

## Comprehensive Analysis of Coefficient of Performance (COP) Calculation in Peltier Refrigeration Systems

R. D. Issafira<sup>1</sup>, W. Saputro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mechanical Engineering, University of Pembangunan National “Veteran” Jawa Timur

\*Corresponding E-mail: radissa.d.tm@upnjatim.ac.id

**Abstract.** This study delves into the intricate domain of Peltier refrigeration systems, focusing on the crucial parameter of Coefficient of Performance (COP) as a key metric for system efficiency. Peltier devices, known for their solid-state thermoelectric cooling capabilities, have gained prominence in various applications, including electronics cooling, medical devices, and space exploration. The research encompasses a comprehensive review of existing COP calculation methodologies, considering the unique characteristics and operational principles of Peltier modules. Various factors influencing COP in Peltier refrigeration, such as temperature differentials, electrical input power, and thermal resistances, are analysed in detail. Additionally, the impact of material properties, design considerations, and environmental conditions on COP is explored. Furthermore, the research addresses challenges and opportunities in optimizing COP for Peltier refrigeration, considering the trade-offs between efficiency, cost, and practical implementation. Insights from this study aim to contribute to the ongoing efforts in enhancing the sustainability and effectiveness of Peltier refrigeration technologies across various industries.

**Keywords:** Peltier refrigeration, Coefficient of Performance (COP), thermoelectric cooling, efficiency optimization

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat khususnya dalam bidang otomotif mobil, menyebabkan produksi mobil setiap tahun meningkat. Hal ini dikarenakan banyaknya perusahaan mobil yang mengeluarkan varian baru dengan harga yang semakin terjangkau oleh masyarakat, dimana setiap tahun jumlah kendaraan yang ada di Indonesia semakin bertambah<sup>[1]</sup>. Untuk mendukung penggunaan yang sehat dibutuhkan perawatan kebersihan mobil, dengan adanya terobosan baru yaitu mesin cuci mobil otomatis demi tercapainya suatu tujuan untuk menjaga kebersihan serta kenyamanan pengguna. Banyak perusahaan yang menggunakan kontrol logika yang bisa diprogram dalam proses otomasi untuk mengurangi biaya produksi dan untuk meningkatkan kualitas<sup>[2]</sup>. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba merancang dan membangun prototipe dengan algoritma canggih, sehingga pencucian mobil otomatis adalah langkah yang cerdas.

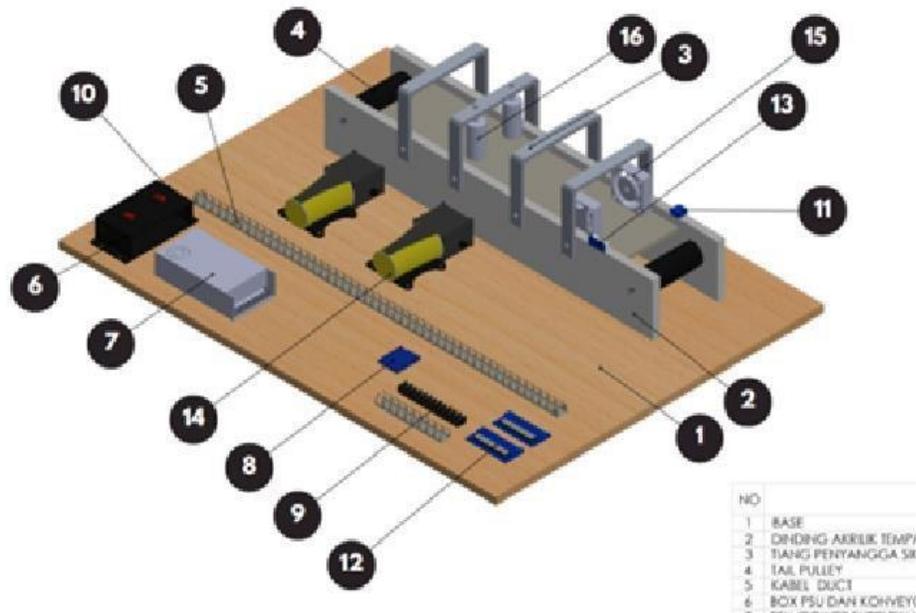
Dalam pencucian mobil otomatis konvensional, sejumlah langkah pencucian, seperti kelembapan dan pengeringan dilakukan secara otomatis, dan bahkan di sebagian besar rangkaian pencucian mobil yang ada, pembatasan ekstensif pada pengoptimalan kategori ini ada yang tidak kompatibel dengan semua jenis mobil. Untuk menghemat waktu, tenaga, biaya dan menciptakan sistem pencucian mobil otomatis yang kompetitif, Penelitian ini mencoba menggunakan proyek yang dirancang sedemikian rupa sehingga dapat melakukan seluruh langkah yang diperlukan untuk mencuci berbagai jenis mobil.

