

**PERANCANGAN TATA LETAK PCB DENGAN METODE GROUNDING UNTUK  
MODUL SENSOR GY-521 SEBAGAI ALAT DETEKSI KERETA API**

**DESIGN PCB LAYOUT USING GROUNDING METHOD FOR SENSOR MODULE  
GY-521 AS TRAIN DETECTION DEVICE**

Muhammad Faqihuddin Ma'rif<sup>1</sup>, Mohamad Ramdhani<sup>2</sup>, Ahmad Sugiana<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[mfaqihuddinm@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:mfaqihuddinm@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[mramdhani@telkomuniversity.ac.id](mailto:mramdhani@telkomuniversity.ac.id),  
<sup>3</sup>[ahmadsugiana@telkomuniversity.ac.id](mailto:ahmadsugiana@telkomuniversity.ac.id)

---

**Abstrak**

Alat deteksi kereta api yang sedang dikembangkan oleh Balai Yasa Sinyal Telekomunikasi dan Listrik PT. Kereta Api Indonesia Daerah Operasi 2 Bandung (Balai Yasa SINTEL PT. KAI DaOp 2 Bandung) menggunakan modul sensor GY-521, Arduino Nano, relay, dan DC/DC adapter sebagai komponennya. Dengan komponen-komponen tersebut sebagai penyusunnya, alat deteksi kereta api tersebut bisa digolongkan sebagai alat komputasi digital yang harus memiliki electromagnetic compatibility (EMC) yang baik. Metode yang digunakan untuk mengurangi noise tegangan adalah metode grounding.

Berdasarkan hasil pengujian, PCB yang dirancang dan diimplementasikan dapat mengurangi noise tegangan pada ground hingga batas tegangan yang dapat ditolerir pada sebuah sistem rangkaian digital. Hal ini dapat ditunjukkan dengan pengujian yang dilakukan dengan cara mengukur tegangan pada pin output pada arduino yang terhubung dengan relay. Tegangan pada pin output tidak melebihi 500mV pada PCB yang dibuat tanpa mempertimbangkan EMC.

Kata kunci: Grounding, EMI, EMC, gangguan tegangan.

---

**Abstract**

Railroad detection equipment that is being developed by the Telecommunication and Electricity Signal Center PT. Indonesian Railroad Region 2 Operation Bandung (SINTEL PT. KAI DaOp 2 Bandung Yasa) uses the GY-521 sensor module, Arduino Nano, relay, and DC / DC adapter as its components. With these components as constituents, the train detection device can be classified as a good digital computing device that has good electromagnetic compatibility (EMC). The method used to reduce voltage noise is the grounding method.

Based on the results of testing, PCBs that are designed and implemented can reduce voltage noise on the ground to the voltage limit that can be tolerated on a digital circuit system. This can be indicated by testing carried out by measuring the voltage on the output pin on the Arduino connected to the relay. The voltage at the output pin does not exceed 500mV on the PCB made without considering EMC.

Keywords: Grounding, EMI, EMC, voltage interference. Keywords:

---

**1. Pendahuluan**

Kereta api merupakan salah satu transportasi yang tersedia di Indonesia. Tidak seperti transportasi lainnya, kereta api bergerak pada rel yang tetap. Hal itu menjadikan kereta api rentan terhadap tabrakan. Maka dari itu dibutuhkan sistem sinyal telekomunikasi dan listrik yang baik untuk mencegah tabrakan.

Dalam sistem sinyal telekomunikasi dan listrik kereta api dibutuhkan alat deteksi kereta api untuk mengetahui lokasi kereta api. Dengan mengetahui lokasi kereta api, pengaturan alokasi dan pengkondisian rel

kereta dapat dilakukan dengan lebih optimal. Jika suatu rel sedang digunakan oleh sebuah kereta api, atau jalur rel sedang tidak dapat dilewati, maka tanda tidak boleh melintas diberikan kepada kereta api yang hendak melintas. Tanpa mengetahui lokasi kereta api yang hendak melintas, pengaturan dan pengkondisian rel akan memakan waktu lebih lama, tidak efektif dan efisien.

