

## PERANCANGAN MODEL AGV LINE FOLLOWER UNTUK MATERIAL HANDLING

Lukman Hakim<sup>1</sup>, Bambang Riyanta<sup>2</sup>, Cahyo Budiyanoro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, D.I. Yogyakarta, Indonesia, 55183  
[ahakimlukman1996@gmail.com](mailto:ahakimlukman1996@gmail.com),

### INTISARI

Peralatan *material handling* yang dahulu dioperasikan secara manual, dimungkinkan bisa dioperasikan secara otomatis tanpa adanya operator dengan cara mengimplementasikan sistem otomasi pada proses penanganan material (*material handling*). Jenis *material handling equipment* yang mengimplementasikan sistem otomasi adalah *Automated Guided Vehicle* (AGV). AGV adalah mobil robot *line follower* pengangkut barang berbasis mikrokontroler yang dapat berjalan secara otomatis berdasarkan jalur yang telah ditentukan. Diharapkan penerapan robot AGV ini dapat meningkatkan efisiensi waktu produksi, keselamatan kerja dan memangkas biaya produksi dalam sebuah perusahaan. Model AGV *line follower* didesain menggunakan *autodesk inventor professional 2015*. Proses pemrograman untuk memasukkan perintah kerja menggunakan *software IDE arduino*. Gambar kelistrikan dibuat dengan menggunakan *software Fritzing*. Robot AGV dirancang sebagai penggerak untuk menarik *trolley* yang berisi bahan angkut. Perhitungan yang dilakukan meliputi elemen mesin pemindah daya pada motor DC. Robot AGV dirancang menggunakan *acrillic* dengan tebal 2 mm sebagai bodi, dua buah ban belakang yang digerakan masing-masing oleh satu buah motor DC, empat buah *ball caster* sebagai roda depan, 12 buah sensor garis menggunakan led *super bright* dan *photodiode* 3 mm, *motor driver* menggunakan sistem *H-Bridge* untuk mengendalikan 2 buah motor DC, sebuah baterai lippo 4S 12 volt, *board* yang didasarkan pada mikrokontroler arduino mega 2560 sebagai otak pada sistem robot ini, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk sistem *safety break*, dan LCD 16 x 2 sebagai monitor karakter pada robot. Model AGV *line follower* memiliki bobot 1,8 kg dengan dimensi panjang 207 mm, lebar 190,8 mm, dan tinggi 75 mm. Kemampuan model AGV *line follower* diperoleh daya motor DC efektif sebesar 0,0245 HP, waktu tempuh gelombang ultrasonik pada sensor HC-SR04 adalah 0,58 detik dan *turning radius* yang didapat sebesar  $R = 0,5694$  m. Model AGV *line follower* mampu menarik beban maksimal sebesar 4 kg dengan kecepatan maksimal 18 km/jam.

**Kata Kunci** : AGV, *motor driver*, mikrokontroler, motor DC, *line follower*, arduino mega 2560

### ABSTRACT

*Material handling equipment that was previously manually operated may be able to be operated automatically without an operator by implementing an automation system in the material handling process. The type of material handling equipment that implements the automation system is Automated Guided Vehicle (AGV). AGV is a line follower robot car microcontroller-based freight carrier that can run automatically based on a specified path. It is expected that the application of AGV robots can improve the efficiency of production time, work safety and reduce production costs in a company. The AGV line follower model was designed using autodesk inventor professional 2015. The programming process to include work orders using the arduino IDE software. The drawing Schematic made using Fritzing software. The AGV robot is designed as a driver to pull the trolley containing the transport material. the Calculations performed include elements of the power transfer engine on a DC motor. The AGV robot is designed using acrylic with a thickness of 2 mm as a body, two rear tires driven by one DC motor, four ball caster as front wheels,*

12 line sensors using super bright LED and 3 mm photodiode, motor driver using the H-Bridge system to control 2 DC motors, a 12 volt lippo 4S battery, a board based on the 2560 arduino mega microcontroller as the brain in this robot system, HC-SR04 ultrasonic sensor for safety break system, and 16 x 2 LCD as monitor the character on the robot. The AGV line follower model has a weight of 1.8 kg with dimensions of 207 mm length, 190.8 mm width, and 75 mm height. The ability of AGV line follower model obtained effective DC motor power of 0.0245 HP, travel time ultrasonic wave on sensors SR04-HC was 0.58 seconds and turning radius obtained  $R = 0.5694$  m. Model AGV line follower was able to pull the load a maximum of 4 kg with a maximum speed of 18 km/h.

Keyword : AGV, motor driver, microcontroller, motor DC, line follower, arduino mega 2560

## 1. PENDAHULUAN

*Material handling* merupakan salah satu jenis transportasi pengangkutan material yang dilakukan dalam industri, artinya memindahkan bahan baku atau barang setengah jadi atau barang jadi dari tempat asal ke tempat tujuan yang telah ditentukan. *Material handling* dilakukan dengan cara yang terbaik untuk memindahkan material dari satu tempat proses produksi ke tempat proses produksi yang lain. Pada dasarnya kegiatan *material handling* merupakan kegiatan yang tidak produktif, karena pada kegiatan ini bahan tidak mendapat perubahan bentuk atau perubahan nilai. Menghilangkan proses *material handling* tidak mungkin dilakukan, maka cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan *hand-off*, yaitu menekan jumlah ongkos yang digunakan untuk biaya proses *material handling*. Menekan jumlah ongkos proses *material handling* dapat dilakukan dengan cara: menghapus langkah proses *material handling*, mekanisasi atau meminimalisasi jarak, [1].

Proses *material handling* yang menggunakan perangkat atau kendaraan yang dioperasikan oleh operator secara manual, memiliki kelemahan karena membutuhkan operator dan tidak mampu bergerak dari posisi awal ke tempat tujuan secara mandiri. Selain itu, proses transportasi yang digerakkan operator dikhawatirkan menimbulkan kecelakaan kerja yang disebabkan oleh kelalaian pekerja dalam pengoperasiannya.

Salah satu *equipment material handling* yang ada saat ini, yaitu *conveyor*. *Conveyor* adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lainnya. *Conveyor* banyak dipakai di industri untuk transportasi barang dengan jumlah yang sangat banyak dan berkelanjutan.

