

PENGUJIAN BEBAN DAYA MOTOR ROBOT AGV (*AUTOMATED GUIDED VEHICLE*) UNTUK PEMINDAH BARANG

Ainul Septian Kurniawan^{1*)}, Setya Permana Sutisna¹⁾, Roy Waluyo¹⁾, Tika Hafzara Siregar¹⁾

¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: ainulseptiank@gmail.com

ABSTRAK

AGV (Automated Guided Vehicle) adalah suatu robot berbasis kontroller yang dikembangkan untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam mendistribusi barang dari suatu tempat ke tempat yang dituju. Dalam penelitian ini, motor listrik menggunakan tipe motor DC dengan torsi motor 70 kg/cm atau 6,865 Nm. Dalam penelitian ini difokuskan untuk melakukan pengujian daya motor dalam mengangkat beban. Dari hasil perhitungan hubungan antara daya, kecepatan dan torsi serta pengujian maka diperoleh beban maksimal yang dapat diangkat oleh robot adalah 52 kg / 520 N, jika di asumsikan tanpa beban adalah 12 kg / 120 N (berat rangkaian) sinyal pwm dengan jumlah pulsa 240 atau dengan kecepatan motor 99,5 RPM.

Kata kunci : AGV (Automated Guided Vehicle); Motor DC; PWM

ABSTRACT

AGV (Automated Guided Vehicle) is a controller-based robot developed to facilitate human work in distributing goods from one place to another. In this study, the electric motor uses a DC motor type with motor torque 70 kg/cm or 6.865 Nm. In this study focused on testing the motor power in carrying loads. From the calculation of the relationship between power, speed and torque as well as testing, it is obtained that the maximum load that can be transported by the robot is 52 kg / 520 N, assuming no load is 12 kg / 120 N (series weight) pwm signal with the number of pulses 240 or with a motor speed of 99.5 RPM.

Keywords : AGV (Automated Guided Vehicle); DC Motor; PWM

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di masa sekarang dengan sistem kendali digital sangat pesat perkembangannya dan banyak dipergunakan di segala bidang dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini dapat dilihat dari adanya kontroller yang digunakan hampir di setiap sistem yang diproduksi. Di zaman modern saat ini perkembangan teknologi sudah semakin maju di berbagai pengaplikasian sistem, salah satu contoh alat pendistribusian barang adalah AGV (Automated Guided Vehicle). AGV merupakan suatu kendaraan yang dikendalikan secara otomatis dengan menggunakan sistem navigasi dengan pengendalian pola gerakan menuju tempat yang dituju. Dengan AGV manusia akan semakin dimudahkan dalam hal pemindahan barang dari satu tempat ke tempat yang dituju.

Dalam pengoperasiannya AGV memerlukan lintasan khusus untuk dapat bergerak dari suatu

tempat ke tempat yang dituju. sistem penggerak AGV dibutuhkan Motor DC agar mampu bergerak dengan kecepatan yang ditentukan serta mampu mengangkat beban ke tempat yang dituju.

Motor DC atau yang disebut motor arus searah ini dapat menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya di kenal dengan istilah RPM (Revolutions Per Minute). Motor dc tersedia dalam berbagai ukuran RPM dan bentuk, mayoritas motor DC memberikan kecepatan rotasi sekitar 3000 rpm hingga 8000 rpm dengan tegangan operasional dari 1,5 volt hingga 24 volt.[2]

Maka dalam penelitian ini dilakukan pengujian beban daya motor agar mampu mengangkat beban sampai nilai batas maksimal dan robot bergerak yang penulis angkat menjadi topik tugas akhir yang berjudul "Pengujian Beban Daya Motor Robot AGV (Automated Guided Vehicle) Untuk Pemindah Barang".

Perkembangan teknologi robotik di bidang pertanian telah berkembang pesat terutama di negara maju. Aplikasi robotik pada sektor pertanian digunakan untuk kegiatan yang beraneka ragam, mulai dari penanaman, penyiraman, pengendalian gulma, pemanenan, sampai penentuan kerusakan tanaman (Celen et al., 2015). Selama ini para petani Indonesia menanam benih dengan menggunakan tugal (metode konvensional) atau mesin planter yang membutuhkan banyak tenaga dan operator serta tidak ergonomis. Penelitian dan pengembangan sebelumnya mengenai mesin tanam benih jagung dilakukan oleh (Pitoyo, 2015) yang membuat mesin penanam benih, khususnya jagung. Mesin penanam benih jagung ini terbuat dari besi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

AGV pertama dibawa ke pasar pada tahun 1950-an, oleh Barrett Electronics of Northbrook, Illinois, dan pada saat itu hanya sebuah truk derek yang mengikuti kawat di lantai bukannya kereta api. Keluar dari teknologi ini datang tipe baru AGV, yang mengikuti penanda UV tak terlihat di lantai bukannya ditarik oleh rantai. Sistem pertama seperti itu dikerahkan di Menara Willis (sebelumnya Menara Sears) di Chicago, Illinois untuk mengirim surat ke seluruh kantornya.

