



## **RANCANG BANGUN PINTU GESER OTOMATIS DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PIR DENGAN MEKANISME GEAR DENGAN VARIASI JUMLAH GIGI MODUL 1,5 DAN PUTARAN MOTOR**

**Elisa Sulistyorini<sup>1</sup>, Muhammad Nasih<sup>2</sup>, Muhammad Nurtohuri<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia  
email: [elisasulistyorini@untag-sby.ac.id](mailto:elisasulistyorini@untag-sby.ac.id)

### **ABSTRAK**

Mekanisme Pintu Geser Otomatis adalah sebuah rangkaian elektronika yang dapat menggerakkan motor stepper sehingga dapat menggeser sebuah pintu secara otomatis bila sensor pir terhalang oleh sebuah benda. Tahapan perancangan sistem buka tutup pintu untuk pintu geser otomatis dilakukan perhitungan roda gigi, mendesain, dan menentukan jenis bahan yang dibutuhkan. Tahapan pengujian menganalisa mekanisme sistem buka tutup pintu dengan mekanisme gear pada pintu geser otomatis dilakukan dengan cara menganalisa data kinematika dari rancangan sistem dan perhitungan daya motor listrik pada sistem buka tutup pintu geser otomatis.

Penelitian yang dilakukan dengan memodifikasi gear pinion dari motor power window menggunakan modul 1,5 yang diterapkan pada pintu geser otomatis dengan mekanisme pinion-rack. Gear pinion dengan 3 variasi antara lain 15 gigi, 20 gigi, dan 25 gigi. Rack gear dengan modul 1,5 dengan panjang 940mm.

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa pinion gear dengan jumlah gigi 15 kuat untuk menggerakkan pintu geser dengan beban 90kg, pinion gear dengan jumlah gigi 20 kuat untuk menggerakkan pintu geser dengan beban 67kg, dan pinion gear dengan jumlah gigi 25 kuat untuk menggerakkan pintu geser dengan beban 54kg.

**Kata kunci:** *pintu geser otomatis, mekanisme gear, sensor pir, kinematika, roda gigi*

### **PENDAHULUAN**

Pintu merupakan alat yang sangat penting dalam suatu rumah, kantor, dan ruangan. Sebab pintu sebagai akses masuk utama semua orang yang masuk ke bangunan tersebut. Semua orang yang ingin memasuki bangunan, pasti mereka akan melewati pintu. Jenis pintu berdasarkan cara membukanya salah satunya adalah slide door (pintu geser). Pintu jenis ini dapat memudahkan orang untuk berlalu-lalang tanpa perlu menyentuh pintu. Pintu ini cocok untuk digunakan pada perkantoran, mall, rumah sakit, gedung

pameran, klinik perawatan dan gedung-gedung lainnya.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat telah membawa banyak pengaruh dalam berbagai aspek kehidupan terutama dibidang industri. Salah satu perkembangan teknologi yang berkembang pesat adalah sistem kendali otomatis. Seiring perkembangan teknologi tentang sistem kendali otomatis, dibutuhkan sebuah sistem pemantauan yang baik agar pengendalian bisa bekerja lebih efisien.

Buka tutup pintu merupakan suatu sistem yang bekerja untuk membuka menutup

pintu dengan sistem kendali otomatis yang dikendalikan oleh seorang operator. Sistem buka tutup pintu ini, dapat dikendalikan sesuai dengan tempat yang telah ditentukan dan sudah dilengkapi dengan pemantau agar dapat dikendalikan dengan mudah.

Dengan adanya sensor pir, maka untuk buka tutup pintu otomatis akan membuka pintu pada saat ada orang didepan pintu dan akan menutup pintu pada saat tidak ada orang didepan pintu. Sensor pir memiliki banyak fungsi di berbagai bidang. Salah satu fungsinya untuk mengendalikan sistem operasi pintu otomatis.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Anwar (2015), membuat prototype penggerak pintu pagar otomatis berbasis Arduino Uno Atmega 328P dengan sensor sidik jari. Dalam penelitiannya disimpulkan dengan spesifikasi prototype, motor dc yang digunakan dapat menggerakkan benda dengan beban pagar hingga maksimal 50 kg. Penelitian yang dilakukan oleh Anwar (2015) inilah yang melatarbelakangi penelitian ini.

Tahapan awal penelitian ini adalah perancangan dan diakhiri dengan pengujian rancangan tersebut. Tahapan perancangan sistem buka tutup pintu untuk pintu geser otomatis dilakukan perhitungan roda gigi, mendesain, dan menentukan jenis bahan yang dibutuhkan. Tahapan pengujian menganalisa mekanisme sistem buka tutup pintu dengan mekanisme gear pada pintu geser otomatis dilakukan dengan cara menganalisa data kinematika dari rancangan sistem dan perhitungan daya motor listrik pada sistem buka tutup pintu geser otomatis.

Penulis berharap dalam penelitian ini rancangan pintu geser dapat menggerakkan beban benda dengan beban pintu melebihi 50 kg dengan mekanisme gear pada pintu geser otomatis menggunakan sensor pir.

### PROSEDUR EKSPERIMEN

Alat dan baha yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

|  | Nama Barang | Keterangan | Gambar |
|--|-------------|------------|--------|
|--|-------------|------------|--------|

|   |                             |   |   |
|---|-----------------------------|---|---|
| 1 | Pinion Gear                 | Pinion Gear (15gigi, 20 gigi dan 25 gigi) M1.5  |    |
| 2 | Rack M1.5 940mm             | Menerima gaya dari gear untuk menggerakkan pintu  |    |
| 3 | Pintu                       | Bagian utama dari penelitian sebagai sistem <i>Sliding Door</i> yang digerakan buka tutup |    |
| 4 | Motor DC                    | Penggerak utama pada sistem <i>Sliding Door</i>   |   |
| 5 | Single Infrared Beam Sensor | Memberikan sinyal kepada Esp32 menuju motor agar bergerak                                 |  |
| 6 | ESP32 Microcontroller       | Sebagai Micro CPU pengontrol sensor kepada motor  |  |
| 7 | Sensor Magnet MC-38         | Senor Limit Switch saat membuka dan menutup pintu   |  |
| 8 | Modul Relay                 | Pemutus aliran 12v dan pegatur arus motor berutar bolak balik                             |  |
| 9 | Power Suply                 | Menyuplai arus listrik yang sebelumnya  |  |

|    |                            |  |   |
|----|----------------------------|--|---|
|    |                            | diubah dari bentuk arus listrik yang berlawanan atau AC ke motor |   |
| 10 | Rel Pintu Geser J3 x 150cm | Sebagai penopang dan mempermudah buka-tutup pintu sesuai jalur   |    |
| 11 | Kabel                      | Sebagai instalasi kelistrikan                                    |    |
| 12 | Solder dan timah           | Menyambungkan sebuah rangkaian atau komponen pada peralatan      |   |
| 13 | Avometer                   | Untuk mengukur arus, tegangan, tahanan pada rangkaian            |  |
| 14 | Gerinda                    | Memotong dan meratakan rangka                                    |  |
| 15 | Las Listrik                | Untuk menyambung rangka besi                                     |  |
| 16 | Toolkit                    | Peralatan pendukung dalam proses pembuatan                       |  |

