RANCANG BANGUN MODEL KERETA CEPAT DENGAN METODA MAGNETIK *LEVITATION* MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER SEBAGAI PENGGESER ELEKTROMAGNETIK

Satria Akil[1], Ayub Subandi [2]
[1,2] Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia, Jl. Dipati Ukur No. 112-116, Bandung 40132
[1]satriaakiel@gmail.com, [2]ayub.subandi@email.unikom.ac.id

ABSTRAK

Kereta cepat dengan metoda magnetic levitation merupakan suatu proses melayang kereta dengan memanfaatkan medan magnet, proses melayang kereta disebabkan ketika dua kutub yang sama didekatkan maka akan terjadi gaya tolak menolak antar magnet tersebut. Sistem utama yang digunakan adalah mikrokontroler Arduino Mega 2560. Salah satu fungsi utama Arduino Mega 2560 dalam perancangan untuk mengatur pergerakkan kumparan solenoid, sehingga kereta cepat dapat bergerak mengelilingi jalur rel kereta. Pada perancangan kereta cepat menggunakan komponen-komponen diantaranya Magnet Neodymium, MOSFET IRF520N dan hall effect sensor. Magnet neodymium berfungsi sebagai levitasi magnetik kereta. MOSFET IRF520N digunakan sebagai saklar kumparan solenoid. dan hall effect sensor A3144 digunakan untuk pengatur penyalaan dari kumparan solenoid. Hasil pengujian dari hardware secara keseluruhan menghasilkan kereta dapat bergerak mengelilingi jalur rel kereta, dengan memanfaatkan gaya elektromagnetik pada kumparan solenoid. Pergerakkan maju dan mundur kereta dapat diatur pada tombol panel dan pergeseran laju kereta dapat diatur dari slide potensiometer.

Kata kunci : Maglev, Magnet Neodymium, Hall effect sensor.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi transportasi saat ini merupakan suatu kebutuhan yang tidak dapat dipisahkan oleh manusia. Sehingga orang-orang banyak menggunakan transportasi yang cepat, agar dapat berpergian dengan waktu yang jauh lebih singkat. Karena itu orang-orang banyak beralih ke transportasi seperti Kereta Maglev (*Magnetic Levitation Train)* atau lebih dikenal dengan sebutan kereta cepat.

Kereta cepat merupakan kereta yang melayang secara magnetik. Proses melayangnya disebabkan oleh prinsip dasar magnet, apabila dua kutub yang sama didekatkan maka akan terjadi tolak menolak dari magnet tersebut begitupun sebaliknya. Proses ini lebih dikenal dengan sebutan levitasi magnetik, ketika dua kutub yang berbeda didekatkan maka akan terjadi tarik menarik antar magnet tersebut dengan prinsip ini kereta dapat bergeser.

Pada Tugas Akhir ini penulis tertarik untuk membuat sebuah perancangan model kereta cepat dengan metoda magnetik levitasi berbasis mikrokontroler. Mikrokontroler digunakan sebagai sistem utama serta pengontrol rangkaian elektronik dan kumparan solenoid digunakan sebagai penggeser dari kereta cepat yang akan diletakkan pada jalur rel kereta.

2. TINJAUAN PENUNJANG

2.1. Kereta Maglev

Kereta cepat adalah singkatan dari *Magnetically Levitated Trains* merupakan kereta api yang melayang secara magnetis. Sering juga disebut dengan kereta magnet. Adapun prinsip dari kereta cepat ini yaitu memanfaatkan gaya angkat magnetik pada rel kereta sehingga terangkat sedikit ke atas, kemudian gaya dorong dihasilkan oleh motor induksi. Oleh karena itu, kereta ini mampu melaju dengan kecepatan sampai 650 km/jam (404 mil/jam) jauh lebih cepat dari kereta konvensional lainnya [1].

2.2. Arduino Mega 2560

Physical computing adalah membuat sebuah sistem atau perangkat fisik dengan menggunakan *software* dan *hardware* yang sifatnya interaktif. Pembuatan *prototype* merupakan kegiatan yang sangat penting didalam proses *physical computing* karena pada tahap inilah seorang perancang melakukan eksperimen dan uji coba dari berbagai jenis komponen, ukuran, parameter, program komputer dan sebagainya berulang-ulang kali sampai diperoleh kombinasi yang paling tepat [3].

