

PROTOTYPE SISTEM INFORMASI KERETA API DENGAN METODE DETEKSI MEDAN MAGNET BERBASIS WEB

Fahmi Islami Su'ud¹, Muhammad Widiyantoro²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pamulang
^{1,2}Jln. Puspipetek Raya No. 46 Buaran, Setu, Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

¹dosen01504@unpam.ac.id
²muhammadwidiyantoro@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 30-05-2018
revisi : 12-05-2020
diterima : 25-06-2020
dipublish : 27-06-2020

ABSTRAK

Kecelakaan masih sering terjadi di beberapa daerah perlintasan kereta api karena tidak ada sistem palang pintu penjaga perlintasan. Penelitian ini bertujuan membuat sebuah *prototype* aplikasi *Internet of Things (IoT)* sebagai sistem monitor deteksi kereta api. Sistem ini menggunakan sensor *hall effect* yang ditempatkan di rel kereta api dimana mendeteksi densitas medan magnet kemudian diproses oleh raspberry pi menjadi informasi adanya kereta api yang melintas. Informasi dari sensor dikirim melalui internet ke monitor dekat perlintasan kereta api sebagai notifikasi pengguna yang melintas pintu palang tersebut. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa sensor *hall effect* memiliki sensitifitas mendeteksi medan magnet dengan tegangan *output* 4,4 – 2,9 (V/G) dan monitor dapat menampilkan informasi dilayar dengan waktu response rata-rata 5,8 detik.

Kata kunci : kereta api; medan magnet; hall effect; Raspberry Pi; IoT

ABSTRACT

Railway Information System Prototype Using Web-Based Magnetic Field Detection Method. Accidents are still common in several railroad crossing areas because there is no crossing guard gate system. This research purpose is to make a *prototype* of the *Internet of Things (IoT)* application for the rail detection system. This system uses the *hall effect* sensor which is placed on the railroad tracks where it detects the magnetic field density and then the sensor will detect and produce an output voltage which is then processed by raspberry pi into information on a passing train. Information from the sensor is sent via the internet to the monitor near the railroad crossing as a notification of the user who crosses the door of the crossbar. The *hall effect* sensor has the sensitivity of detecting a magnetic field with an output voltage of 4.4 - 2.9 (V/G). The monitor can display information on the screen with an average response time of 5.8 seconds.

Keywords : train; magnetic field; hall effect sensor; Raspberry Pi; IoT

PENDAHULUAN

Kereta api merupakan transportasi yang secara masif banyak digunakan oleh masyarakat dikarenakan selain cepat, harganya juga murah. Dari minat yang besar oleh masyarakat ini diperlukan dukungan oleh pihak terkait untuk memberikan rasa aman, mulai dari rambu-rambunya sampai penerapan sistem palang pintu yang berfungsi menjaga perlintasan kereta api. Pada tahun 2018 tercatat angka kecelakaan kereta api diperlintasan yang mencapai 395 kejadian di seluruh perlintasan kereta api di Indonesia (Puspita, 2019)

Penelitian terkait deteksi adanya kereta api yang melintas di rel, salah satunya dilakukan di Swiss dan Rusia yang mengamati perubahan medan magnet yang terjadi pada rel kereta api (Ptitsyna et al., 2003).

Dengan memanfaatkan mikrokontroler dan sensor yang dapat mendeteksi adanya medan magnet di rel kereta api merupakan antisipasi mengurangi resiko kecelakaan diperlintasan. Penelitian sebelumnya telah dilakukan realisasi sistem peringatan Pada perlintasan kereta api menggunakan sensor solenoid. (Gustara, 2016).

Penelitian tersebut hanya menotifikasi dengan pesan singkat melalui jaringan selular yang mana ada terdapat biaya setiap pengiriman pesan singkat, juga adanya kalibrasi lilitan selenoid. Sedangkan dalam penelitian ini sistem informasi di perlintasan mengimplementasikan *Internet of Things* (IoT) dimana tidak dipengaruhi biaya banyaknya pengiriman informasi, dan informasi tersebut dapat diketahui semua pengguna jalan di perlintasan kereta api.