Sistem persinyalan kereta yang digunakan oleh Balai Yasa Sinyal Telekomunikasi dan Listrik PT. Kereta Api Indonesia (KAI) Daerah Operasi II (SINTEL PT.KAI DaOp 2) Bandung terdiri dari sistem persinyalan listrik, listrik-mekanik dan mekanik. Sistem persinyalan mekanik menggunakan alat deteksi kereta mekanik SILEX dan memberikan tanda kepada kereta api yang hendak melintas secara mekanik juga. Sistem persinyalan listrik sudah sepenuhnya menggunakan perlengkapan dengan tenaga listrik, seperti alat deteksi kereta elektrik, papan semboyan dengan LED, juga sistem interlocking yang sudah terkomputerisasi.

Alat deteksi kereta api pada sistem persinyalan listrik merupakan alat yang terdiri dari modul sensor GY-521, Arduino Nano, relay, pengkondisi tegangan DC/DC, dan sumber tegangan. Alat deteksi kereta api yang saat ini dikembangkan oleh Balai Yasa SINTEL PT.KAI DaOp 2 Bandung belum memiliki rancangan tata letak printed circuit board (PCB) berbasis electromagnetic compatibility (EMC) dan masih rentan interferensi elektromagnetik (EMI).

Oleh karena itu dalam penelitian ini dibahas tentang perancangan tata letak PCB berbasis EMC agar alat deteksi memiliki gangguan (noise) tegangan kurang dari 500mV. Dengan begitu diharapkan dapat meningkatkan reliabilitas kinerja alat deteksi kereta, dan dapat meningkatkan kinerja sistem persinyalan kereta pada Balai Yasa SINTEL PT.KAI DaOp 2 Bandung.

## **2. Dasar Teori dan Perancangan**

### **2.1 *Electromagnetic Compatibility (EMC)***

EMC adalah kemampuan yang dimiliki suatu sistem elektronik untuk berfungsi dengan baik di lingkungan elektromagnetik yang diperuntukkan dan tidak menimbulkan polusi elektromagnetik ke lingkungan tersebut. Maka dari itu EMC terbagi menjadi dua bagian, emisi dan kerentanan [6].

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam mengurangi noise dan meningkatkan EMC sebuah alat. Metode tersebut diantaranya adalah shielding, grounding, balancing, filtering, isolation, separation and orientation, circuit impedance level control, cable design, cancellation technique (domain waktu maupun frekuensi) [6].

Rangkaian digital memiliki ketahanan yang lebih tinggi dari alat elektronik yang bekerja secara analog. Rangkaian digital menggunakan sistem level tegangan HIGH dan LOW, dimana HIGH merupakan tegangan tertinggi sistem dan LOW merupakan tegangan terendah pada sistem. Rangkaian digital dengan tegangan

operasional 3v memiliki definisi HIGH sekitar 3v dan LOW sekitar 0v. Sehingga rangkaian digital memiliki ketahanan noise tegangan hingga 500mv [7].

## 2.2 Metode Grounding

Grounding adalah salah satu cara utama untuk meminimalisir noise yang tidak diinginkan. Penggunaan grounding dan cabling yang baik, jika digabungkan, dapat menyelesaikan sebagian besar permasalahan noise [7].

Beberapa metode grounding yang sering digunakan adalah sistem single-point ground, ground tipe grid, dan ground fungsional. Single-point ground adalah tipe ground yang umumnya digunakan dalam perancangan PCB dikarenakan kemudahan dalam perancangannya. Single-point ground terdiri dari dua tipe yaitu koneksi seri dan parallel. Ground dengan koneksi seri biasa juga disebut common ground, sedangkan koneksi paralel biasa juga disebut sistem ground terpisah [6].