## METODOLOGI

Bagian ini membahas usulan dari pencucian mobil otomatis dengan kontroler dan terdiri dari pengembangan perangkat lunak dan pembangunan perangkat keras. Pengembangan perangkat lunak berkaitan dengan operasi yang diusulkan dan simulasi sistem. Sedangkan bangunan perangkat keras menunjukkan prototipe dari proyek yang diusulkan dengan software bantuan Solidworks 2020.

### **Perancangan Desain *Prototipe* Mesin Cuci Mobil Otomatis Dengan Menggunakan Perangkat Keras Software SolidWorks 2020**

Penelitian ini menggunakan *software* Solidworks 2020 sebagai desain perancangan mesin cuci mobil otomatis. Pada tahap ini meliputi semua proses yang mengacu pada manufaktur perancangan kerangka prototipe mesin cuci mobil otomatis yang terdiri dari perakitan elektronika dan sistem mekanis. Perakitan elektronika meliputi pembuatan keseluruhan sistem, pembuatan konveyor, rangkaian *power supply*, rangkaian sensor dan rangkaian aktuator. Sedangkan pembuatan mekanis meliputi perancangan pada rangkaian sketsa yang sebelumnya sudah di desain menggunakan aplikasi Solidwork 2020, seperti gambar dibawah ini.