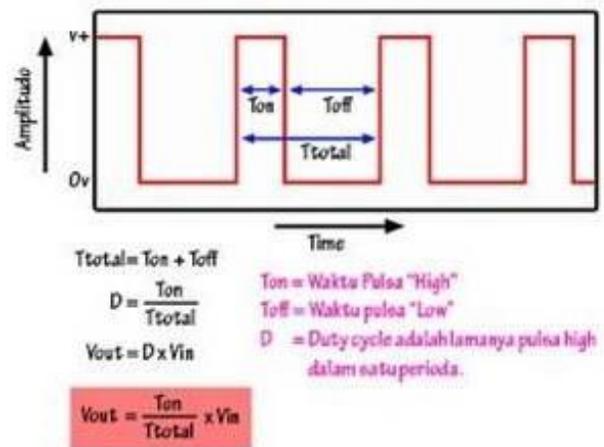
Selama bertahun-tahun teknologi telah menjadi lebih canggih dan saat ini kendaraan otomatis terutama Laser navigasikan misalnya LGV (Laser Guided Vehicle). Dalam proses otomatis, LGV diprogram untuk berkomunikasi dengan robot lain untuk memastikan produk dipindahkan dengan lancar melalui gudang, apakah itu disimpan untuk digunakan di masa mendatang atau dikirim langsung ke area pengiriman. Saat ini, AGV memainkan peran penting dalam desain pabrik dan gudang baru, memindahkan barang dengan aman ke tujuan yang sah.[1]

• Kontrol Kecepatan Motor PWM (Pulse Width Modulation)

PWM (Pulse Width Modulation) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (duty cycle) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi high kemudian berada di zona transisi ke kondisi low. Lebar pulsa PWM

berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Duty Cycle merupakan representasi dari kondisi logika high dalam suatu periode sinyal dan di nyatakan dalam bentuk (%) dengan range 0% sampai 100%, sebagai contoh jika sinyal berada dalam kondisi high terus menerus artinya memiliki duty cycle sebesar 100%. Jika waktu sinyal keadaan high sama dengan keadaan low maka sinyal mempunyai duty cycle sebesar 50%.

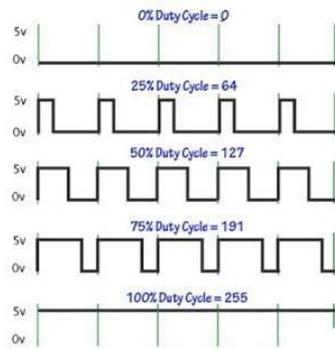
Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun duty cycle bervariasi antara 0% hingga 100%.[6]



Gambar 1. Duty cycle

PWM merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan sinyal analog dari sebuah piranti digital. Sebenarnya sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, secara analog menggunakan IC op- amp atau secara digital.

Secara analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan secara digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi PWM itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut. Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit, berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak 256 variasi mulai dari 0 – 225 perubahan nilai yang mewakili duty cycle 0% – 100% dari keluaran PWM tersebut.[7]



Gambar 2. Duty cycle antara 0-100%

• **Torsi Motor**

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar F, benda berputar pada porosnya dengan jari-jari sebesar b, dengan data tersebut torsinya adalah:

$$\tau = F \cdot r \text{ (N.m)} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- τ : Torsi (N.m)
- F : Gaya Sentrifugal Benda Yang Berputar (N)
- r : Jarak Benda Ke Pusat Torsi (m)



Gambar 3. Hubungan antara torsi, gaya, dan jarak.

• **Daya Motor**

Daya pada mesin kendaraan bermotor adalah tenaga yang di hasilkan mesin tersebut.

