

BAB III

PERNCANGAN KENDALI DAN MEKANISME FORKLIFT

UNTUK AGV

3.1 Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai konstruksi dari mekanisme *smart forklift* yang dimana dijelaskan juga komponen – komponen apa saja yang digunakan mulai dari penggerak utama, driver – driver yang digunakan, mikrokontrol yang digunakan hingga rancangan desain yang diterapkan.

3.2 Desain Kendali Forklift AGV

Mekanisme dari *forklift* pada AGV ini menggunakan mekanisme elektrik. Mekanisme elektrik pada sistem angkat *forklift* dipilih karena dengan elektrik ini mekanisme angkat akan menjadi lebih responsif disbanding dengan sistem hidrolis pada umumnya dan tidak mengenal ada kebocoran seperti yang ada pada sistem hidrolis.

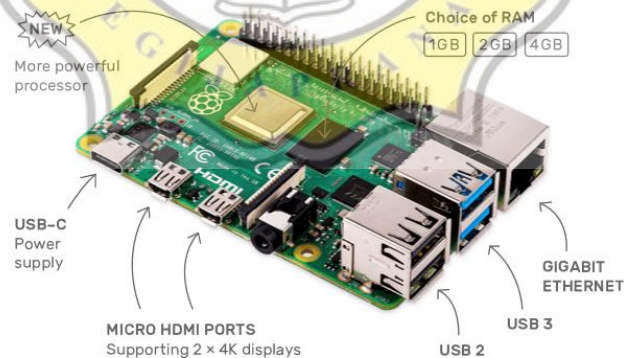
Mekanisme elektrik menggunakan motor listrik sebagai penggerak utamanya. Motor ini akan dikontrol sehingga dapat menaikkan beban ataupun menurunkan beban dengan presisi. Motor stepper akan dikendalikan dengan menggunakan Raspberry Pi 4 Model B dengan perantara sebuah driver DRV8825. Alur kerja dari mekanisme angkat *forklift* pada AGV ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram blok mekanisme kendali forklift

3.3 Raspberry Pi 4 Model B

Mikroprosesor Raspberry Pi 4 Model B ini merupakan rangkaian kontrol yang digunakan untuk mengendalikan motor stepper pada *forklift*. Raspberry Pi 4 adalah keluaran terbaru dari serial Raspberry Pi dimana telah dirilis pada tahun 2019 bulan Juni (Raspberry 2019). Produk Raspberry Pi seri 4 memiliki penambahan – penambahan fitur yang lebih maju daripada Raspberry Pi seri 3. Bentuknya sendiri sekilas tampak mirip dengan pendahukunya yakni seri Raspberry Pi 3 Model B+ hal ini ditunjukkan pada gambar 3.2 dan gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Raspberry Pi 4 Model B <https://www.raspberrypi.org/homepage-9df4b/static/pi4-labelled-99c2e8935bb3cfdb27d23f634ea98a7e.png> diakses pada Rabu 20 Mei 2020 pukul 08:10

PM



Gambar 3. 3 Raspberry Pi 3 Model B+ https://www.raspberrypi-spy.co.uk/wp-content/uploads/2018/03/raspberry_pi_3_model_b_plus_01-1024x683.jpg diakses pada Rabu 20

Mei 2020 pukul 08:12 PM

Spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B telah ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut (Raspberry Pi 2019).

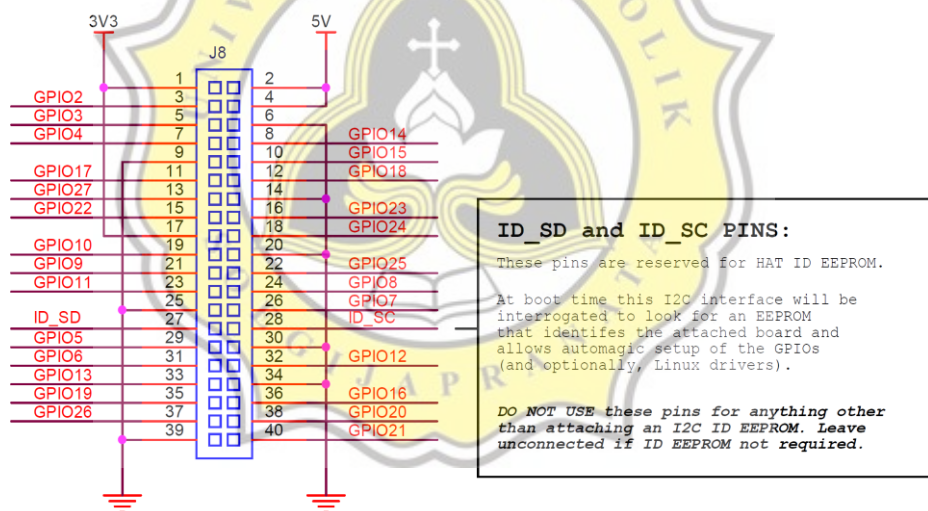
Tabel 3.1 Spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B

