



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

Elisa Sulistyorini¹, Muhammad Nasih², Muhammad Nurtohuri³

¹ Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia
email: 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.


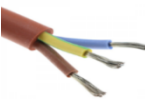





PROSEDUR EKSPERIMEN

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	

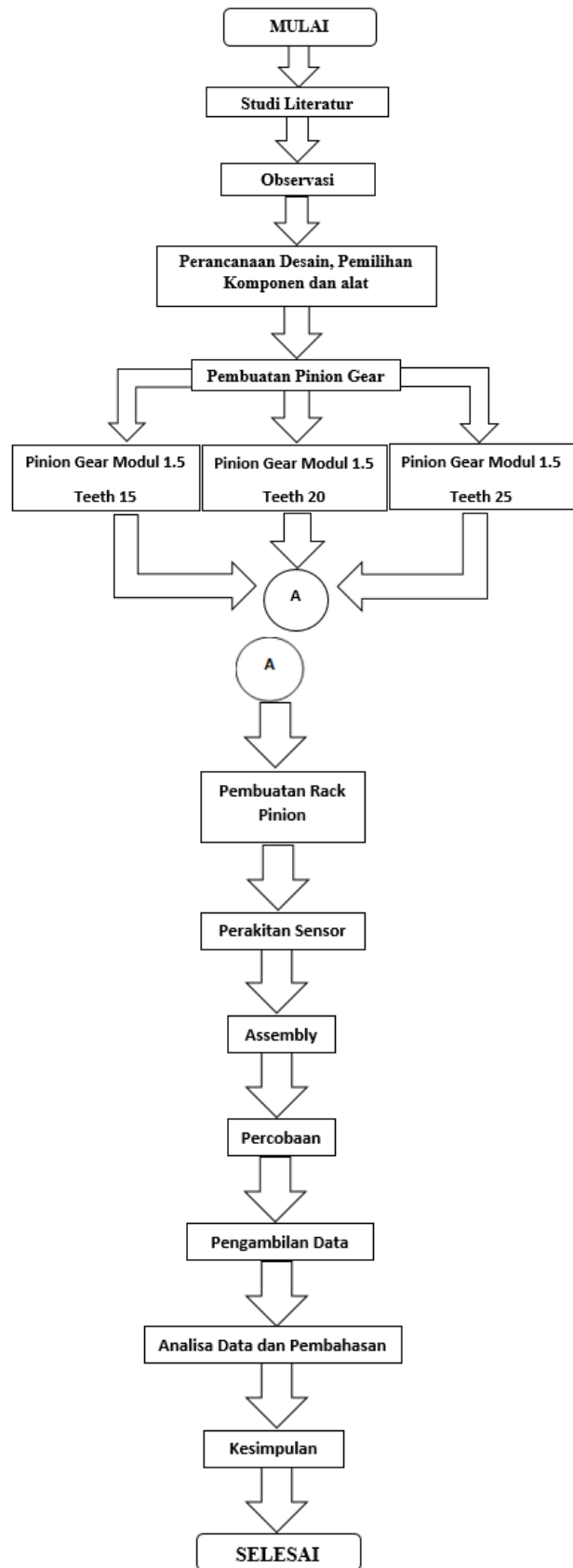


Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

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°
- 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 : $Lg = p \cdot m \cdot z \rightarrow 940 = 3,14 \cdot 1,5 \cdot z$

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

- 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	7	7
0.6	0.7	8	9
0.8	0.75	10	11
1	0.9	12	14
1.25	1.125	16	18
1.5	1.375	20	22
2	1.75	25	28
2.5	2.25	32	36
	2.75	40	45
		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 σ_a (kg/mm ²)	Kekerasan (Brinell) H_B	Tegangan lentur yang diizinkan σ_s (kg/mm ²)
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 (dipelup dingin dalam minyak)	30
	SNC 21 SNC 22	80 100	600 (dipelup dingin dalam air)	35-40 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 (σ_B) = 52 kg/mm²
- Kekasaran S35C diambil dari rata-rata nilai dari tabel.
- $H_B = \frac{(149+207)}{2} = 178$
- tegangan lentur σ_a S35C = 26 kg/mm²