TEORI

Medan Magnet

Medan magnet dihasilkan karena adanya arus listrik yang mengalir melalui konduktor seperti medan listrik. Medan magnet adalah medan vektor yang menggambarkan pengaruh magnetik muatan listrik dalam gerakan relative dan material bermagnet. Michael Faraday menemukan induksi elektromagnetik bahwa medan magnet yang berubah menghasilkan medan listrik yang melingkari. Medan listrik dan magnet saling terkait satu sama lain, medan listrik yang berubah secara otomatis menciptakan medan magnet dan sebaliknya. Muatan listrik yang bergerak pada kecepatan konstan menghasilkan medan listrik dan medan magnet (Srikant, 2000).

Instrumentasi Medan Magnet

Kekuatan Medan magnet diukur dengan menggunakan beberapa cara yaitu dengan menggunakan kompas yakni terdapat jarum magnet yang bebas berputar. Namun kompas tidak memberi nilai medan magnet, hanya arahnya. Cara lain dengan menggunakan metode perpindahan muatan listrik. Medan magnet dapat mendorong partikel bermuatan untuk bergerak, menghasilkan arus listrik. Muatan listrik di hadapan medan listrik mengalami gaya dengan besarnya sama dengan produk muatan listrik dan medan listrik. Muatan listrik yang bergerak juga mengalami gaya ketika berada di medan magnet (harus bergerak). Listrik dan magnet adalah fenomena yang terpisah namun saling berhubungan terkait dengan gaya elektromagnetik. (Helmenstine, 2018).

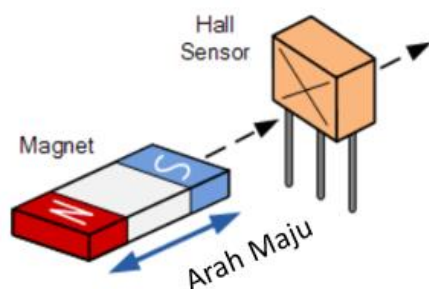
Fisikawan Amerika Edwin Hall menemukan bahwa listrik dan magnet dapat

bekerja bersama untuk memindahkan objek, sensor efek Hall menggunakan prinsip ini untuk mengubah informasi yang dikodekan secara magnetis menjadi sinyal listrik.

Sensor Medan Magnet *Hall Effect*

Menggunakan semikonduktor (seperti silikon), sensor efek Hall bekerja dengan mengukur tegangan yang berubah ketika perangkat ditempatkan di medan magnet. Dengan kata lain, ketika sensor efek Hall mendeteksi berada dalam medan magnet, ia dapat merasakan posisi objek. Magnet adalah intrinsik untuk sensor efek Hall, yang diaktifkan oleh adanya medan magnet eksternal. Perangkat kemudian dapat merasakan ketika suatu benda bergerak lebih dekat atau lebih jauh, hanya melalui kekuatan medan magnet yang berbeda.

Diagram di bawah ini menunjukkan bagaimana sensor efek Hall mendeteksi magnet.



Gambar 1. Sensor efek hall deteksi medan magnet

Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah mini komputer yang dibuat oleh sebuah badan amal Inggris yaitu Raspberry Pi Foundation yang bertujuan untuk mendidik orang dalam komputasi dan menciptakan akses yang lebih mudah ke pendidikan komputasi.

Raspberry Pi diluncurkan pada 2012, dan telah ada beberapa iterasi dan variasi yang dirilis sejak saat itu. Pi asli memiliki CPU 700MHz *single-core* dan hanya 256MB RAM. Model terbaru memiliki CPU 1,4 GHz quad-core dengan RAM 1GB.

Sistem operasi Pi adalah linux dimana menyediakan beberapa pin GPIO (*input output*) yang memungkinkan untuk mengontrol komponen elektronik untuk komputasi fisik dan mendukung pemanfaatan *Internet of Things* (IoT). Di seluruh dunia, orang menggunakan Raspberry Pi untuk mempelajari keterampilan pemrograman, membangun proyek perangkat keras, melakukan otomatisasi rumah, dan bahkan menggunakannya dalam aplikasi industri.