Processor	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
Memory	1GB, 2GB or 4GB LPDDR4
Konektivitas	2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet 2 × USB 3.0 ports 2 × USB 2.0 ports.
GPIO	Standard 40-pin GPIO header
Video & Sound	2 × micro HDMI ports (up to 4Kp60 supported)

	2-lane MIPI DSI display port 2-lane MIPI CSI camera port 4-pole stereo audio and composite video port
Multimedia	H.265 (4Kp60 decode); H.264 (1080p60 decode, 1080p30 encode); OpenGL ES, 3.0 graphics
SD Card Support	<i>Micro SD</i> sebagai media untuk sistem operasi dan penyimpanan data
Tegangan Input	5V DC via USB-C connector (minimum 3A) 5V DC via GPIO header (minimum 3A) Power over Ethernet (PoE)-enabled (requires separate PoE HAT)
Ketahanan	Operasi temperatur 0–50°C

Raspberry Pi 4 Model B yang dimana merupakan serial terbaru tentunya memiliki spesifikasi lebih daripada versi sebelumnya terutama pada versi Raspberry Pi 3 Model B+. Perbandingan keduanya yang secara signifikan secara fisik ialah pada bagian *charging port*-nya. Raspberry Pi 4 Model B menggunakan model tipe C sedangkan pada Raspberry Pi 3 Model B+ masih menggunakan model *micro*. RAM dari keduanya pun juga berbeda. Raspberry Pi 3 Model B+ yang semula hanya dibekali dengan RAM 1 GB, sedangkan pada Raspberry Pi 4 Model B mengalami peningkatan dan ada tiga macam varian yakni RAM 1 GB, 2 GB, dan 4 GB (JA Serrano Vázquez 2019; Raspberry Pi 2019).

Raspberry Pi yang juga disebut *mini-computer* memiliki berbagai fitur yang sangat menguntungkan layaknya sebuah CPU pada komputer. Salah satu alasan mengapa Raspberry Pi 4 Model B dipilih sebagai kontrol utamanya ialah karena memiliki RAM yang besar dengan varian 4 GB hal ini akan sangat mendukung proses pengolahan data yang cepat. Kemudian Raspberry Pi 4 Model B ini juga dilengkapi dengan 40-pin GPIO yang mendukung berbagai macam fitur. GPIO pada seri Raspberry Pi 4 Model B juga merupakan standard GPIO pada Raspberry Pi pada umumnya. GPIO pin out dari Raspberry Pi 4 Model B dapat dilihat pada gambar 3.4 (Raspberry 2019).



Gambar 3. 4 GPIO pin out Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi 4 Model B fungsinya sama dengan mikrokontrol lainnya. Hanya saja karena Raspberry Pi merupakan sebuah *mini* komputer maka harus terlebih dahulu *diinstall* sistem operasinya terlebih dahulu. Pemasangan sistem operasi pada Raspberry Pi4 Model B seperti pada Raspberry Pi lainnya. Langkah –

langkah untuk melakukan pemasangan sistem operasi Raspberry Pi 4 Model B adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan peralatan penunjang untuk Raspberry Pi 4 Model B, antara lain:

- Catu Daya 5 V, 3 A
- USB tipe C
- *Micro SD* minimal 64 GB
- *Adaptor micro sd*
- *Micro HDMI* konverter ke VGA
- Monitor untuk menampilkan visulisasi dari Raspberry Pi 4 Model B
- Keyboard dan Mouse