Daya ini di hasilkan oleh Torsi dan Kecepatan Sudut, dalam rumus:

$$P = \tau \cdot \omega \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

- τ = torsi beban (Nm) P = daya (watt)
- ω = kecepatan motor (rad/s)

Jika diketahui bukan Kecepatan Sudut, melainkan Kecepatan Putaran (RPM), maka rumusnya menjadi:

$$P = c\omega 2\pi \dots\dots\dots(3)$$

60000

Dimana satuan yang digunakan adalah:

- P: daya dalam kilowatt (kW)
- τ : torsi dalam newton meter (Nm)
- ω : kecepatan sudut dalam Revolution Per Minutes (RPM)

Daya yang didapat pada rumus diatas masih dalam satuan kWatt, untuk mengubah ke satuan hp (horsepower), gunakan rumus berikut Dimana satuan yang digunakan adalah:

$$P = c\omega 2\pi \dots\dots\dots(4)$$

33000

- P : daya dalam horsepower (hp)
- τ : torsi dalam pound feet (lbf.ft),
- ω : kecepatan sudut dalam Revolution Per Minutes (RPM)

Lalu, Kecepatan Linier di dapat melalui Kecepatan Sudut pada sprocket, dengan rumus berikut:

$$V = \omega \cdot r \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan

- V : Kecepatan linier (m/s)
- ω : Kecepatan sudut (rad/s)
- r : Jari-jari roda (m)

Karena Rumus diatas masih menggunakan kecepatan sudut (rad/s), maka untuk mengubah kecepatan putaran (RPM) menjadi kecepatan sudut (rad/s) gunakan rumus persamaan berikut:

$$\omega = 2\pi N \dots\dots\dots(6)$$

60

- ω : Kecepatan sudut (rad/s)
- N: Kecepatan Putaran Per Menit (RPM) [8]

• **Hubungan Torsi, Daya dan Kecepatan**

Jika kita memerlukan suatu Motor listrik yang memiliki Tenaga putar lebih kuat, maka biasanya kita akan memilih Motor listrik dengan Daya yang besar, selain itu Kecepatan Putaran Motor listrik juga berpengaruh terhadap besar

kecilnya tenaga putar (Torsi) yang dihasilkan, semakin besar Rpm maka akan semakin kecil tenaga (torsi).

1. Hubungan antara Daya dan Torsi pada motor listrik (berbanding lurus)

- Semakin Besar Daya motor, maka semakin besar Torsi (tenaga)
- Semakin Kecil Daya motor, maka semakin Kecil Torsi (tenaga)

2. Hubungan antara Kecepatan (Rpm) dan Torsi pada motor listrik (berbanding terbalik)

- Semakin Besar Rpm motor, maka semakin kecil Torsi (tenaga)
- Semakin Kecil Rpm motor, maka semakin besar Torsi (tenaga)

Rumus menghitung Torsi Kecepatan dan Daya

$$P = T \cdot N / 5252 \dots \dots \dots (7)$$

$$T = (5252 \cdot P) / N \dots \dots \dots (8)$$

$$N = (5252 \cdot P) / T \dots \dots \dots (9)$$

P: Daya dalam satuan HP

(HorsePower)

T: Torsi (Nm)

N: Jumlah putaran per-menit (RPM)
5252 adalah nilai

ketetapan (Konstanta) untuk daya motor dalam satuan HP.[9]

- Shaft (poros)

Shaft (poros) adalah elemen mesin yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari satu tempat ke tempat lainnya. Daya tersebut dihasilkan oleh gaya tangensial dan momen torsi yang hasil akhirnya adalah daya tersebut akan ditransmisikan kepada elemen lain yang berhubungan dengan poros tersebut. Poros juga merupakan suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (gear), pulley, flywheel, engkol, sprocket dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya.[3]

- Jenis-jenis Poros Berdasarkan Pembebanannya

1. Poros transmisi (transmission shafts)

Poros transmisi lebih dikenal dengan sebutan shaft. Shaft akan mengalami beban puntir berulang, beban lentur secara bergantian ataupun kedua-duanya. Pada shaft, daya dapat

ditransmisikan melalui gear, belt pulley, sprocket rantai, dll.

2. Poros Gandar

Poros gandar merupakan poros yang dipasang diantara roda- roda kereta barang. Poros gandar tidak menerima beban puntir dan hanya mendapat beban lentur.

