



Prototype Pendeteksi Daerah Rawan Kecelakaan Berbasis *Internet of Things*

Yankotinu Al Qod'r Jonnata¹, Fahrudin Mukti Wibowo², Iqsyahiro Kresna A³

^{1,2,3}S1 Informatika, Fakultas Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

¹16102143@ittelkom-pwt.ac.id, ²fahrudin@ittelkom-pwt.ac.id, ³iqsyahiro@ittelkom-pwt.ac.id

Abstract

There are many blackspots found in Indonesia, but not all of them have warning signs for blackspots. In 2018, the Banyumas Police announced that Banyumas Regency had 9 points the location of the blackspots are scattered in various districts that have various road and environmental conditions with the number of traffic accidents that occurred in the first semester of 2018 as many as 482 cases. Based on these problems then developed a prototype in the form of a device for detecting and website as the central information system of blackspots based Internet of Things. The prototype is designed using an Arduino Uno Rev 3 microcontroller equipped with a GPS module to measure vehicle speed and distance from the setpoint before arriving on blackspots, a GSM module to download blackspots data and upload speed and distance data to the database, and LED components, speakers/buzzer, OLED display to provide notification every time crossing the setpoint of blackspots. The usability testing performance measurement method is used to measure the performance of the device prototype and the black box testing method is used to validate each function of the website system. The results of this research obtained the success rate of the prototype device was 60% with the highest error rate of 19.09% at the 1500m setpoint for speed and 57.98% at 10m setpoint for the distance.

Keywords: Blackspots, GPS, GSM, Internet of Things, Prototype.

Abstrak

Daerah rawan kecelakaan banyak ditemukan Indonesia, namun tidak semua terdapat rambu peringatan daerah rawan kecelakaan. Pada tahun 2018, Polresta Banyumas mengumumkan bahwa di Kabupaten Banyumas memiliki 9 titik lokasi daerah rawan kecelakaan yang tersebar di berbagai kecamatan yang memiliki kondisi jalan dan lingkungan sekitar yang bermacam-macam dengan jumlah kasus kecelakaan lalu lintas yang terjadi pada semester pertama 2018 sebanyak 482 kasus. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dikembangkan sebuah *prototype* yang berupa perangkat untuk mendeteksi dan sistem *website* sebagai pusat informasi dari daerah rawan kecelakaan yang berbasis *Internet of Things*. *Prototype* dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno Rev 3 yang dilengkapi modul GPS untuk mengukur kecepatan kendaraan dan jarak dari *setpoint* sebelum sampai di daerah rawan kecelakaan, modul GSM untuk mengunduh data daerah rawan kecelakaan dan mengunggah data kecepatan dan jarak pada *database*, serta komponen LED, *speaker/buzzer*, layar OLED untuk memberikan notifikasi setiap melintasi *setpoint* daerah rawan kecelakaan. Metode *usability testing performance measurement* digunakan untuk mengukur kinerja dari *prototype* perangkat dan metode *black box testing* digunakan untuk memvalidasi setiap fungsi dari sistem *website*. Hasil dari penelitian ini diperoleh tingkat keberhasilan *prototype* perangkat sebesar 60% dengan nilai tingkat *error* tertinggi 19,09% pada *setpoint* 1500m untuk kecepatan dan 57,98% pada *setpoint* 10m untuk jarak.

Kata kunci: Daerah Rawan Kecelakaan, GPS, GSM, *Internet of Things*, *Prototype*.

1. Pendahuluan

Daerah rawan kecelakaan merupakan daerah yang disepanjang jalan memiliki resiko, potensi, dan jumlah angka kecelakaan yang tinggi [1]. Daerah rawan kecelakaan banyak ditemukan di Indonesia, namun tidak semua daerah rawan kecelakaan di Indonesia terdapat rambu peringatan daerah rawan kecelakaan sehingga

meningkatkan intensitas kecelakaan lalu lintas di daerah tersebut karena minimnya rambu peringatan [2]. Ditambah keberadaan rambu lalu lintas di beberapa tempat juga tidak terlihat atau tidak jelas karena tertutup oleh pohon, iklan ataupun adanya tindakan vandalisme yang merusak rambu lalu lintas [3][4][5]. Selain itu, data dari Kementerian Perhubungan pada tahun 2008 menyebutkan bahwa 90% dari kecelakaan lalu lintas

disebabkan oleh pengendara yang tidak tertib dan tidak mengerti terhadap rambu lalu lintas saat berkendara di jalan raya [6].

Pada tahun 2018, Polresta Banyumas mengumumkan bahwa di Kabupaten Banyumas memiliki 9 titik lokasi daerah rawan kecelakaan yang tersebar diberbagai kecamatan yang memiliki kondisi jalan dan lingkungan sekitar yang bermacam-macam dengan jumlah kasus kecelakaan lalu lintas yang terjadi pada semester pertama 2018 sebanyak 482 kasus serta pada tahun 2020 per 12 November angka jumlah kasus kecelakaan lalu lintas sebanyak 1339 kejadian [7][8][9]. Berikut merupakan data lokasi daerah rawan kecelakaan di Kabupaten Banyumas beserta kasus kecelakaan yang terjadi lokasi tersebut yang disajikan pada Tabel 1 [7].