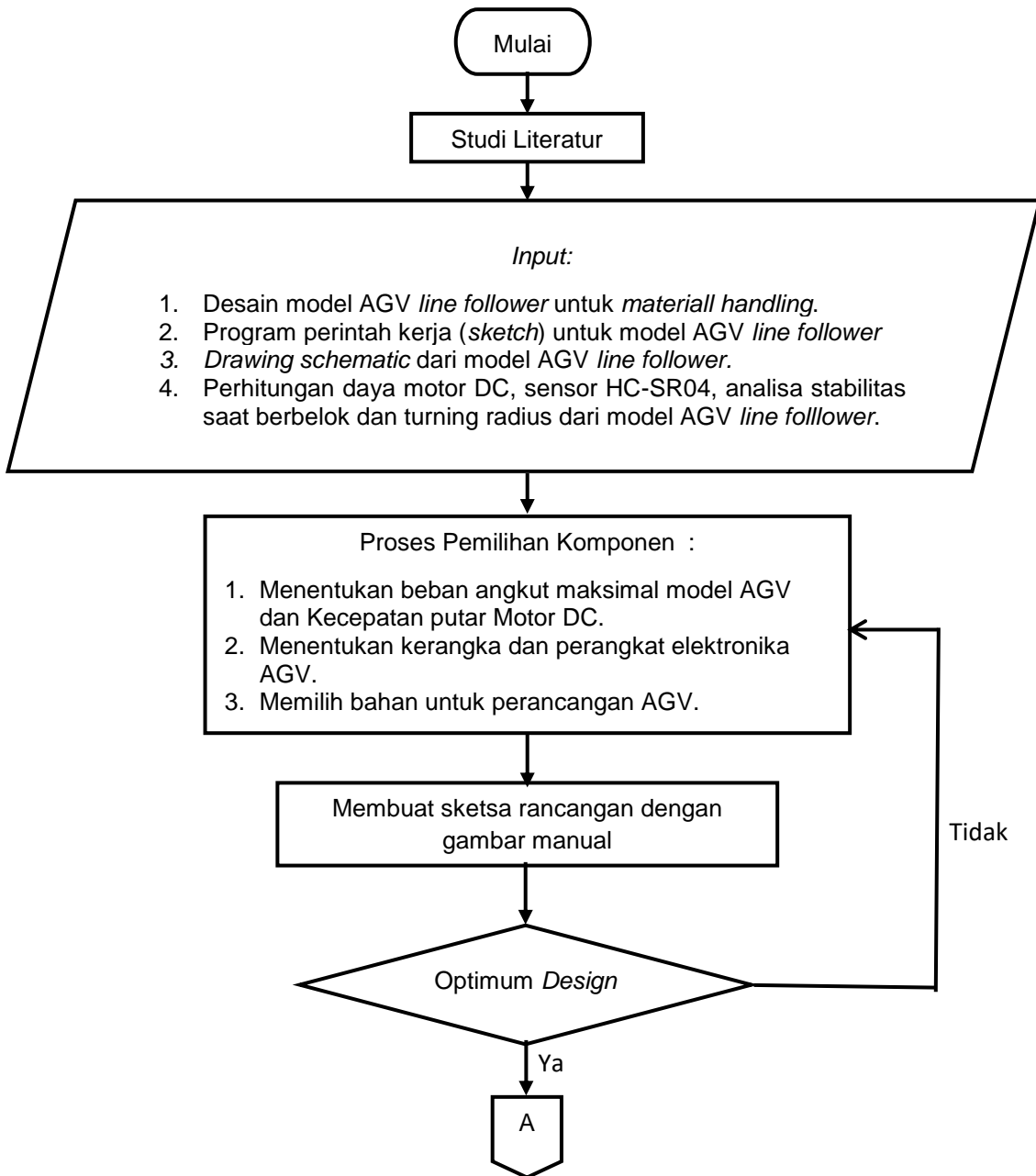
Dalam kondisi tertentu, *conveyor* banyak digunakan karena memiliki nilai ekonomis yang lebih baik dibandingkan transportasi dengan alat berat seperti truk dan mobil pengangkut. Kelemahan dalam aplikasi sistem *conveyor* ini, yaitu pertama, *layout* yang digunakan harus di posisi yang tepat agar memiliki nilai yang lebih ekonomis, jalur *conveyor* harus dibuat secara permanen dan harus menyediakan tempat khusus, sehingga perubahan *layout* di area produksi sangat sukar dilakukan karena harus merubah mekanisme kerja *conveyor* tersebut secara keseluruhan. Kedua, proses perpindahan yang terjadi yaitu barang bergerak terhadap jalur *conveyor*, sehingga menimbulkan gesekan-gesekan dan benturan antara barang terhadap sepanjang jalur *conveyor*, hal ini dapat menurunkan kualitas barang tersebut. Ketiga, jalur *conveyor* dengan *belt* harus dalam kondisi lurus, tidak bisa berbelok-belok secara drastis. Ada sudut elevasi maksimal sekitar 20-30 derajat, lebih dari itu barang yang di kirim akan merosot ke bawah, namun hal tersebut bisa teratasi dengan cara menambahkan sekat pada *belt*-nya.

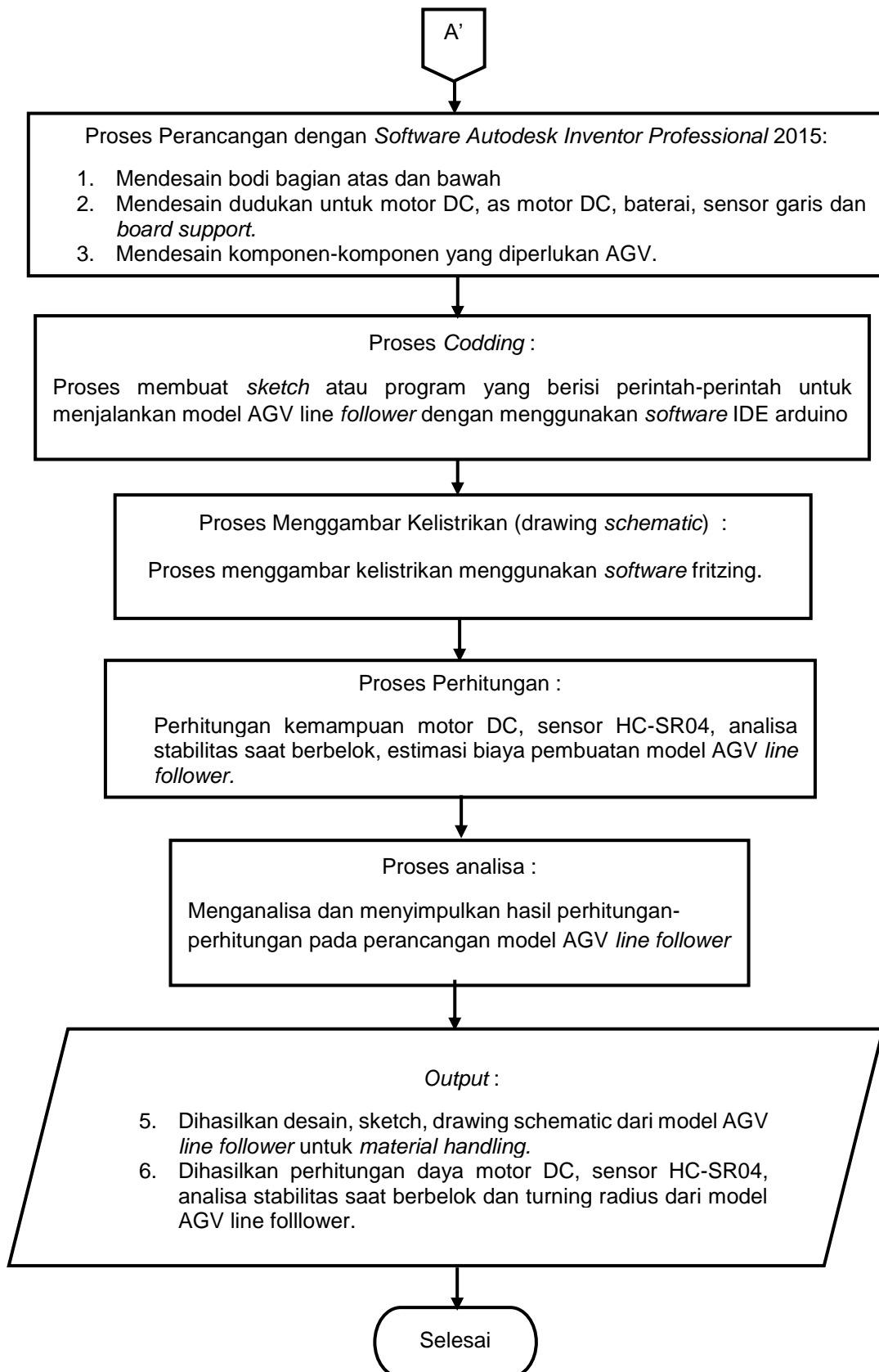
Dalam usaha mengurangi kelemahan-kelemahan yang disebutkan di atas, maka perlu mengaplikasikan sistem transportasi otomatis, seperti robot *Automated Guided Vehicle* (AGV) di industri tersebut. AGV adalah mobil robot *line follower* pengangkut barang berbasis mikrokontroler arduino mega 2560 yang dapat berjalan secara otomatis berdasarkan jalur yang telah ditentukan. Mobil robot diimplementasikan untuk mengangkut barang dari satu tempat ke tempat lain di area industri. Keunggulan implementasi dari AGV *line follower* dibandingkan *conveyor* untuk proses *material handling*, yaitu pertama, penerapan AGV *line follower* tidak memerlukan area atau jalur khusus, bahkan jalur AGV *line follower* dapat digunakan sebagai jalur untuk pejalan kaki. Kedua, sistem operasi AGV