3. Poros spindle

Poros spindle merupakan poros transmisi yang relatif pendek, misalnya pada poros utama mesin perkakas dimana beban utamanya berupa beban puntiran. Selain beban puntiran, poros spindle juga menerima beban lentur (axial load). Poros spindle dapat digunakan secara efektif apabila deformasi yang

pengerasan kulit (case hardening) sehingga tahan terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom nikel molebdenum, baja khrom, baja khrom vanadium, dll. Sekalipun demikian, baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya karena putaran tinggi dan pembebanan yang berat saja. Dengan demikian perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis proses heat treatment yang tepat sehingga akan diperoleh kekuatan yang sesuai.[4]

- Perhitungan Poros

Pembebanan Tetap (Constant Loads) Untuk Poros yang hanya terdapat momen puntir saja

$$\frac{T}{J} = \frac{c}{r} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana :

T = Momen puntir pada poros J = Momen Inersia Polar

r = jari-jari poros = do/2 τ = torsional shear stress

Untuk poros solid (solid shaft), dapat dirumuskan :

$$j = \frac{\pi}{32} d^4 \dots \dots \dots (11)$$

Sehingga momen puntir pada poros adalah:

terjadi pada poros tersebut kecil.

- Berdasarkan Bentuknya

$$\frac{T}{\frac{\pi}{32} x d^4} = \frac{c}{d/2} \dots \dots \dots (12)$$

$$T = \frac{\pi}{16} x r x d^3 \dots \dots \dots (13)$$

- 2. Poros engkol sebagai penggerak utama pada silinder mesin
 - Material Poros

Sedangkan momen inersia polar pada poros berongga (hollow shaft) digunakan :

Material yang biasa digunakan dalam membuat poros

$$J = \frac{\pi}{32} \times (d_o^4 - (d_1)^4) \dots \dots \dots (14)$$

adalah carbon steel (baja karbon), yaitu carbon steel 40 C 8, 45 C 8, 50

Dimana do dan di adalah diameter luar dan dalam Sehingga didapat :

$$I = \frac{\pi}{16} r \left(\frac{d_o^4 - (d_1)^4}{d_n} \right) \dots \dots \dots (15)$$

poros yang biasa digunakan untuk putaran tinggi dan beban yang berat Dengan mensubstitusikan, di/do = k

Maka didapat, pada umumnya dibuat dari baja paduan (alloy steel) dengan proses

$$T = \frac{\pi}{16} r (d_o)^3 (1 - K^4) \dots \dots \dots (16)$$

Daya yang ditransmisikan oleh poros dapat diperoleh dari :

$$P = 2\pi NT \dots \dots \dots (17) \ 60$$

Dimana :

- P = daya (W)
- T = moment puntir (Nm)
- N = kecepatan poros (rpm)[5]

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tempat penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di Lab Sistem Kontrol & Nano Teknologi Universitas Ibn Khaldun Bogor. Waktu pelaksanaannya dimulai pada bulan April 2020 hingga bulan Agustus 2020.

• Alat dan Bahan

1. Motor DC

Dalam pelaksanaan tugas akhir perancangan robot AGV ini penulis ingin menguji kerja beban daya motor dengan menggunakan Tipe motor DC eks Power Steering dengan spesifikasi torsi 70 kg/cm, kecepatan motor 2000 rpm, arus 25- 60

Ampere, tegangan 12-24 volt, dimensi body panjang 12,5 cm diameter 7 cm, dimensi shaft panjang 1,8 cm dimater 1,9 cm. Adapun bentuk dan spesifikasi motor yang akan digunakan bisa dilihat pada gambar 3.1 dan tabel 3.1



Gambar 4. Motor DC

Tabel 1. Spesifikasi daya motor

Specification Motor DC Ex power steering	
Torsi	70 kg/cm
Putaran Motor	2000 rpm
Tegangan	12 volt
Arus	25 Ampere

2. Poros dan Roda

Untuk mentransmisikan penggerak dari sebuah motor tentulah di butuhkan poros shaft serta roda, maka dari itu ditentukanlah pemilihan poros dan roda bisa dilihat bentuknya di gambar 3.2 serta spesifikasinya di tabel 3.2



Gambar 5. Poros dan roda penggerak

Tabel 2. Spesifikasi poros dan roda

Spesifikasi Poros dan Roda Penggerak			
Poros		Roda	
Panjang	95 mm	Diameter roda	152,4 mm
Diameter Luar	21 mm	Diametere Poros	21 mm
Diameter Dalam	19 mm	Tebal Roda	38 mm
Berat Total		1,5 kg / 14,7 N	