Tabel 1. Data Daerah Rawan Kecelakaan Kabupaten Banyumas 2018

Lokasi	Kejadian	Meninggal Dunia	Luka Berat	Luka Ringan
Baturraden (depan AKL)	6	3	0	9
Baturraden (depan SMAN Baturraden)	5	3	0	3
Jl. Letjen Sumarto (Utara Perum Adiputa)	3	3	0	2
Jl. Jend Sudirman Barat (Ds. Rejasari)	5	3	0	3
Jl. Raya Ajibarang-Purwokerto (Ds. Pageraji)	7	4	0	5
Jl. Raya Ajibarang-Purwokerto (Ds. Pemasidi)	4	4	0	2
Jl. Raya Ajibarang Purwokerto (Ds. Pancurendang)	6	3	0	4
Simpang 4 Wangon	5	4	0	3
Jl. Raya Jatilawang-Wangon	16	6	0	17

Berdasarkan data daerah rawan kecelakaan yang tersebar di Kabupaten Banyumas, kesembilan lokasi daerah rawan kecelakaan diantaranya memiliki kondisi lingkungan sekitar seperti daerah pegunungan dengan jalanan berkelok-kelok disertai tanjakan dan turunan kemudian jalan utama yang ramai dan kecepatan kendaraan yang cenderung tinggi dengan berbagai jenis kendaraan seperti sepeda motor, mobil, mini bus, truk, dan bus. Selain itu terjadinya kecelakaan di lokasi tersebut disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya

adalah dari faktor manusia, kendaraan, dan kondisi lingkungan jalan itu sendiri, dimana faktor manusia (*human error*) mendominasi penyebab tingginya jumlah kecelakaan lalu lintas [10][11].

Banyak upaya preventif yang sudah dilakukan baik dari pihak pemerintahan, pihak kepolisian, maupun pihak komunitas untuk mencegah dan mengurangi angka kecelakaan di Indonesia seperti melaksanakan program *Road safety* untuk mewujudkan dan memelihara lalu lintas yang aman, selamat, tertib dan lancar. Taman Lalu Lintas juga diciptakan untuk memberi edukasi mengenai pengetahuan lalu lintas sejak dini bagi anak-anak [12][13]. Dari berbagai upaya yang telah dilakukan untuk mencegah dan mengurangi angka kecelakaan di Indonesia, perlu adanya juga upaya untuk mengurangi potensi kecelakaan lalu lintas saat berkendara di jalan raya.

Terdapat beberapa penelitian terkait sebelumnya sebagai landasan pada penelitian ini diantaranya adalah Rajesh Kumar Thangavel dkk. [14] yang membuat sebuah sistem untuk memberikan peringatan terhadap daerah rawan kecelakaan dan pencegahan kecelakaan yang berbasis aplikasi *mobile* berbasis GPS untuk melacak posisi *real-time* pengguna terhadap daerah rawan kecelakaan yang tersimpan di *database* dan mikrokontroler Arduino Uno yang dilengkapi dengan sensor *accelerometer* yang terintegrasi pada kendaraan untuk mengendalikan kecepatan kendaraan. Kemudian Afif Zuhri Arfianto dkk. [15] pada penelitiannya membuat *prototype* perangkat untuk memberikan informasi dini mengenai batas wilayah perairan Indonesia untuk nelayan tradisional menggunakan dua mikrokontroler Arduino, yaitu Arduino Mega 2560 dan Arduino Uno yang keduanya menggunakan modul GPS Neo-6M untuk menentukan lokasi posisi kapal. Selain itu, Christianto Wibisono Darmawan, dkk. [16] dalam penelitiannya membuat sebuah *prototype* alat dan aplikasi untuk memantau kecepatan kendaraan. *Prototype* alat terdiri dari NodeMCU ESP8266 yang dilengkapi modul GPS Ublox Neo-6M untuk mengukur kecepatan kendaraan dan posisi kendaraan berdasarkan GPS yang akan dikirimkan ke *database* untuk menyimpan data kecepatan, *latitude* dan *longitude*. Ketiga penelitian terkait tersebut memiliki batasan tertentu diantaranya pada penelitian Rajesh Kumar Thangavel, dkk. sistem untuk memberikan peringatan daerah rawan kecelakaan melalui aplikasi *mobile*. Kemudian pada penelitian [15] studi kasus penelitiannya berbeda meskipun memiliki konsep sistem yang serupa, sedangkan pada penelitian [16] hanya melakukan pemantauan kecepatan dan posisi kendaraan berdasarkan GPS yang dikirimkan ke dalam *database*.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan dan penelitian terkait sebelumnya, maka pada penelitian ini akan dikembangkan sebuah *prototype* perangkat *Internet of Things* (IoT) yang dapat memberikan informasi berupa peringatan kepada pengendara