## 2.3 Rangkaian Digital

Rangkaian digital adalah rangkaian elektronika yang bekerja dengan menggunakan tingkat tegangan pada sistem rangkaian digital terbagi menjadi dua kategori yaitu LOW dan HIGH. Tingkat tegangan yang bernilai LOW maupun HIGH berbeda beda pada setiap rangkaian digital. [9]

Arduino Nano v3 oleh Robotdyn menggunakan tegangan operasional dengan tingkat tegangan 5v. Arduino Nano tersebut mengklasifikasikan tegangan bernilai logika HIGH bila tegangan pada pin input maupun output lebih dari 3.0 v. Sedangkan logika bernilai LOW jika tegangan pada pin tidak melebihi 1.5 v. Arduino Nano berkomunikasi secara digital dengan modul sensor GY-521. Modul sensor GY-521 bekerja dengan tingkat tegangan 3.3 v. Nilai keluaran yang diberikan modul sensor tersebut saat logika HIGH berupa tegangan dengan tingkat tegangan melebihi 3.02 v. Sedangkan keluaran modul sensor bernilai LOW dengan tingkat tegangan tidak melebihi 1.2 v. [9]

Sinyal yang dihasilkan oleh modul sensor GY-521 berada pada tingkat tegangan sekitar 3.3v, dan arduino nano membaca nilai logika sebagai HIGH jika tegangan pada pin input berada pada tingkat > 3v. Jika nilai tegangan keluaran dari modul sensor GY-521 yang sebesar 3.3 v terganggu oleh gangguan tegangan yang lebih dari 500 mv, sehingga nilai tegangan yang diterima pin input arduino nano < 3v maka akan menimbulkan salah pembacaan data. Tingkat tegangan yang seharusnya terbaca oleh arduino nano sebagai HIGH bisa menjadi terbaca LOW.

## 2.4 Arduino Nano v3 oleh Robotdyn

Arduino Nano adalah salah satu hardware Arduino yang memiliki unit prosesor utama berupa ATmega328P. Dalam papan Arduino Nano juga terdapat dua clock eksternal berupa osilator keramik yang membantu ATmega328P bekerja dengan kecepatan 12MHz atau 16MHz. Dengan begitu Arduino Nano dapat dikategorikan sebagai alat komputasi yang rentan terkena maupun menghasilkan noise [8].

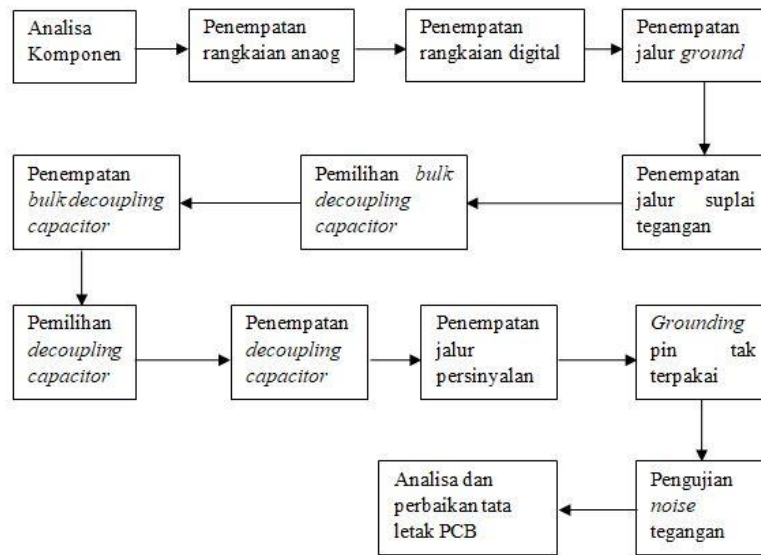
## 2.5 IMU GY-521 MPU6050

Modul sensor GY-521 adalah alat elektronik yang di dalamnya terdapat sensor MPU-6050. Data digital yang didapat dari hasil pembacaan sensor MPU-6050 kemudian dikirimkan melalui I2C bus [9]. Dalam kasus ini, data dikirimkan dari modul sensor GY-521 kepada Arduino Nano v3 oleh RobotDyn dengan kecepatan pengiriman data paling rendah sebesar 258 KHz [9].