line follower dapat di-*setting* dengan praktis, sehingga perubahan *layout* di area produksi dapat dilakukan sewaktu-waktu. Ketiga, ualitas barang dapat dipertahankan, karena barang ditempatkan di dalam *trolley* atau *box* sehingga aman dari gesekan dan benturan. Keempat, pergerakan AGV *line follower* sangat fleksibel, sehingga AGV line follower dapat diaplikasikan dengan menyesuaikan *layout* yang tersedia di ruang produksi tanpa mengurangi performa AGV *line follower* tersebut.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan proses perancangan ini dapat dilihat pada kerangka besar diagram alir di Gambar 2.1.





Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Perancangan Model AGV Line Follower

## 2.1 Alat, Bahan dan Software

### 2.1.1 Alat

1. Mistar
2. Jangka Sorong
3. Laptop

### 2.1.2 Bahan

#### a. Arduino Mega 2560

Secara fisik, arduino mega 2560 memiliki ukuran 2 kali lebih besar dari arduino uno, hal ini untuk mengakomodasi lebih banyak pin digital dan analog pada boardnya sehingga mampu mengendalikan banyak alat/ sensor/ aktuator. Arduino Mega 2560 mempunyai 54 pin digital berupa input dan output, (15 pin di antaranya adalah berupa output PWM), 16 pin input analog, 4 pin UART (serial port hardware), sebuah koneksi USB, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah ICSP header, sebuah power jack dan sebuah tombol reset, [2].

#### b. HC-SR04

HC-SR04 adalah sensor yang dapat digunakan untuk mengukur jarak penghalang dan sensor. Selain itu, sensor ini bisa diaplikasikan untuk *safety break* (pengereman otomatis), yaitu ketika *model AGV line follower* berhadapan dengan benda asing maka sensor HC-SR04 akan aktif untuk menghentikan laju AGV secara otomatis dan akan menjalankan laju *model AGV line follower* setelah benda asing tidak berada di jalur *model AGV line follower*. HC-SR04 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu *ultrasonic transmitter* dan *ultrasonic receiver*. Fungsi dari *ultrasonic transmitter* adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian *ultrasonic receiver* menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek. Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pemancar hingga sampai ke penerima sebanding dengan 2 kali jarak antara sensor dan bidang pantul, [3].

#### c. Sensor Garis

Sensor garis pada perancangan ini menggunakan sensor garis dengan menggunakan 12 photodiode dan 12 LED *superbright* 3 mm. LED *superbright* berfungsi sebagai penghasil cahaya yang diarahkan ke *guide path* berupa garis. Kemudian, pantulan yang dihasilkan oleh *guide path* tersebut diterima oleh *photodiode* untuk diolah, sehingga mengarahkan pergerakan *model AGV line follower* sesuai *guide path*.

#### d. Motor DC

Motor DC yang digunakan pada perancangan ini adalah motor DC *gearbox* 1000 RPM. Penambahan *gearbox* bertujuan untuk meningkatkan torsi motor DC tersebut, sehingga *model AGV line follower* mampu melaju dengan kecepatan stabil pada beban maksimum 4 kg.

#### e. Baterai

Baterai yang digunakan pada perancangan ini adalah baterai lipo 3S 12 volt. Baterai digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik pada sistem kelistrikan *model AGV line follower*.

#### f. Motor Driver

*Motor driver* yang digunakan pada perancangan ini adalah *Driver* motor Mosfet menggunakan sistem *H-Bridge*. *Driver* motor berfungsi sebagai piranti yang bertugas untuk menjalankan motor baik mengatur arah putaran motor maupun kecepatan putar motor.

**g. LCD**

LCD yang digunakan pada perancangan ini adalah LCD 16 X 2 sebagai monitor karakter pada robot.

**h. Ball Caster**

*Ball caster* sebagai penyangga bagian depan dari *model AGV line follower* karena ukurannya yang kecil sehingga tidak memerlukan tempat yang lebih besar. Meskipun *ball caster* ini hanya sebagai penyangga, tetapi laju AGV tetap stabil karena permukaannya yang sangat licin. Pemakaian *ball caster* hanya dianjurkan pada kondisi lintasan yang datar dan licin, seperti lantai rumah dan lantai pabrik yang sudah di cat permukaannya.

**i. Akrilik**

Akrilik yang digunakan pada perancangan ini adalah akrilik warna hitam dengan tebal 3 mm. Akrilik diaplikasikan sebagai bodi *model AGV line follower* yang dapat menampung komponen-komponen pendukung lainnya.

