pa

$P_{atm} = 1$  kali

Maka dapat dicari udara yang dibutuhkan adalah

$$Q_{maju} = 0,132602985 \times 0,1 \times 1 \times \frac{18624672 \times 1}{1}$$

=  $0,132602985 \times 1862467,2$

= 246832,4 pa

$$= \frac{246832,4}{6894,76}$$

= 35,8 psi

Nilai udara yang dibutuhkan dalam satu kali pengepresan adalah 35,8 psi, maka dapat disimpulkan dalam satu tabung 360 cc penuh dengan tekanan 2700 psi bisa digunakan sekitar 75 kali pengepresan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Proses perancangan menghasilkan desain mesin *espresso* sistem *Pre-Charge Pneumatic* (PCP) dengan kemampuan menunjang kebutuhan pembuatan kopi *espresso* pada industri kopi. Proses pembuatan prototipe mesin *espresso* sistem PCP menghasilkan prototipe yang sesuai dengan desain yang telah dibuat pada proses perancangan. Pembuatan prototipe melalui proses perancangan, pembubutan, pengefreisan, dan perakitan. Hasil pengujian prototipe memiliki hasil yang baik dengan mampu melalui proses pengujian yang dilakukan

sebanyak 211 kali pengepresan. Pengujian terbagi dalam 3 tahap pengujian, kapasitas tabung yang digunakan sama yaitu 360 cc dengan tekanan 2700 psi. Hasil yang didapatkan tabung mampu melakukan pengepresan atau ekstraksi sebanyak rata-rata 70,33 kali penggunaan. Hasil analisis kebutuhan daya menunjukkan bahwa semakin kasar *grind size* bubuk kopi yang digunakan, maka waktu dan tekanan yang dibutuhkan akan berkurang.

## DAFTAR REFERENSI

- Ananta, P. (2021). Perancangan dan pembuatan kompresor udara dengan memanfaatkan tabung refrigerant bertekanan 100 psi. Repository Universitas Tridianti.
- Antu, E. S., & Botutihe, S. (2023). Rancang Bangun Kompresor Mini Dengan Menggunakan Tabung Freon Motor Induksi Ac. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 11(1), 47–54. <https://doi.org/10.0000/radial.2023.11.1.47>
- Elyan, M., Winarso, R., & Wibowo, R. (2022). Pembuatan Mesin Kopi Espresso Menggunakan Sistem Pneumatik. *Jurnal Crankshaft*, 5(1), 65–72. <https://doi.org/10.24176/crankshaft.v5i1.7574>
- Saputra, N. A., Winarso, R., & Wibowo, R. (2016). RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI PADA MESIN ESPRESSO DENGAN SISTEM PNEUMATIK BERBASIS ARDUINO UNO. 0, 1–23.
- Sumbodo, W., Setiadi, R., & Poedjiono, S. (2017). *Pneumatik dan Hidrolik*. Deepublish.
- Suryansyah Hidayatulloh, F., Dirgantara, W., & Cahya Permatasari, D. (2023). Rancang Bangun Mesin Kopi Espresso Menggunakan Arduino Uno R3. In S. S. Nasution (Ed.), *SNESTIK Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika* (pp. 255–260). Snestik. <https://ejurnal.itats.ac.id/snestikdanhttps://snestik.itats.ac.id>
- Svahn, O., & Björklund, E. (2019). Extraction efficiency of a commercial Espresso machine compared to a stainless-steel column Pressurized Hot Water Extraction (PHWE) system for the determination of 23 pharmaceuticals, antibiotics and hormones in sewage sludge. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(7), Article 1509. <https://doi.org/10.3390/APP9071509>
- Taufik, I., Hidayah, N., Idayanti, R. W., Rahayu, T. P., & Fatikhin, C. (2022). Konfigurasi Mesin Press Permen Ternak Otomatis Berbasis Sistem Pneumatik Dengan Tiga Aktuator Double Acting Cylinder. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v7i1.208>