2. Siapkan terlebih dahulu *software* pendukung lainnya:

- Balena Etcher atau Windisk32 untuk melakukan proses *burning image*
- *Format SDcard Tool*
- *Download* sistem operasi Rasbian Buster seri terbaru melalui website raspberry yaitu

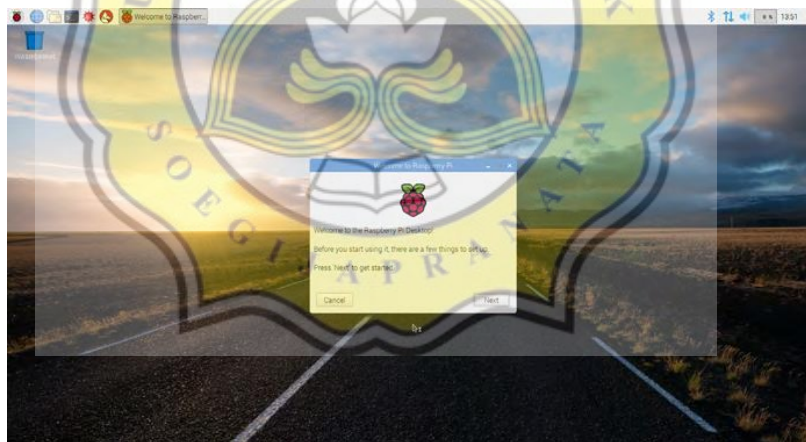
<https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>

3. Masukkan *micro SD* tersebut ke laptop / PC dengan menggunakan adaptor Micro SD kemudian *format micro SD* tersebut dengan menggunakan *software format SDcard tool*.

4. Setelah mem-*format micro SD*, sistem operasi yang sudah di-*download* dimasukkan ke *micro SD* tersebut dengan cara di-*burn* menggunakan

aplikasi Balena Etcher atau Windisk32 dan pilih “Write” kemudian tunggu sampai proses tersebut selesai.

5. Setelah selesai keluarkan *micro SD* dari laptop/PC kemudian masukkan *micro SD* ke Raspberry Pi 4 Model B (tanpa adaptor karena ada *port* sendiri). Kemudian hubungkan Raspberry dengan monitor menggunakan kabel *micro HDMI converter to VGA* dan sambungkan juga keyboard dan mouse ke Raspberry Pi 4 Model B.
6. Setelah semuanya terpasang dengan baik barulah kita menghubungkan Raspberry Pi 4 Model B dengan catu daya. Raspberry Pi 4 Model B tersebut dikatakan berhasil beroperasi dengan baik ketika dia mampu *booting* dengan baik dan tampilan hasil seperti gambar berikut.

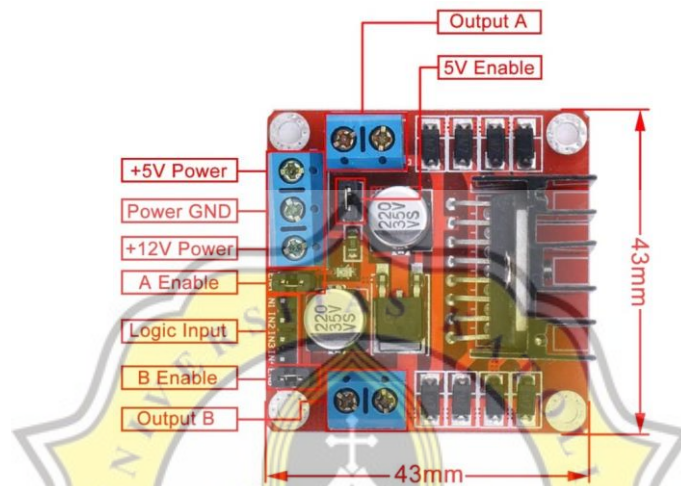


Gambar 3. 5 Hasil proses instalasi sistem operasi pada Raspberry Pi 4 Model B

3.4 Driver L298N

L298N merupakan sebuah rangkaian driver yang banyak digunakan untuk mengendalikan motor dc. Driver L298N adalah jenis bidireksional driver yang dimana memiliki kemampuan untuk membuat motor dc dapat berputar secara dua

arah yakni *forward* dan *backward*(Rittenberry 2005). Driver L298N banyak digunakan oleh para praktisi karena harganya yang terjangkau dan memiliki kemudahan dalam memrogramnya. Gambar 3.6 merupakan bentuk dari driver L298N, dan tabel 3.2 merupakan spesifikasi dari driver L298N tersebut.