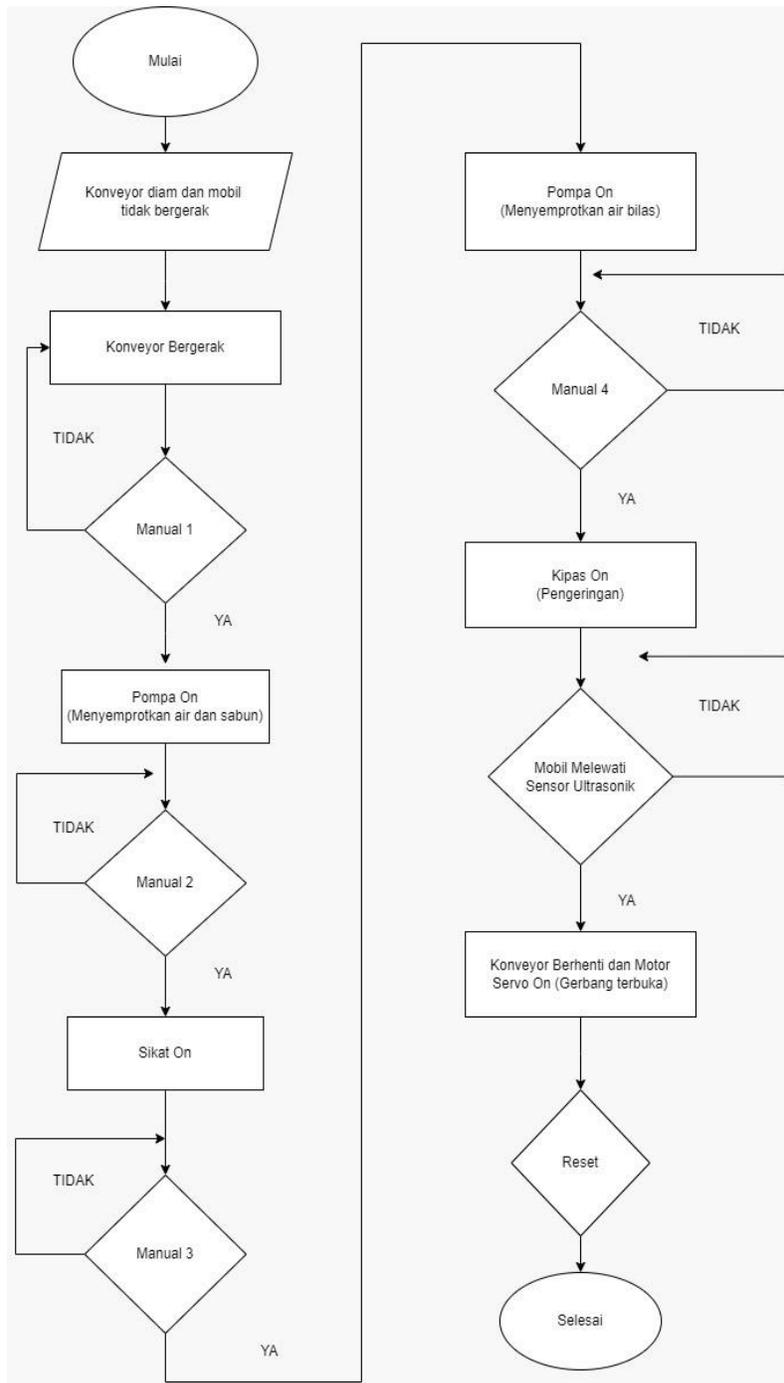


Gambar 1. Desain Prototipe Car Wash System dengan Software Solidworks 2020

Tabel 1. Keterangan Desain Prototipe Car Wash System dengan Software Solidworks 2020

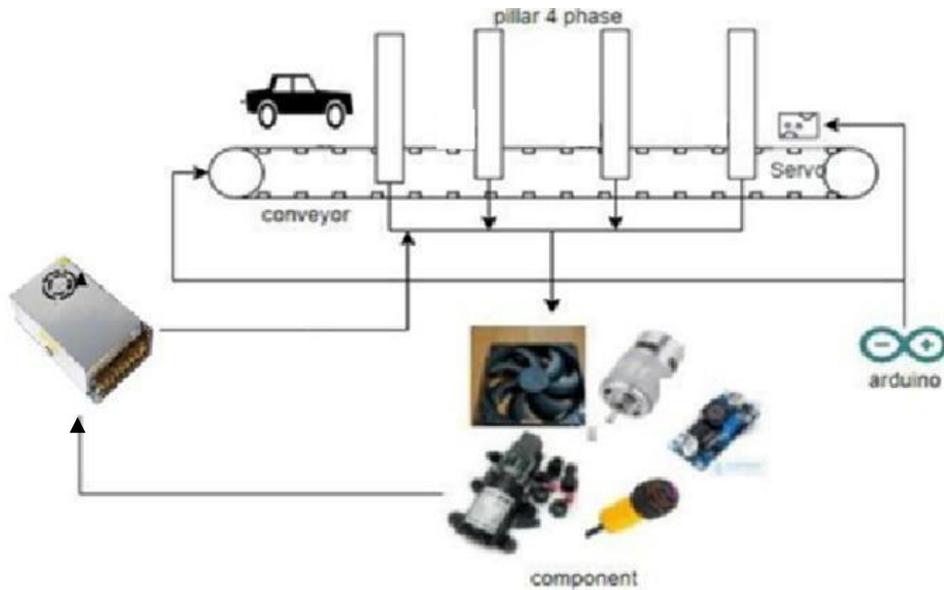
No.	Keterangan
1.	Base
2.	Dinding akrilik tempat penyanggah konveyor
3.	Tiang Penyangga Kipas, Sikat, dan Selang Pencucian
4.	Tail Pulley
5.	Kabel Duct
6.	Box PSU dan Konveyor
7.	PSU (Power Supply Unit)
8.	Arduino Uno R3
9.	Terminal Block
10.	Potensiometer Konveyor
11.	Servo Motor Gerbang Akhir
12.	Stepdown Converter DC LM2596
13.	Sensor Ultrasonik
14.	Pompa 12V
15.	Kipas 24V
16.	Sikat