Berikut adalah bentuk fisik model terbaru dari raspberry Pi.



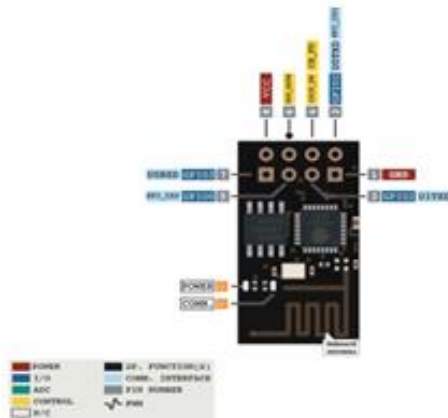
Gambar 2. Raspberry Pi 3 Model B

Serial Wifi Modul ESP8266

ESP8266 adalah modul WiFi 3V yang sangat populer untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT). Tegangan kerja maksimum ESP 8266 adalah 3,6V dan sangat penting untuk diperhatikan. ESP8266 bekerja dengan komunikasi serial ke Arduino.

Sensor analog dihubungkan dengan Arduino pin analog untuk dapat diproses pembacaannya. Data sensor agar dapat dikirimkan melalui internet, maka Arduino

dihubungkan secara serial ke ESP8266 sebagai perangkat yang terhubung ke wifi. Modul wifi serial ESP8266 bisa mendukung tiga mode, yaitu mode Access Point (AP), Station (STA), Mode Dual (AP + STA). Dibawah ini bentuk fisik modul ESP8266.



Gambar 3. Serial Wifi Modul ESP8266

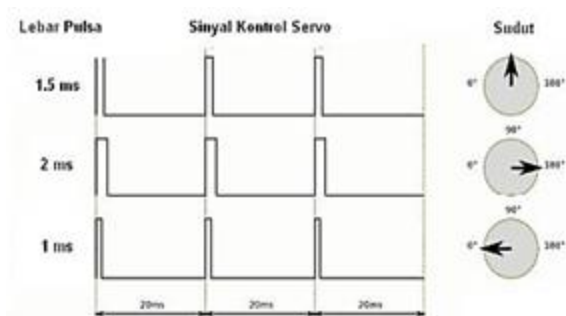
Motor Servo

Motor servo adalah motor kecil yang memiliki efisiensi dan daya yang tinggi. Motor servo telah ada sejak lama dan digunakan dalam banyak aplikasi. Motor servo berukuran kecil tetapi memiliki hentakan besar dan sangat hemat energi. Fitur-fitur ini memungkinkan untuk digunakan dalam mengoperasikan mobil, robot, dan pesawat terbang yang dikendalikan dari jarak jauh atau dikendalikan oleh frekuensi radio. Motor servo juga digunakan dalam aplikasi industri, robotika, manufaktur in-line, farmasi dan layanan makanan.

Sirkuit servo dibangun tepat di dalam unit motor dan memiliki poros yang dapat diposisikan, yang biasanya dilengkapi dengan roda gigi (seperti yang ditunjukkan di bawah). Motor dikendalikan dengan sinyal listrik yang menentukan jumlah gerakan poros. Di dalam motor servo terdapat motor DC kecil, potensiometer, dan sirkuit kontrol. Motor terpasang oleh roda gigi ke roda

kontrol. Saat motor berputar, resistansi potensiometer berubah, sehingga sirkuit kontrol dapat dengan tepat mengatur seberapa banyak gerakan yang ada dan ke arah mana.

Servo dikendalikan dengan mengirimkan pulsa listrik dengan lebar variabel, atau modulasi lebar pulsa (PWM), melalui kabel kontrol. Posisi poros motor servo ditentukan oleh nilai PWM yang dikirimkan. Rotor akan berputar ke posisi yang diinginkan sesuai dengan durasi pulsa yang dikirim melalui kabel kontrol; rotor akan berputar ke posisi yang diinginkan. Perputaran Motor servo tergantung kepada pulsa setiap 20 milidetik (ms) dan panjang pulsa. Misalnya, pulsa 1,5 ms akan membuat motor berputar ke posisi 90°. Lebih pendek dari 1,5 ms, bergerak ke arah berlawanan arah jarum jam menuju posisi 0°, dan lebih dari 1,5 ms akan memutar servo ke arah searah jarum jam menuju posisi 180°. Berikut bentuk sinyal kontrol servo.



