

**ANALISIS KEMAMPUAN MOTOR DAN TRANSMISI RACK GEAR PADA UNIT PRESSING
REVERSE VENDING MACHINE MELALUI PENGUJIAN TEKANAN PADA BOTOL DAN KALENG
DENGAN SISTEM PNEUMATIC**

**Dinda Maharani^{1*}, Kalistus Prayoga Jagad Adjie Jatmiko², Dani Ariadipta³, Muklis Tri
Hariyadi⁴, Bondan Wiratmoko Budi Santoso⁵**

^{1*,2,3,4}Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin,

⁵Program Studi Perancangan Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: dindamagarani.dm@gmail.com

Abstrak

Reverse Vending Machine menggunakan metode pressing sebagai unit utama yang berfungsi untuk mengepres botol dan kaleng. Metode penelitian melibatkan uji kinerja motor sebagai penggerak utama dan transmisi rack gear pada Reverse Vending Machine dengan mengaplikasikan tekanan pada botol dan kaleng. Awal dari pengujian ini dilakukan dari uji coba botol dan kaleng yang di press menjadi bagian kecil, lalu dianalisis kebutuhan tekanan supaya mendapatkan hasil tekanan yang di uji. Pada unit pressing terdapat 4 roda gigi dengan modul gigi 6, yaitu roda gigi pertama dan kedua dengan jumlah 12 gigi, roda gigi kedua dengan jumlah 24 gigi, dan roda gigi ketiga dengan jumlah 36 gigi. Roda gigi pertama sebagai penghubung langsung dengan motor dan roda gigi ketiga berperan sebagai penggerak langsung pada mesin. Analisis menggunakan metode eksperimen dan perhitungan teoritis yang menunjukkan hasil untuk konstruksi mesin, dengan metode eksperimen mendapatkan hasil gaya maksimal yang dibutuhkan sebesar 321,7 N dan analisis perhitungan teoritis mendapatkan hasil torsi roda gigi pertama sebesar 15,83 Nm, torsi pada roda gigi kedua a sebesar 31,66 Nm, torsi roda gigi kedua b sebesar 63,33 Nm dan torsi pada roda gigi ketiga sebesar 190 Nm sehingga menghasilkan besar gaya yang dapat diterima sebesar 376,92 N. Hasil dari seluruh pengujian dan perhitungan teoritis menunjukkan bahwa hasil nilai berada dibawah batas yang ditentukan dalam proses ini, sehingga menunjukkan mekanisme penggerak pada reverse vending machine aman dan dapat digunakan.

Kata kunci: reverse vending machine, pengepresan, roda gigi, botol, kaleng

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), volume timbulan sampah di Indonesia pada 2022 mencapai 19,45 juta ton. Berdasarkan jenisnya, mayoritas timbulan sampah nasional pada 2022 berupa sampah sisa makanan dengan proporsi 41,55%. Sampah plastik berada di urutan kedua dengan proporsi 18,55%. Timbulan sampah yang tak teratasi dengan baik dapat berdampak buruk pada lingkungan dan kesehatan masyarakat. Apalagi, sejumlah laporan global menyebut bahwa Indonesia masuk jajaran penghasil sampah plastik dan sisa makanan terbesar dunia, (Cindy Mutia, 2022).

Kurangnya pengolahan sampah di Indonesia, sehingga membutuhkan beberapa inovasi baru dalam pengolahan sampah. *Reverse vending machine* dibuat untuk membantu dan mengedukasi masyarakat dalam proses pengolahan sampah terutama untuk jenis sampah botol plastik dan kaleng aluminium. Pada mesin ini pengguna bisa melakukan pengolahan sampah dan juga pemilahan karena pada mesin sudah secara otomatis memproses pengolahan dan pemilahan sesuai jenis dan ukuran dari botol dan kaleng.

Reverse vending machine memiliki proses atau unit utama dan pendukung yaitu proses utama ada pada pengepresan dan proses pendukungnya yaitu ada *scanning*, *selecting*, dan *rejecting*. Fungsi dari unit *Pressing* yaitu untuk memperkecil dimensi botol dan kaleng supaya memperbesar ruang penyimpanan, karena pada unit ini merupakan proses utama sehingga dalam sistem penggerakannya dengan menggunakan motor dibutuhkannya spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan pengepresan.