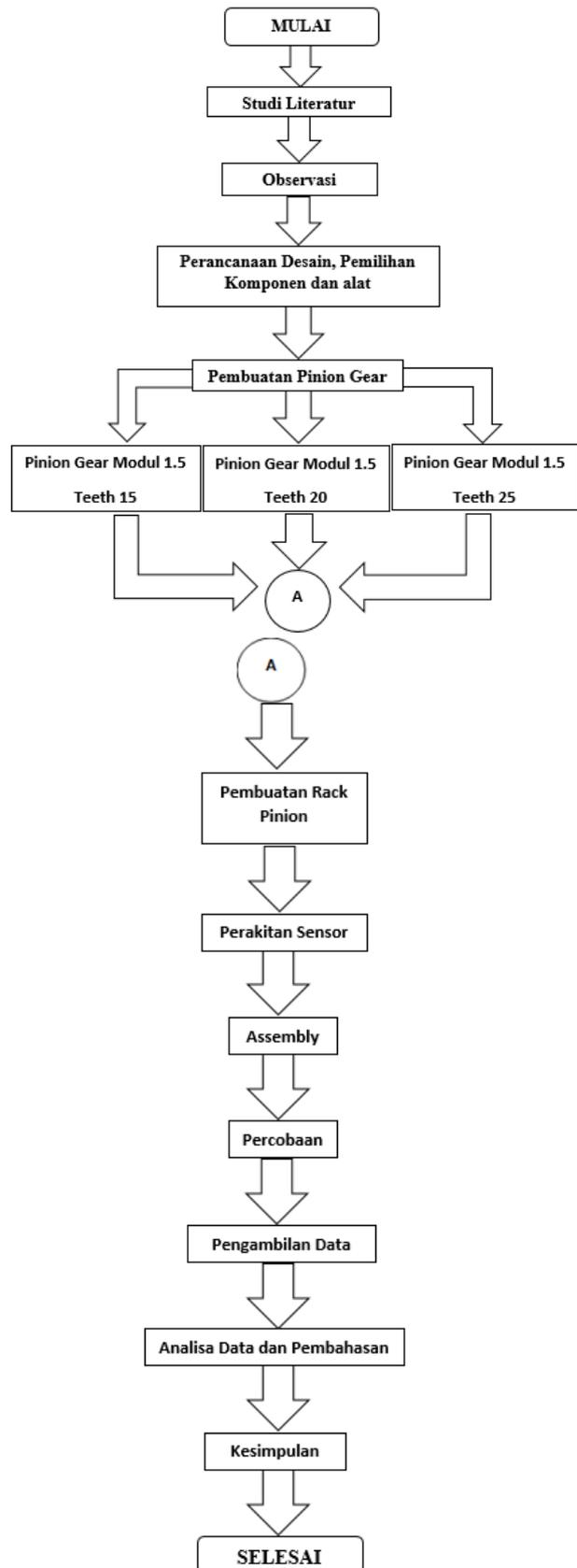


Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Diagram alir Penelitian

Perancangan pintu geser otomatis terdiri dari besi hollow 20x40 yang digunakan untuk

kerangka dari pintu geser. Mekanik untuk menggerakkan pintu geser tersebut adalah motor power window 12V dengan sebuah sensor PIR kami hanya menggunakan gear rack yang terdapat pada bawah pintu tersebut beserta gear pinionnya. Gear rack dan pinionnya kita gunakan dengan modul 1,5. Gear rack dengan panjang 940mm dan 3 buah gear pinionnya (15 gigi, 20 gigi, dan 25 gigi). Hal tersebut dilakukan memodifikasi pada motor power window dibagian gear pinionnya untuk tujuan penelitian yang diharapkan. Proses pengambilan data menggunakan tachometer untuk mengambil kecepatan minimal, kecepatan rata-rata dan kecepatan maksimal dari gear pinionnya di motor power window.

Prinsip kerja dari pintu geser ini yaitu pintu akan terbuka secara otomatis bila sensor PIR membaca adanya input yang berupa sinar infrared dan diteruskan ke ESP32. Kemudian output dari arduino tersebut diteruskan ke driver relay untuk menggerakkan motor penggerak. Pintu geser ini hanya menggunakan satu pintu yang akan membuka secara otomatis dengan ukuran tertentu, sedangkan motor penggeraknya berada di bagian bawah pintu. Dan juga bagian samping pintu ialah tempat untuk meletakkan sensor PIR.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Data

1) Gaya yang diperlukan untuk Menggerakkan Pintu Geser

- Spesifikasi motor:
  - a.  $T = 3Nm$
  - b.  $n = 60 \text{ rpm}$
  - c. daya (P) = 54 Watt = 0,054 Kw
  - d. Voltage = 12V

- Gaya Normal (N)  
 $N = W \cdot g = 5kg \cdot 9,81 = 49,05 \text{ N}$   
 Koefisien friksi *wheel nylon*  $\mu = 0,03$   
 (bulldogcastors company)

2) Gaya yang diperlukan untuk menggerakkan pintu geser

$$F = N \cdot \mu = 49,05 \text{ N} \cdot 0,03 = 1,4715 \text{ N}$$

- Gaya yang dihasilkan motor

$$T = F \cdot r$$

$$3 = F \cdot 0,02$$

$$F = 15 \text{ N}$$

$F_{\text{motor}} > F_{\text{Benda}}$ , jadi motor yang digunakan kuat untuk menggerakkan pintu geser.