Dalam Tugas Akhir ini penulis akan menggunakan mikrokontroler berbasis Arduino Mega 2560. Dimana Arduino Mega 2560 memiliki 54 digital pin masukkan dan keluaran (15 pin dapat digunakan sebagai keluaran PWM), 16 *analog* masukkan, 4 UART (*hardware port serial*), 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, soket listrik, *header* ICSP, dan tombol *reset*. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau catu daya dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk memulainya. Arduino Mega 2560 papan kompatibel dengan sebagian pelindung yang dirancang untuk Uno dan papan bekas Duemilanove atau Diecimila [4].

2.3. Catu Daya

Prinsip kerja catu daya DC, arus listrik sering gunakan dirumah, kantor dan pabrik pada umumnya adalah dibangkitkan, di kirim dan didistribusikan ke tempat masing-masing dalam bentuk arus bolak-balik atau arus AC. Hal ini dikarenakan pembangkitan dan pendistribusian arus listrik melalui bentuk arus bolak-balik yang merupakan cara paling ekonomis dibandingkan dalam bentuk arus searah atau arus DC. Akan tetapi, pada peralatan elektronika yang kita gunakan sekarang sebagian besar membutuhkan arus DC dengan tegangan yang lebih rendah untuk pengoperasiannya [5].

2.4. Levitasi Magnetik

Levitasi magnetik merupakan sebuah proses melayang sebuah objek dengan memanfaatkan medan magnet. Dengan kata lain, hal ini menolak gaya gravitasi pada suatu benda dengan menggunakan medan magnet sebagai penangkat. Baik gaya tolakan magnet ataupun gaya tarikan yang dapat digunakan untuk membuat levitasi [6].

2.5. Elektromagnetik

Elektromagnetik adalah istilah yang digunakan dalam listrik untuk menciptakan medan magnet. Elektromagnetik merupakan sebuah bagian penting dalam motor listrik dan generator listrik. Kekuatan dari medan magnet yang diciptakan oleh elektromagnetik dapat bervariasi dari cukup lemah sampai sangat kuat. Sejumlah faktor, termasuk metode konstruksi dan kekuatan arus listrik, mempengaruhi kekuatan elektromagnetik [7].

2.5.1. Induksi Magnet

Oersted menunjukkan bahwa muatan yang bergerak dapat menimbulkan efek kemagnetan, sedangkan Faraday menunjukkan bahwa gerak magnet dapat menimbulkan arus listrik. Medan magnet adalah medan *vektor*, artinya besaran yang dilukiskan medan tersebut adalah besaran *vector*. Besaran vektor medan magnet ini biasanya disebut induksi magnet dan dinyatakan dengan vektor B [8].

2.5.2. Sumber Medan Magnetik

Sumber magnet yang paling awal dikenal dengan magnet permanen. Setelah Oersted mengumumkan penemuannya bahwa jarum kompas disimpangkan oleh arus listrik. Jean Baptiste Biot & Felix Savart mengumumkan hasil-hasil pengukuran mereka tentang gaya pada magnet didekat kawat panjang yang membawa arus listrik dan menganalisis hasil ini terhadap besaran medan magnetik yang dihasilkan oleh setiap elemen arus [9].

2.6. Hall Effect Sensor

Hall effect sensor adalah perangkat yang diaktifkan oleh medan magnet luar, diketahui bahwa medan magnet memiliki dua karakteristik penting kerapatan fluks, dan polaritas (kutub Utara dan Selatan). Sinyal keluaran dari *hall effect sensor* adalah fungsi dari densitas medan magnet di sekitar perangkat. Ketika kepadatan fluks magnetik di sekitar sensor melebihi batas maksimal yang telah ditetapkan tertentu, sensor mendeteksi dan menghasilkan tegangan keluaran yang disebut *Aula Voltage*, V_h. [10].