### 2.1.3 Software

**a. Autodesk Inventor Professional 2015**

*Autodesk Inventor Professional 2015* adalah *software* yang digunakan untuk proses menggambar perancangan *model AGV line follower* yang menyediakan fasilitas lengkap untuk memvisualisasikan model dalam 3D maupun 2D, gambar rakitan (*assembly*), gambar kerja (*drawing*) dalam bentuk digital.

**b. IDE Arduino**

IDE (*Integrated Development Environment*) arduino adalah sebuah *software* yang digunakan untuk membuat, membuka, mengedit, dan juga mevalidasi kode serta untuk mengunggahnya ke *board* arduino. Program yang digunakan pada arduino disebut dengan istilah "*sketch*".

**c. Fritzing**

*Fritzing* adalah *software* gratis yang digunakan untuk membuat gambar kerja kelistrikan (*drawing schematic*) dari peralatan elektronika. Sebelum menggunakan program *fritzing*, kita harus membuat model dengan menggunakan elektronika sebenarnya. Model tersebut dibuat di atas papan breadboard sehingga jika terjadi kesalahan akan mudah diperbaiki.

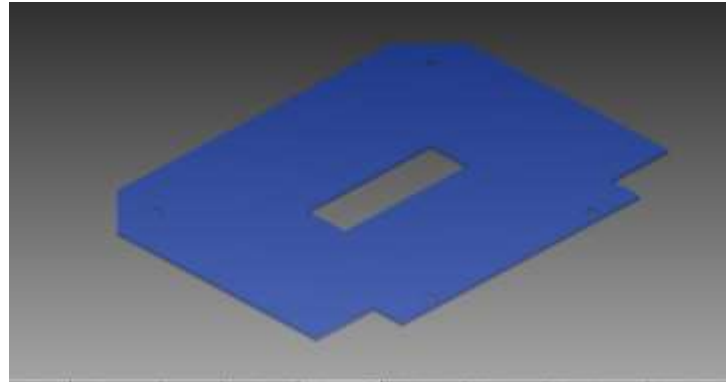
Cara penggunaan program ini sangat mudah. Kita hanya meniru model yang sudah dibuat pada *software fritzing*. *Drag* dan *drop* komponen pada area kerja yang disediakan *software fritzing*. Komponen yang disediakan pun lengkap, dari komponen dasar seperti resistor dan kapasitor sampai komponen yang lebih kompleks seperti IC dan berbagai macam mikrokontroler.

## 3. Hasil Perancangan

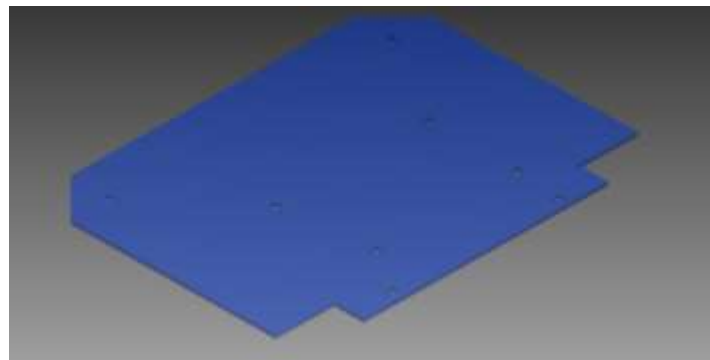
**a. Bodi Model AGV Line Follower**

Bodi yang digunakan pada perancangan ini terbuat dari bahan akrilik dengan tebal 2 mm. Pemilihan bahan ini bertujuan agar proses pembentukannya mudah dan tidak memerlukan biaya yang mahal, serta bobot dari *model AGV line follower* dapat diminimalisir. Seperti yang ditampilkan pada gambar 3.1, bentuk bodi dibuat berlubang persegi panjang bertujuan menyediakan ruang untuk papan tombol pada *board support*. Sedangkan pada bodi bagian bawah, dibentuk seperti yang ditampilkan pada gambar 3.2 untuk menampung komponen-komponen pendukung perancangan *model AGV line follower* seperti arduino mega 2560, sensor HC-SR04, dan *board support* dan lain-lain.





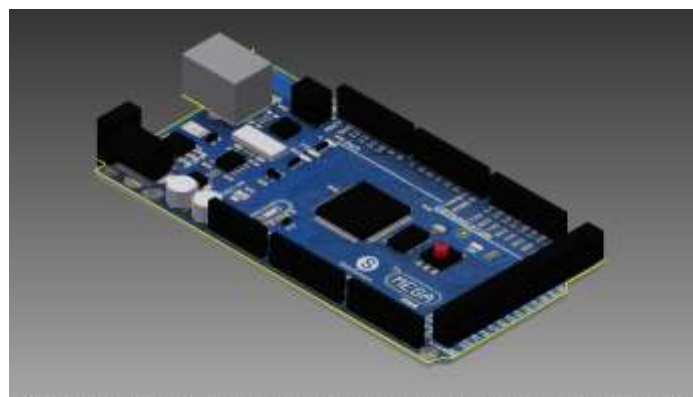
**Gambar 3.1** Desain Bodi Atas



**Gambar 3.2** Desain Bodi Bawah

**b. Arduino Mega 2560**

Arduino mega 2560 (lihat gambar 3.3) dipilih karena memiliki lebih banyak pin, sehingga bisa digunakan oleh lebih banyak alat atau sensor tambahan yang akan digunakan untuk keperluan *improvement*.