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 ²)	Bahan roda gigi (Kekerasan H_B)		k_H (kg/mm ²)
Pinyon	Roda gigi besar			Pinyon	Roda gigi besar	
Baja (150)	Baja (150)	0,027	Baja (400)	Baja (400)	0,311	
" (200)	" (150)	0,039	" (500)	" (400)	0,329	
" (250)	" (150)	0,053	" (600)	" (400)	0,348	
" (200)	" (200)	0,053	" (500)	" (500)	0,389	
" (250)	" (200)	0,069	" (600)	" (600)	0,569	
" (300)	" (200)	0,086	" (150)	Besi cor	0,039	
" (250)	" (250)	0,086	" (200)	"	0,079	
" (300)	" (250)	0,107	" (250)	"	0,130	
" (350)	" (250)	0,130	" (300)	"	0,139	
" (300)	" (300)	0,130	" (150)	Perunggu fosfor	0,041	
" (350)	" (300)	0,154	" (200)	"	0,082	
" (400)	" (300)	0,168	" (250)	"	0,135	
" (350)	" (350)	0,182	Besi cor	Besi cor	0,188	
" (400)	" (350)	0,210	Besi cor nikel	Besi cor nikel	0,186	
" (500)	" (350)	0,226	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 ²)	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 sf₁ dan sf₂

Jenis Bahan	Sf ₁	Sf ₂
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_s)

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

Tabel 10. Faktor koreksi momen puntir

Beban yang dikenakan	K _t
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 _m
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_s = 12 mm

Tabel 13 Ukuran pasak dan alur pasak

Ukuran-ukuran utama										(Satuan: mm)	
Ukuran nominal pasak b x h	Ukuran standar h, b ₁ , dan b ₂	Ukuran standar h		C	r	Ukuran Standar t ₁	Ukuran standar t ₂			r ₁ dan r ₂	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	3,0	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	5,5	5,0		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	8,5	8,0	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

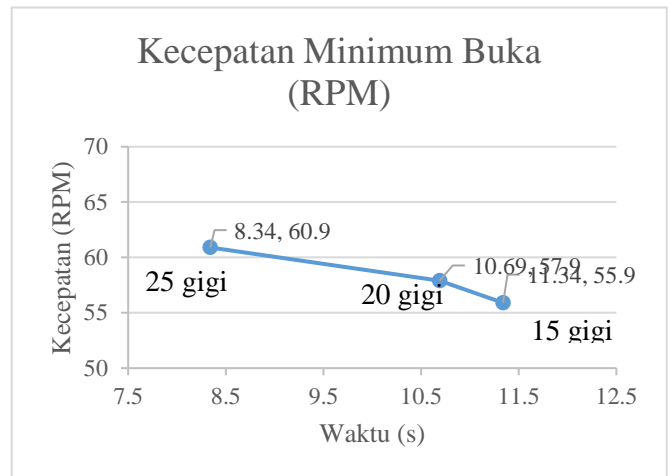
Tabel 14. Hasil pengujian sensor

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

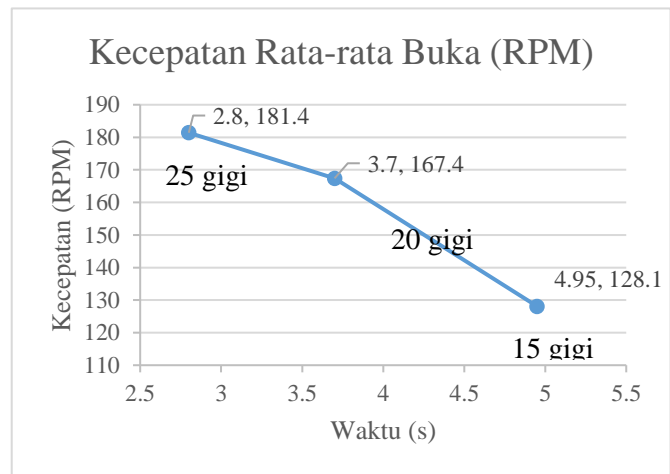
Dari tabel hasil pengujian sensor, dapat disimpulkan bahwa cara kerja kontroller sudah sesuai dengan yang diharapkan. Dengan rancangan program jika sensor pir mendeteksi dalam waktu respon 5 detik, maka motor power window menyala untuk membuka atau menutup pintu. Saat kondisi sensor magnet terbaca, maka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

Tabel 15. Hasil pengujian gear.