1.1. Metode Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari besar gaya maksimal yang dibutuhkan untuk proses pengepresan dan mencari ratio *rack gear* untuk mentransmisikan dari motor dengan lengan pengepresan.

2. METODOLOGI

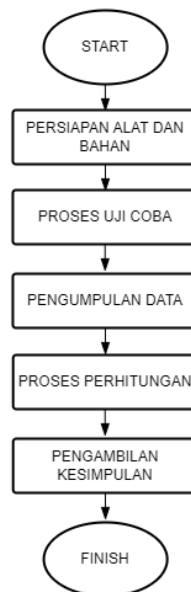
Proses penelitian menggunakan beberapa peralatan dan bahan sebagai perlengkapan dalam proses uji coba serta memerlukan metode pengumpulan data, dan perumusan masalah.

2.1. Metode Penelitian

Metode yang dipergunakan dalam proses penelitian ini jika dilihat dari jenis data dan analisisnya adalah menggunakan metode penelitian eksperimental serta uji coba dengan diikuti metode analisa perhitungan teoritis. Penelitian dilakukan dengan beberapa kali pada botol tanpa tutup, botol dengan tutup, dan kaleng dengan berbagai ukuran. Perbandingan besar gaya yang dihasilkan dalam proses penelitian ini digunakan digital manometer.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Proses Penelitian

2.2.1. Persiapan Alat dan Bahan

1. *Digital Manometer*

Digital manometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah tekanan.

2. *Cylinder*

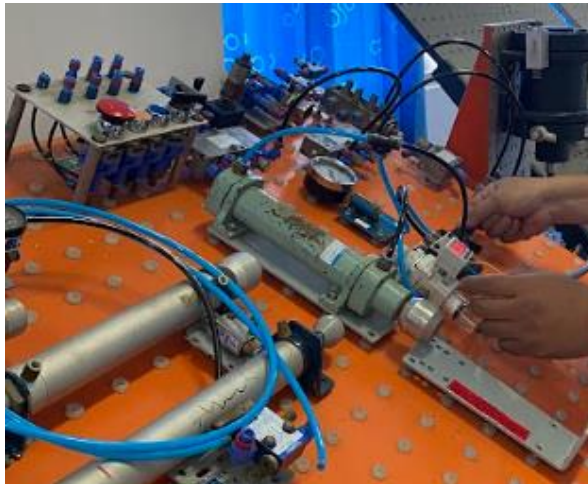
Cylinder adalah silinder pneumatik yang hanya mempunyai satu *port input/output*

3. *Power Supply*

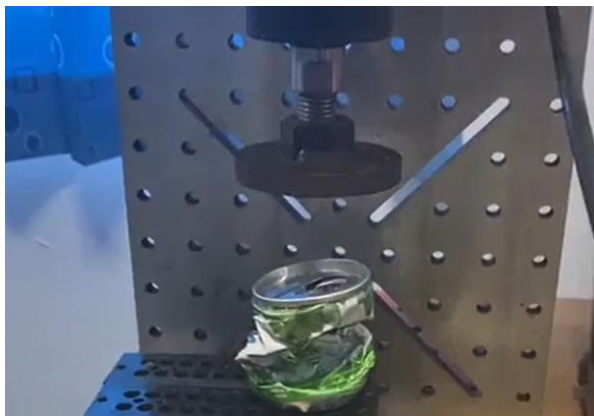
Power supply adalah perangkat keras (*hardware*) pada komponen elektronika yg mempunyai fungsi sebagai *supplier* arus listrik dengan terlebih dahulu merubah tensingannya dari AC jadi DC.

2.2.2. Pelaksanaan Uji Coba

Proses uji coba dilakukan dengan menggunakan *cylinder* serta beberapa bahan meliputi botol PET dengan ukuran 330, 600, dan 1500 ml dan kaleng ukuran 250 ml.