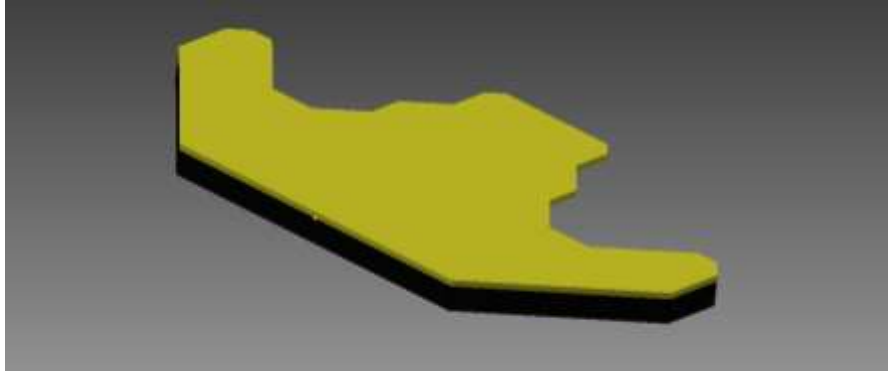


**Gambar 3.3** Desain Arduino Mega 2560

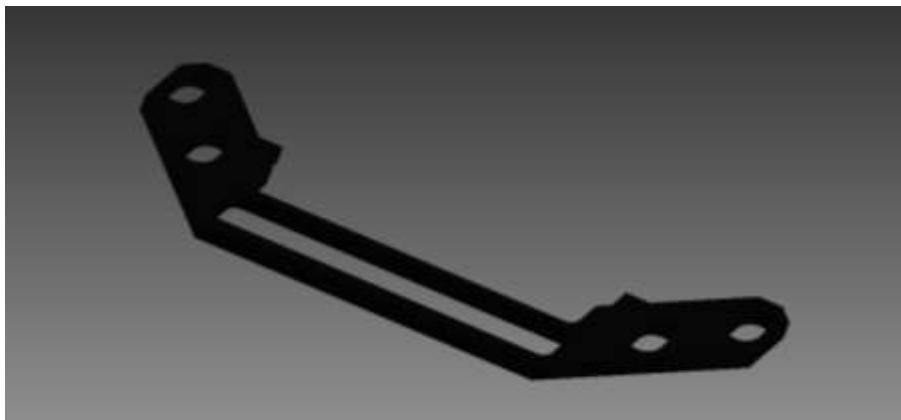
**c. Sensor Garis**

Pada perancangan ini, board sensor garis terbuat dari bahan akrilik dengan tebal 1,5 mm seperti yang ditampilkan pada gambar 3.4. *Board* sensor garis didesain untuk

menampung 12 LED *superbright* dan 12 *photodiode*. Penambahan busa seperti yang ditampilkan pada gambar 3.5 bertujuan untuk melindungi sensor garis tersebut dari benturan benda asing.



**Gambar 3.4** Desain *Board* Sensor Garis

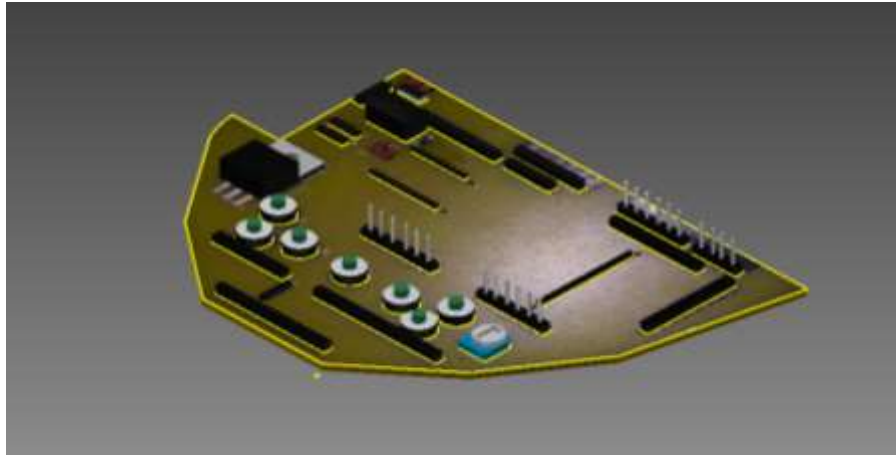


**Gambar 3.5** Desain Pelindung Sensor Garis

**d. Board Support**

*Board support* digunakan untuk mempermudah pemasangan pin arduino mega 2560 pada kabel-kabel jumper dan LCD 16 x 2. Pada *board* ini, terdapat tombol-tombol untuk mengoperasikan model AGV *line follower*. Adapun tampilannya, dapat dilihat pada gambar 3.6.

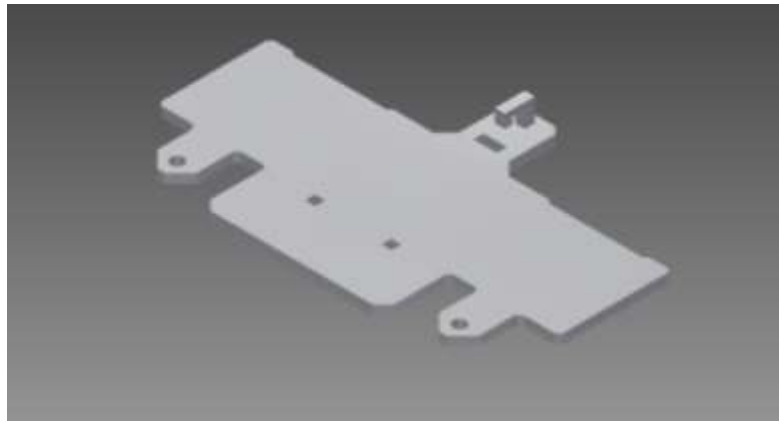




Gambar 3.6 Desain Board Support

**e. Dudukan motor DC**

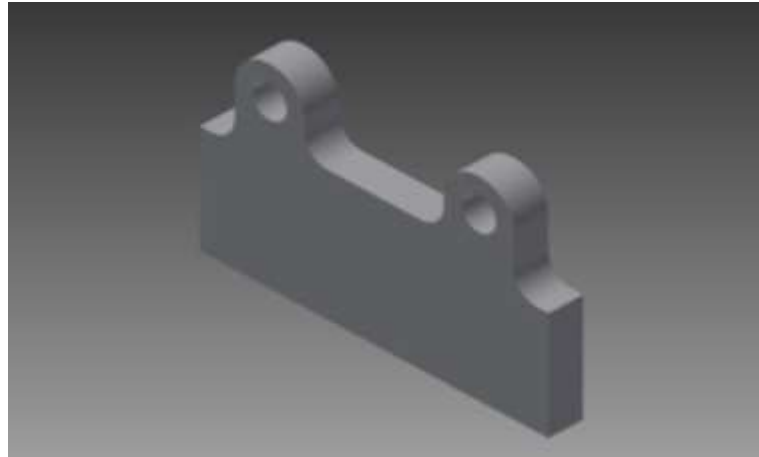
Dudukan motor DC terbuat dari bahan akrilik dengan tebal 3 mm. Dudukan ini didesain mampu menampung 2 buah motor DC pada bagian atasnya dan sebuah *motor driver* pada bagian bawahnya. Dudukan motor DC dihubungkan dengan bagian belakang dari bodi bawah. Pada bagian belakang dudukan, seperti yang ditampilkan pada gambar 3.7, dibentuk seperti pengait untuk mengaitkan *trolley* barang pada model AGV *line follower*.



Gambar 3.7 Desain Dudukan Motor DC

**f. Dudukan poros motor DC**

Desain dudukan poros motor DC dibuat seperti yang ditampilkan pada gambar 3.8, bertujuan supaya motor DC tidak mengalami perubahan posisi ketika beroperasi. Bahan yang digunakan pada dudukan poros motor DC ini adalah akrilik dengan tebal 3 mm.



**Gambar 3.8** Desain Dudukan Poros Motor DC

**g. Ban**

Pada perancangan ini, menggunakan ban mobil mainan berdiameter 60 mm seperti gambar 3.9 dan berbahan dasar karet. Sehingga traksi yang dihasilkan optimal.