3) Perhitungan Pinyon dan Batang Gigi  
 Perencanaan Gear Pinyon dan Batang Gigi

- Daya Motor = 54 w = 0,054 Kw
- n motor = 60 rpm
- sudut tekan =  $20^\circ$
- Bahan Gear = S35C
- ⇒ Perhitungan batang gigi standard dengan  $m = 1,5$
- ⇒ Pitch (p) =  $\pi \cdot m = 3,14 \cdot 1,5 = 4,71 \text{ mm}$
- ⇒ Tinggi kepala gigi =  $1 \cdot m = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ mm}$
- ⇒ Tinggi kaki gigi =  $1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 1,5 = 1,875 \text{ mm}$
- ⇒ Kedalaman gigi =  $2,25 \cdot m = 2,25 \cdot 1,5 = 3,375 \text{ mm}$
- ⇒ Kedalaman kerja =  $2 \cdot m = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ mm}$
- ⇒ Jarak ujung dan akar =  $0,25 \cdot m = 0,25 \cdot 1,5 = 0,375 \text{ mm}$
- ⇒ Jari-jari kaki fillet =  $0,38 \cdot m = 0,38 \cdot 1,5 = 0,57 \text{ mm}$
- ⇒ Lebar dan tebal rack gear =  $10 \cdot m = 10 \cdot 1,5 = 15 \text{ mm}$

Jumlah gigi yang akan dibuat :  $L_g = p \cdot m \cdot z \rightarrow 940 = 3,14 \cdot 1,5 \cdot z$

$$z = 191 \text{ gigi}$$

- a) Menentukan jumlah gigi ditetapkan jumlah gigi antara lain:
  - Pinion 1 = 15 gigi
  - Pinion 2 = 20 gigi
  - Pinion 3 = 25 gigi

b) Faktor Keamanan

Tabel 2. Faktor keamanan

| Daya yang harus ditransmisikan | $f_c$     |
|--------------------------------|-----------|
| Daya rata-rata yang diperlukan | 1,2 – 2,0 |
| Daya maksimum yang diperlukan  | 0,8 – 1,2 |
| Daya normal                    | 1,0 – 1,5 |

$$f_c = 1,2$$

c) Daya Rencana

$$Pd = F_c \times P = 1,2 \times 0,054 = 0,0648 \text{ Kw}$$

d) Menentukan modul dari modul standard

Tabel 3. Modul Standard

| I    | II    | I  | II    |
|------|-------|----|-------|
| 0.1  | 0.15  | 3  | 3.5   |
| 0.2  | 0.25  | 4  | 4.5   |
| 0.3  | 0.35  | 5  | 5.5   |
| 0.4  | 0.45  | 6  | (6.5) |
| 0.5  | 0.55  | 8  | 7     |
| 0.6  | 0.7   | 10 | 9     |
| 0.8  | 0.75  | 12 | 11    |
| 1    | 0.9   | 16 | 14    |
| 1.25 | 1.125 | 20 | 18    |
| 1.5  | 1.375 | 25 | 22    |
| 2    | 1.75  | 32 | 28    |
| 2.5  | 2.25  | 40 | 36    |
|      | 2.75  | 50 | 45    |

Dari tabel diatas, ditetapkan  $m = 1,5$ .

e) Mencari diameter lingkaran jarak bagi ( $d_0$ )

$$\text{Pinion 1} = d_{01} = m.z = 1,5 \times 15 = 22,5 \text{ mm}$$

$$\text{Pinion 2} = d_{02} = m.z = 1,5 \times 20 = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Pinion 3} = d_{03} = m.z = 1,5 \times 25 = 37,5 \text{ mm}$$

f) Mencari kelonggaran sisi ( $c_0$ ) dan kelonggaran puncak ( $c_k$ )

$$c_k = 0,25 \times m = 0,25 \times 1,5 = 0,375 \text{ mm}$$

$$c_0 = 0$$

g) Mencari diameter kepala ( $d_k$ )

$$d_k = (z + 2) m$$

$$d_{k1} = (15 + 2) 1,5 = 25,5 \text{ mm}$$

$$d_{k2} = (20 + 2) 1,5 = 33 \text{ mm}$$

$$d_{k3} = (25 + 2) 1,5 = 40,5 \text{ mm}$$

h) Mencari diameter kaki ( $d_f$ )

$$d_f = m (z - 2,5)$$

$$d_{f1} = 1,5 (15 - 2,5) = 18,75 \text{ mm}$$

$$d_{f2} = 1,5 (20 - 2,5) = 26,25 \text{ mm}$$

$$d_{f3} = 1,5 (25 - 2,5) = 33,75 \text{ mm}$$

i) Mencari tinggi kaki (H)

$$H = (2.m) + c_k$$

$$H = (2.1,5) + 0,375 = 3,375 \text{ mm}$$

j) Mencari faktor gigi (Y) dapat ditemukan pada tabel dengan nilai yang diketahui adalah jumlah gigi (z)

Tabel 4. Faktor Gigi

| Jumlah gigi (z) | Y     | Jumlah gigi (z) | Y     |
|-----------------|-------|-----------------|-------|
| 10              | 0,201 | 25              | 0,339 |
| 11              | 0,226 | 27              | 0,349 |
| 12              | 0,245 | 30              | 0,358 |
| 13              | 0,261 | 34              | 0,371 |
| 14              | 0,276 | 38              | 0,383 |
| 15              | 0,289 | 43              | 0,396 |
| 16              | 0,295 | 50              | 0,408 |
| 17              | 0,302 | 60              | 0,421 |
| 18              | 0,308 | 75              | 0,434 |
| 19              | 0,314 | 100             | 0,446 |
| 20              | 0,320 | 150             | 0,459 |
| 21              | 0,327 | 300             | 0,471 |
| 22              | 0,333 | Batang gigi     | 0,484 |

- $z_1 = 15$  maka  $Y_1 = 0,289 \text{ mm}$

- $z_2 = 20$  maka  $Y_2 = 0,320 \text{ mm}$

- $z_3 = 25$  maka  $Y_3 = 0,339 \text{ mm}$

k) Mencari nilai kecepatan (v) dari jumlah putaran (n) yang diketahui

$$v_1 = \frac{\pi x d x n}{60 x 1000} = \frac{3,14 \times 22,5 \times 60}{60 \times 1000} = 0,07 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{\pi x d x n}{60 x 1000} = \frac{3,14 \times 30 \times 60}{60 \times 1000} = 0,09 \text{ m/s}$$

$$v_3 = \frac{\pi x d x n}{60 x 1000} = \frac{3,14 \times 37,5 \times 60}{60 \times 1000} = 0,11 \text{ m/s}$$

- Mencari gaya tangensial

$$F_{t1} = \frac{102 x p d}{v} = \frac{102 \times 0,0648}{0,07} = 94,42 \text{ N}$$

$$F_{t2} = \frac{102 x p d}{v} = \frac{102 \times 0,0648}{0,09} = 73,44 \text{ N}$$

$$F_{t3} = \frac{102 x p d}{v} = \frac{102 \times 0,0648}{0,11} = 60,08 \text{ N}$$

l) Rumus menentukan faktor dinamis ( $F_v$ ), didapat dari tabel. Untuk kecepatan 0,1 m/s, memakai kecepatan rendah 0,5 – 10 m/s rumus yang digunakan adalah