Gambar 2. Persiapan Pengepresan



Gambar 3. Pengepresan Kaleng



Gambar 4. Pengepresan Botol



Gambar 5. Pengepresan Botol Pada Mesin

Pengujian dilakukan dengan alat dan bahan yang sudah disiapkan. Pengujian awal dilakukan pengepresan dengan botol tanpa tutup ukuran 330, 600, dan 1500 ml serta kaleng berukuran 250 ml, selain pengujian dengan botol tanpa tutup, dilakukan juga pengujian pengepresan botol dengan tutup guna mengetahui beban *load* untuk proses *rejecting*. Pengujian diposisikan dengan *cylinder* ditempatkan sesuai posisi pada gambar 1 yang sudah dipasang pipa berisi angin yang terhubung dengan kompresor, kemudian botol dan kaleng diposisikan sesuai dengan gambar 3 dan 4.

Saat semua sudah disiapkan, *cylinder* kemudian dapat diaktifkan. Gaya beban untuk mengepres akan terbaca pada *digital manometer* sampai botol terpres maksimal dengan tinggi 35 mm. Pengepresan yang sama dilakukan untuk semua ukuran botol dan kaleng yang sudah disiapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dan pengujian yang telah dilakukan akan muncul data dari hasil pengujian, data hasil pengujian akan dibahas dalam sub bab berikut ini.

3.1. Hasil Pengujian

Pada tabel dibawah merupakan hasil pengepresan yang dilakukan dengan beberapa ketentuan sesuai dengan kebutuhan data yang akan digunakan.

Tabel 1. Data Penentuan Panjang Input

Kualifikasi Produk		Kondisi Krek		Jarak	
Jenis Merk	Ukuran (ml)	Hasil (Psi)	Panjang Awal(mm)	Panjang Press Max (mm)	Panjang Akhir (mm)
Botol Aqua	1500	9	320	60	110
Botol Vit	1500	9	320	60	102
Botol Le Mineral	1500	7,5	235	35	90
Botol Prima	600	10	220	75	80
Botol Aqua	330	10	160	30	52
Botol Le Mineral	330	10	160	28	50
Kaleng Collagen	250	11	135	35	35
Kaleng Cincou Cap Panda	210	10	115	35	35

Tabel 2. Data Press dengan tutup

Data Press Dengan Tutup			
Jenis Merk	Ukuran (ml)	Pressure (Bar)	Force (N)
Botol Aqua	1500	2,4	193,02
Botol Vit	1500	2,1	168,89
Botol Le Mineral	1500	2,2	176,93
Botol Prima	600	1,7	136,72
Botol Aqua	330	1,9	152,81
Botol Le Mineral	330	1,9	152,81

Tabel 3. Data Press Tanpa Tutup

Data Press Tanpa Tutup			
Jenis Merk	Ukuran (ml)	Pressure (Bar)	Force (N)
Botol Aqua	1500	0,59	47,45
Botol Vit	1500	0,62	49,86
Botol Le Mineral	1500	0,65	52,28
Botol Prima	600	0,3	24,13
Botol Aqua	330	0,385	30,96
Botol Le Mineral	330	0,4	32,17
Kaleng Colagen	250	3,2	257,36
Kaleng Cincau Cap Panda	210	2,55	205,08

Tabel 4. Data Press dengan Ketentuan Ukuran 35 mm

Data Press dengan Ketentuan Ukuran 35 mm			
Jenis Merk	Ukuran (ml)	Pressure (Bar)	Force (N)
Botol Aqua	1500	3,4	273,44
Botol Vit	1500	3,5	281,49
Botol Le Mineral	1500	3,6	289,53
Botol Prima	600	1,83	147,18
Botol Aqua	330	1,8	144,76
Botol Le Mineral	330	1,8	144,76
Kaleng Colagen	250	4	321,70
Kaleng Cincau Cap Panda	210	3,8	305,61