3. Power Supply/Battery

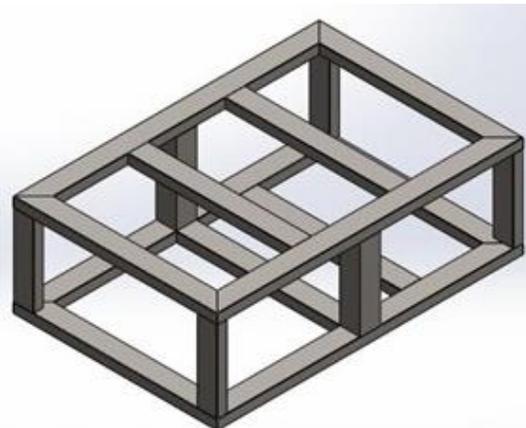
Untuk supply daya motor dalam robot ini digunakanlah Accu dengan kapasitas tegangan 12 Volt dan Arus 9Ah dengan masing- masing motor memakai 1 accu



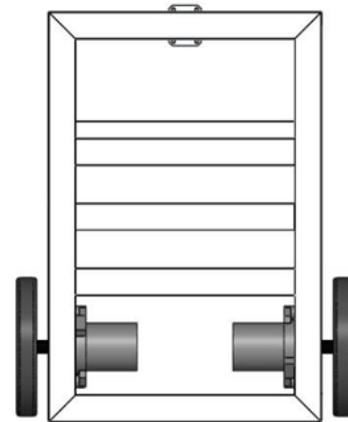
Gambar 6. Accu / Daya supply

4. Rangka

Rangka robot AGV menggunakan bahan material Gavanish dengan dimensi panjang 49,8 cm, lebar 38 cm dan tinggi 20 cm serta beban total robot 12 kg. berikut desain seperti terlihat pada gambar 3.4 beserta letak motor listrik terlihat pada gambar 3.5

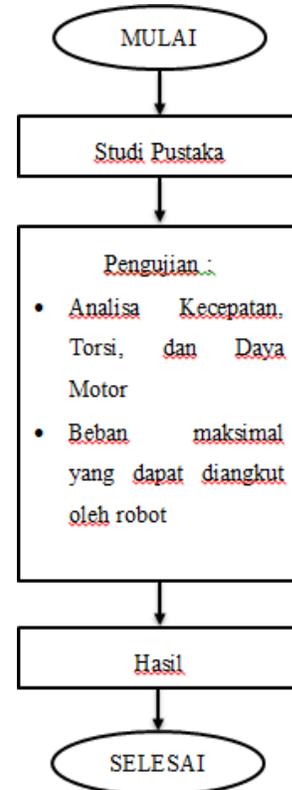


Gambar 7. Rangka robot AGV



Gambar 8. Letak motor DC

• **Flowchart Penelitian**



Gambar 9. Flowchart penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

- **Hubungan Antara Jumlah Pulsa PWM dengan Kecepatan Motor (RPM)**

Putaran motor yang diharapkan dapat diatur kecepatannya dengan menggunakan metode nilai sinyal pwm dimana jumlah pulsa yang diatur dari 0 - 255 perubahan nilai yang mewakili duty cycle 0 - 100%, sehingga untuk menentukan besarnya

putaran pada motor bisa dirumuskan sebagai berikut

$$\omega = \frac{\text{Jumlah Pulsa}}{\text{maksimal Pulsa}} \times \text{Max RPM}$$

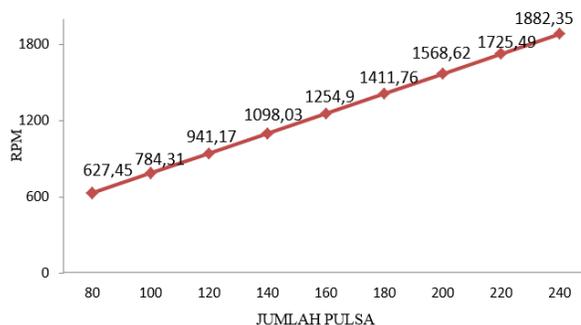
Dari rumus tersebut kita dapat mengetahui berapa besaran nilai putaran motor yang dibutuhkan untuk proses pengujian dan selebihnya mendapatkan nilai tegangan keluar yang dihasilkan modul driver motor. Adapun yaitu dengan cara mengatur skala sinyal pwm dengan jumlah pulsa dari 80,100,120,140,160,180,200, dan

240 yang terdapat pada pemrograman di arduino ,untuk mengetahui perubahan yang dihasilkan jumlah pulsa pada metode pwm dan kecepatan putaran motornya, dengan hasil yang disajikan pada tabel 4.1