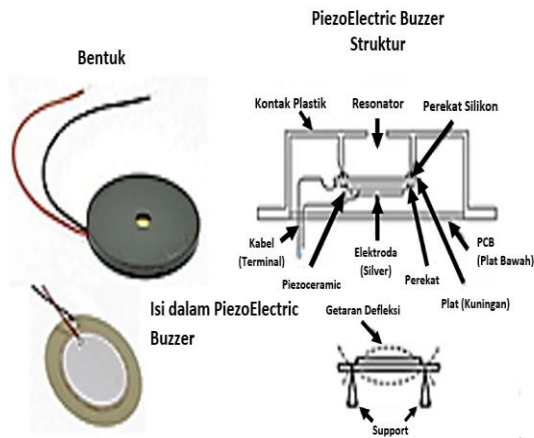
Gambar 4. Pensinyalan Motor Servo

Buzzer

Piezo buzzer adalah pengeras suara berukuran kecil yang dapat dikoneksikan langsung ke Arduino tanpa perantara. "Piezoelectricity" adalah efek di mana kristal tertentu akan berubah bentuk ketika menerapkan listrik. Dengan menerapkan

sinyal listrik pada frekuensi yang tepat, kristal dapat menghasilkan suara.

Dihubungkan ke Arduino, komponen ini dapat membuat suara dalam frekuensi tertentu (dalam Hertz, Hz), dan berapa lama (dalam milidetik).



Gambar 5. Bentuk dan Struktur Buzzer

Website

Berkomunikasi dengan sangat kaya melalui Internet adalah *World Wide Web*, yang telah secara progresif bergeser dari paradigma berbasis dokumen ke bentuk komunikasi yang lebih terdistribusi dan kolaboratif. Komunikasi berbasis web dapat diimplementasikan pada sistem pengendalian piranti elektronik yang dirancang menjadi suatu aplikasi yang diakses menggunakan Web dengan bantuan Raspberry Pi. (Giant, 2015).

Situs atau situs web (*website*) adalah pusat halaman web yang dapat diakses dengan mengunjungi halaman situs web dengan *browser*. Misalnya, URL (*Uniform Resource Locator*) alamat situs web unpam <http://www.unpam.ac.id>.

Internet of Things (IoT)

Ekosistem IoT terdiri dari perangkat pintar yang digunakan untuk

mengumpulkan, mengirim, dan bertindak berdasarkan data yang diperoleh dari sebuah sistem. Perangkat IoT berbagi data sensor dengan menghubungkan ke gateway IoT untuk diproses dan dikirim ke perangkat *output* melalui internet (Rouse, 2016).

METODOLOGI

Pada penelitian ini, telah dibuat *prototype* sistem informasi medan magnet pada rel kereta api yang dapat di manfaatkan sebagai pencegahan dini kecelakaan kereta api menggunakan sensor *hall effect*.

Mencari Nilai Batas Ambang Besaran Medan Magnet

Yang menjadi unsur utama pengukuran dalam penelitian ini adalah mengukur sensitifitas sensor *hall effect* dalam membaca besaran medan magnet.