2.7. Solenoid

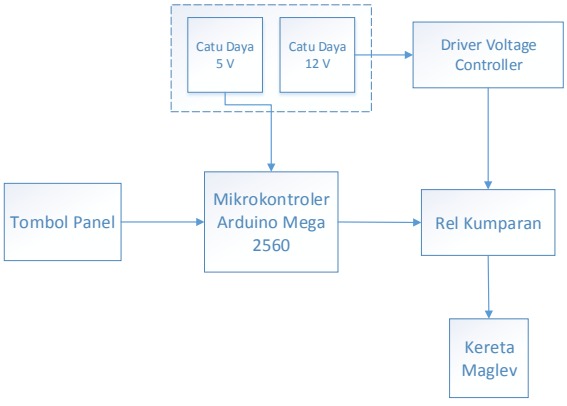
Solenoid merupakan gabungan banyak kawat melingkar. Garis medan didalam kumparan hampir paralel, terdistribusi *uniform* dan berdekatan. Semakin panjang solenoid, semakin *uniform* medan didalammya. Solenoid ideal jika kawat rapat dan panjangnya radiusnya. Sebuah kawat dibentuk seperti spiral yang selanjutnya disebut kumparan, apabila dialiri arus listrik maka akan berfungsi seperti magnet batang [11].

2.8. Driver Mosfet Sebagai Saklar

MOSFET merupakan salah satu jenis transistor yang memiliki impedansi masukan (*gate*) sangat tinggi. Hampir tidak terbatas sehingga dengan menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik, memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang jenis gerbang logika. Dengan menjadikan MOSFET sebagai saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi dan biaya yang lebih murah daripada menggunakan transistor bipolar [13].

3. PERANCANGAN

Pada perancangan sistem di bab ini ada beberapa blok diagram yang akan dijelaskan diantaranya, yaitu bagian tombol panel, catu daya, mikrokontroler, *driver voltage controller*, rel kumparan dan kereta maglev. Pada bagian Gambar 1. merupakan diagram blok sistem sistem secara umum. Berikut adalah penjelasannya:



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

1. Tombol Panel, merupakan antarmuka antara pengguna dengan alat. Dimana pada tombol panel ini terdapat beberapa tombol bagian diantaranya: tombol maju, tombol mundur, tombol penyalaan dari *hardware* dan tombol *slide potensiometer* berfungsi sebagai pengatur kecepatan dari kereta maglev.
2. Mikrokontroler, berfungsi sebagai sistem utama untuk pergerakkan kereta maglev dan sistem utama yang digunakan yaitu Arduino Mega R3.
3. Catu Daya, digunakan untuk menyuplai tegangan 5v terhadap Mikrokontroler Arduino Mega dan 12v kekumparan koil yang berada di rel kereta.
4. *Driver Voltage Controller*, pada tahap ini terdapat beberapa proses yang ada yaitu Pertama MOSFET IRF520N digunakan untuk mengontrol masing-masing *driver* kumparan solenoid dan *hall effect sensor A3144* digunakan untuk mendeteksi arah gerak kereta cepat.
5. Rel Kumparan, merupakan proses output yang berfungsi sebagai penggerak kereta maglev yang secara otomatis bergerak sesuai dengan inputan berdasarkan perintah dan intruksi oleh *user*.
6. Kereta cepat, merupakan kereta yang mengambang secara magnetik.

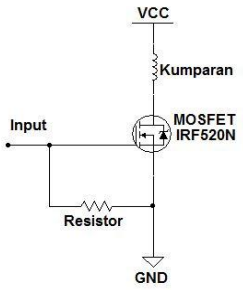
3.1. Perancangan Hardware

Pada proses perancangan *hardware* dibahas tentang mekanik alat yang akan dirancang dan rangkaian komponen mikrokontroler yang diperlukan dalam pembuatan tugas akhir ini. Penempatan komponen-komponen elektronika seperti kumparan solenoid, *driver* MOSFET sensor hall effect, dan desain penempatan *hardware* dari kereta maglev.

3.1.1. Kumparan Solenoid

Pada proses perancangan *hardware* ini akan difokuskan pada rangkaian *driver* kumparan koil, dalam perancangan ini akan menggunakan dua power supply. Yang pertama adalah power supply untuk rangkaian untuk rangkaian *driver* yang memiliki tegangan output 12 volt dengan arus 2A. yang kedua adalah *power supply* untuk mikrokontroler Arduino Mega yang memiliki tegangan output 5 volt dengan arus 1A.