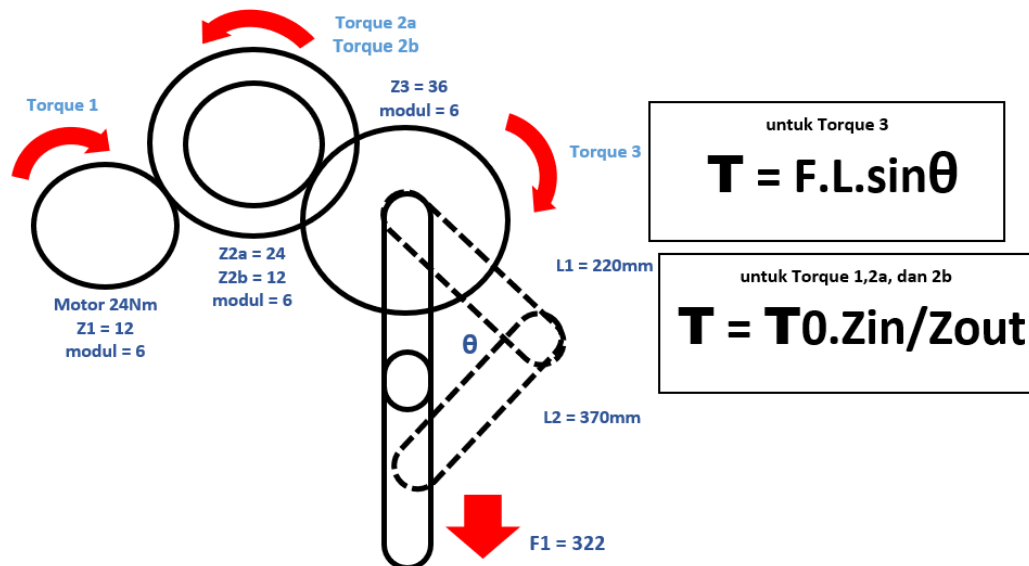
Setelah dilakukan beberapa percobaan dengan berbagai kriteria yang dibutuhkan, hasil yang dapat disimpulkan dilihat pada Tabel 5. Dengan *force* paling tinggi sebesar 321,70 N pada kaleng dengan ukuran 250 ml.

Tabel 5. Data Press Akhir

Jenis Merk	Until 35mm Force (N)	With cap Force (N)	Without cap Force (N)
Botol Prima 600	147,18	136,72	24,13
Botol Aqua 330	144,76	152,81	30,96
Botol Le Mineral 330	144,76	152,81	32,17
Botol Le Mineral 1500	176,93	176,93	52,28
Botol Vit 1500	281,49	168,89	49,86
Botol Aqua 1500	273,44	193,02	47,45
Kaleng Colagen 250	321,70	-	257,36
Kaleng Cincou Cap Panda	305,61	-	205,08

3.2. Perhitungan Ratio Gear Transmisi Pressing

Metode perhitungan teoritis ratio gear ini menggunakan rumus pencarian torsi dari setiap roda gigi untuk mendapatkan besar gaya kekuatan motor yang akan digunakan dalam proses pengepresan, dengan menggunakan satuan akhir dalam bentuk *newton*, sehingga dapat dibandingkan dengan gaya maksimal yang diambil dari pengujian yang sudah dilakukan yaitu sebesar 322 dalam bentuk satuan *newton*. Berikut gambar 6. menjelaskan gambaran unit *pressing*.

**Gambar 6. Pressing Unit**

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi 3 } (\tau_3) &= F \times l_3 \times \sin\theta \\
 &= 322 \times 0,15 \times \sin 90 \\
 &= 190 \text{ Nm} \\
 \text{Torsi 2b } (\tau_{2b}) &= \tau_3 \times Z_{gear 2b} / Z_{gear 3} \\
 &= 190 \times 12 / 36 \\
 &= 63,33 \text{ Nm} \\
 \text{Torsi 2a } (\tau_{2a}) &= \tau_2 \times Z_{gear 2a} / Z_{gear 2b} \\
 &= 63,33 \times 24 / 12 \\
 &= 31,66 \text{ Nm} \\
 \text{Torsi 1 } (\tau_1) &= \tau_{2a} \times Z_{gear 2a} / Z_{gear 1} \\
 &= 31,66 \times 24 \times 12 \\
 &= 15,83 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