Pemodelan Diagram Blok

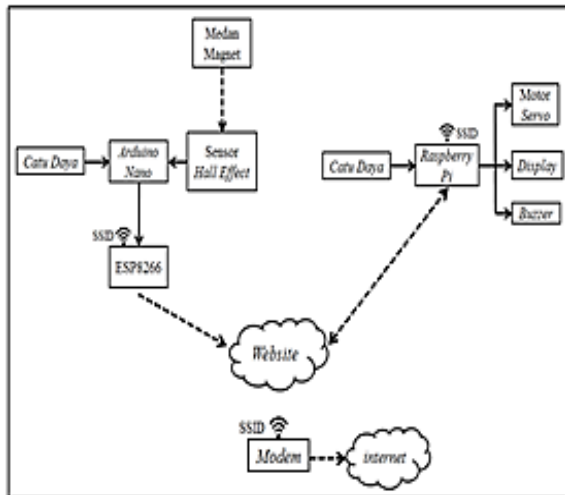
Pemodelan menggunakan diagram blok ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu blok pengirim data sensor ke website dan blok penerima respon dari *website*.

Prinsip kerja blok pengirim data sensor ke *website* adalah medan magnet yang terbaca oleh sensor *hall effect* diproses oleh Arduino lalu dikirim ke *website* menggunakan ESP8266 yang terhubung internet.

Prinsip kerja blok penerima respon dari *website* adalah sebuah monitor yang dihubungkan dengan raspberry pi yang terdapat akses internet, menerima data dari ESP8266 lalu memproses data tersebut agar menjadi sebuah informasi.

Hasil proses informasi dari raspberry dapat mentrigger motor servo dan *buzzer*

mengeluarkan bunyi dimana dikarenakan terdeteksi adanya medan magnet yakni dalam hal ini kereta api melintas. Gambar 6 adalah diagram blok secara keseluruhan.



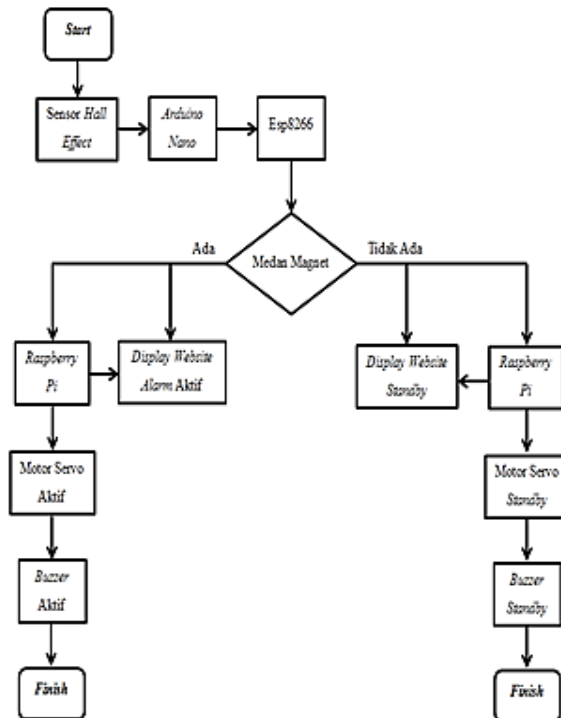
Gambar 6. Diagram Blok Sistem

Pemodelan Diagram Alir

Diagram alir ini menjelaskan proses dimulainya sistem bekerja sampai dengan didapatkan hasilnya. Terdapat dua kemungkinan hasilnya yaitu sensor yang diletakkan di rel kereta api dalam jarak tertentu sebelum palang pintu perlintasan, mendeteksi adanya medan magnet yakni dikarenakan kereta api melintas.

Pada saat kereta api akan melintas layar monitor didekat pintu perlintasan kereta api akan menginformasikan bahwa kereta api segera melintas diikuti dengan suara *buzzer* dan kontrol pintu palang untuk menutup. Informasi ini dikirim dari sistem sensor yang terhubung internet di rel kereta api ke sistem monitor yang terhubung internet, *buzzer*, dan motor servo untuk menggerakkan pintu palang dan sensor tidak mendeteksi adanya medan magnet. Artinya situasi ini tidak ada update informasi di layar monitor. Semua komponen *standby*.

Berikut gambar diagram alir dari sistem yang dibuat.