Rangkaian *driver* kumparan solenoid akan dirancang seperti yang ditunjukkan Gambar 2. dibawah rangkaian tersebut merupakan gabungan dari beberapa rangkaian *driver* kumparan solenoid yang nantinya akan digabungkan dengan jumlah kumparan solenoid aktuator.

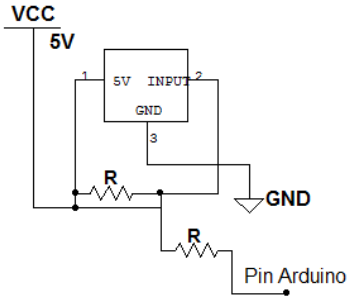


Gambar 2. Driver Kumparan Solenoid

Pada rangkaian *driver* kumparan tersebut menggunakan MOSFET IRF520N karena *driver* MOSFET IRF520N memungkinkan untuk menerima arus sebesar 1.4A, itu berarti bisa digunakan untuk mengaktifkan kumparan solenoid yang membutuhkan arus 1.4A. MOSFET IRF520N ini bisa digunakan untuk proses *switching*, yaitu ketika kereta melewati jalur kumparan maka kumparan solenoid akan aktif dan akan menghasilkan gaya dorong yang dihasilkan oleh electromagnet sehingga menyebabkan kereta maglev akan bergerak maju.

3.1.2. Sensor Hall Effect

Pada perancangan *hardware* kereta maglev lainnya juga membutuhkan sebuah sensor yang digunakan untuk mengontrol penyalaan dari kumparan solenoid, pada tugas akhir ini akan menggunakan Sensor Hall Effect dengan tipe A3144. Sensor Hall Effect A3144 digunakan untuk menghemat arus yang dibutuhkan oleh kumparan karena kumparan tersebut 12V dengan arus 2A, maka apabila tidak memakai sensor tersebut akan membuat kumparan solenoid akan cepat panas dan arus yang dibutuhkan juga harus yang lebih besar supaya dapat menyuplay kumparan solenoid.



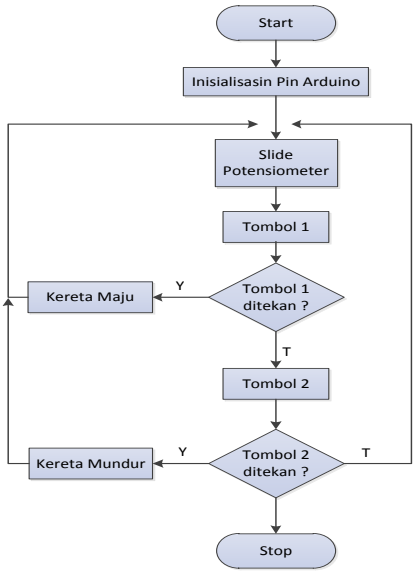
Gambar 3. Sensor Hall Effect

Rangkaian yang digunakan pada sensor hall effect sehingga bisa digunakan dengan satu pin arduino dengan empat *sensor hall effect*, kaki sensor hall effect A3144 ada tiga kaki pertama pin arduino, kaki ground, dan vcc 5 V. diantaranya kaki pin arduino dan vcc dipasang resistor 10KΩ. Setiap sensor dikaki sensor yang dimultiplexing empat dipasang resistor secara berurutan, sensor pertama

menggunakan resistor 330 Ω, sensor kedua dipasang resistor 1 KΩ, sensor hall effect selanjutnya dipasang resistor 4.7 KΩ dan sensor keempat juga dipasang resistor 10 KΩ.

3.1.3. Diagram Alir Kereta Cepat

Pada Gambar 4. menunjukkan diagram alir untuk kereta cepat menggunakan elektromagnetik yang diprogram menggunakan bahasa pemograman arduino. *Push button* yang terdapat pada tombol panel ini berfungsi sebagai pengatur pergerakkan dan laju dari kereta cepat yang akan memberikan perintah memulai maupun berhenti serta mengatur kecepatan kereta dari *slide potensiometer*. Kemudian mikrokontroler akan membaca perintah dari sensor, apakah sensor tersebut mengetahui posisi kereta berada dan ketika posisi kereta sudah diketahui maka kumparan solenoid yang berada di bawah kereta akan *aktif high*, lalu kereta akan melaju di rel kereta begitu selanjutnya hingga perintah berhenti pada saat *push button* ditekan.