**Gambar 3.9** Desain Ban

**h. Sensor ultrasonik HC-SR04**

Sensor ultrasonik HC-SR04 (lihat gambar 3.10) digunakan untuk *safety break*, yaitu apabila benda asing berada di jalur pergerakan model *AGV line follower*, maka motor DC akan melakukan pengereman secara otomatis.



**Gambar 3.10** Sensor HC-SR04

**i. Motor DC**

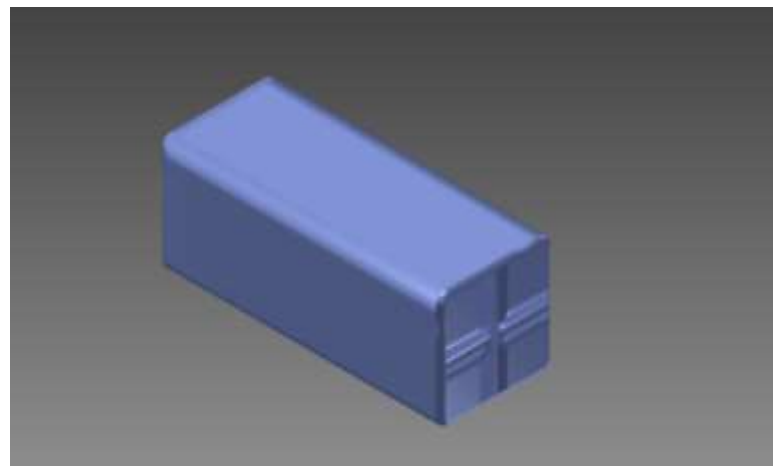
Motor DC seperti yang ditampilkan pada gambar 3.11, dikombinasikan dengan *gearbox* 1000 RPM, sehingga torsi yang dihasilkan motor DC lebih besar. Motor DC digunakan untuk memutar ban pada model AGV *line follower*. Fungsi lain motor DC pada perancangan ini adalah sebagai pengatur arah belok model AGV *line follower* dengan menggunakan perbedaan putaran. Misalnya, ketika model AGV *line follower* akan belok kanan, maka putaran motor DC sebelah kanan akan lebih cepat dibandingkan putaran motor DC sebelah kiri, berlaku pula sebaliknya.



**Gambar 3.11** Motor DC

**j. Baterai lipo 3S 12 volt**

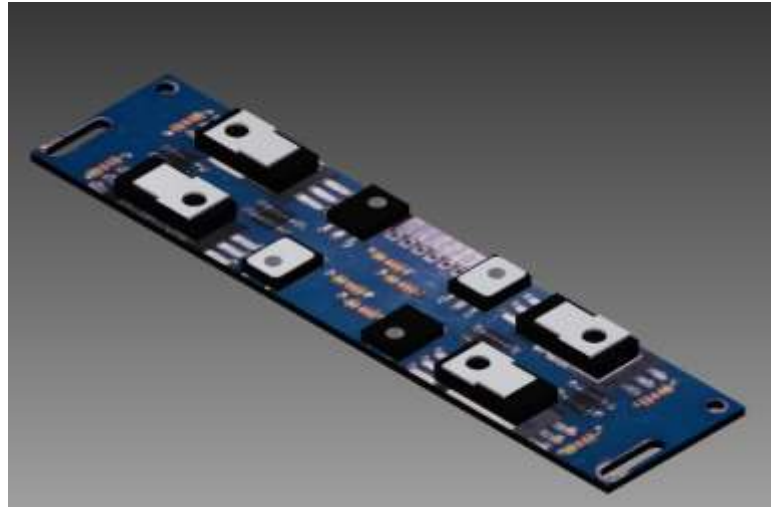
Baterai lippo 3S 12 volt dipilih karena memiliki kapasitas 850 mAh, sehingga mampu mencukupi kebutuhan kelistrikan model AGV *line follower* sekitar 2 jam. Selain itu, baterai ini bisa di-*recharge* untuk menambah daya kembali.



**Gambar 3.12** Desain Baterai Lipo 3S 12 volt

**k. Driver motor Mosfet menggunakan sistem H-Bridge.**

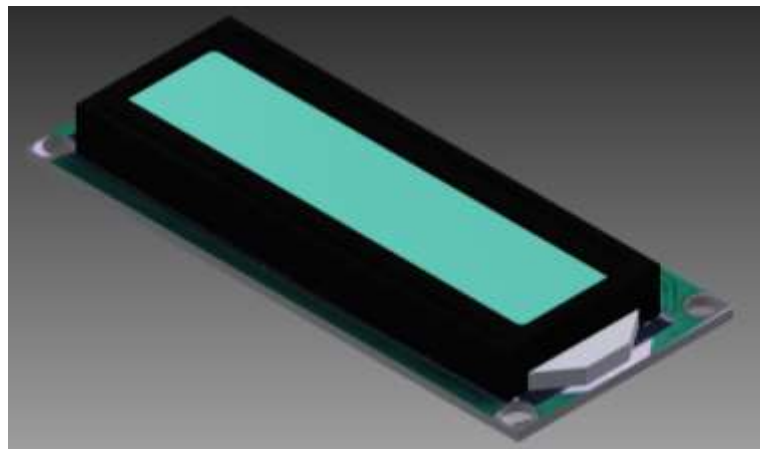
Driver motor digunakan untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor DC, sehingga memungkinkan model AGV *line follower* bergerak maju atau mundur. *Driver* motor dikombinasikan dengan transistor berjenis Mosfet, sehingga mampu dialiri arus yang besar dan dapat menghemat pemakaian daya. *H-Bridge* digunakan untuk menggerakkan motor DC. Tampilan *driver* motor mosfet menggunakan sistem *H-Bridge* dapat dilihat pada gambar 3.12.



**Gambar 3.12** Desain *Motor Driver* Mosfet Dengan Sistem *H-Bridge*

**I. LCD 16 X 2 sebagai monitor karakter pada robot.**

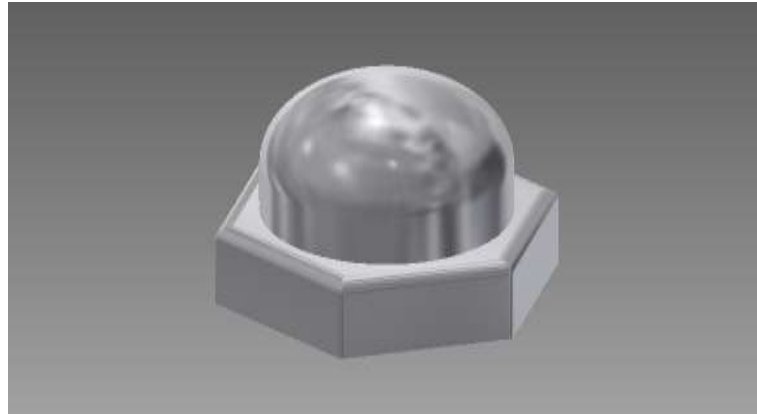
Pada perancangan ini, layar LCD digunakan untuk menampilkan karakter pada model *AGV line follower*. Pada layar LCD dapat mengontrol sensro garis yang mengalami problem ketikak beroperasi. Tampilan LCD 16 x 2 dapat dilihat pada gambar 3.13.