Tabel 5. Faktor Dinamis

|                  |                          |                                  |
|------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Kecepatan rendah | $v = 0,5-10 \text{ m/s}$ | $f_v = \frac{3}{3+v}$            |
| Kecepatan sedang | $v = 5-20 \text{ m/s}$   | $f_v = \frac{6}{6+v}$            |
| Kecepatan        | $v = 20-30 \text{ m/s}$  | $f_v = \frac{5,5}{5,5+\sqrt{v}}$ |

$$f_v = \frac{3}{3 + v}$$

$$f_{v1} = \frac{3}{3 + 0,07} = 0,977$$

$$f_{v2} = \frac{3}{3 + 0,09} = 0,970$$

$$f_{v1} = \frac{3}{3 + 0,11} = 0,964$$

m) Mencari kekuatan tarik material pinyon dari tabel

Tabel 6 Tegangan Lentur yang diizinkan Roda Gigi

| Kelompok bahan  | Lambang bahan    | Kekuatan tarik $\sigma_a$ (kg/mm <sup>2</sup> ) | Kekerasan (Brinell) $H_B$         | Tegangan lentur yang diizinkan $\sigma_s$ (kg/mm <sup>2</sup> ) |
|---|------------------|---|-----------------------------------|---|
| Besi cor  | FC 15            | 15  | 140-160                           | 7   |
|   | FC 20            | 20  | 160-180                           | 9   |
|   | FC 25            | 25  | 180-240                           | 11  |
|   | FC 30            | 30  | 190-240                           | 13  |
| Baja cor  | SC 42            | 42  | 140                               | 12  |
|   | SC 46            | 46  | 160                               | 19  |
|   | SC 49            | 49  | 190                               | 20  |
| Baja karbon untuk konstruksi mesin                                  | S 25 C           | 45  | 123-183                           | 21  |
|   | S 35 C           | 52  | 149-207                           | 26  |
|   | S 45 C           | 58  | 167-229                           | 30  |
| Baja paduan dengan pengerasan kulit                                 | S 15 CK          | 50  | 400 (dicelup dingin dalam minyak) | 30  |
|   | SNC 21<br>SNC 22 | 80<br>100                                       | 600 (dicelup dingin dalam air)    | 35-40<br>40-55  |
| Baja khrom nikel  | SNC 1            | 75  | 212-255                           | 35-40   |
|   | SNC 2            | 85  | 248-302                           | 40-60   |
|   | SNC 3            | 95  | 269-321                           | 40-60   |
| Perunggu Logam delta Perunggu fosfor (coran) Perunggu nikel (coran) |                  | 18  | 85                                | 5   |
|   |                  | 35-60   | -                                 | 10-20   |
|   |                  | 19-30   | 80-100                            | 5-7   |
|   |                  | 64-90   | 180-260                           | 20-30   |
| Damar phenol, dll.  |                  |   |                                   | 3-5   |

- Kekuatan tarik S35C ( $\sigma_B$ ) = 52 kg/mm<sup>2</sup>
- Kekasaran S35C diambil dari rata-rata nilai dari tabel.
- $H_B = \frac{(149+207)}{2} = 178$
- tegangan lentur  $\sigma_a$  S35C = 26 kg/mm<sup>2</sup>

n) Mencari faktor tegangan kontak dari tabel yang ditentukan dari material besi cor:

Tabel 7. Faktor tegangan kontak pada bahan roda gigi

| Bahan roda gigi (Kekerasan $H_B$ ) |                 |                | $k_H$ (kg/mm <sup>2</sup> ) | Bahan roda gigi (Kekerasan $H_B$ ) |  | $k_H$ (kg/mm <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|------------------------------------|--|-----------------------------|
| Pinyon                             | Roda gigi besar | Pinyon         |                             | Roda gigi besar                    |  |                             |
| Baja (150)                         | Baja (150)      | Baja (400)     | Baja (400)                  | 0,311                              |  |                             |
| " (200)                            | " (150)         | " (500)        | " (400)                     | 0,329                              |  |                             |
| " (250)                            | " (150)         | " (600)        | " (400)                     | 0,348                              |  |                             |
| " (200)                            | " (200)         | " (500)        | " (500)                     | 0,389                              |  |                             |
| " (250)                            | " (200)         | " (600)        | " (600)                     | 0,569                              |  |                             |
| " (300)                            | " (200)         | " (150)        | Besi cor                    | 0,039                              |  |                             |
| " (250)                            | " (250)         | " (200)        | "                           | 0,079                              |  |                             |
| " (300)                            | " (250)         | " (250)        | "                           | 0,130                              |  |                             |
| " (350)                            | " (250)         | " (300)        | "                           | 0,139                              |  |                             |
| " (300)                            | " (300)         | " (150)        | Perunggu fosfor             | 0,041                              |  |                             |
| " (350)                            | " (300)         | " (200)        | "                           | 0,082                              |  |                             |
| " (400)                            | " (300)         | " (250)        | "                           | 0,135                              |  |                             |
| " (350)                            | " (350)         | Besi cor       | Besi cor                    | 0,188                              |  |                             |
| " (400)                            | " (350)         | Besi cor nikel | Besi cor nikel              | 0,186                              |  |                             |
| " (500)                            | " (350)         | Besi cor nikel | Perunggu fosfor             | 0,155                              |  |                             |

$$K_H = 0,027 \text{ kg/mm}^2$$

o) Mencari beban lentur yang diizinkan per satuan lebar  $F'_b$

$$F'_b = \sigma_a \cdot m \cdot Y \cdot F_v$$

$$F_{b1} = 26,1 \cdot 5,0 \cdot 289 \cdot 0,977 = 11,01 \text{ kg/mm}$$

$$F_{b2} = 26,1 \cdot 5,0 \cdot 320 \cdot 0,970 = 12,10 \text{ kg/mm}$$

$$F_{b3} = 13,1 \cdot 5,0 \cdot 339 \cdot 0,964 = 12,74 \text{ kg/mm}$$

p) Mencari beban permukaan yang diizinkan per satuan lebar

$$F'_H = F_v \cdot K_H \cdot d_0 \cdot \frac{2 \cdot z_r}{z + z_r}$$

$$F'_{H1} = 0,977 \cdot 0,027 \cdot 22,5 \cdot \frac{2 \cdot 191}{15 + 191} =$$

$$1,1 \text{ kg/mm}$$

$$F'_{H2} = 0,970 \cdot 0,027 \cdot 30 \cdot \frac{2 \cdot 191}{20 + 191} = 1,4 \text{ kg/mm}$$

$$F'_{H3} = 0,964 \cdot 0,027 \cdot 37,5 \cdot \frac{2 \cdot 191}{25 + 191} =$$

$$1,7 \text{ kg/mm}$$

q) Mencari lebar roda gigi (b)