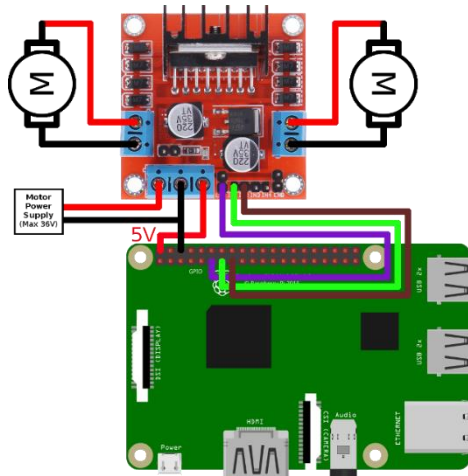


Gambar 3. 6 Driver L298N

Tabel 3. 2 Spesifikasi driver L298N

Power Supply	DC 5v – 12v
Input Voltage	5v
Peak Current	2A
Operating current	0 ~ 36mA

Driver L298N memiliki dua buah *output* sehingga mampu mengendalikan dua buah motor dc secara bersamaan. Selain itu driver L298N juga bias digunakan sebagai pengendali motor stepper. Rangkaian driver L298N dengan motor dc ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Rangkaian kendali motor dc dengan L298N
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.ozeki.hu%2Fp_3002-how-to-setup-a-dc-motor-on-raspberry-pi.html&psig=AOvVaw3HkUk4aC3TrCBXf7hR7IzG&ust=1603248929436000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCOiSgO-VvuwCFQAAAAAdAAAAABAP diakses pada Selasa 20 Oktober 2020 pukul 10:05 AM

3.5 Driver DRV8825

Rangkaian *driver* DRV8825 merupakan sebuah alat yang menghubungkan rangkaian kontrol dengan motor stepper dan bentuknya dapat dilihat pada gambar 3.5. DRV8825 juga berfungsi untuk mengendalikan *step* dan *direction* dari motor stepper melalui fitur yang ada pada DRV8825 (Meijer 2013). Keunggulan yang dimiliki oleh DRV8825 antara lain (Pololu Robotics & Electronics 2018) :

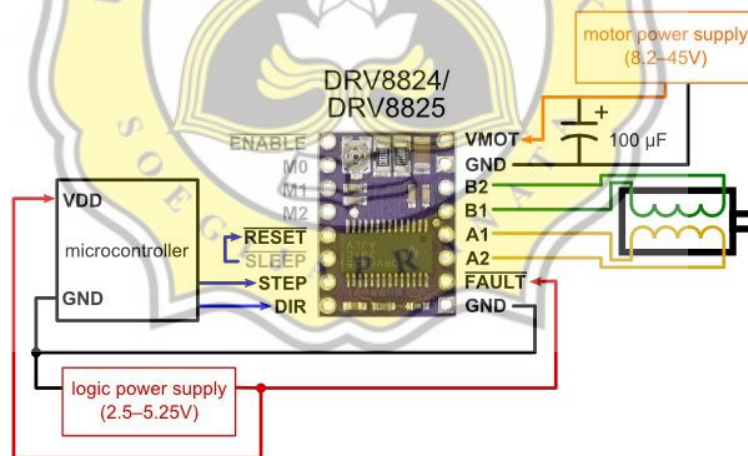
1. Memiliki sistem proteksi dari arus berlebihan, hubung singkat, dan temperatur yang berlebih
2. Memungkinkan untuk menghantarkan arus sampai 2.2 A untuk per koil
3. Memiliki kontrol yang sederhana pada *step/direction*
4. Memiliki 6 resolusi *step* yakni *full-step*, *half-step*, *1/4-step*, *1/16-step*, dan *1/32-step*.