Tabel 2. Hubungan jumlah pulsa dengan kecepatan motor

Jumlah Pulsa	RPM
80	627,45
100	784,31
120	941,17
140	1098,03
160	1254,90
180	1411,76
200	1568,62
220	1725,49
240	1882,35

Dari hasil tabel pengujian 3 dapat disimpulkan kecepatan motor rpm pada beban nol. Untuk memudahkan dalam menganalisa hubungan antara jumlah pulsa dengan kecepatan putar motor dari hasil tabel 4.1 bisa dilihat pada gambar grafik 4.1



Gambar 10. Grafik hubungan jumlah pulsa dengan RPM

• **Hubungan Antara Jumlah Pulsa PWM dengan Daya Mekanis Motor**

Dari hasil gambar 10 grafik hubungan sinyal PWM dengan RPM dapat ditarik kesimpulan bahwa grafik tersebut adalah grafik linier,dalam arti bahwa semakin tinggi nilai sinyal pwm maka semakin tinggi pula RPM motornya. Dari hasil penelitian dalam tabel 3 kita dapat mencari besarnya daya motor dan torsi motor secara teoritis dengan menggunakan rumus Daya

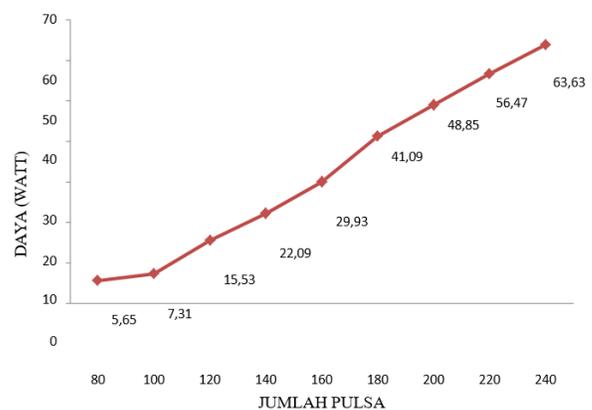
$$P = r \cdot \omega$$

Dimana nilai τ motor adalah 6,865 Nm dengan beban 0 atau beban robot 12 kg dan untuk mengubah nilai RPM ke rad/s adalah 1 RPM = 0.10472 rad/s hasil perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel 4 sebagai berikut,

Tabel 3. Hubungan jumlah pulsa dengan daya mekanis motor

Jumlah Pulsa	Kecepatan Motor (RPM)	Kecepatan Motor (rad/s)	Daya (Watt)
80	7,5	0,7854	5,65
100	12,9	1,3508	9,72
120	20,6	2,1572	15,53
140	29,3	3,0682	22,09
160	39,7	4,1574	29,93
180	54,5	5,7072	41,09
200	67,7	7,0790	50,96
220	85,8	8,9849	64,69
240	99,5	10,419	75,02

Dari hasil perhitungan tabel 4 dapat disimpulkan bahwa nilai jumlah pulsa mempengaruhi besarnya daya yang dikeluarkan maka untuk lebih jelasnya dalam menganalisa pada hubungan jumlah pulsa dengan daya motor dapat digambarkan pada gambar grafik 11 sebagai berikut:



Gambar 11. Grafik hubungan jumlah pulsa dengan daya mekanis

• **Hubungan Daya, kecepatan Dan Torsi Motor**

Setelah kita mengetahui hasil pada hubungan jumla pulsa dengan daya maka kita dapat mencari besarnya nilai torsi yang dibutuhkan pada motor yang pengujiannya dilakukan tanpa beban dengan asumsi beban robot adalah 12 kg. Adapun untuk persamaan untuk mengitung torsi adalah sebagai berikut

$$T = (5252 \cdot P)/N$$

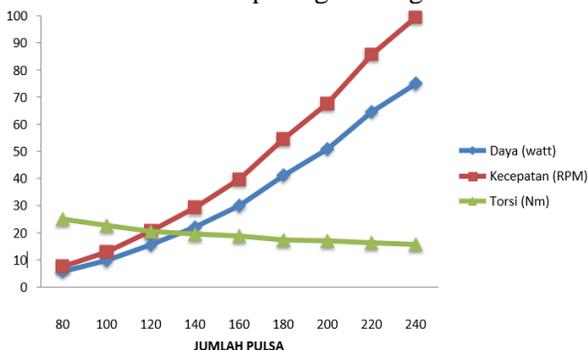
Dimana P adalah HP power, maka 1 watt = 0,00134