Gambar 7. Diagram Alir

Perancangan Website

Perancangan ini untuk membuat sistem informasi berbasis web yang ditampilkan pada sebuah monitor. Monitor menampilkan data yang dikirim dari sistem sensor yang didalamnya ada modul ESP8266 agar terhubung ke internet. Tampilan informasi pada *website* dibagi menjadi 2 bagian, pertama tampilan dengan peringatan kolom merah dimana kondisi ini adalah ketika status tidak aman/aktif. *Website* akan memberikan informasi bahwa ada medan magnet seperti pada Gambar 8, sehingga pengguna jalan tidak bisa melintas.



Gambar 8. Perancangan Informasi Website Ada Medan Magnet

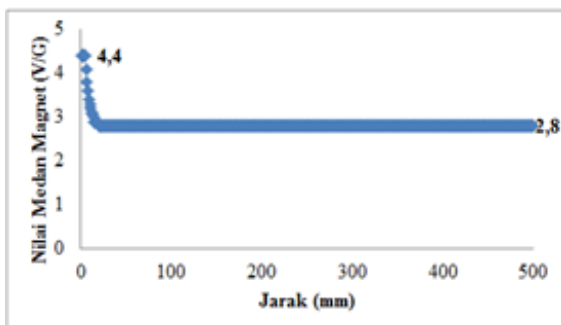
Kedua tampilan dengan kolom peringatan berwarna biru dimana kondisi ini adalah ketika status aman/*standby*, *website* dapat memberikan informasi tidak mendeteksi medan magnet seperti pada Gambar 9, sehingga pengguna jalan bisa melintas.



Gambar 9. Perancangan Informasi Website Tidak Ada Medan Magnet

HASIL DAN PEMBAHASAN

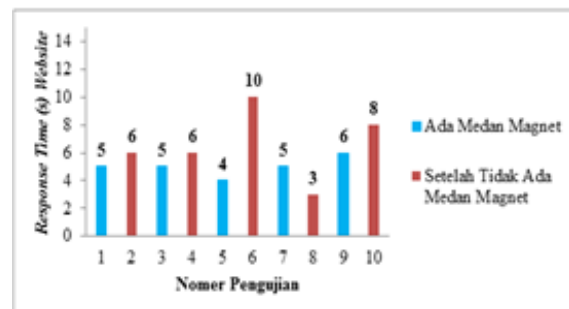
Pengujian Deteksi Medan Magnet



Grafik 1. Pengujian Deteksi Medan Magnet

Pengujian pada *prototype* ini dilakukan pada jarak 0 - 500 mm untuk mencari nilai batas ambang besaran medan magnet yang ditangkap oleh sensor *hall effect*. Berdasarkan Grafik 1 di atas, nilai tertinggi ketika medan magnet terdeteksi oleh sensor *hall effect* mencapai 4.4 V/G yaitu pada jarak 0 - 3 mm dan kemudian turun hingga mencapai nilai terendahnya yaitu 2,8 V/G pada jarak 19 - 30 mm. Nilai 2,8 V/G pada sensor *hall effect* menurut *datasheet* disebut sebagai nilai awal atau sama dengan “no”, karena sensor *hall effect* mengeluarkan tegangan pada kaki “Out” kurang lebih setengah dari tegangan masuk. Sensor *hall effect* berhasil mendeteksi medan magnet pada jarak 0 - 18 mm, jarak ini selanjutnya disebut sebagai “ada medan magnet”, sedangkan pada jarak 19 - 500 mm, selanjutnya disebut sebagai “tidak ada medan magnet”.

Pengujian Response Time Website



Grafik 2. Pengujian Response Time Website

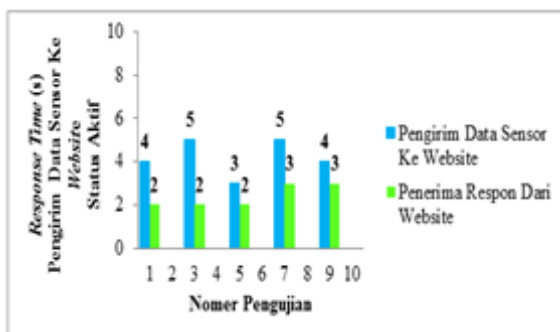
Pada grafik 2 menunjukkan pengujian untuk menguji *website* berubah tampilan atau tidak ketika menerima data masuk dari ESP8266 yang dilakukan 10 kali. Pengujiannya yaitu diamati berapa waktu yang dibutuhkan ketika *website* tersebut merespon. *website* dapat diakses melalui URL “www.lab-android.com/kereta”.