mengenai daerah rawan kecelakaan yang berupa peringatan visual maupun audio apabila pengendara sudah mendekati daerah rawan kecelakaan tersebut. Informasi yang ditampilkan langsung pada *prototype* perangkat itu sendiri tanpa perlu dihubungkan dengan perangkat lain seperti *smartphone* sehingga pengendara tidak teralihkan konsentrasinya dalam berkendara. Selain memberikan peringatan kepada pengendara mengenai daerah rawan kecelakaan, *prototype* perangkat ini juga berperan sebagai data *logger* yang menyimpan data kecepatan dan jarak pengendara ketika akan melintasi daerah rawan kecelakaan. *Prototype* perangkat ini dikembangkan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dengan komponen GSM/GPRS untuk melakukan komunikasi kepada *server database*, komponen GPS untuk memberikan data berupa koordinat, jarak, dan kecepatan serta komponen pendukung seperti LED, Speaker/Buzzer dan layar OLED sebagai media untuk menampilkan informasi. *Prototype* perangkat juga terintegrasi dengan *website* yang berfungsi untuk menyediakan informasi mengenai daerah rawan kecelakaan, menambahkan daerah rawan kecelakaan, perangkat yang digunakan, dan melihat statistik pengendara ketika akan melintasi daerah rawan kecelakaan. *Website* ini terhubung dengan *server database* yang sama digunakan oleh *prototype* perangkat sehingga ketika ada pembaruan data dari *prototype* perangkat maka dari sisi *website* akan melakukan pembaruan data juga secara otomatis.

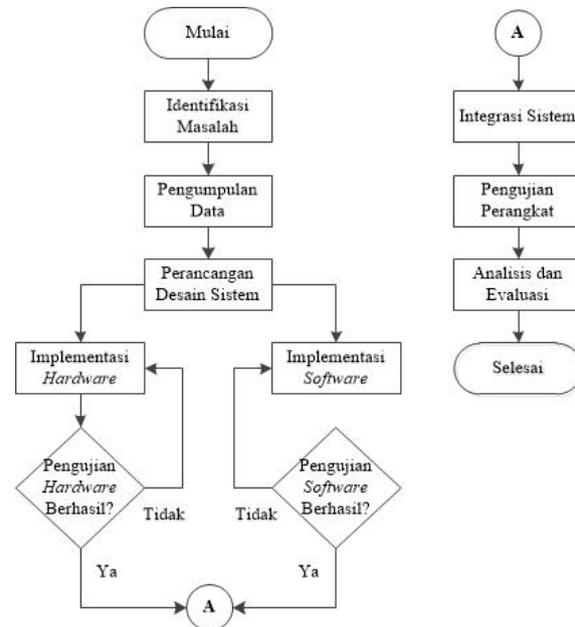
2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Research and Development* untuk mengembangkan sebuah produk *prototype* pendeteksi daerah rawan kecelakaan berbasis *Internet of Things* dan mengujinya keefektifannya dari segi tingkat keberhasilan dan tingkat *error* perangkat dalam melakukan tugasnya dan yang terbagi menjadi tujuh tahap diantaranya: Identifikasi Masalah; Pengumpulan Data; Perancangan Desain Sistem; Implementasi *Hardware* dan *Software*; Integrasi Sistem; Pengujian Perangkat; Analisis dan Evaluasi. Ketujuh tahapan metode penelitian ini divisualisasikan menggunakan diagram alir pada Gambar 1.

Tahap pertama dimulai dengan melakukan identifikasi masalah yaitu daerah rawan kecelakaan yang tersebar di Indonesia masih belum adanya rambu peringatan. Tidak hanya itu, rambu lalu lintas yang ada juga beberapa kendala, seperti tertutup oleh pohon, tertutup oleh iklan dan adanya aksi vandalisme sehingga rambu-rambu tidak jelas dan pengendara mengalami kesulitan untuk memahaminya.

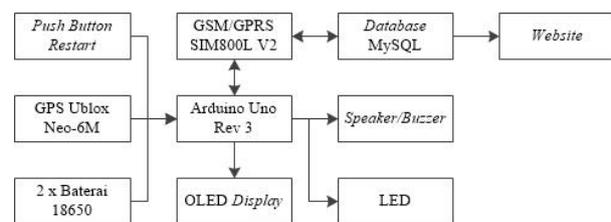
Tahap kedua adalah melakukan pengumpulan data yang meliputi mencari data mengenai data kecelakaan untuk latar belakang penelitian ini, dimana data tersebut didapatkan dari internet dan Kepolisian Resor Kota Banyumas. Selain itu pengumpulan data dilakukan

dengan studi pustaka dari buku, jurnal, *website* dan penelitian yang terkait untuk mengumpulkan informasi dalam melakukan penelitian ini yang meliputi dasar teori dan yang berhubungan dengan penelitian ini, seperti rangkaian perangkat, konfigurasi mikrokontroler, dan kode untuk memprogram *prototype* pendeteksi daerah rawan kecelakaan berbasis IoT.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Tahap ketiga adalah melakukan perancangan desain sistem yang meliputi kebutuhan alat dan komponen, perancangan desain *hardware* dan *software*. Secara umum perancangan desain sistem pendeteksi daerah rawan kecelakaan berbasis IoT digambarkan dengan diagram blok pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Perancangan Desain Sistem

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 2 bahwa perancangan desain sistem pendeteksi daerah rawan kecelakaan berbasis IoT terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno Rev 3 sebagai pusat komputasi *prototype* perangkat, modul GPS Ublox Neo-6M sebagai navigasi perangkat, modul GSM/GPRS SIM800L V2 sebagai komunikasi antar mikrokontroler dan database, *push button restart* untuk melakukan *restart* perangkat, dua buah baterai 18650 sebagai sumber listrik perangkat, layar OLED menampilkan informasi perangkat, *database MySQL* untuk menyimpan data daerah rawan kecelakaan dan statistik pengendara, *website* sebagai pusat informasi mengenai daerah rawan kecelakaan. Selain itu terdapat *Speaker/Buzzer* dan LED sebagai

notifikasi perangkat ketika pengendara melintasi *setpoint* jarak tertentu terhadap lokasi daerah rawan kecelakaan.