Gambar 4. Flowchart Perancangan

4. PENGUJIAN DAN ANALISA

Sebelum membahas analisa ada beberapa tahap pengujian yang akan dibahas pada bab ini. Tahap-tahap yang dibahas yaitu pengujian perangkat *hardware*, pengujian pin-pin yang digunakan pada Arduino Mega, pengujian sensor yang digunakan pada alat, pengujian magnet sebagai levitasi, pengujian kumparan sebagai penggerak kereta, pengujian daya angkat dari magnet, pengujian jenis magnet yang akan digunakan pada alat dan pengujian power supply yang akan digunakan dan pengujian alat secara keseluruhan untuk membuat kereta dapat melayang dan bergerak dengan sumber kekuatan gerak dari kumparan solenoid.

4.1. Pengujian Hardware

Pengujian perangkat *hardware* yaitu pin-pin pada Arduino Mega digunakan sebagai data *output* yang dikirim ke *driver* kumparan solenoid disini menggunakan MOSFET IRF520N yang akan mengaktifkan kumparan solenoid. Pin yang digunakan adalah pin 22, 23, 24 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, dan 53, ada sebanyak 32 kumparan solenoid yang digunakan untuk pengerak kereta dan dua kumparan lagi digunakan sebagai pendorong awal dari kereta. Setiap pin mengeluarkan tegangan *ouput* 3,3V untuk mengaktifkan kumparan secara bergantian yang diatur oleh arduino mega.

Tabel 4.1 merupakan hasil dari pengukuran arus pada setiap kumparan solenoid dengan tegangan input yang diberikan berbeda-beda adapun diantaranya yaitu 5V, 7V, 9V, 10V dan 12V. Hal dilakukan untuk mengetahui tegangan minimum dan arus minimum yang dibutuhkan oleh kumparan solenoid untuk menggerekan kereta maglev. Arus kumparan solenoid yang bagus digunakan untuk menggerakkan kereta yaitu sebesar 1,34A dengan tegangan input 12V.

Tabel 4.1 Pengukuran Arus Kumparan

Aktuator	Tegangan Input				
	5V	7V	9V	10V	12V
Kumparan 1	0.57A	0.81A	1.0A	1.13 A	1.34 A
Kumparan 2	0.57A	0.80A	1.0A	1.12 A	1.33 A
Kumparan 3	0.58A	0.81A	1.1A	1.12 A	1.34 A
Kumparan 4	0.57A	0.81A	1.0A	1.12 A	1.34 A
Kumparan 5	0.57A	0.83A	1.0A	1.13 A	1.34 A
Kumparan 6	0.59A	0.82A	1.1A	1.15 A	1.32 A
Kumparan 7	0.56A	0.83A	1.0A	1.13 A	1.33 A
Kumparan 8	0.58A	0.82A	1.1A	1.12 A	1.34 A
Kumparan 9	0.57A	0.81A	1.0A	1.12 A	1.33 A
Kumparan 10	0.55A	0.83A	1.0A	1.13 A	1.34 A
Kumparan 11	0.54A	0.81A	1.0A	1.14 A	1.34 A
Kumparan 12	0.57A	0.80A	1.1A	1.11 A	1.34 A
Kumparan 13	0.59A	0.81A	1.0A	1.12 A	1.33 A
Kumparan 14	0.56A	0.81A	1.0A	1.13 A	1.33 A

Kumparan 15	0.58A	0.83A	1.1A	1.15 A	1.32 A
Kumparan 16	0.57A	0.82A	1.0A	1.13 A	1.33 A
Kumparan 17	0.55A	0.83A	1.1A	1.12 A	1.34 A
Kumparan 18	0.54A	0.82A	1.0A	1.12 A	1.35 A
Kumparan 19	0.57A	0.81A	1.0A	1.13 A	1.35 A
Kumparan 20	0.58A	0.82A	1.0A	1.14 A	1.34 A
Kumparan 21	0.57A	0.83A	1.1A	1.11 A	1.33 A
Kumparan 22	0.57A	0.82A	1.0A	1.12 A	1.32 A
Kumparan 23	0.59A	0.81A	1.1A	1.12 A	1.33 A
Kumparan 24	0.56A	0.83A	1.0A	1.13 A	1.33 A
Kumparan 25	0.56A	0.81A	1.0A	1.14 A	1.34 A
Kumparan 26	0.58A	0.80A	1.0A	1.11 A	1.34 A
Kumparan 27	0.57A	0.81A	1.1A	1.12 A	1.34 A
Kumparan 28	0.55A	0.80A	1.0A	1.13 A	1.33 A
Kumparan 29	0.54A	0.81A	1.1A	1.13 A	1.33 A
Kumparan 30	0.57A	0.81A	1.0A	1.14 A	1.34 A
Kumparan 31	0.59A	0.83A	1.0A	1.11 A	1.34 A
Kumparan 32	0.57A	0.81A	1.0A	1.12 A	1.34 A
Kualitas Magnet yang dihasilkan	Kurang Baik	Kurang Baik	Cukup Baik	Cukup Baik	Baik