5. Tidak membutuhkan *viltage logic*



Gambar 3. 8 DRV8825

DRV8825 digunakan untuk mengendalikan motor stepper bipolar. Motor stepper bipolar sendiri terkadang tidak hanya memiliki 4 kabel tetapi ada juga yang memiliki 6 dan 8 kabel (Pololu Robotics & Electronics 2018). Namun, berapapun jumlah kabelnya tetap dapat dikendalikan oleh DRV8825.



Gambar 3. 9 Konfigurasi DRV8825 dengan Motor Stepper

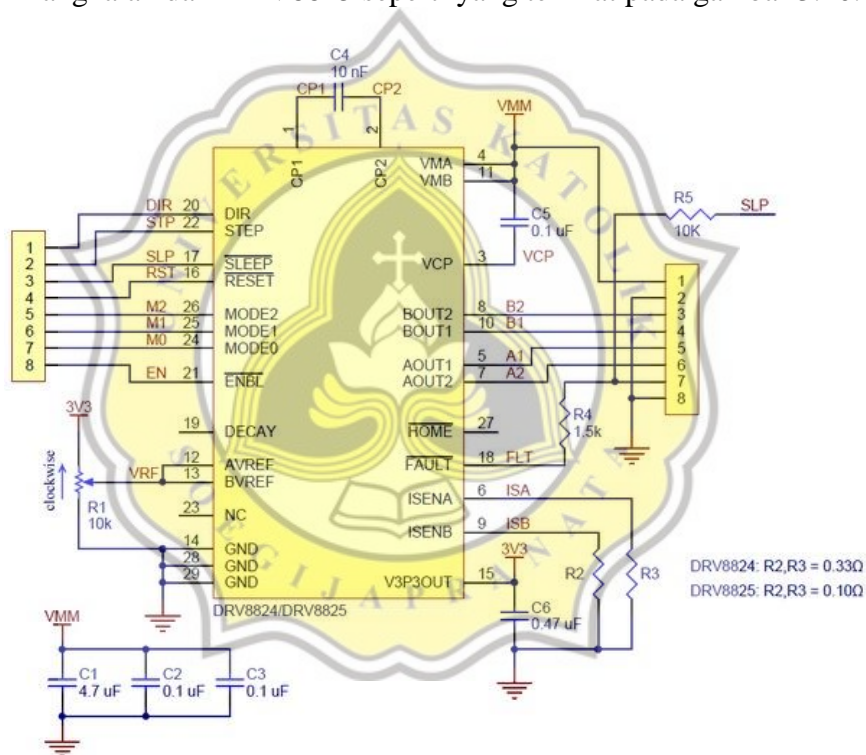
Spesifikasi teknis dari DRV8825 dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut (Pololu Robotics & Electronics 2018).

Tabel 3.3 Spesifikasi teknis DRV8825

Nama	DRV8825
Tegangan Operasi sistem	3.3 – 5 V

Tegangan Operasi Motor	12 – 45 V
Arus Maksimal	2.2 A
Dimensi	20mm x 15mm

DRV8825 memiliki total 16 pin dengan delapan pin di sisi kanan dan kiri. Konfigurasinya dengan motor stepper sendiri dapat dilihat pada gambar 3.9. Secara skematik rangkaian dari DRV8825 seperti yang terlihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Rangkaian Skematik DRV8825

Konfigurasi dari 16 pin tersebut dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut (Meijer 2013).

Tabel 3.4 Konfigurasi pin DRV8825

PIN	Deskripsi
VMOT + GND	Terhubung dengan <i>power supply</i>
B1, B2, A1, A2	Terhubung motor stepper
FAULT	Berfungsi untuk memproteksi driver jika terjadi arus berlebihan
GND	Terhubung dengan sistem (rangkaian kontrol)
DIR	Untuk menentukan arah putaran HIGH → Searah jarum jam (CW) LOW → Berlawanan arah jarum jam (CCW)
STEP	LOW → HIGH pergerakan step
SLEEP	LOW → Sleep HIGH → Active
RESET	LOW → Disable HIGH → Enable
M0, M1, M2	Mode untuk mengatur resolusi step
ENABLE	Mengaktifkan (LOW) atau menonaktifkan driver (HIGH)

Pada tabel ditunjukkan bahwa pada DRV8825 terdapat mode – mode untuk mengatur resolusi step. Mode resolusi step ini dapat diubah – ubah berdasarkan konfigurasi M0, M1, dan M2. Konfigurasinya hanya dengan mengaturnya dengan kondisi HIGH atau LOW pada saat menuliskan program untuk mengatur M0, M1, dan M2. Konfigurasi dari setiap mode tersebut akan menghasilkan resolusi step yang

berbeda. Tabel 3.4 menampilkan konfigurasi dari setiap kondisi M0, M1, dan M2 (Meijer 2013).