## 2.6 Relay 5v

Relay adalah saklar elektromagnetik yang dioperasikan dengan arus listrik yang relatif kecil dan dapat menyalakan atau memutus arus listrik yang jauh lebih besar. Inti dari sebuah relay adalah sebuah elektromagnet (sebuah kumparan yang menjadi magnet sementara ketika dialiri arus listrik). Sebuah relay dapat dimisalkan sebagai tuas elektrik [11].

## 2.7 Perancangan Sistem



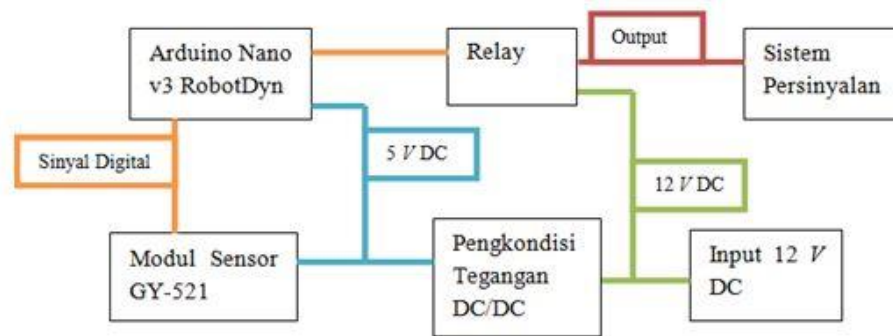
Gambar 1. Diagram Alur Perancangan Sistem

### 2.7.1 Diagram Blok

Alat deteksi kereta api terdiri dari beberapa komponen yaitu modul sensor GY-521, Arduino Nano v3 RobotDyn, Relay, pengkondisi DC/DC, tegangan input 12 V DC, dan output berupa rangkaian pada sistem persinyalan kereta api yang terhubung dengan relay namun terpisah dari rangkaian alat.

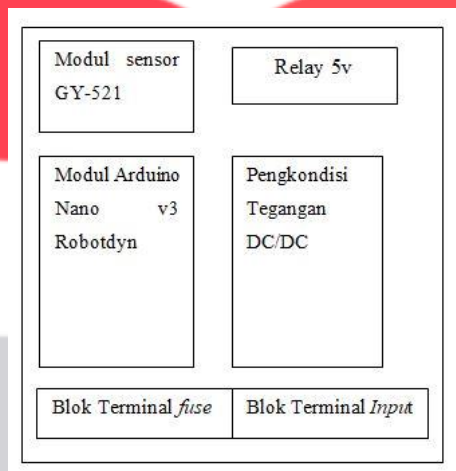
Input tegangan sebesar 12 V DC didapatkan dari sistem persinyalan kereta api di kawasan Daerah Operasi II Bandung PT. KAI. Tegangan 12 V DC tersebut kemudian diubah menjadi 5 V DC oleh pengkondisi tegangan DC/DC dan menjadi suplai tegangan untuk Arduino Nano dan modul sensor GY-521.

Input tegangan sebesar 12 V DC didapatkan dari sistem persinyalan kereta api di kawasan Daerah Operasi II Bandung PT. KAI. Tegangan 12 V DC tersebut kemudian diubah menjadi 5 V DC oleh pengkondisi tegangan DC/DC dan menjadi suplai tegangan untuk Arduino Nano dan modul sensor GY-521.



Gambar 2. Diagram Blok Alat Deteksi Kereta Api.