Seperti diketahui sebelumnya, bahwa tampilan *website* dirancang menjadi dua

bagian, pertama tampilan kondisi ketika status aman/*standby* ketika tidak terdeteksi Medan magnet, kedua tampilan kondisi ketika status tidak aman/aktif ketika terdeteksi medan magnet. Grafik 2 menunjukkan hasil pengujian waktu respon website.

Berdasarkan Grafik 2 di atas, nilai tertinggi pada pengujian ketika ada medan magnet sama dengan waktu terlama dalam merespon data masuk dari ESP8266 atau ada medan magnet yaitu 6 detik pada pengujian ke-9 dan nilai terendah sama dengan waktu tercepat yaitu 4 detik pada pengujian ke-5. Nilai tertinggi pada pengujian ketika setelah ada medan magnet sama dengan waktu terlama setelah merespon data masuk dari ESP8266 atau setelah tidak ada medan magnet yaitu 10 detik pada pengujian ke-6 dan nilai terendah sama dengan waktu tercepat yaitu 3 detik pada pengujian ke-8. Pada kedua pengujian ini rerata ada dan setelah tidak ada medan magnet adalah 5,8 detik.

Pengujian Response Time Sistem Ketika Ada Medan Magnet



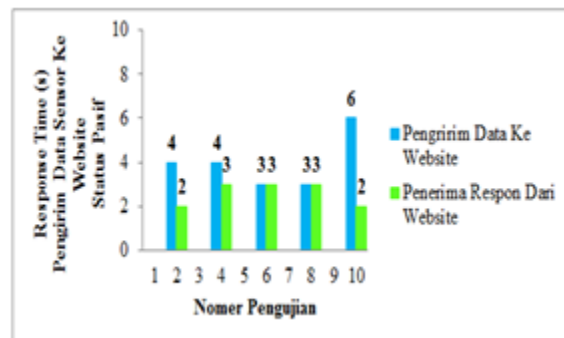
Grafik 3. Pengujian Response Time Sistem Mendeteksi Medan Magnet

Pengujian ini dilakukan 10 kali untuk menguji *response time* dan tampilan *website* ketika sistem mendeteksi Medan magnet status aktif, Grafik 3 menunjukkan hasil pengujian yang didapat.

Berdasarkan Grafik 3 di atas, ESP8266 berhasil mengirim data ke *website* dan *website* berubah tampilannya menjadi aktif/*alarm*, sehingga dapat memerintahkan keluaran raspberry Pi untuk aktif. Nilai tertinggi pada pengujian ini sama dengan waktu terlama, pengirim data sensor ke *website* yaitu 5 detik pada pengujian ke-3, dan 7, penerima respon dari *website* yaitu 3 detik pada pengujian ke-7 dan 9. Sedangkan nilai terendah sama dengan waktu tercepat, pengirim data sensor ke *website* yaitu 3 detik pada pengujian ke-5, 7, dan 9, penerima respon dari *website* yaitu 2 detik pada pengujian ke-1, 3 dan 5.

Pengujian Response Time Sistem Ketika Tidak Ada Medan Magnet

Pengujian ini dilakukan 10 kali untuk menguji *response time* dan tampilan *website* ketika sistem tidak mendeteksi Medan magnet status pasif, Grafik 4 menunjukkan hasil pengujian yang di dapat.