Untuk mencapai hasil yang lebih baik dalam mendesain rangkaian, penting untuk mematuhi spesifikasi dan bahasa pemrograman, ini akan membantu menyempurnakan kinerja komponen rangkaian dan akan menghilangkan kegagalan di pihak mereka. Selain itu, pengkodean harus akurat, jika tidak, prototipe akan berjalan tidak seperti yang diinginkan. Jadi, perlu ada perhatian ekstra pada bagian sistem yang krusial ini. Gambar 3 merepresentasikan pengoperasian sistem *Automated Car wash* menggunakan *controller*. Pengoperasian akan dimulai setelah Tombol Sakelar dipicu dengan mengaktifkan konveyor. Sensor 1 mendeteksi mobil memasuki tempat cuci mobil dan penundaan semprotan air dalam 5 detik. Kelebihan air akan disaring dan digunakan pada bagian bilas. Selain itu, indikator lampu akan mati dan indikator lampu merah akan menyala setelah itu. Kemudian Sensor 2 akan mendeteksi mobil dan mengaktifkan brushless pada bagian brushing. Lalu masuk, Sensor 3 saat mendeteksi mobil akan mengaktifkan semprotan air di bagian bilas. Sensor 4 pada pendeteksian mobil, akan mengoperasikan kipas pada bagian pengeringan. Terakhir, Sensor 5 akan mendeteksi mobil dan mulai menghentikan keseluruhan sistem dalam waktu tunda 5 detik.



Gambar 2. Flowchart Pengoperasian System

### Sistem Pencucian Mobil Automatic



Gambar 3. Skema Pengoperasian *Car Wash Automatic*

Gambar 3. Merupakan proses skema pengoperasian pencucian mobil otomatis dimana terdapat beberapa komponen yang arusnya bersumber dari PSU 24V (*Power Supply Unit*) dan Arduino. Pada komponen yang bersumberkan arus dari PSU seperti kipas pompa dc komverter motor dc sedangkan pada komponen yang bersumberkan arus dari arduino adalah sensor ultrasonik. Dan pada sensor proximity memiliki 2 sumber arus yaitu dari *power supply* dan arduino yang kedua arusnya disambungkan ke terminal agar arusnya terbagi rata pada sensor proximity sehingga kinerja pada sensor akan stabil dan bersinambungan dengan komponen lainnya.

### Perhitungan Rasio Roda Gigi pada Gearbox Konveyor

Roda gigi yang terdapat pada bagian diferensial terdiri dari beberapa pinio gear dan ring gear. Roda gigi berfungsi sebagai mentransmisikan putaran, sehingga akan terdapat selisih pada putaran antar dua roda gigi tersebut. Rasio putaran antara gear pinion dan *gear ring* (*rasio final gear if*) memiliki dua kombinasi yang dapat dihitung dengan rumus <sup>[4]</sup>.

$$i_f = n_{n12} = d_{d21} = z_{z21}$$

Dimana:

$i_f$  = rasio final gear

$n$  = putaran (rpm)  $d$  = diameter

roda gigi (mm)  $z$  = jumlah gigi

diameter lingkaran jarak bagi:

$$\begin{aligned} d_1 &= mZ_1 d_2 \\ &= mZ_2 \end{aligned}$$

dimana:

$$m = \text{modul}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Data

Data – data yang dikumpulkan adalah data yang diperoleh dari transmisi roda gigi diferensial pada gearbox di konveyor dan literatur yang berhubungan dengan perhitungan roda gigi. Adapun data – data yang diperoleh adalah sebagai berikut:  $P = \text{Daya pada motor dc } 5v = 0.0023 \text{ kw}$   $n = \text{Putaran maksimal} = 3340 \text{ rpm}$