4.2. Pengujian Gaya Tolak Kumparan

Pengujian gaya tolak kumparan ini pertama pengujian gaya tolak kumparan ini dilakukan dengan mencoba jenis kumparan dari solenoid *push pull* 12 Volt yang telah dirancang ulang kembali, adapun pengujian dilakukan dengan menggunakan catu daya variabel dengan mengatur tegangan sesuai dengan tabel yang telah ditentukan diantaranya V1= 4, V2= 9, V3= 10 dan V4= 12, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.2 Pengujian Kumparn

No	**Jenis Kumparan**	**Tegangan**			
		V1 = 8	**V2 = 9**	**V3= 10**	**V4 = 12**
1.	Kumparan solenoid 12V 2A	2.7 cm	2.9 cm	3.0 cm	3.2 cm

4.3. Pengujian Jalur Kereta

Setelah mengetahui jenis kumparan yang akan digunakan maka untuk itu dilakukanlah proses pengujian jalur kereta. Dimana proses ini merupakan hal terpenting supaya kereta dapat melayang dan bergerak mengelilingi jalur rel kereta, apabila pada jalur kereta ada jalur tidak rata. Ini akan membuat kereta akan sulit bergerak. Jalur kereta dibuat dengan ukuran panjang 74 cm, lebar 44 cm dan tinggi = 7 cm dengan ketebalan jalur akrilik sekitar 2 mm.

Dari hasil pengujian di atas dapat diperoleh jalur akrilik dapat dipasang dengan jalur kayu dengan menggunakan lem perekat agar penempatannya sesuai dengan perancangan dan pemasangan *driver* atau alat-alatnya yang dibutuhkan lainnya menjadikan kereta cepat lebih rapi. Dengan demikian, kereta maglev dapat mengelilingi jalur rel kereta dalam keadaan cepat maupun dalam keadaan pelan.

4.4. Pengujian Hall Effect Sensor

Pada proses pengujian *hall effect sensor* A3144 telah dilakukan beberapa kali percobaan, didapatkan hasilnya sensor berfungsi ketika jarak antara magnet dengan sensor sekitar 2 cm dan dapat membaca sensor magnet yang berada pada kereta, dengan syarat peletakkan sensor pada jalur kereta dipasang secara beraturan agar dapat membaca magnet yang diletakkan pada dinding kereta cepat dan penggunaan *array sensor* pada *hall effect sensor* di jalur kereta cepat berfungsi sesuai dengan perancangan yang diharapkan.

4.5. Pengujian MOSFET

Pada proses pengujian *driver* kumparan solenoid yang telah direncanakan sebelumnya maka digunakan tipe MOSFET IRF520N. Setelah dilakukan beberapa kali pengujian terhadap MOSFET tersebut didapatkan hasilnya MOSFET bekerja baik terhadap kumparan solenoid. Ketika tegangan 12 Volt MOSFET tetap stabil dan MOSFET tidak panas sama sekali. Dengan demikian pemilihan MOSFET IRF520N sangat pembantu dalam penyalaan kumparan solenoid secara keseluruhan.