Tabel 3.5 Konfigurasi mode M0, M1, dan M2

M0	M1	M2	Resolusi
LOW	LOW	LOW	Full Step
HIGH	LOW	LOW	Half Step
LOW	HIGH	LOW	1/4 Step
HIGH	HIGH	LOW	1/8 Step
LOW	LOW	HIGH	1/16 Step
HIGH	LOW	HIGH	1/32 Step
LOW	HIGH	HIGH	1/32 Step
HIGH	HIGH	HIGH	1/32 Step

3.6 Motor Stepper 17HS2408

Motor stepper Nema 17 dengan seri 17HS2408 merupakan salah satu jenis motor stepper tipe bipolar. Keuntungan dari tipe bipolar adalah torka yang dihasilkan lebih besar daripada tipe unipolar dengan ukuran yang sama (Condit 2004). Dikatakan bipolar karena salah satu cirinya ialah memiliki empat kabel keluaran. Motor stepper yang digunakan pada *forklift* adalah motor stepper tipe 17HS2408 yang juga merupakan golongan NEMA 17. Tabel 3.5 merupakan spesifikasi dari motor stepper 17HS2408 (MotionKing 2012)

Tabel 3. 6 Spesifikasi motor stepper 17HS2408

Step Angle (deg)	1.8
Motor Length	28 mm
Rated current	0.6 A
Phase Resistance	8 ohm
Phase Inductance	10 mH
Holding Torque	12 N.m Min
Detent Torque	1.6 N.cm Max
Rotor Inertia	34 g.cm ³
Lead Wire	4
Motor Weight	150 g

Motor Stepper 17HS2408 juga merupakan motor dengan tipe hybrid 2 fasa (MotionKing 2012). Bentuk dari motor stepper seri ini seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Motor Stepper 17HS2408

Motor Stepper 17HS2408 seperti yang telah disebutkan memiliki empat buah kabel keluaran dengan masing mewakili setiap belitan yang ada pada motor. Konfigurasi dari empat kabel keluaran tersebut dapat dilihat pada gambar 3.12 berikut.

4 LEAD WIRES	1	2	3	4
Color Code 1	Red	Blue	Green	Black
Color Code 2	Brown	Orange	Red	Yellow
Color Code 3	Red	Red White Stripe	Green	Green White Stripe
Bipolar Driver	A	\bar{A}	B	\bar{B}

Gambar 3. 12 Konfigurasi kabel keluaran motor stepper bipolar https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AAND9GcSJEbkJmm3yV4dvqsTVBASNP4vq5KRJVrr_qVqlKbIqaof5oiCv&usqp=CAU diakses pada 24 Mei 2020 pukul 07:05AM

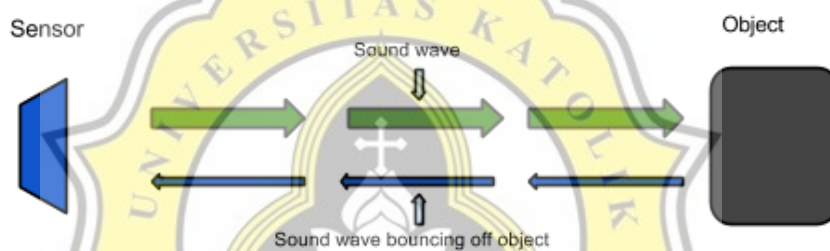
3.7 Sensor HC – SR04

Sensor HC – SR04 merupakan salah satu jenis sensor ultrasonik yang banyak digunakan untuk pengukuran atau jarak. Bentuk dari sensor HC – SR04 sendiri dapat dilihat pada gambar 3.13. Ciri utama yakni seperti ada dua buah speaker yang menonjol dan memiliki empat buah pin yakni *vcc*, *trigger*, *echo*, dan *gnd*.