$$Z_1 = \text{Jumlah roda gigi} = 12$$

$$Z_2 = \text{Jumlah roda gigi} = 26$$

$$Z_3 = \text{Jumlah roda gigi} = 9$$

$$Z_4 = \text{Jumlah roda gigi} = 36$$

$$Z_5 = \text{Jumlah roda gigi} = 16$$

$$Z_6 = \text{Jumlah roda gigi} = 28$$

$$Z_7 = \text{Jumlah roda gigi} = 14$$

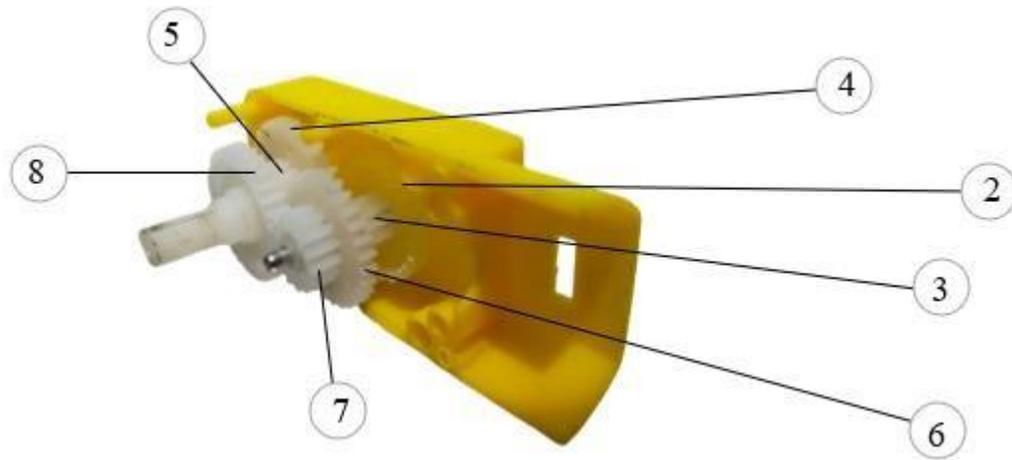
$$Z_8 = \text{Jumlah roda gigi} = 30$$

#### • Perhitungan Rasio Roda Gigi

Rasio roda gigi mengacu pada perbandingan kecepatan putaran antara dua gigi pada roda gigi yang saling berhubungan. Rasio roda gigi dihitung dengan membandingkan jumlah gigi pada gigi penggerak (*input*) dengan jumlah gigi pada gigi yang digerakkan (*output*). Untuk roda gigi lurus, rasio roda gigi dinyatakan sebagai perbandingan antara jumlah gigi pada roda gigi penggerak ( $N_1$ ) dengan jumlah gigi pada roda gigi yang digerakkan ( $N_2$ ).

Dengan menghitung jumlah gigi pada *gear box* gardan dengan dua kombinasi kita bisa menggunakan rumus <sup>[5]</sup>.

$$i_f = n_{n12} = d_{d21} = z_{z21}$$



Gambar 4. Transmisi Roda Gigi Diferensial Gearbox Konveyor Maka,

$$1. \quad i_f = z_{z21}$$

$$= \frac{26}{12}$$

$$= 2,17$$

$$2. \quad i_f = z_{z43}$$

$$= \frac{36}{9}$$

$$= 4$$

$$3. \quad i_f = z_{z65}$$

$$= \frac{28}{16}$$

$$= 1,75$$

$$4. \quad i_f = z_{z87}$$

$$= \frac{30}{14}$$

$$= 2,14$$

Untuk melakukan perhitungan rasio roda gigi dengan 5 kombinasi menggunakan rumus sebagai berikut:

Prototipe Sensor-Based Automatic Car Wash System

$$i = \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right) \times \left(\frac{Z_3}{Z_2}\right) \times \left(\frac{Z_4}{Z_3}\right) \times \left(\frac{Z_5}{Z_4}\right) \times \left(\frac{Z_6}{Z_5}\right)$$