**Gambar 3.13** Desain LCD 16 X 2

**m. Ball Caster**

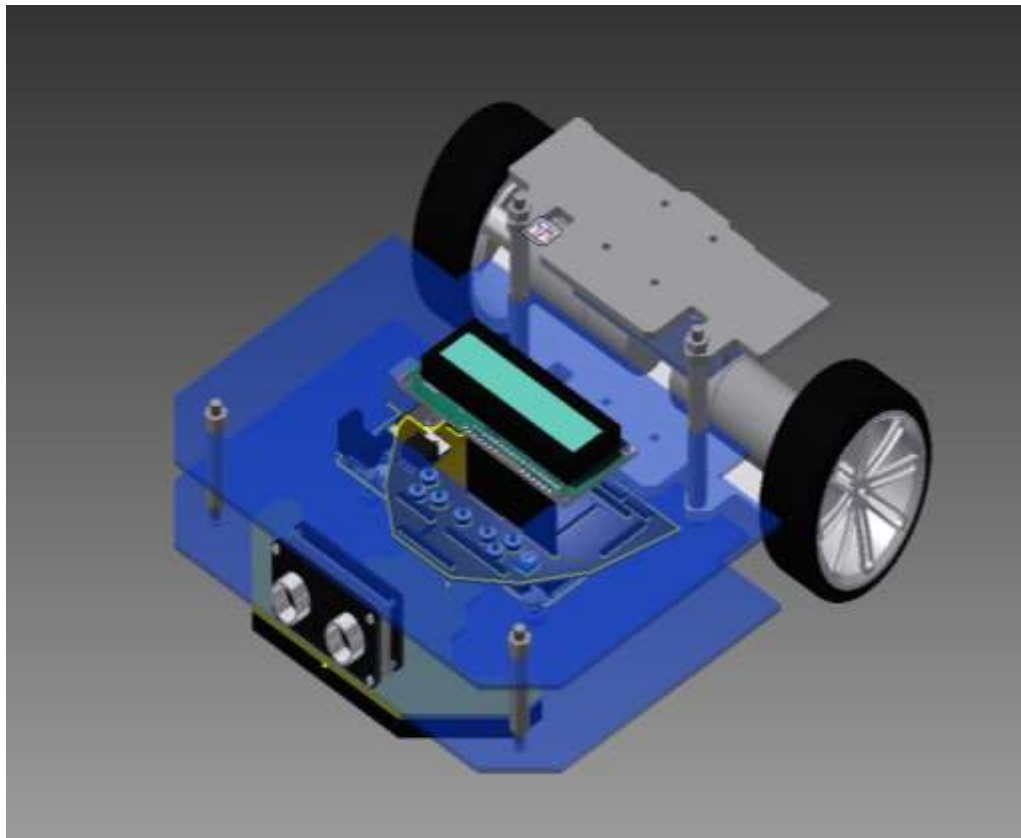
Pemilihan *ball caster* sebagai penyangga bagian depan dari model *AGV line follower* karena ukurannya yang kecil sehingga tidak memerlukan tempat yang lebih besar. Meskipun *ball caster* ini hanya sebagai penyangga, tetapi laju AGV tetap stabil karena permukaannya yang sangat licin. Pemakaian *ball caster* hanya dianjurkan pada kondisi lintasan yang datar dan licin, seperti lantai rumah dan lantai pabrik yang sudah di cat permukaannya.