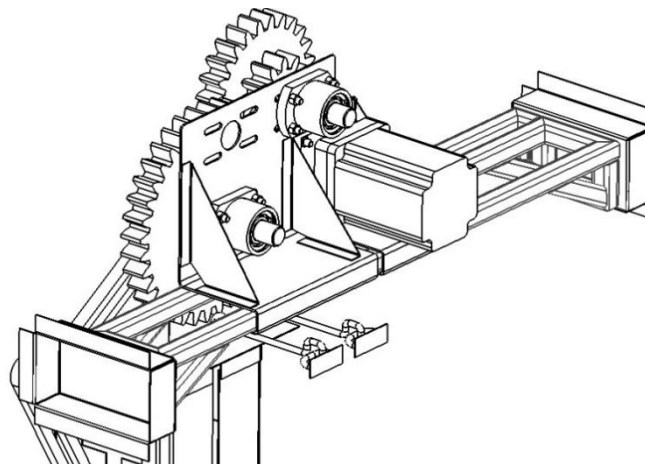
$$\begin{aligned}
 \text{Daya Roda Gigi 1 (P}_{rd1}\text{)} &= \frac{\tau_1 \times n}{15,83 \times 1500} \\
 &= \frac{9,5488}{15,83 \times 1500} \\
 &= 9,5488 \\
 &= 165,78 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya Roda Gigi 1 (F}_{rd1}\text{)} &= \frac{\text{Prd1} \times t \text{ motor}}{1} \\
 &= \frac{165,78 \times 3,6}{1,58} \\
 &= 1,58 \\
 &= 376,92 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan pada ratio roda gigi dapat disimpulkan bahwa gaya yang paling besar pada pengujian sebesar 321,7 N dan gaya motor sama dengan gaya pada roda gigi satu yaitu 376,92 N.

3.3. Penentuan Motor yang Dipakai

Pada perhitungan di sub bab 3.2. didapatkan nilai gaya 376,92 N untuk gaya motor dan gaya yang dibutuhkan 321,7 N, sehingga dapat disimpulkan penggunaan motor pada unit *pressing* yaitu motor *stepper* nema 34 2 phase.



Gambar 7. Motor Stepper Nema 34 2 Phase

4. KESIMPULAN

Kesimpulan hasil percobaan dan perhitungan yang dilakukan pada *reverse vending machine* terutama pada *pressing unit* yang dilakukan dengan metode eksperimental menggunakan *cylinder* untuk mengetahui gaya yang dibutuhkan, sehingga menghasilkan gaya sebesar 321,7 N dan perhitungan teoritis menghasilkan gaya yang dapat diterima sebesar 376,92 N. Oleh karena itu, motor yang digunakan yaitu *type* motor *stepper* nema 34 2 phase untuk memenuhi kebutuhan pada proses *pressing* supaya fungsional.

DAFTAR PUSTAKA

- Annur, Cindy Mutia. Maret 2022. Komposisi Timbulan Sampah di Indonesia Berdasarkan Jenisnya 2022. Diakses dari <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/03/09/ri-hasilkan-19-juta-ton-timbulan-sampah-pada-2022-mayoritas-sisa-makanan>
- Mott, Robert L. 2004. Machine Elements in Mechanical Design. Fourth Edition. University of Dayton.
- Putra, R. C., Wijaya, D. K., Pramono, E. H., Novanto, N. A., & Santoso, B. W. B. (2022). HASIL PENGUJIAN TEKANAN PADA BOTOL GUNA MENGANALISA WAKTU YANG DIBUTUHKAN MENGGUNAKAN SINGLE ACTING SILINDER PADA PERANCANGAN AUTOMATIC REVERSE VENDING MACHINE. IMDeC, 4.
- Novanto, N. A., Wijaya, D. K., Pramono, E. H., Putra, R. C., & Santoso, B. W. B. (2022). PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN TERHADAP INPUT BOTOL PADA RANCANGAN AUTOMATIC REVERSE VENDING MACHINE. IMDeC, 4.
- Pramono, E. H., Wijaya, D. K., Novanto, N. A., Putra, R. C., & Santoso, B. W. B. (2022). PENGARUH KEMIRINGAN TERHADAP KECEPATAN INPUT KALENG PADA AUTOMATIC REVERSE VENDING MACHINE. IMDeC, 4.