Maka,

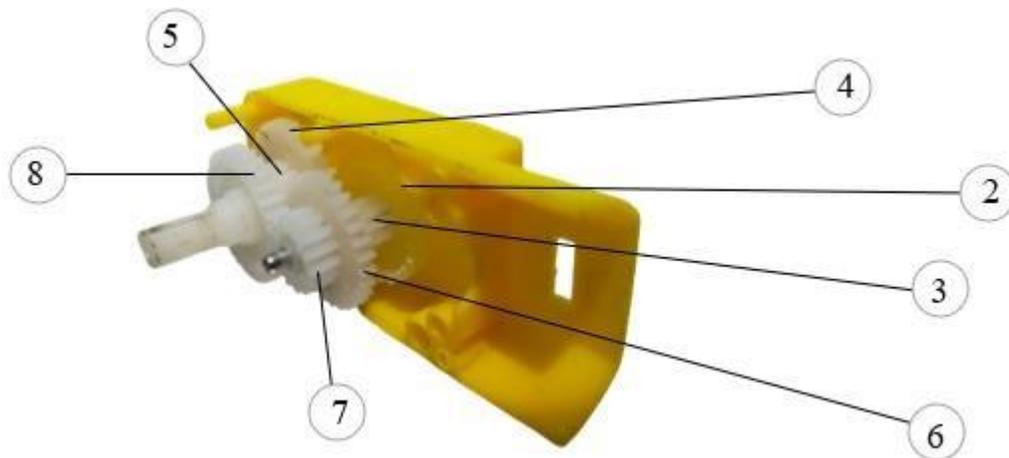
$$i = \left(\frac{36}{9}\right) \times \left(\frac{28}{36}\right) \times \left(\frac{16}{28}\right) \times \left(\frac{14}{16}\right) \times \left(\frac{30}{14}\right)$$

$$= 32,5$$

Hasil perhitungan rasio roda gigi dari kombinasi 5 (lima) roda gigi (*gear set*) dari motor DC didapatkan 32,5

• Perhitungan Kecepatan Pada Poros Konveyor

Konveyor merupakan suatu sistem mekanik yang digunakan untuk proses pemindahan barang dari satu lokasi ke lokasi lain yang diinginkan. Sehingga data yang telah kami peroleh dari konveyor mesin pencucian mobil otomatis, sebagai berikut:



Gambar 5. Roda Gigi Diferensial Penggerak Konveyor

Diketahui:  $n_1 = \frac{z_2}{z_1}$

$$n_2 = z_1$$

- Kecepatan roda gigi  $n_1$

$$n_1 = 3340 \text{ rpm} = 55,6 \text{ putaran/detik}$$

- Menghitung kecepatan  $n_2$

$$n_1 = z_2$$

Prototipe Sensor-Based Automatic Car Wash System

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}$$

$$\frac{3340}{n_2} = 2,17$$

$$n_2 = \frac{3340}{2,17}$$

$$n_2 = 1541,5 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 25,7 \text{ putaran/detik}$$