Gambar 3. 13 Sensor HC - SR04 <https://www.nn-digital.com/wp-content/uploads/2019/07/Sensor-HC-SR04-1.jpg> diakses 9 September 2020 pukul 10:07 PM

Sensor HC – SR04 juga merupakan kategori sensor ultrasonik yang dimana cara bekerja melalui pantulan frekuensi yang dipancarkan dan diterima oleh dua buah *speaker* pada HC – SR04(Elijah J. Morgan 2014). Cara kerja sensor ialah pertama kali sensor akan memancarkan sebuah frekuensi ke arah suatu objek kemudian frekuensi tersebut akan memantul kembali setelah mengenai objek tersebut(Elijah J. Morgan 2014). Waktu antara mengirim dan menerima inilah yang akan menjadi acuan dalam penentuan jarak objek tersebut (Elijah J. Morgan 2014). Sistem kerja dari sensor HC – SR04 ini dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3. 14 Sistem kerja sensor HC - SR04

Keunggulan dari sensor HC – SR04 ini adalah kemudahan dalam menggunakannya sebab sensor ini dapat digunakan dengan berbagai mikrokontroller dan tentunya harganya sangat terjangkau. Spesifikasi singkat dari sensor HC – SR04 dapat dilihat tabel 3.6.

Tabel 3. 7 Spesifikasi Sensor HC - SR04

Power Supply	+5 VDC
Dimensi	45mm x 20mm x 15mm
Berat	10g

Trigger input pulse width	10us
Jangkauan	2 – 400cm

3.8 Mekanisme *Forklift*

Mekanisme *forklift* pada AGV pada umumnya seperti pada AGV jenis *pallet truck*. Namun, pada AGV yang kami desain sebagai penggerak utama pada bagian *forklift* adalah motor stepper. Desain yang telah dibuat dari tampak depan adalah kurang lebih seperti yang telah ditunjukkan pada gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Desain forklift tampak depan

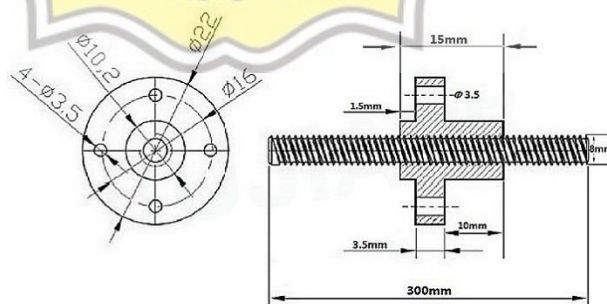
Mekanisme motor stepper untuk dapat menaik turunkan *forklift* yang digunakan mirip dengan proses saat memutar baut pada mur. Bahan – bahan pendukung yang digunakan untuk membentuk mekanisme tersebut antara lain:

1. Konektor coupler motor stepper, yang berfungsi untuk menghubungkan motor stepper dengan *lead screw* atau batang cnc *shaft*. Bentuknya seperti pada gambar 3.16.



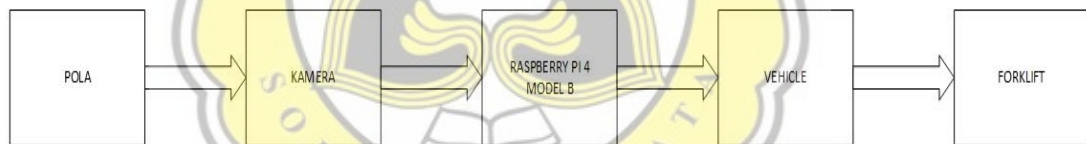
Gambar 3. 16 Konektor coupler motor stepper
<https://imgaz.staticbg.com/thumb/large/oaupload/banggood/images/D5/80/fb5949bf-db26-4c25-b847-703e5a7f754d.jpg> diakses pada Senin 25 Mei 2020 pukul 11:16 AM

2. *Lead Screw* “T8” berfungsi untuk jalur ulir dari suatu cnc. Bentuknya sendiri seperti pada gambar 3.17 berikut.