Adapun untuk hasil hubungan antara Daya, kecepatan dengan torsi dapat disajikan pada tabel 4.3

Tabel 3. Hubungan jdaya, kecepatan dan torsi

Jumlah Pulsa	Kecepatan (RPM)	Daya (watt)	Daya (HP)	Torsi (Nm)
80	7,5	5,65	0,03558	24,91
100	12,9	9,72	0,05569	22,67
120	20,6	15,53	0,08006	20,41
140	29,3	22,09	0,10888	19,51
160	39,7	29,93	0,14199	18,78
180	54,5	41,09	0,17992	17,33
200	67,7	50,96	0,21976	17,04
220	85,8	64,69	0,26537	16,30
240	99,5	75,02	0,29785	15,72

Dari hasil tabel 5 dapat disimpulkan hubungan antara antara kecepatan RPM dengan torsi adalah berbanding terbalik yaitu semakin besar RPM motor maka semakin kecil nilai torsinya dan sebaiknya jika semakin kecil RPM nya maka semakin besar nilai torsinya. Untuk memperjelas hasil hubungan antara daya,kecepatan dan torsi bisa dilihat pada gambar grafik 12



Gambar 12. Grafik hubungan antara daya, kecepatan, dan torsi

• **Perhitungan Pada Poros (Shaft)**

Pada perhitungan poros (shaft) robot AGV ini berdasarkan untuk mengetahui nilai torsi yang mampu dihasilkan pada poros serta daya yang

mampu ditransmisikan oleh poros. Adapun spesifikasi dari poros telah ditentukan dengan spesifikasi poros dan roda pada tabel 1 adapun jenis poros yang dipakai adalah poros berongga (hollow shaft) yang diketahui panjang = 95mm, diameter luar d0 = 21mm, diameter dalam d1 = 19mm dan berat total w = 12 kg

Jika menghitung nilai F maka nilainya

$$F = w \cdot g$$

$$F = 12 \times 10$$

$$F = 120 \text{ N}$$

maka untuk nilai torsi pada poros adalah

$$\tau = F \cdot r$$

$$\tau = 120 \times 0,095$$

$$\tau = 11,4 \text{ Nm}$$

• **Momen Inersia Poros**

$$J = \frac{\pi}{32} \times (d_0^4 - d_1^4)$$

$$J = \frac{\pi}{32} \times ((21)^4 - (19)^4)$$

$$J = 0,098 \times (194.481 - 130.321) \text{ mm}^4$$

$$J = 0,098 \times (64.160) \text{ mm}^4$$

$$J = 0,098 \times 64,2 \text{ m}^4$$

$$J = 6,292 \text{ Nm}^2$$

$$J = 6,29 \text{ Nm}^2$$

• **Momen Puntir Poros**

$$T = \frac{\pi}{16} \times r \times (d_0^3 - d_1^3)$$

$$T = \frac{\pi}{16} \times 1,4 \times (21)^3 (1 - 0,9^3)$$

$$T = 0,073 \times (92,61) (0,35)$$

$$T = 2,366 \text{ Nm}$$

$$T = 2,37 \text{ Nm}$$

• **Daya mekanis Transmisi Poros Untuk transmisi daya poros pada kecepatan motor nilai diambil dari nilai terbesar 99,5 RPM dan nilai terkecil 7,5 RPM pada kecepatan motor yang ada pada tabel 4.3**

Kecepatan Motor 84,4 RPM

$$P = \frac{2\pi NT}{60}$$

$$P = \frac{2 \times 3,14 \times 99,5 \times 2,37}{60}$$

$$P = 24,68 \text{ watt}$$

Kecepatan motor 7,5 RPM

$$P = \frac{2\pi NT}{60}$$

$$P = \frac{2 \times 3,14 \times 7,5 \times 2,37}{60}$$

$$P = 1,86 \text{ watt}$$

• Hasil Pengujian Sampai Batas Beban Maksimal

Dengan adanya perhitungan hubungan antara daya, kecepatan dan torsi maka untuk pengujian robot AGV mengangkat sampai beban maksimal dilakukan secara bertahap, dengan pengujian asumsi tanpa beban 0 kg adalah 12 kg atau (beban robot AGV) sampai batas maksimal atau sampai robot tidak mampu bergerak dengan membawa beban. Dengan adanya kecepatan linier maka digunakanlah persamaan