$$b = \frac{F_t}{F'_H}$$

$$b_1 = \frac{94,42}{1,1} = 85,83 \text{ mm} = 85 \text{ mm}$$

$$b_2 = \frac{73,44}{1,4} = 52,45 \text{ mm} = 52 \text{ mm}$$

$$b_3 = \frac{60,08}{1,7} = 35,34 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

r) Bahan poros S35C-D

Tabel 8. Baja karbon untuk poros

| Standar dan macam                         | Lambang | Perlakuan panas | Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> ) | Keterangan  |
|---|---------|-----------------|--------------------------------------|---|
| Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501) | S30C    | Penormalan      | 48                                   |   |
|   | S35C    | "               | 52                                   |   |
|   | S40C    | "               | 55                                   |   |
|   | S45C    | "               | 58                                   |   |
|   | S50C    | "               | 62                                   |   |
|   | S55C    | "               | 66                                   |   |
| Batang baja yang difinis dingin           | S35C-D  | -               | 53                                   | ditarik dingin, digerinda, dibubut, atau gabungan antara hal-hal tersebut |
|   | S45C-D  | -               | 60                                   |   |
|   | S55C-D  | -               | 72                                   |   |

Tabel 9. Harga sf<sub>1</sub> dan sf<sub>2</sub>

| Jenis Bahan                           | Sf <sub>1</sub> | Sf <sub>2</sub> |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Bahan SF dengan kekuatan yang dijamin | 5,6             | 1,3-3,0         |
| Bahan S-C dan baja paduan             | 6,0             | 1,3-3,0         |

Dari tabel diatas, didapatkan:

$$\sigma_b = 52 \text{ kg/mm}^2$$

$$sf_1 = 6$$

$$sf_2 = 2$$

$$\tau_a = 52 / (6.2) = 4,33 \text{ kg/mm}^2$$

s) Mencari diameter poros (d<sub>s</sub>)

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \text{pd/n} = 9,74 \cdot 10^5 \cdot 0,0648 / 60 = 1051,92 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 10. Faktor koreksi momen puntir

| Beban yang dikenakan          | K <sub>t</sub> |
|-------------------------------|----------------|
| Halus                         | 1,0            |
| Sedikit kejutan atau tumbukan | 1,0-1,5        |
| Kejutan atau tumbukan besar   | 1,5-3,0        |

Tabel 11. Faktor koreksi momen lentur

| Pembebanan momen lentur      | K <sub>m</sub> |
|------------------------------|----------------|
| Momen lentur tetap           | 1,5            |
| Momen lentur tumbukan ringan | 1,5-2,0        |
| Momen lentur tumbukan berat  | 2,3-3,0        |

$$K_t = 1 \quad C_b = 1,5$$

$$d_s = \left( \frac{5,1}{\tau_a} \cdot k_t \cdot c_b \cdot T \right)^{1/3} = 12,675$$

$$\left( \frac{5,1}{4,41} \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 1051,92 \right)^{1/3} = 12,21 \text{ mm}$$

Tabel 12. Diameter poros

|      |       |       |    |       |      |     |
|------|-------|-------|----|-------|------|-----|
| 4    | 10    | *22,4 | 40 | 100   | *224 | 400 |
|      | 11    | 24    | 42 | (105) | 240  |     |
|      |       | 25    |    | 110   | 250  | 420 |
|      |       |       |    |       | 260  | 440 |
| 4,5  | *11,2 | 28    | 45 | *112  | 280  | 450 |
|      | 12    | 30    |    | 120   | 300  | 460 |
|      |       | *31,5 | 48 |       | *315 | 480 |
| 5    | *12,5 | 32    | 50 | 125   | 320  | 500 |
|      |       |       |    | 130   | 340  | 530 |
|      |       | 35    | 55 |       |      |     |
| *5,6 | 14    | *35,5 | 56 | 140   | *355 | 560 |
|      | (15)  |       |    | 150   | 360  |     |
| 6    | 16    | 38    | 60 | 160   | 380  | 600 |
|      | (17)  |       |    | 170   |      |     |
| *6,3 | 18    |       | 63 | 180   |      | 630 |
|      | 19    |       |    | 190   |      |     |
|      | 20    |       |    | 200   |      |     |
|      | 22    |       | 65 | 220   |      |     |
| 7    |       |       | 70 |       |      |     |
| *7,1 |       |       | 71 |       |      |     |
|      |       |       | 75 |       |      |     |
| 8    |       |       | 80 |       |      |     |
|      |       |       | 85 |       |      |     |
| 9    |       |       | 90 |       |      |     |
|      |       |       | 95 |       |      |     |

Berdasarkan tabel, d<sub>s</sub> = 12 mm

Tabel 13 Ukuran pasak dan alur pasak

| Ukuran-ukuran utama        |   |                             |             |           |        |                               |                               |             |             | (Satuan: mm)                      |                                       |
|----------------------------|---|-----------------------------|-------------|-----------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Ukuran nominal pasak b x h | Ukuran standar h, b <sub>1</sub> , dan b <sub>2</sub> | Ukuran standar h            |             | C         | r*     | Ukuran Standar t <sub>1</sub> | Ukuran standar t <sub>2</sub> |             |             | r <sub>1</sub> dan r <sub>2</sub> | Referensi                             |
|                            |   | Pasak prismatis Pasak lurus | Pasak lurus |           |        |                               | Pasak prismatis               | Pasak lurus | Pasak lurus |                                   | Diameter poros yang dapat dipakai d** |
| 2 x 2                      | 2   | 2                           |             | 0,16-0,25 | 6-20   | 1,2                           | 1,0                           | 0,5         | 0,08-0,16   | Lebih dari                        | 6-8                                   |
| 3 x 3                      | 3   | 3                           |             |           | 6-36   | 1,8                           | 1,4                           | 0,9         |             | "                                 | 8-10                                  |
| 4 x 4                      | 4   | 4                           |             |           | 8-45   | 2,5                           | 1,8                           | 1,2         |             | "                                 | 10-12                                 |
| 5 x 5                      | 5   | 5                           |             |           | 10-56  | 3,0                           | 2,3                           | 1,7         |             | "                                 | 12-17                                 |
| 6 x 6                      | 6   | 6                           |             |           | 14-70  | 3,5                           | 2,8                           | 2,2         |             | "                                 | 17-22                                 |
| (7 x 7)                    | 7   | 7                           | 7,2         | 0,25-0,40 | 16-80  | 4,0                           | 3,0                           | 3,5         | 0,16-0,25   | "                                 | 20-25                                 |
| 8 x 7                      | 8   | 7                           |             |           | 18-90  | 4,0                           | 3,3                           | 2,4         |             | "                                 | 22-30                                 |
| 10 x 8                     | 10  | 8                           |             |           | 22-110 | 5,0                           | 3,3                           | 2,4         |             | "                                 | 30-38                                 |
| 12 x 8                     | 12  | 8                           |             |           | 28-140 | 5,0                           | 3,3                           | 2,4         |             | "                                 | 38-44                                 |
| 14 x 9                     | 14  | 9                           |             | 0,40-0,60 | 36-160 | 5,5                           | 3,8                           | 2,9         | 0,25-0,40   | "                                 | 44-50                                 |
| (15 x 10)                  | 15  | 10                          | 10,2        | 0,60      | 40-180 | 5,0                           | 5,0                           | 3,5         |             | "                                 | 50-55                                 |
| 16 x 10                    | 16  | 10                          |             |           | 45-180 | 6,0                           | 4,3                           | 3,4         |             | "                                 | 50-58                                 |
| 18 x 11                    | 18  | 11                          |             |           | 50-200 | 7,0                           | 4,4                           | 3,4         |             | "                                 | 58-65                                 |
| 20 x 12                    | 20  | 12                          |             |           | 56-220 | 7,5                           | 4,9                           | 3,9         |             | "                                 | 65-75                                 |
| 22 x 14                    | 22  | 14                          |             |           | 63-250 | 9,0                           | 5,4                           | 4,4         |             | "                                 | 75-85                                 |
| (24 x 16)                  | 24  | 16                          | 16,2        | 0,60-0,80 | 70-250 | 8,0                           | 8,0                           | 5,5         | 0,40-0,60   | "                                 | 80-90                                 |
| 25 x 14                    | 25  | 14                          |             |           | 70-250 | 9,0                           | 5,4                           | 4,4         |             | "                                 | 85-95                                 |
| 28 x 16                    | 28  | 16                          |             |           | 80-320 | 10,0                          | 6,4                           | 5,4         |             | "                                 | 95-110                                |
| 32 x 18                    | 32  | 18                          |             |           | 90-360 | 11,0                          | 7,4                           | 6,4         |             | "                                 | 110-130                               |