Tahap keempat adalah melakukan implementasi *hardware* dan *software* dari perancangan desain sistem yang telah dibuat. Implementasi *hardware* terdiri dari merangkai semua komponen yang dibutuhkan untuk *prototype* perangkat sesuai dengan desain rancangan sehingga dapat bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. Selanjutnya setelah rangkaian telah selesai dilakukan, maka semua komponen ditempatkan didalam sebuah box plastik ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) untuk melindungi semua komponen agar terhindar yang berukuran panjang 14,5 cm, lebar 9 cm, dan tinggi 5 cm dari kerusakan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Box Plastik ABS yang Digunakan



Gambar 4. Penempatan *Prototype* Perangkat pada Sepeda Motor

Kemudian melakukan penempatan *prototype* perangkat pada sepeda motor untuk tujuan melakukan pengujian perangkat yang seperti pada Gambar 4. Tujuan dari penempatan *prototype* diposisi tersebut agar tidak mengganggu visibilitas pengendara, baik terhadap jalanan maupun instrumen kendaraan seperti *speedometer*, indikator bahan bakar, dan informasi lainnya. Sedangkan implementasi *software* yang dilakukan pada tahap ini meliputi pemrograman pada Arduino untuk mendeteksi daerah rawan kecelakaan berbasis IoT. Kemudian melakukan pembuatan *website* yang menyediakan informasi detail mengenai daerah rawan kecelakaan dan statistik pengendara ketika melintasi daerah rawan kecelakaan dengan menggunakan *framework* Laravel dan Bootstrap. Selain itu pembuatan *database* MySQL diperlukan untuk

menyimpan semua data yang berhubungan dengan daerah rawan kecelakaan baik yang digunakan oleh *prototype* perangkat maupun yang ditampilkan pada *website*.

Tahap kelima adalah melakukan integrasi sistem dimana integrasi sistem ini menjadikan *prototype* perangkat dapat berjalan dan berfungsi untuk mendeteksi daerah rawan kecelakaan dan memberikan notifikasi peringatan ketika akan memasuki daerah rawan kecelakaan tersebut dan terintegrasi dengan *database* yang datanya dapat dilihat melalui *website*. Hasil dari integrasi sistem yang dapat digunakan oleh pengguna berupa *prototype* perangkat dan *website* seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. *Prototype* Perangkat



Gambar 6. *Landing Page Website*

Tahap keenam adalah melakukan pengujian perangkat, baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Pengujian perangkat keras atau *prototype* perangkat dilakukan secara *real* pada tiga dari sembilan lokasi daerah rawan kecelakaan yang tersebar di Kabupaten Banyumas dimana masing-masing lokasi dilakukan pengujian sebanyak 10 kali percobaan. Metode yang digunakan untuk pengujian *prototype* perangkat adalah *Usability Testing Performance Measurement*, dimana metode ini digunakan untuk mengukur keefektifan dan efisiensi *prototype* perangkat dalam melakukan fungsinya sebagai pendeteksi daerah rawan kecelakaan dengan menggunakan data kuantitatif yang didapatkan dari pengujian *prototype* perangkat yang dilakukan di tiga lokasi daerah rawan kecelakaan [17][18]. Sedangkan pengujian perangkat lunak atau *website* dilakukan untuk menguji setiap fitur yang ada di *website* dapat berfungsi dengan baik dan dapat menampilkan informasi yang sesuai dengan fitur yang diuji. Metode yang digunakan dalam pengujian *website* ini adalah dengan menggunakan metode *Black Box Testing*, dimana metode ini digunakan untuk menilai apakah setiap fungsi yang terdapat pada *website* dapat bekerja

sesuai dengan skenario dan menampilkan *output* sesuai dengan harapan atau tidak [19].