### 2.7.2 Tata Letak Komponen



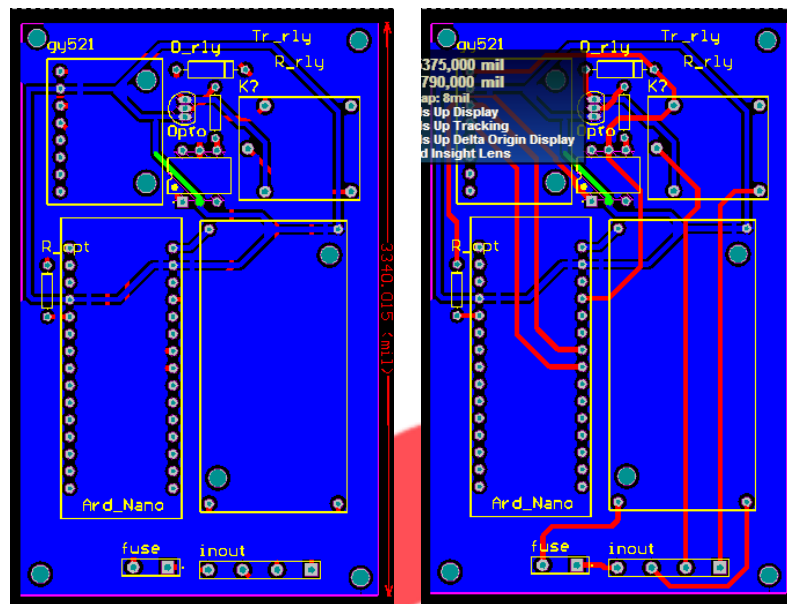
Gambar 3. Rancangan Tata Letak Komponen pada PCB.

Komponen yang memiliki fungsi dan tegangan yang sama sebaiknya diletakkan berdampingan. Input tegangan 12V DC berupa blok terminal pada PCB sebaiknya diletakkan berdekatan dengan pengkondisi tegangan DC/DC, karena dua komponen tersebut terhubung dan memiliki karakter tegangan yang semisal.

Tegangan keluaran dari pengkondisi tegangan DC/DC akan dijadikan sumber tegangan modul Arduino Nano, modul sensor GY-521, dan juga berfungsi sebagai referensi ground. Arduino Nano dan modul sensor GY-521 berkomunikasi secara digital dengan kecepatan yang tinggi (sampai dengan 1.000.000 bit/detik atau 1 MHz). Sehingga sebaiknya pin pin yang digunakan untuk komunikasi digital Arduino Nano dan modul sensor GY-521 diletakkan berdekatan.

Relay bersifat induktif dan mendapatkan masukan tegangan dari pin output Arduino Nano. Induktansi relay dapat menimbulkan noise tegangan dan sebaiknya memiliki sambungan ground terpisah dengan Arduino Nano dan modul sensor GY-521, namun tetap terhuung kembali di referensi ground.

### 2.7.3 Tata Letak Jalur



Gambar 4. Rancangan Tata Letak Komponen pada PCB.

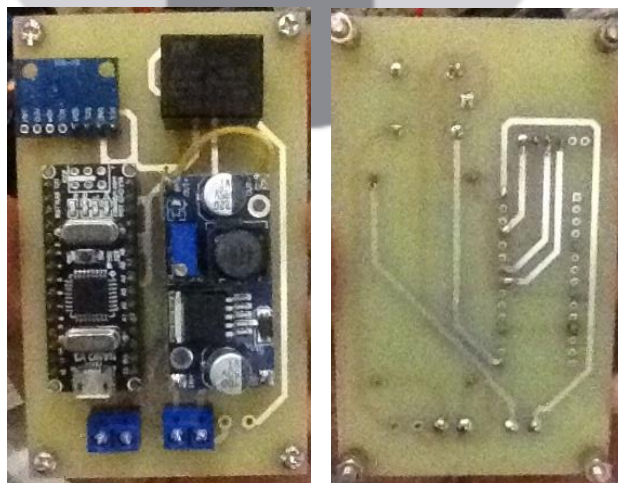
Jalur pada PCB dirancang menjadi dua layer, dimana salah satu layer digunakan untuk pemetaan jejarings ground dan jalur lainnya yang tidak berbentrok dengan ground. Layer lainnya diugnakan untuk memetakan jalur tegangan dan sinyal.