Grafik 4. Pengujian Response Time Sistem Mendeteksi Medan Magnet

Berdasarkan Grafik 4 pada halaman sebelumnya, ESP8266 tidak mengirim data ke *website* dan *website* berubah tampilannya menjadi aman/*standby*, sehingga dapat memerintahkan keluaran raspberry Pi untuk pasif. Nilai tertinggi pada pengujian ini sama dengan waktu terlama yaitu pengirim data sensor ke *website* selama 6 detik pada pengujian ke-10. Sedangkan nilai terendah

sama dengan waktu tercepat yaitu pengirim data sensor ke *website* selama 3 detik pada pengujian ke-6, dan ke-8.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian alat dan analisisnya maka dapat diambil kesimpulan bahwa sensor *hall effect* memiliki sensitifitas dalam mendeteksi Medan magnet yaitu pada jarak 0 - 18 mm dengan tegangan keluar 4,4 - 2,9 (V/G), sedangkan pada saat tidak mendeteksi Medan magnet mempunyai tegangan keluar 2,8 (V/G) pada jarak 19 - 500 mm. *Response time* ketika *website* menerima data dari modul ESP8266 mempunyai rata-rata 5,8 detik dan *Response time* perangkat ini ketika mendeteksi medan magnet mempunyai waktu tercepat yaitu 3 detik untuk pengirim data sensor ke *website*. Sedangkan penerima respon dari *website* yaitu 2 detik. *Response time* perangkat ini ketika tidak mendeteksi medan magnet mempunyai waktu tercepat yaitu 3 detik untuk pengirim data sensor ke *website*, sedangkan penerima respon dari *website* yaitu 2 detik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih atas bimbingan, dan dorongan positif dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya mengucapkan Terima kasih sedalam-dalamnya kepada bapak Syaiful Bakhri, S.T, M.Eng.Sc., Ph.D. selaku dekan Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, bapak Jamal A. Rachman Saprin, B.Sc., M.Sc. selaku Ketua Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, bapak Seflahir Dinata, S.T., M.Pd.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, kepada kedua orang tua yang selalu mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal ini, serta semua pihak

yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu, terima kasih atas kontribusinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Giant, F. R., Darjat., Sudjadi. (2015). "Perancangan Aplikasi Pemantau Dan Pengendali Piranti Elektronik Pada Ruang Berbasis Web." *Jurnal Transmisi*, Vol. 17, No. 2:71.
- Gustara, M. Y. (2016). "c." Skripsi, Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Helmenstine, Anne Marie, Ph.D. (2018). *The Relationship Between Electricity and Magnetism*.
<https://www.thoughtco.com/introduction-electricity-and-magnetism-4172372>. [14 Desember 2017].
- Marakani, Srikant. (2000). *Electric and Magnetic Fields*.
<http://srikant.org/core/node8.html>. [14 Desember 2017].
- Naisuty, M., Wibowo, A. U. A., & Suhatman, R. (2012). Analisa Kinerja Protokol TCP/IP dan DTN Pada Jaringan Multi Jalur. *Jurnal Aksara Komputer Terapan*, 1(1).
- Ptitsyna, N.G., et al. (2003). *Waveform Magnetic Field Survey in Russian "DC and Swiss AC Powered Trains: A Basis for Biologically Relevant Exposure Assessment."* *Bioelectromagnetics Journal*, Vol. 24, No. 8:546-556.
- Puspita, R. (2019, September 6). 395 Kecelakaan Terjadi di Pelintasan Sebidang KA pada 2018, *nasional.republika.co.id* diambil dari <https://nasional.republika.co.id/berita/pxe5jl428/395-kecelakaan-terjadi-di-perlintasan-sebidang-ka-pada-2018>
- Ram, S., et al. (2016). "Multipurpose Electric meter based on Arduino Nano Board (Smart meter)." *International Research Journal of Engineering and Technology*

(IRJET), Vol. 3, No. 8:1666.

Rouse, Margaret (2016). Internet of things (IoT).

<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>. [14 Desember 2017].

Suresh, V. dan N. Arumugam. (2016). "Implementation Of IoT Compatible Sensor Node." International Conference on Emerging Engineering Trends and Science (ICEETS - 2016), ISSN 2348-8549:232.

Sujarwata. (2013). Pengendali Motor Servo Berbasis Mikrokontroler Basic Stamp 2Sx Untuk Mengembangkan Sistem Robotika. *Engineering and Sains Journal*, V, 47–54.