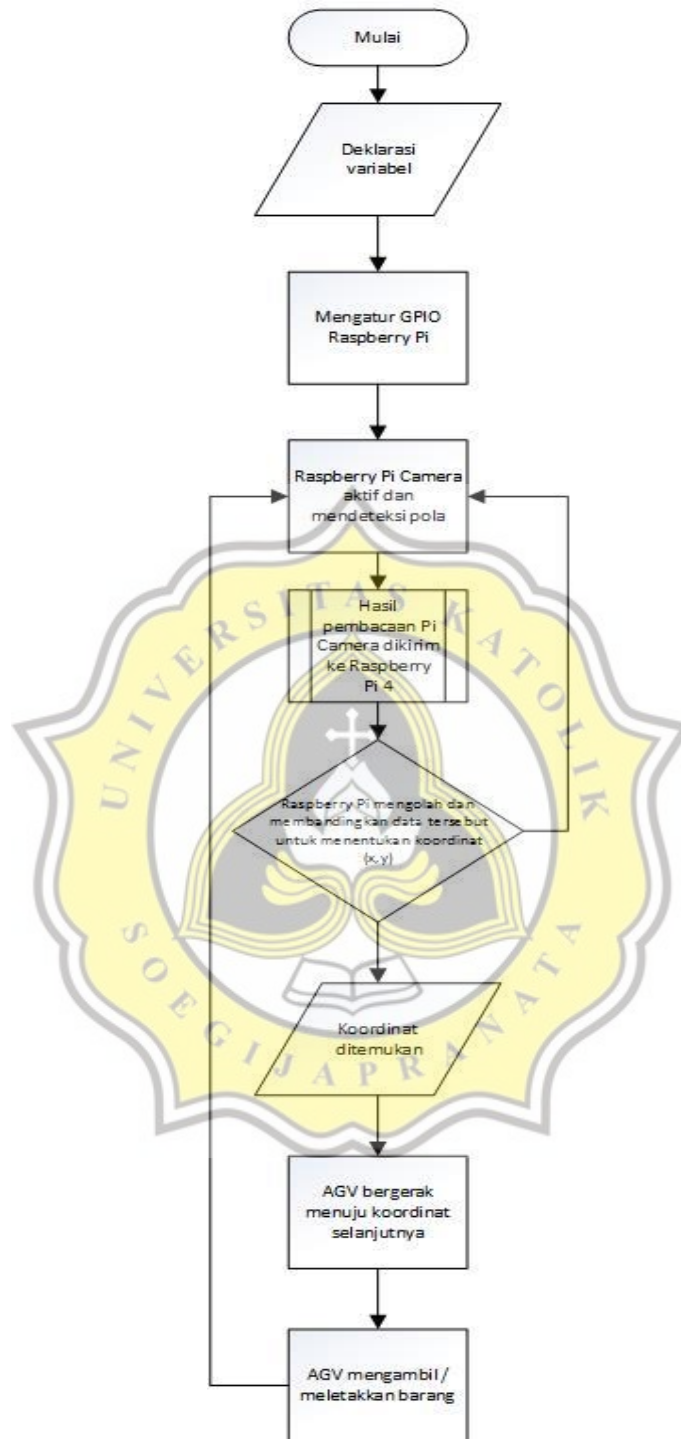


Gambar 3. 17 Lead Screw T8
https://www.autobotic.com.my/image/autobotic/image/data/all_product_images/product-8748/3865-0005-5.jpg diakses pada Senin 25 Mei 2020 pukul 11:20 AM

Prinsip kerja *forklift* pada AGV ini secara diagram block dapat dilihat pada gambar 3.1. Raspberry Pi 4 Model B yang sebagai perangkat kontrol dan otak dari AGV ini akan memerintahkan motor stepper untuk berputar supaya *forklift* dapat naik dan turun. AGV pada awalnya akan mendeteksi posisi terlebih dahulu dan setelah sudah diketahui posisinya maka AGV akan bergerak menuju posisi selanjutnya. Skena kerja dari AGV ini ditampilkan dalam bentuk diagram blok pada gambar 3.18. Sesampainya ditempat tujuan maka Raspberry Pi 4 Model B tersebut juga akan memerintahkan *forklift* yang ada pada AGV untuk mengambil atau meletakkan barang. Alogaritma *flowchart*-nya sendiri dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3. 18 Diagram blok skema kerja AGV



Gambar 3. 19 Flowchart alur kerja AGV