### 2.7.4 Parameter Analisa Performansi Sistem

Sebagaimana tertera pada batasan masalah, parameter yang digunakan untuk menganalisa performansi sistem berupa gangguan tegangan (voltage noise). Noise tegangan adalah tegangan yang tidak diinginkan terjadi dalam sistem.

Pengukuran akan dilakukan pada beda tegangan pin Arduino Nano yang memberi input pada relay terhadap ground, tegangan pin SDA dan SCL pada Arduino Nano terhadap ground.

### 2.7.5 Implementasi Sistem



Gambar 5. Sistem Alat Deteksi Kereta Api Dengan Pertimbangan EMC

Pada Gambar 4 (a) adalah tempat diletakkannya komponen alat, dan juga terdapat jalur jejarings ground. Jejarings ground yang dimaksudkan untuk mengurangi voltage noise pada ground. Pada Gambar 4 (b) terlihat

PCB yang terdapat jalur. Jalur tersebut adalah jalur sinyal tegangan dan sinyal komunikasi digital antara Arduino Nano dengan Modul Sensor GY-521.

### 3. Pengujian dan Analisis

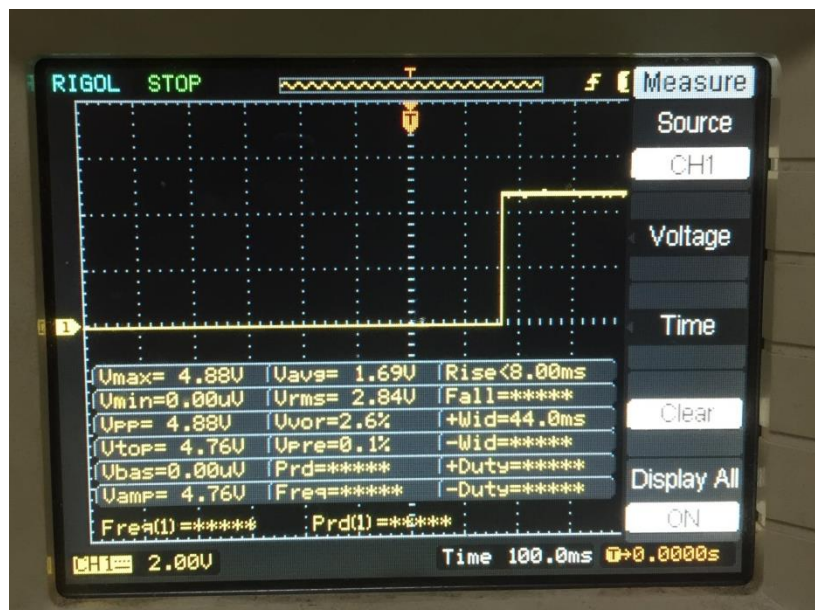
#### 3.1 Pengujian Sistem

Pengujian terhadap sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dirancang dan menganalisis parameter parameter dari sistem yang telah dibangun. Tahapan yang dilakukan adalah pengukuran tegangan pada pin keluaran yang terhubung dengan relay.

Adapun parameter yang akan diuji adalah besarnya tegangan ground noise. Besarnya tegangan ground noise haruslah kurang dari 500mV. Pengujian juga dilakukan dengan membandingkan prototipe alat deteksi kereta yang sudah dibuat di Balai Yasa Sinyal dan Telekomunikasi PT. KAI DaOp 2 dan alat deteksi yang sudah dirancang dengan mempertimbangkan EMC.

Pada Gambar 7 dapat terlihat detail sinyal tegangan pada pin keluaran yang terhubung dengan relay. Tegangan pada pin keluaran yang harusnya bernilai sekitar 5v turun menjadi 3,92v. Hal tersebut terlihat dari  $V_{pp} = 3.92$  V. Pada sinyal juga terlihat spike yang menunjukkan bahwa sinyal tegangan kurang halus dan dapat menjadi sumber noise untuk sistem.