$$\text{Pasak} = 4 \times 4$$

$$t_1 = 2,5 \text{ mm}$$

$$t_2 = 1,8 \text{ mm}$$

$$sk = \left[ \left( \frac{d_f}{2} \right) - \left( \frac{d_s}{2} \right) + t_2 \right]$$

$$sk_1 = \left[ \left( \frac{18,75}{2} \right) - \left( \frac{12}{2} \right) + 1,8 \right] = 5,175$$

$$sk_2 = \left[ \left( \frac{26,25}{2} \right) - \left( \frac{12}{2} \right) + 1,8 \right] = 8,925$$

$$sk_3 = \left[ \left( \frac{33,75}{2} \right) - \left( \frac{12}{2} \right) + 1,8 \right] =$$

t) Mencari nilai keamanan

$b/m = 85/1,5 = 56$  (6-10) tidak sesuai (jadi direvisi menjadi  $8.m = 12 \text{ mm}$ )  $b1 = 12 \text{ mm}$  (baik)  
 $b/m = 52/1,5 = 34$  (6-10) tidak sesuai (jadi direvisi menjadi  $10.m = 15 \text{ mm}$ )  $b1 = 15 \text{ mm}$  (baik)  
 $b/m = 35/1,5 = 23$  (6-10) tidak sesuai (jadi direvisi menjadi  $10.m = 15 \text{ mm}$ )  $b1 = 15 \text{ mm}$  (baik)  
 $d/b = 22,5/12 = 1,875$  baik  
 $d/b = 30/15 = 2$  baik  
 $d/b = 37,5/15 = 2,47$  baik  
 $sk1/m = 5,175/1,5 = 2,58 > 2,2$  baik  
 $sk2/m = 8,925/1,5 = 5,95 > 2,2$  baik  
 $sk3/m = 12,675/1,5 = 8,45 > 2,2$  baik

|   |         |   |      |       |       |     |
|---|---------|---|------|-------|-------|-----|
| 3 | 25 gigi | 5 | 60,9 | 181,5 | 392,7 | 2,8 |
|---|---------|---|------|-------|-------|-----|

| No | Pinion gear M1,5 | Beban (Kg) | Kecepatan minimal tutup (RPM) | Kecepatan rata-rata tutup (RPM) | Kecepatan maksimal tutup (RPM) | Waktu Tutup (detik) |
|----|------------------|------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| 1  | 15 gigi          | 5          | 56,6                          | 131,5                           | 266,6                          | 5,2                 |
| 2  | 20 gigi          | 5          | 57,8                          | 170,8                           | 350,5                          | 3,8                 |
| 3  | 25 gigi          | 5          | 62,6                          | 193,0                           | 408,6                          | 3,4                 |

**Pembahasan**

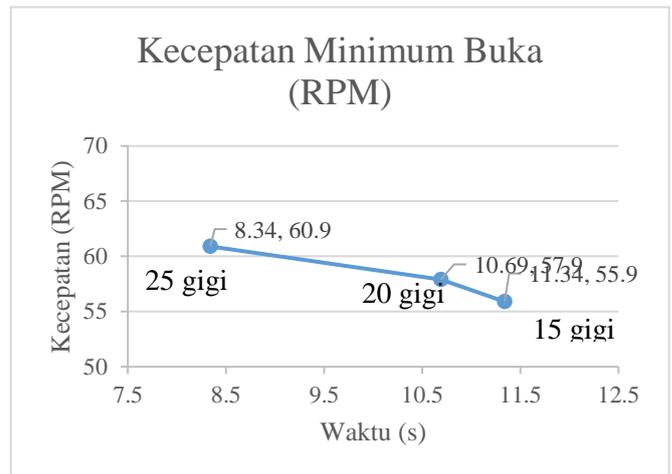
Tabel 14. Hasil pengujian sensor

| No. | Waktu Respon Buka – Tutup (detik) | Kondisi Sensor PIR | Kondisi motor (Nyala/Tidak Nyala) |
|-----|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 1   | 5                                 | Terbaca            | Nyala                             |
| 2   | Kondisi sensor magnet terbaca     |                    | Tidak Nyala                       |

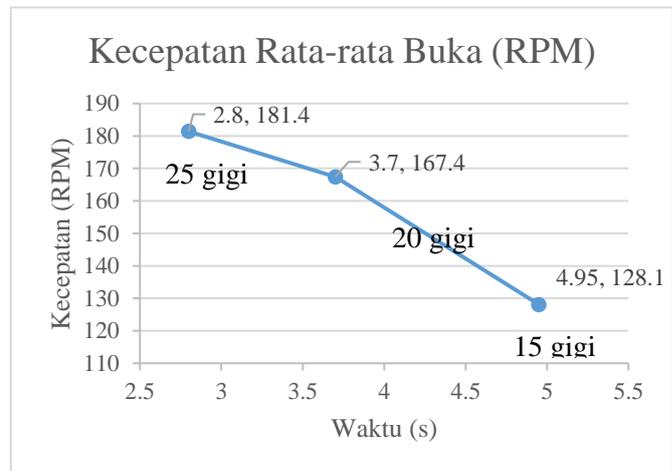
Dari tabel hasil pengujian sensor, dapat disimpulkan bahwa cara kerja kontroller sudah sesuai dengan yang diharapkan. Dengan rancangan program jika sensor pir mendeteksi dalam waktu respon 5 detik, maka motor power window menyala untuk membuka atau menutup pintu. Saat kondisi sensor magnet terbaca, maka motor power window berhenti.