Tahap ketujuh merupakan analisis dan evaluasi terhadap hasil pengujian perangkat yang telah dilakukan. Analisis pada penelitian ini ditujukan untuk menganalisa kinerja dari *hardware* (*prototype* perangkat), dan *software* (*website*). Analisis yang dilakukan pada *prototype* perangkat adalah menghitung keefektifan yang berupa tingkat keberhasilan dan efisiensi yang berupa tingkat *error* dari *prototype* perangkat dalam melakukan tugasnya selama pengujian. Tingkat keberhasilan dihitung dari jumlah berhasilnya *prototype* perangkat mengirimkan data kecepatan dan jarak ke dalam *database* dengan jumlah percobaan yang dilakukan pada setiap lokasi pengujian sesuai pada Rumus 1.

$$TB = \frac{PB}{TP} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana TB adalah tingkat keberhasilan, PB adalah jumlah *prototype* perangkat berhasil mengirimkan data kecepatan dan jarak ke *database*, dan TP adalah jumlah total percobaan yang dilakukan pada setiap lokasi pengujian. Kemudian tingkat *error* dihitung dari selisih data kecepatan kendaraan yang terbaca di *speedometer* sepeda motor dengan yang terbaca oleh GPS dan jarak yang terbaca oleh GPS dengan *setpoint* jarak pada setiap *setpoint*-nya yang berhasil terkirim ke dalam *database* sesuai dengan Rumus 2.

$$TE = \frac{|approx-exact|}{exact} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana TE adalah tingkat *error*, *approx* merupakan angka kecepatan atau jarak yang terbaca oleh GPS, dan *exact* merupakan angka kecepatan yang terbaca oleh *speedometer* sepeda motor atau angka tetap dari masing-masing *setpoint* jarak. Analisis berikutnya adalah melakukan analisa pada *software* (*website*) untuk mengetahui setiap fungsi yang ada di *website* berjalan sesuai dengan desain sistem yang dirancang atau terjadi suatu *error* pada fungsi tertentu dengan menggunakan metode pengujian *black box* yang hasilnya dijabarkan dalam bentuk tabel yang berisi skenario pengujian.

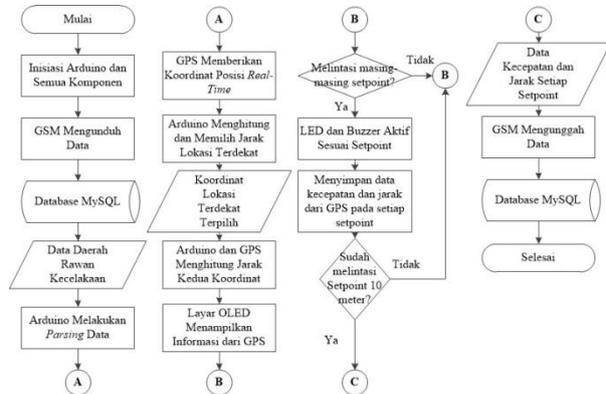
Sedangkan evaluasi pada penelitian ini adalah menyimpulkan dan mengetahui penyebab dan faktor apa saja yang mempengaruhi hasil penelitian tidak maksimal berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan. Sehingga dengan demikian dapat mengetahui kekurangan apa saja yang ada pada penelitian ini. Selain itu dengan adanya evaluasi terhadap hasil penelitian dapat memberikan saran atau perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pada penelitian ini meliputi hasil pengembangan *prototype* perangkat, pengembangan *website*, hasil pengujian *prototype* perangkat, dan pengujian *website* yang dijelaskan sebagai berikut.

3.1. Pengembangan *Prototype* Perangkat

Hasil dari pengembangan *prototype* perangkat adalah perangkat dapat berfungsi sebagai pendeteksi daerah rawan kecelakaan berbasis IoT yang sesuai dengan desain sistem yang telah dibuat. Cara kerja dari perangkat ini dijabarkan dengan diagram alir pada Gambar 7 dengan penjelasan sebagai berikut.



Gambar 7. Diagram Alir Cara Kerja *Prototype* Perangkat

Cara kerja perangkat diawali dengan melakukan inisiasi semua komponen seperti layar OLED, GSM SIM800L V2 agar terhubung dengan jaringan GPRS untuk mengunduh data daerah rawan kecelakaan dan mengunggah data kecepatan dan jarak di *database*, dan GPS Ublox Neo-6M untuk mendapatkan sinyal GPS dari satelit. Setelah inisiasi semua komponen berhasil, maka Arduino Uno Rev 3 akan melakukan pengunduhan data daerah rawan kecelakaan melalui GSM SIM800L V2 dan data tersebut akan di-*parsing* yang kemudian akan dilakukan perhitungan untuk menentukan lokasi terdekat daerah rawan kecelakaan dari posisi *real-time* perangkat dengan bantuan GPS Ublox Neo-6M. Jika lokasi daerah rawan kecelakaan terdekat ditemukan maka perangkat akan menghitung jarak terhadap lokasi terpilih tersebut dan akan menampilkan informasinya pada layar OLED.



Gambar 8. *Prototype* Perangkat Memberikan Notifikasi Saat Melintasi *Setpoint*

Apabila pengendara atau perangkat melintasi *setpoint* jarak dari titik koordinat lokasi daerah rawan kecelakaan yang telah ditentukan maka perangkat akan memberikan notifikasi yang berbeda-beda ketika melintasi masing-

masing *setpoint* seperti pada Gambar 8, diantaranya jarak 1500 meter LED hijau akan menyala dan *speaker/buzzer* berbunyi satu kali, 1000 meter LED jingga akan menyala dan *speaker/buzzer* berbunyi dua kali, 500 meter LED merah akan menyala dan *speaker/buzzer* berbunyi tiga kali, dan 10 meter LED biru akan menyala dan *speaker/buzzer* berbunyi lima kali. Kemudian perangkat akan mengirimkan data kecepatan dan jarak yang terekam oleh GPS Ublox Neo-6M pada masing-masing *setpoint* ke dalam *database* MySQL ketika pengguna atau perangkat melintasi *setpoint* jarak 10 meter dari lokasi daerah rawan kecelakaan, dimana data tersebut akan ditampilkan pada *website* sebagai statistik pengguna *prototype* perangkat.