Dengan pertimbangan data pengujian dan pengukuran yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perancangan tata letak PCB berbasis EMC dengan metode grounding dapat meredam noise tegangan hingga tidak melebihi 200 mV.



Gambar 7. Grafik Pengujian Gerakan Ke Bawah

#### 4. Kesimpulan

Sejumlah kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil penelitian dan pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Perancangan Tata Letak PCB berbasis EMC untuk modul sensor GY-521 sebagai alat deteksi kereta dapat mengurangi gangguan tegangan (voltage noise) hingga tidak melebihi 500mv.
2. Metode grounding untuk perancangan tata letak PCB berbasis EMC bisa mengurangi gangguan tegangan pada rangkaian hingga tidak melebihi 500mv.

#### 5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengerjaan Tugas Akhir ini, beberapa saran yang diberikan untuk penelitian yang lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan dengan menggunakan metode EMC lainnya seperti shielding.
2. Pengujian dengan tingkatan lebih lanjut yaitu emisi maupun radiasi elektromagnetik pada sarana yang lebih memadai.
3. Perancangan tata letak PCB untuk ketahanan terhadap gangguan elektromagnetik maupun Electro Static Discharge.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Akbar, T., Ramdhani, M., & Kurniawan, E. (2017). Implementasi dan Analisis Insertion Loss Filter Berbasis Electromagnetic Compatibility (EMC) pada Light Emitting Diode (LED). e-Proceeding of Engineering : Vol.4, No.3 , 3255-3262.
- [2] Arduino. (2018). Introduction. Dipetik Desember 23, 2018, dari Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [3] Bhargava, A., Pommerenke, D., Kam, K. W., Centola, F., & Lam, C. W. (2011). DC-DC Buck Converter EMI Reduction Using PCB. IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, Vol. 53, No. 3 , 806-813.
- [4] Hakimia, A. E., Kurniawan, E., & Wibawa, I. P. (2015). FILTER HARMONISA BERBASIS EMC (ELECTROMAGNETIC COMPABILITY).
- [5] Ikhwanto, R., Suwandi, & Kurniawan, E. (2016). Implementasi dan Analisis Filter Harmonisa Berbasis Electromagnetic Compatibility (EMC) Pada Converter DC to DC Tipe Buck. e-Proceeding of Engineering : Vol 3 No 3 , 4844-4852.
- [6] Montrose, M. I. (2000). Printed Circuit Board Design Techniques for EMC Compliance. New York: Wiley-Interscience-IEEE.
- [7] Ott, H. W. (1989). Noise Reduction Techniques in Electronic Systems. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- [8] RobotDyn. (2014). NANO V3 ATmega 328, USB-TTL CH340G, Micro USB. Dipetik Desember 23, 2018, dari ROBOTDYN - DIY ELECTRONIC & ROBOTIC: <https://robotdyn.com/nano-v3-atmega-328-usb-ttl-ch340g-micro-usb.html>
- [9] Ceruzzi, Paul E. (2012). Computing a Concise History. MIT Press. ISBN 978-0-262-51767-6
- [10] SYNACORP TRADING & SERVICES. (t.thn.). MPU 6050 GY-521 3 Axis Gyro Accelerometer Sensor Module Arduino. Simpang Ampat, Penang, Malaysia.
- [11] Wang, S., Lee, F. C., & Odendaal, W. G. (2006). Cancellation of Capacitor Parasitic Parameters. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 21, NO. 4 , 1125-1132.
- [12] Woodford, C. (2018, April 20). Relays. Dipetik Desember 23, 2018, dari EXPLAINTHATSTUFF!: <https://www.explainthatstuff.com/howrelayswork.html>
- [13] Zhao, Y., & See, K. Y. (2004). A Practical Approach to EMC Education at the Undergraduate Level. IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION, Vol. 47, No. 4 , 425-429.