Gambar 3.14 Desain *Ball Caster*

## 4. HASIL DAN PERANCANGAN

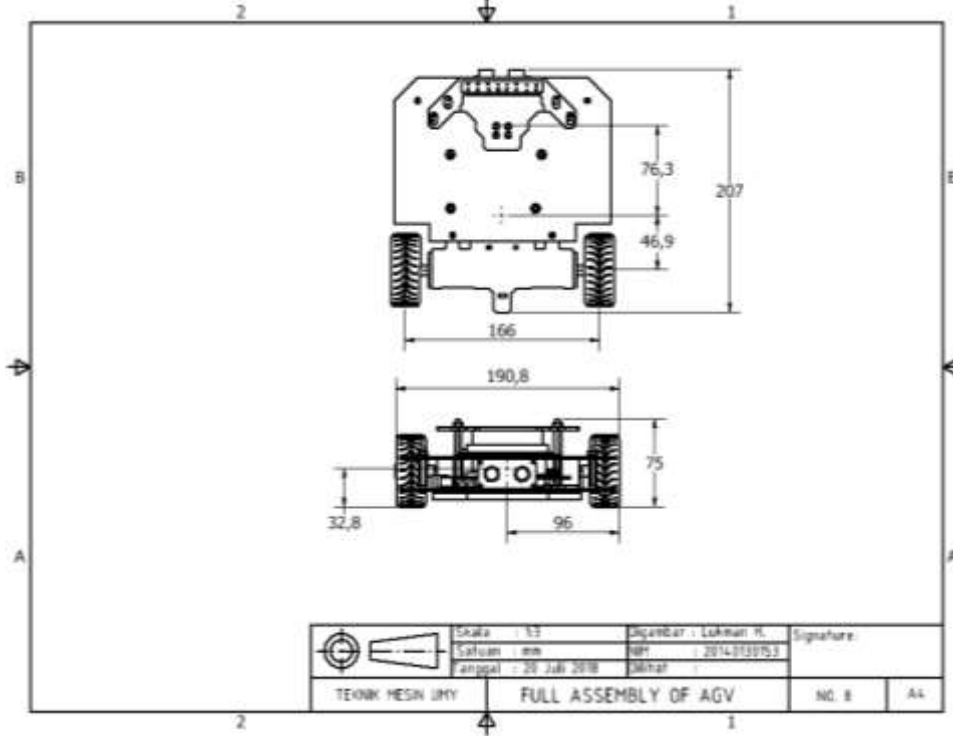
### 4.1 Desain Model AGV Line Follower



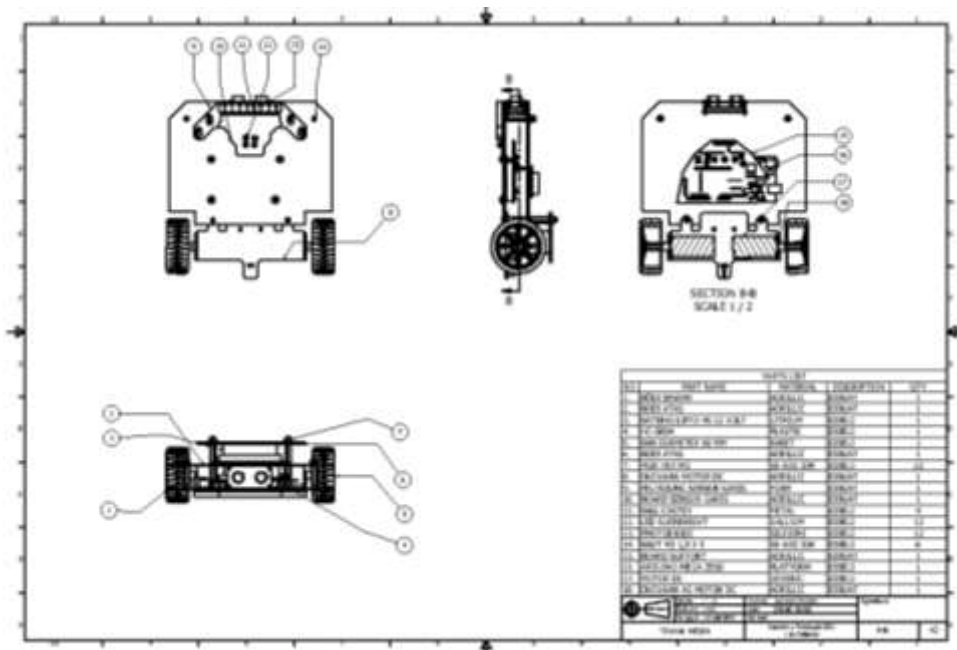
Gambar 4.1 Desain 3D Model *AGV Line Follower*

Pada desain perancangan yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dibuat simpel dengan bodi yang seramping mungkin tetapi masih bisa menampung komponen-komponen yang diperlukan pada perancangan ini. Pada perancangan ini digunakan 2 buah ban berdiameter 60 mm yang diletakkan di belakang dan 4 buah ban *ball caster* berukuran masing-masing 5 mm. LCD digunakan untuk menampilkan karakter. Di sekitar sensor garis diberikan *foam* untuk mencegah sensor garis tersebut bersentuhan langsung dengan lantai dan meminimalisir benturan dengan benda asing yang bisa dilewati oleh model *AGV line*

follower tersebut. Motor DC yang digunakan dikombinasikan dengan gearbox untuk meningkatkan torsi yang dihasilkan oleh motor DC tersebut. Untuk tampilan gambar kerja 2D Model AGV Line Follower dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2 Desain 2D Model AGV Line Follower



Gambar 4.3 Daftar Komponen Model AGV Line Follower

#### 4.2 HASIL PERHITUNGAN

##### a. Perhitungan Daya Motor DC Model AGV Line Follower

- Tahanan gelinding (*Rolling Resistance*)  
 $R_r = f \times W$  ..... 4.1 [4]

- Tahanan angin (*Air Resistance*)  
 $R_a = \frac{1}{2} \times \rho \times C_a \times A \times V_r^2$  (Kg) ..... 4.2 [4]

Dengan menggunakan persamaan 4.1 dan 4.2 dihasilkan daya motor penggerak (efektif) sebesar 0,0101 HP.

##### b. Perhitungan Pada Sensor HC-SR04

$$s = t \times \frac{34,4 \text{ cm}/\mu\text{s}}{2}$$
 ..... 4.3 [5]

Dengan menggunakan persamaan 4.3 diketahui waktu tempuh yang diperlukan gelombang ultrasonik dari transmitter ke receiver adalah 0,58 detik.

##### c. Analisa Stabilitas Model AGV line Follower Saat Berbelok

$$\Sigma F_y = F_{yf} + F_{yr} = \frac{M V^2}{R}$$
 ..... 4.4 [6]

Dengan menggunakan persamaan 4.4, diketahui nilai  $K_{us} = 0,079$  dan model AGV line follower memiliki jenis kondisi understeer saat berbelok serta turning radius (R) = 0,85 m untuk melakukan putar balik.

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan model AGV *line follower* untuk material handling, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain model AGV *line follower* memiliki dimensi ukuran panjang 207 mm, lebar 190,8 mm dan tinggi 75 mm. Komponen-komponen model AGV *line follower* dirakit dengan sambungan baut dan mur pada akrilik, sedangkan kabel-kabel disolder pada papan *board*.
2. Perhitungan kemampuan model AGV *line follower* diperoleh daya motor DC efektif sebesar 0,0101 HP, waktu tempuh gelombang ultrasonik pada sensor HC-SR04 adalah 0,58 detik dan turning radius yang didapat sebesar R = 0,85 m.
3. Model AGV *line follower* didesain menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2015* dan diprogram pada *software IDE arduino* untuk diberikan perintah kerja yang berkaitan dengan proses *material handling*. Model AGV *line follower* dapat menarik material angkut dengan beban maksimal 4 kg dengan kecepatan maksimal 18 km/jam. Komponen-komponen yang digunakan adalah sebagai berikut:
  - a. Bodi model AGV *line follower* terbuat dari bahan akrilik dengan tebal 2 mm.
  - b. Mikrokontroler arduino mega 2560.
  - c. Sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pengereman otomatis ketika ada benda yang menghalangi.
  - d. 12 sensor garis menggunakan photodiode dan LED *superbright* 3 mm.
  - e. Motor DC *gearbox* 1000 RPM.
  - f. Baterai lippo 3S 12 volt.
  - g. LCD 16 X 2 sebagai monitor karakter pada robot.
  - h. *Driver* motor mosfet menggunakan sistem *H-Bridge*.
  - i. Dua buah ban belakang diameter 60 mm.
  - j. Empat buah *ball caster* sebagai ban depan.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Egi. 2011. *Perancangan Tata Letak Lantai Produksi Di PT PLN (PERSERO) J & P Unit Produksi Bandung*. Jawa Barat: Universitas Komputer Indonesia.
- [2] Djuandi, Feri. 2011 dalam Rahmiati, Pauline dkk. 2014. *Implementasi Sistem Bluetooth Menggunakan Android Dan Arduino Untuk Kendali Peralatan Elektronik*. Jurnal ELKOMIKA. Vol. 2, No. 1.
- [3] Fahmizal. 2011. *Robot Line Follower Dengan Kendali PID-Fuzzy*. ([www.fahmizaleeits.wordpress.com](http://www.fahmizaleeits.wordpress.com), diakses 8 Oktober 2013)
- [4] Eckert, Jony Javorsky., Fabiol Mazziariol Santiciolli., Eduardo Dos Santos Costa., Mayara Rosa Merege., Franco Giuseppe Dedini. 2014. *Influence Of The Tires Pressure In The Vehicle Fuel Consumption*. VIII Congresso Nacional De Engenharia Mecanica Uberlandia – MG – Brasil.
- [5] Junaidi, Edi., dan Lilik Hasanah. 2015. Rancang Bangun Scanner 3D Menggunakan sensor Ultrasonik Dengan Tampilan Realtime Berbasis Mikrokontroler. *Fibusi (JoF)* Vol.3. No.2.
- [6] Maxwell, Thimoty T. 2006. *Steady State Cornering*. Texas Tech University