3.2. Pengujian *Prototype* Perangkat

Pengujian *prototype* perangkat dilakukan guna untuk mengetahui kemampuan dari *prototype* perangkat selama melakukan fungsinya sebagai pendeteksi daerah rawan kecelakaan. Sebelum melakukan pengujian *prototype* perangkat pada lokasi daerah rawan kecelakaan, *prototype* perangkat akan melakukan pengujian validasi terlebih dahulu, diantaranya pengujian fungsionalitas dan pengujian validasi GPS. Pengujian fungsionalitas pada *prototype* perangkat dilakukan dengan cara menguji semua fungsi *prototype* perangkat selama bekerja sebagai pendeteksi daerah rawan kecelakaan berbasis IoT pada lokasi simulasi sebelum *prototype* perangkat diuji pada lokasi pengujian yang sebenarnya yang hasilnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Fungsionalitas *Prototype* Perangkat

No	Fungsi yang diuji	Penjelasan	Keterangan
1	Saklar On/Off <i>Prototype</i> Perangkat	Saklar On/Off digunakan untuk menghidupkan atau mematikan <i>prototype</i> perangkat ketika akan digunakan atau tidak digunakan lagi.	Sesuai dan bekerja dengan normal.
2	Layar OLED	Layar OLED digunakan untuk menampilkan informasi selama <i>prototype</i> perangkat dihidupkan meliputi, informasi saat melakukan inisiasi perangkat, informasi saat melakukan suatu proses, dan informasi mengenai jarak, kecepatan, waktu, tanggal, dan koordinat.	Sesuai dan bekerja dengan normal.
3	Lampu LED	Lampu LED digunakan untuk memberikan notifikasi atau pemberitahuan berupa visual kepada pengguna ketika melintasi masing-masing <i>setpoint</i> saat perangkat sudah menemukan daerah	Sesuai dan bekerja dengan normal.

4	<i>Speaker/Buzzer</i>	rawan kecelakaan dengan cara menyalakan lampu LED sesuai dengan <i>setpoint</i> yang dilintasi. <i>Speaker/Buzzer</i> digunakan untuk memberikan notifikasi atau pemberitahuan berupa audio kepada pengguna yang cara kerjanya sama seperti lampu LED. Selain itu <i>speaker/buzzer</i> juga digunakan sebagai tanda pada <i>prototype</i> perangkat ketika berhasil dan gagal dalam melakukan suatu proses.	Sesuai dan bekerja dengan normal.
5	<i>Push Button Restart</i>	<i>Push button restart</i> digunakan untuk menjalankan ulang <i>prototype</i> perangkat ketika terjadi kegagalan pada suatu proses.	Sesuai dan bekerja dengan normal.
6	Inisiasi GSM	Inisiasi GSM digunakan untuk mengatur SIM800L V2 agar terhubung dengan jaringan GPRS.	Sesuai dan bekerja dengan normal apabila sinyal GSM baik.
7	Pengunduhan Data Koordinat Daerah Rawan Kecelakaan	Fungsi ini digunakan untuk mengunduh data koordinat daerah rawan kecelakaan dari SIM800L V2 yang digunakan untuk mendeteksi daerah rawan kecelakaan. Fungsi ini dilakukan untuk menentukan daerah rawan kecelakaan yang terdekat dengan posisi <i>prototype</i> perangkat	Sesuai dan bekerja dengan normal apabila sinyal GSM baik.
8	Pendeteksian Daerah Rawan Kecelakaan	dan mendeteksi masing-masing <i>setpoint</i> apabila jarak sudah melintasi <i>setpoint</i> yang ditentukan dengan bantuan GPS Ublox Neo-6M.	Sesuai dan bekerja dengan normal.
9	Pengunggahan Data Kecepatan dan Jarak	Fungsi ini dilakukan apabila <i>prototype</i> perangkat sudah melintasi <i>setpoint</i> 10 meter dari lokasi daerah rawan kecelakaan akan mengunggah data tersebut ke dalam <i>server database</i> melalui SIM800L V2.	Sesuai dan bekerja dengan normal apabila sinyal GSM baik.