4.6. Pengujian Alat Pergerakkan Kereta

Pengujian untuk bergerak maju mengelilingi jalur rel kereta, pertama apabila program, kumparan dan sensor telah diaktifkan, lalu posisi kereta telah diletakkan di posisi awal maka, ketika menekan tombol panel maju kereta akan bergerak maju. Kecepatan dari kereta cepat diatur oleh tombol panel di *slide potensiometer*, apabila *slide potensiometer* digerakkan maka pergerakkan maupun laju kereta cepat akan semakin cepat

begitupun, sebaliknya kereta akan mengurangi kecepatan.
Pergerakkan maju dan mundur dari kereta maglev harus berada pada posisi *start*, karena pada posisi tersebut sudah ditambahkan kumparan solenoid sebagai pengerakkan awal maju atau mundur kereta. Begitu juga dengan pergerakkan kereta mundur ketika sensor membaca posisi kereta maka kumparan diaktifkan dan kereta akan bergerak mundur setelah tombol panel ditekan. Dengan demikian setelah dicobakan pengujian kereta cepat didapatkan, pergerakkan kumparan solenoid serta pembacaan dari *hall effect sensor* terhadap kereta sesuai dengan yang diinginkan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagaimana berikut:

1. Berdasarkan dari Tabel 4.1 arus yang dibutuhkan agar kumparan solenoid dapat berfungsi dengan baik maka elektromagnetik yang dihasilkan yaitu sebesar 1.33A dengan tegangan masukkan 12 Volt.
2. Dengan adanya alat ini membuktikan bahwa levitasi magnetic dapat mengurangi gaya gesek antar jalur maupun kereta dan kereta ini memiliki gaya pendorong dari elektromagnetik dapat menghemat dari kereta konvensional yang masih menggunakan bahan bakar.
3. Kereta dapat mengelilinggi rel kereta dengan kecepatan dari kereta dapat diatur oleh pengguna. Dan pergerakkan maju dan mundur kereta cepat harus berada pada posisi awal.

Saran untuk pengembangan kedepan adalah perlu dikembangkan lagi model perancangan dari kereta maglev ini kereta bersifat aktif, maka jalur rel kereta bisa dibuat lebih panjang dan bervariasi. Serta penambahan sensor kecepatan dan lcd tampilan hasil agar mengetahui kecepatan dari kereta maglev.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] *Teknologi Kereta Cepat*, diakses pada tanggal 12 April 2016, dari word wide web: http://documents.tips/documents/teknologi-kereta-maglev.html.

[2] *Kereta Api Maglev*, diakses pada tanggal 12 April 2016 dari word wide web: http://documents.tips/documents/kereta-api-maglev.html.

[3] *Pengenalan Arduino*, diakses pada tanggal 15 April 2016, dari word wide web: http://tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.html.

[4] *Arduino Mega 2560*, diakses pada tanggal 29 Agustus 2016, dari word wide web: https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560.

[5] *Prinsip Kerja DC Power Supply (Adaptor)*, diakses pada tanggal 21 April 2016 dari word wide web: http://teknikelektronika.com/prinsip-kerja-dc-power-supply-adaptor/.

[6] *Levitasi Magnet Adalah Proses Melayang Objek Dengan Memanfaatkan Magnet*, diakses pada tanggal 16 April 2016, dari word wide web: http://dokumen.tips/documents/levitasi-magnetik-adalah-proses-melayang-objek-dengan-memanfaatkan-magnet.html.

[7] *Penjelasan Sederhana Elektromagnetik*, diakses pada tanggal 16 Juni 2016, dari word wide web: http://ilmualam.net/penjelasan-sederhana-elektromagnet.html.

[8] Soeharto, Drs (1992), Fisika Dasar II Buku paduan mahasiswa. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.

[9] Tipler, Paul. A (2012), Fisika Untuk Sains dan Teknik. Jakarta: Gramedia.

[10] *Hall Effect Sensor*, diakses pada tanggal 21 April 2016, dari word wide web:http://www.electronics-tutorials.ws/electromagnetism/hall-effect.html

[11] *Medan Magnet pada Solenoida*, diakses pada tanggal 16 April 2016, dari word wide web: http://materifisika.com/Bahan_Ajar/5_MEDAN%20MAGNET/512kuat_medan_magnet_untuk_solenoida_dan_toroida.html

[12] *Gaya Lorentz*, diakses pada tanggal 21 Agustus 2016, dari word wide web: http://bahasapedia.com/gaya-lorentz/.

[13] *MOSFET Sebagai Saklar*, diakses pada tanggal 16 Juni 2016, dari word wide web: http://elektronika-dasar.web.id/MOSFET-sebagai-saklar/