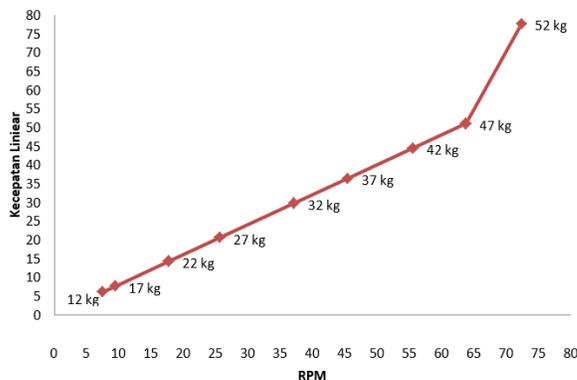
$$V = \omega \cdot r$$

Karena $\omega = \text{rad/s}$, maka 1 RPM = 0,10472 rad/s dan r adalah jari-jari roda dengan 7,62 cm atau 0,0762 m Berikut hasil pengujian robot AGV dalam mengangkat beban sampai batas maksimal dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4. Hasil pengujian beban maksimum setiap minimal RPM

No	Beban (kg)	Jumlah pulsa	RPM	Kecepatan V (m/s)	KET
1	0 (12)	80-99	7,5	5,98	OK
2	5 (17)	100-119	9,5	7,5	OK
3	10 (22)	120-139	17,8	14,20	OK
4	15 (27)	140-159	25,7	20,50	OK
5	20 (32)	160-179	37,2	29,68	OK
6	25 (37)	180-199	45,5	36,30	OK
7	30 (42)	200-219	55,6	44,36	OK
8	35 (47)	220-239	63,8	50,91	OK
9	40 (52)	240-255	72,4	77,63	OK

Dengan hasil pengujian pada tabel 6 dapat disimpulkan bahwa robot AGV dapat mengangkat beban total maksimal yaitu 52 kg dengan kecepatan linier 77,63 m/s dan RPM 72,4, maka untuk melihat perbandingan antara beban maksimal dan kecepatan linear dari pengujian bisa dilihat dari gambar grafik 13 sebagai berikut



Gambar 13. Grafik hubungan antara beban dengan RPM dan kecepatan linear

5. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Telah dilakukan perhitungan dan pengujian robot AGV dengan batas beban maksimal, maka dapat disimpulkan:

1. Dengan menganalisa tabel hubungan antara daya, kecepatan dan torsi maka dapat disimpulkan bahwa untuk semakin besar daya yang di keluarkan pada motor maka nilai torsi pada robot semakin kecil, dan sebaliknya apabila daya yang dikeluarkan semakin besar maka kecepatan motor akan besar pula.
2. Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan maka Beban maksimal yang dapat diangkat oleh robot adalah 40 kg dengan menggunakan metode sinyal pwm dengan jumlah pulsa 240- 255 atau dengan kecepatan motor sebesar 99,5 rpm dengan asumsi tanpa beban adalah 12 kg (beban rangkaian)

4.2 Saran

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penelitian atau perancangan alat ini adalah

1. Dalam memilih spesifikasi motor dc hendaknya memilih daya yang lebih kecil lagi diarenakan kapasitas battery yang kecil
2. Untuk lebih baiknya dimunculkan (visualisasi gambar) pengukuran secara digital untuk rpm dan arusnya untuk keakuratan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Solomon, Abbey, Introduction to Automatic Guided Vehicles, Departmen of Industrial & Engineering Systems, Virginia Tech, 2004

Dikson. 2018. Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya. <https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dcmotor/>. Diakses pada 15 Juni 2018.

Sularso.2002. Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin. Jakarta, Pradnya Paramita

Khurmi, R.S. dan J.K. Gupta. 1982. A Text Book of Machine Design. Ram Nagar-New Delhi. Eurasia Publishing House

- Hamrock, dkk. 1999. Fundamentals of Machine Element . Singapore. McGraw-Hill
http://en.wikipedia.org/wiki/Puls_e-width_modulation
- Kendali Putaran Motor DC dengan PWM, www.academia.edu/
[/Kendali_Putaran_Motor_DC_dengan_PWM](http://www.academia.edu/Kendali_Putaran_Motor_DC_dengan_PWM)
- Suyamto. 2009. Seminar Nasional : Analisis Daya dan Torsi Pada Motor Induksi. Yogyakarta. Serway, R. A. and Jewett, Jr.
- J.W. (2003). Physics for Scientists and Engineers. 6th Ed. Brooks Cole. ISBN 0-534-40842- 7.