Tabel 15. Hasil pengujian gear.

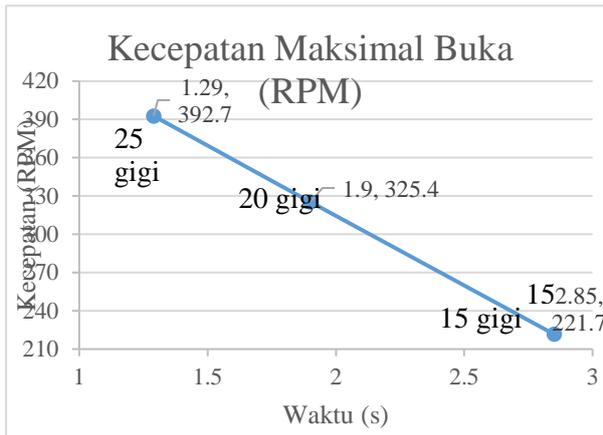
| No | Pinion gear M1,5 | Beban (Kg) | Kecepatan minimal buka (RPM) | Kecepatan rata-rata buka (RPM) | Kecepatan maksimal buka (RPM) | Waktu Buka (detik) |
|----|------------------|------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| 1  | 15 gigi          | 5          | 55,9                         | 128,1                          | 221,7                         | 4,95               |
| 2  | 20 gigi          | 5          | 57,9                         | 167,4                          | 325,4                         | 3,7                |



Gambar 2. Kecepatan Minimum Buka (RPM)

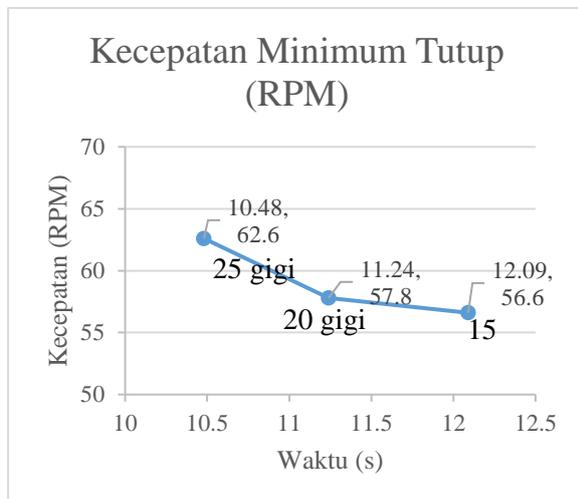


Gambar 3. Kecepatan Rata-rata Buka (RPM)

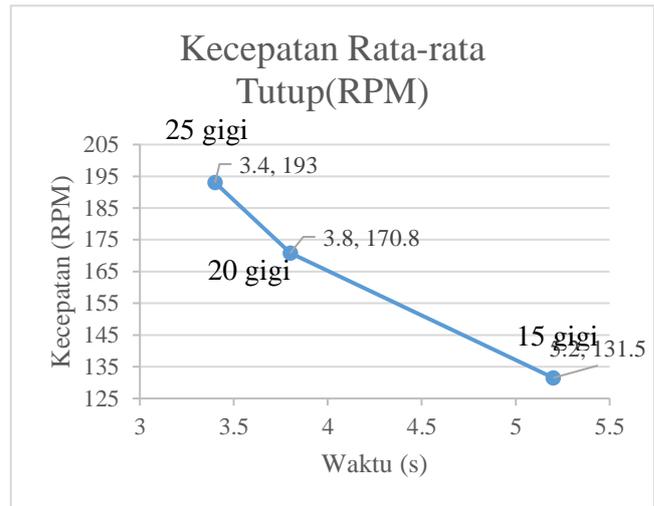


Gambar 4. Kecepatan Maksimal Buka (RPM)

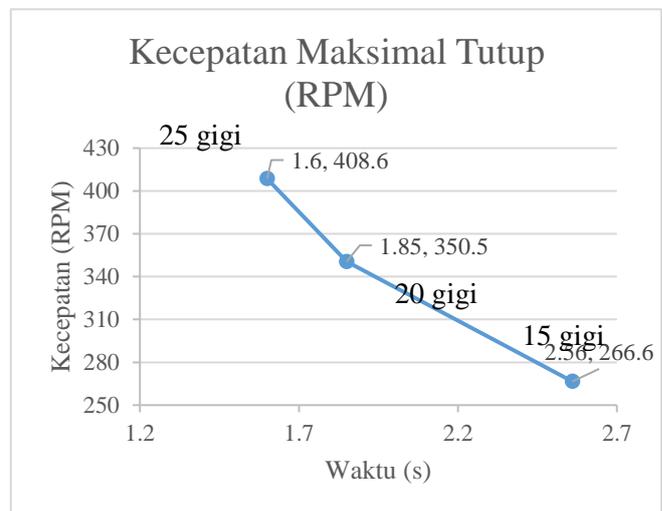
Dari grafik diatas, pada uji kecepatan minimal, rata-rata dan maksimal pada saat membuka pintu dengan beban yang sama dengan gear yang berbeda. Telah melakukan pengujian kecepatan menutup pintu menggunakan tachometer, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah roda gigi maka semakin cepat putaran pada motor power window dan semakin cepat pula waktu saat menutup pintu geser.



Gambar 5. Kecepatan Minimum Tutup (RPM)



Gambar 6. Kecepatan Rata-rata Tutup (RPM)



Gambar 7. Kecepatan Maksimal Tutup (RPM)

Dari grafik diatas, pada uji kecepatan minimal, rata-rata dan maksimal pada saat membuka pintu dengan beban yang sama dengan gear yang berbeda. Telah melakukan pengujian kecepatan menutup pintu menggunakan tachometer, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah roda gigi maka semakin cepat putaran pada motor power window dan semakin cepat pula waktu saat menutup pintu geser.