- Menghitung kecepatan  $n_3$

$$\frac{n_2}{n_3} = \frac{z_4}{z_3}$$

$$\frac{1541,5}{n_3} = 4$$

$$n_3 = \frac{4337,6}{4}$$

$$n_3 = 385,375 \text{ rpm}$$

$$n_3 = 6,42 \text{ putaran/detik}$$

- Menghitung kecepatan  $n_4$

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{z_6}{z_5}$$

$$\frac{385,375}{n_4} = 1,75$$

$$n_4 = \frac{385,375}{1,75}$$

$$n_4 = 220,21 \text{ rpm}$$

$$n_4 = 3,67 \text{ rpm}$$

- Menghitung kecepatan  $n_5$

$$\frac{n_4}{n_5} = \frac{z_8}{z_7}$$

$$\frac{220,21}{n_5} = 2,14$$

Prototipe Sensor-Based Automatic Car Wash System

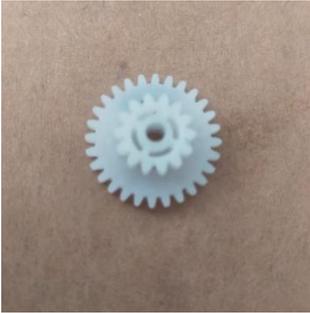
$$n_5 = \frac{220,21}{2,14}$$

$$n_5 = 102,9 \text{ rpm}$$

$$n_5 = 1,71 \text{ putaran/detik}$$

Roda gigi pinion mentransmisikan kecepatan awal ke roda gigi kedua menghasilkan putaran maksimum 3340 rpm ke roda gigi ketiga dengan kecepatan 1541,5 rpm. Karena roda gigi ketiga berada di satu poros dengan roda gigi kedua, maka roda gigi keempat mempunyai kecepatan linear yang ditransmisikan dari roda gigi ketiga dengan kecepatan 385,375 rpm. Pada roda gigi kelima yang mempunyai kecepatan sama dengan roda gigi keempat dan akan mentransmisikan ke roda gigi keenam maka didapatkan kecepatan sebesar 220,21 rpm dan akan diteruskan pada final gear roda gigi didapatkan kecepatan sebesar 102,9 rpm. Perubahan rpm yang dihasilkan motor DC 5V akan mempengaruhi kecepatan linear dan torsi yang dibutuhkan roller untuk menggerakkan konveyor, sehingga konveyor dapat bekerja secara maksimal sesuai dengan kebutuhan sistem.

Tabel 2. Spesifikasi Gear Box pada penggerak konveyor

Gambar Gear	Keterangan
	<p style="text-align: center;"><i>Gear A</i></p> <p>Diameter Besar : 14,40                      Jumlah Gigi : 28                      Diameter Kecil : 8,22 mm                      Jumlah Gigi : 14</p>
	<p style="text-align: center;"><i>Gear B</i></p> <p>Diameter Besar : 18,10                      Jumlah Gigi : 36                      Diameter Kecil : 9,20 mm                      Jumlah Gigi : 16</p>

	<p style="text-align: center;"><i>Gear C</i></p> <p>Diameter Besar : 14,10 mm                  Jumlah Gigi : 26                  Diameter Kecil : 5,50 mm                  Jumlah Gigi : 9</p>
	<p style="text-align: center;"><i>Gear D</i></p> <p>Diameter : 15,46 mm                  Jumlah Gigi : 30</p>
<p style="text-align: center;">12T</p> 	<p style="text-align: center;"><i>Gear E</i></p> <p>Diameter : 3,17 mm                  Jumlah Gigi : 12</p>

### KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan pencucian mobil semi otomatis, kami mencoba untuk memperhitungkan roda gigi diferensial dari penggerak konveyor mesin cuci mobil otomatis dan didapatkan data awal dari spesifikasi motor DC 5V dan roda gigi diferensial penggerak konveyor pada mesin cuci mobil otomatis sebesar 0,0023 kw dan kecepatan maksimum yang ditransmisikan oleh roda gigi dengan kecepatan 3340 rpm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem ini menggabungkan elemenelemen otomatisasi dengan intervensi manusia untuk mencapai pencucian mobil yang efisien dan efektif. Selain itu perancangan pencucian mobil semi otomatis menggabungkan teknologi modern berbasis sensor dengan pengawasan manusia sehingga memberikan keuntungan bagi manusia sendiri seperti waktu, kualitas cuci yang baik, dan opsi tambahan menjadi daya tarik utama bagi pelanggan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Piranti and P. Plc, “Desain dan Implementasi Alat Cuci Mobil Otomatis dan,” *J. Komtika \_komputasi dan Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2017.
- [2] M. Śniezek and J. Von Stackelberg, “A fail safe programmable logic controller,” *Annu. Rev. Control*, vol. 27 I, no. 1, pp. 63–72, 2003, doi: 10.1016/S1367-5788(03)00008-7.
- [3] C. Johnson, *Process Control Instrumentation Technology*, vol. 8th editio. 2006. [Online]. Available: <https://lib.hpu.edu.vn/handle/123456789/28701>
- [4] T. A. Pambudi, G. E. Pramono, and D. Yuliaji, “Analisa Sistem Roda Gigi Diferensial Penggerak Roda Belakang,” *Alimkanika*, vol. 1, no. 1, pp. 27–34, 2019.
- [5] D. Wahjudi, M. Eng, P. Studi, S. Desain, F. Seni, and D. Fsrđ, “Dengan Pendekatan Efisiensi Lahan Dan Fleksibilitas Produk,” *Dengan Pendekatan Efisiensi Lahan Dan Fleksibilitas Prod.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2012.