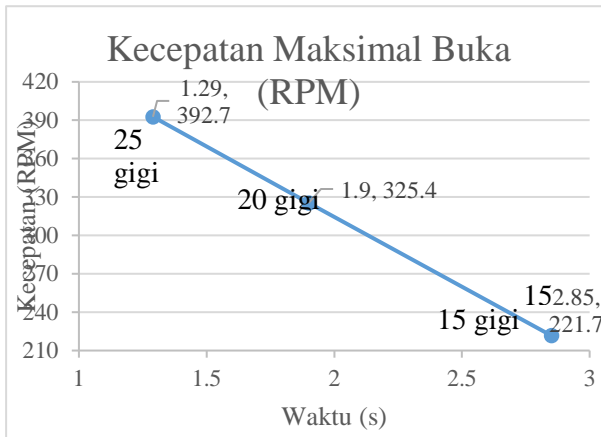
No	Pinion gear M1,5	Beban (Kg)	Kecepatan minimal buka (RPM)	Kecepatan rata-rata buka (RPM)	Kecepatan maksimal buka (RPM)	Waktu Buka (detik)
1	15 gigi	5	55,9	128,1	221,7	4,95
2	20 gigi	5	57,9	167,4	325,4	3,7



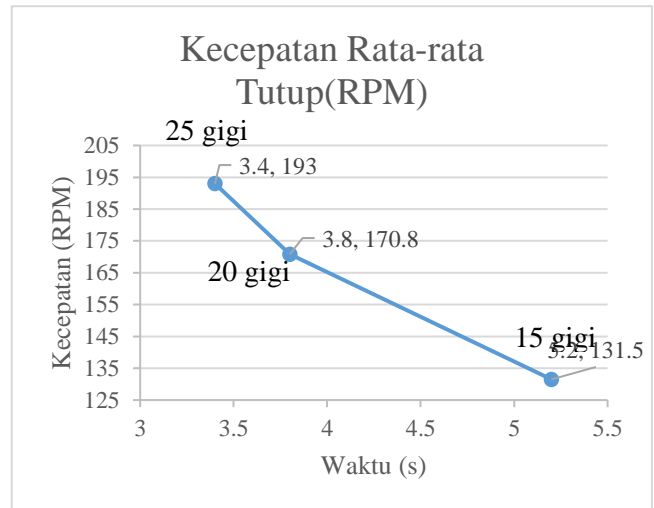
Gambar 2. Kecepatan Minimum Buka (RPM)



Gambar 3. Kecepatan Rata-rata Buka (RPM)

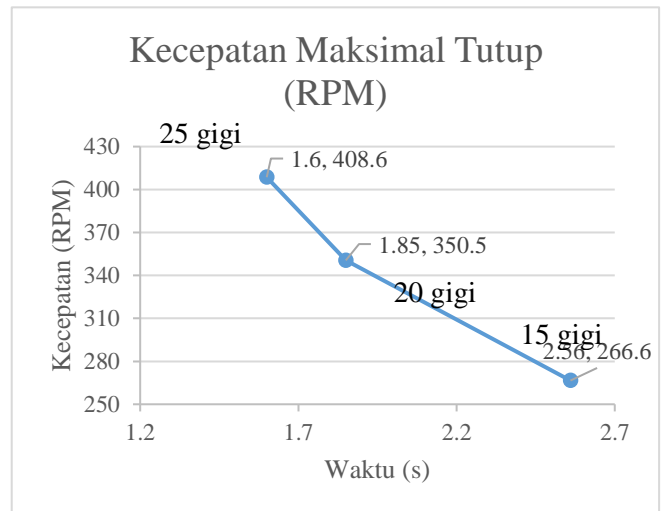


Gambar 4. Kecepatan Maksimal Buka (RPM)

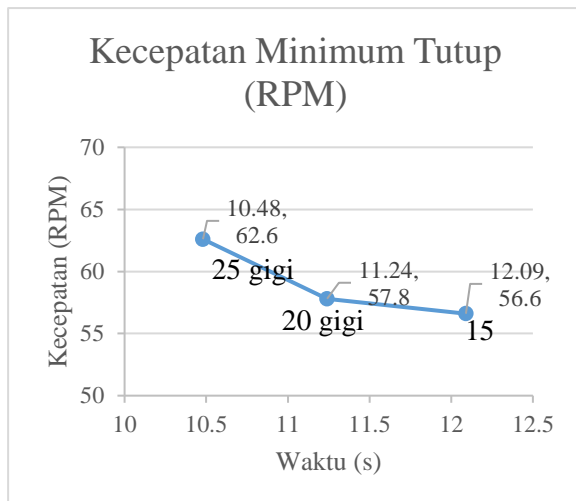


Gambar 6. Kecepatan Rata-rata Tutup (RPM)

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.



Gambar 7. Kecepatan Maksimal Tutup (RPM)



Gambar 5. Kecepatan Minimum 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: 4×4 , $t_1 = 2,5 \text{ mm}$ 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#/)