Gaya

$$\tau = F \cdot r \left( r = \frac{D_p}{2} \right)$$

Berdasarkan torsi motor adalah 3N.m, maka gaya yang dihasilkan:

Gear 1:  $F = 3N.m / (22,5 / 2000 \text{ m}) = 266,67 \text{ N}$

Gear 2:  $F = 3N.m / (30 / 2000 \text{ m}) = 200 \text{ N}$

Gear 3:  $F = 3N.m / (37,5 / 2000 \text{ m}) = 160 \text{ N}$

- Berdasarkan spesifikasi rel sliding door beban maksimum pintu 60kg.
- Gaya Normal (N)

$$N = W.g = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 = 588,6 \text{ N}$$

Koefisien friksi *wheel nylon*  $\mu = 0,03$  (bulldogcastors company)

Gaya yang diperlukan untuk menggerakkan pintu geser:

$$F = N.fg = 588,6 \text{ N} \cdot 0,03 = 176,58 \text{ N}$$

$F_{\text{motor}} > F_{\text{Benda}}$ , jadi motor yang menggunakan gear 1 dan gear 2 kuat untuk menggerakkan pintu geser dengan beban 60kg.

Untuk gear 1, beban maksimum yang bisa digerakkan adalah:

$$266,67 \text{ N} = N \cdot 0,03$$

$$N = 888,9 \text{ N}$$

$$W = N/g = 888,9 / 9,81 = 90,6 \text{ kg} = 90 \text{ kg}$$

Jadi untuk gear 1, motor kuat untuk menggerakkan pintu geser dengan beban 90kg

Untuk gear 2, beban maksimum yang bisa digerakkan adalah:

$$200 \text{ N} = N \cdot 0,03$$

$$N = 666,67 \text{ N}$$

$$W = N/g = 666,67 / 9,81 = 67,95 \text{ kg} = 67 \text{ kg}$$

Jadi untuk gear 3, motor kuat untuk menggerakkan pintu geser dengan beban 67kg

Untuk gear 3, beban maksimum yang bisa digerakkan adalah:

$$160 \text{ N} = N \cdot 0,03$$

$$N = 533,3 \text{ N}$$

$$W = N/g = 533,3 / 9,81 = 54,36 \text{ kg} = 54 \text{ kg}$$

Jadi untuk gear 3, motor kuat untuk menggerakkan pintu geser dengan beban 54kg.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian analisa kecepatan putaran pada mekanisme rack-pinion gear dengan 3 variasi pinion gear dengan jumlah gigi yang berbeda menggunakan M1,5, maka dapat diambil kesimpulan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pada perhitungan roda gigi dihasilkan 3 buah gear pinion dan rack dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - a)  $b = 12 \text{ mm}$
  - b) gear 1:  $z = 15$  gigi;  $d_0 = 22,5 \text{ mm}$ ;  $d_k = 25,5 \text{ mm}$ ;  $d_f = 18,75 \text{ mm}$
  - c) gear 2:  $z = 20$  gigi;  $d_0 = 30 \text{ mm}$ ;  $d_k = 33 \text{ mm}$ ;  $d_f = 26,25 \text{ mm}$
  - d) gear 3:  $z = 25$  gigi;  $d_0 = 37,5 \text{ mm}$ ;  $d_k = 40,5 \text{ mm}$ ;  $d_f = 33,75 \text{ mm}$
  - e) pinion: Besi FC30, rack: Besi FC30
  - f) poros: S35C-D,  $d_s = 12 \text{ mm}$
  - g) pasak:  $4 \times 4$ ,  $t_1 = 2,5 \text{ mm}$  dan  $t_2 = 1,8 \text{ mm}$
2. Semakin banyak jumlah roda gigi maka semakin cepat putaran pada motor power window dan semakin cepat pula waktu saat membuka dan menutup pintu geser otomatis.
3. Kecepatan membuka dan menutup pintu memiliki kecepatan putaran yang berbeda.
4. Gear pinion dengan jumlah gigi 25 menghasilkan kecepatan putaran tertinggi dari pada gear pinion lainnya.
5. Gaya yang dihasilkan berdasarkan torsi motor (3N.m), sebagai berikut:
  - a)  Gear pinion 15 gigi:  $F = 266,67 \text{ N}$
  - b)  Gear pinion 20 gigi:  $F = 200 \text{ N}$
  - c)  Gear pinion 25 gigi:  $F = 160 \text{ N}$
6. Berdasarkan spesifikasi rel pintu otomatis, maksimal beban pintu yang digerakkan adalah 60kg. Maksimal beban pintu berdasarkan gaya yang dihasilkan, sebagai berikut:
  - a) Gear pinion 15 gigi:  $W = 90 \text{ kg}$
  - b) Gear pinion 20 gigi:  $W = 67 \text{ kg}$
  - c) Gear pinion 25 gigi:  $W = 54 \text{ kg}$

### Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian, maka saya dapat menyarankan agar penulis berikutnya lebih baik dan dikembangkan lagi:

1. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat menambahkan metode pendukung guna kesempurnaan penelitian.
2. Perlunya pergantian jenis motor dc yang digunakan, tetapi tetap memperhatikan ke ekonomisan alat.
3. Disarankan pada penelitian selanjutnya dapat memilih jenis gear yang mudah dicari dipasaran.

### REFERENSI

- [1] Sularso. 1983. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- [2] Hutahaean, Ramses Y. 2010. Mekanisme dan Dinamika Mesin. Yogyakarta :ANDI.
- [3] Anwar, Soedjarwanto, Repelianto, 2015. Prototype Penggerak Pintu Pagar Otomatis Berbasis Arduino Uno ATMEGA 328P dengan Sensor Sidik Jari. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Volume 9, No. 1, 2015, Universitas Lampung. Lampung.
- [4] Sukarnoto Tono, Soeharsono, Supriyadi. 2012. Perancangan Sistem Buka-Tutup Pintu Geser Kompak Pada Busway. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- [5] Sonawan Hery, 2014. Perancangan Elemen Mesin, Alfabeta, Bandung.
- [6] Rochim, Taufiq. 1985. Teori & Teknologi Proses Pemesinan. Bandung : Institut Teknologi Bandung - ITB.
- [7] Siska Aprilah, 2019. RANCANG BANGUN PROTOTYPE PINTU OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR PASSIVE INFRA RED BERBASIS ARDUINO. Universitas Islam Kuantan Singingi, Indonesia.
- [8] Rahmatullah, M Ade. 2016. Cara Kerja Pintu Otomatis dengan Menggunakan Sensor Inframerah.
- [9] Hendra Firdaus, 2018. Rancang bangun penggerak pintu pagar geser menggunakan 12 Volt Direct Current (DC) power window motor gear.
- [10] Allan Hertz, ElMes2-01 Kinematika Roda Gigi. <URL: [https://www.scribd.com/document/496745952/ElMes2-01-Kinematika-Roda-Gigi#/>. \(Diakses 5 Januari 2023\)](https://www.scribd.com/document/496745952/ElMes2-01-Kinematika-Roda-Gigi#/)