Pengujian validasi GPS Ublox Neo-6M dilakukan dengan cara membandingkan kinerja dari GPS Ublox Neo-6M dengan perangkat GPS lain untuk memvalidasi data koordinat yang diperoleh GPS Ublox Neo-6M akurat dan masih dalam batas toleransi *error*. Pada

pengujian ini perangkat GPS lain yang digunakan untuk memvalidasi GPS Ublox Neo-6M adalah GPS dari *smartphone* Xiaomi Redmi Note 5 yang menghasilkan pengujian validasi pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Validasi GPS *Prototype* Perangkat

Percobaan	GPS Ublox Neo-6M		GPS Xiaomi Redmi Note 5	
	Koordinat		Koordinat	
	X	Y	X	Y
1	-7,444972	109,250450	-7,444983	109,250435
2	-7,443776	109,249794	-7,443807	109,249767
3	-7,435146	109,248817	-7,435182	109,248851
4	-7,427356	109,259223	-7,427361	109,259253
5	-7,425864	109,261650	-7,425865	109,261648
6	-7,421120	109,261192	-7,421116	109,261152
7	-7,417974	109,270271	-7,417978	109,270339
8	-7,423936	109,270675	-7,423953	109,270640
9	-7,428620	109,268081	-7,428673	109,267975
10	-7,427038	109,264961	-7,427041	109,264987

Tabel 4. Selisih Hasil Validasi GPS *Prototype* Perangkat

Percobaan	Selisih		Jarak (Meter)
	Koordinat		
	X	Y	
1	0,000011	0,000015	2,14
2	0,000031	0,000027	4,87
3	0,000036	0,000034	5,29
4	0,000005	0,000030	3,41
5	0,000001	0,000002	0,00
6	0,000004	0,000040	4,25
7	0,000004	0,000068	7,59
8	0,000017	0,000035	4,62
9	0,000053	0,000106	13,21
10	0,000003	0,000026	2,54

Berdasarkan hasil pengujian validasi GPS *prototype* perangkat diperoleh rata-rata selisih dari kedua koordinat adalah *latitude* sebesar 0,000017 dan *longitude* sebesar 0,000038. Apabila kedua koordinat tersebut dihitung selisih jaraknya dengan menggunakan *library* TinyGPS++ yang digunakan pada Arduino Uno Rev 3, maka rata-ratanya sebesar 4,79 meter.

Pengujian *prototype* perangkat ini dilakukan pada tiga lokasi dari total sembilan lokasi daerah rawan kecelakaan yang tersebar di Kabupaten Banyumas yang memiliki keadaan lingkungan sekitar yang berbeda-beda pada masing-masing lokasi. Berikut merupakan penjelasan dari ketiga lokasi yang dijadikan sebagai pengujian *prototype* perangkat pada Tabel 5.

Tabel 5. Keadaan Lingkungan Sekitar Pengujian

Lokasi	ID Lokasi	Alamat	Keadaan Lingkungan Sekitar
1	DRK03	Jl. Letjend Pol. Soemarto Karangjambu, Purwanegara Kec. Purwokerto Utara Kabupaten Banyumas Jawa Tengah 53127.	Daerah dataran rendah, berlokasi di pusat kota, pemukiman warga padat, lalu lintas jalan yang ramai, kecepatan kendaraan cenderung sedang.
2	DRK01	Jl. Raya Baturaden No.Km. 12, Dusun II Karangmangu,	Daerah lembah pegunungan, berlokasi jauh dari pusat kota, pemukiman warga

Karangmangu, Kec. Baturaden, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53151.

jarang, lalu lintas jalan yang lengang, kecepatan kendaraan cenderung tinggi.

Jl. Raya Baturaden Dusun I, Rempoah Kec. Baturaden Kabupaten Banyumas Jawa Tengah 53126.

Daerah lembah pegunungan, berlokasi jauh dari pusat kota, pemukiman warga padat, lalu lintas jalan yang ramai, kecepatan kendaraan cenderung sedang.

3 DRK02

Pengujian *prototype* perangkat dilakukan pada setiap lokasi daerah rawan kecelakaan dengan 10 kali percobaan untuk masing-masing lokasi dan diperoleh hasil pengujian pada tabel sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kecepatan pada ID Lokasi DRK03

Percobaan	Kecepatan Terbaca Speedometer (KM/J)				Kecepatan Terbaca Alat (KM/J)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
	1	33	37	26	40	0	0	0
2	39	31	33	33	37,	30,	31,	31,
3	32	48	27	37	26	32	39	97
4	33	35	40	42	28,	44,	23,	33,
5	32	48	28	27	87	56	63	34
6	32	42	40	34	0	0	0	0
7	29	39	30	32	31,	45,	24,	22,
8	24	34	32	33	24	5	52	28
9	25	42	26	35	0	0	0	0
10	34	38	31	39	27,	33,	26,	28,
					32	72	24	65
					20,	30,	30,	29,
					58	98	63	41
					22,	39,	21,	32,
					98	97	5	71
					30,	35,	28,	32,
					34	39	06	47

Tabel 7. Hasil Pengujian Jarak pada ID Lokasi DRK03

Percobaan	Jarak Terbaca Alat (Meter)			
	A	B	C	D
1	0	0	0	0
2	1495,09	996	499,6	9,01
3	1495,96	996,15	499,7	8,3
4	0	0	0	0
5	1495,33	990,78	496,18	6,42
6	0	0	0	0
7	1498,13	999,13	493,75	5,61
8	1499,96	997,55	494,11	8,27
9	1496,75	997,79	497,53	7,47
10	1496,27	996,93	499,6	4,07

Tabel 8. Hasil Pengujian Kecepatan pada ID Lokasi DRK01

Percobaan	Kecepatan Terbaca Speedometer (KM/J)				Kecepatan Terbaca Alat (KM/J)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
	1	31	40	31	42	0	0	0
2	39	30	36	36	35,	29,	32,	33
3	36	44	37	43	86	48	39	0
					0	0	0	0

4	31	39	44	42	29,	35,	40,	38,
5	31	43	34	47	34	56	24	11
6	32	42	40	39	28,	39,	35,	42
7	41	40	41	36	02	86	21	0
8	40	49	29	44	0	0	0	0
9	29	40	41	41	38,	29,	26,	40,
10	41	54	47	45	5	89	32	17
					26,	37,	38,	38,
					47	32	06	23
					38,	49,	44,	41,
					35	28	21	39

Tabel 9. Hasil Pengujian Jarak pada ID Lokasi DRK01

Percobaan	Jarak Terbaca Alat (Meter)			
	A	B	C	D
1	0	0	0	0
2	1493,93	996,66	492,61	5,61
3	0	0	0	0
4	1492,88	998,56	489,14	5,4
5	1494,78	994,95	494,6	8,13
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	1493,12	504,92	493,58	9,62
9	1493,94	998,44	495,73	8,02
10	1493,22	999,45	497,46	5,13

Tabel 10. Hasil Pengujian Kecepatan pada ID Lokasi DRK02

Percobaan	Kecepatan Terbaca Speedometer (KM/J)				Kecepatan Terbaca Alat (KM/J)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	41	40	45	39	0	0	0	0
2	36	40	44	41	0	0	0	0
3	45	46	50	44	38,	43,	47,	40,
4	36	38	40	43	89	21	74	87
5	45	46	46	37	0	0	0	0
6	38	44	35	35	0	0	0	0
7	33	25	43	35	16,	22,	40,	38,
8	35	32	47	44	48	52	24	32
9	43	43	17	39	30,	30,	44,	40,
10	47	45	42	45	72	06	15	86
					38,	40,	18,	36,
					8	02	61	51
					42,	42,	38,	42,
					39	56	58	1

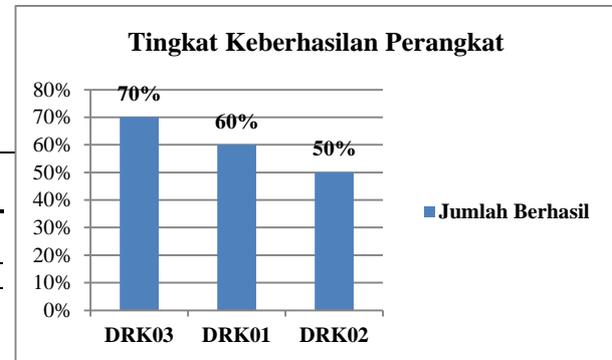
Tabel 11. Hasil Pengujian Jarak pada ID Lokasi DRK02

Percobaan	Jarak Terbaca Alat (Meter)			
	A	B	C	D
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	1490,97	989,43	491,41	3,47
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	1002,9	997,66	490,41	5,25
8	1005,37	994,43	487,92	3,81
9	1494,91	999,15	496,3	5,89
10	1491,86	990	489,63	2,59

Pada Tabel 6 hingga Tabel 11 merupakan hasil pengujian *prototype* perangkat untuk pengujian

kecepatan dan jarak yang terdapat empat variabel, diantaranya A merupakan *setpoint* jarak 1500 meter, B merupakan *setpoint* jarak 1000 meter, C merupakan *setpoint* jarak 500 meter, dan D merupakan *setpoint* jarak 10 meter dari titik koordinat lokasi pengujian daerah rawan kecelakaan. Berdasarkan hasil pengujian *prototype* perangkat yang dilakukan pada ketiga lokasi pengujian terdapat beberapa nilai nol pada percobaan tertentu di setiap lokasi pengujian yang berarti pada percobaan tersebut perangkat gagal mengirimkan data kecepatan dan jarak yang terbaca oleh GPS ke dalam *database*. Sehingga dari pengujian yang telah dilakukan dapat dihitung tingkat keberhasilan *prototype* perangkat dalam mengirimkan data kecepatan dan jarak ke dalam *database* pada keseluruhan lokasi dengan menggunakan Rumus (1) dan masing-masing lokasi ditampilkan pada grafik sebagai berikut.

$$TB = \frac{18}{30} \times 100\% = 60\% \quad (1)$$

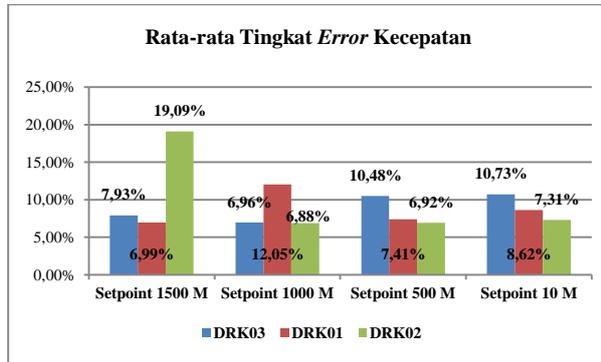


Gambar 9. Grafik Tingkat Keberhasilan Perangkat

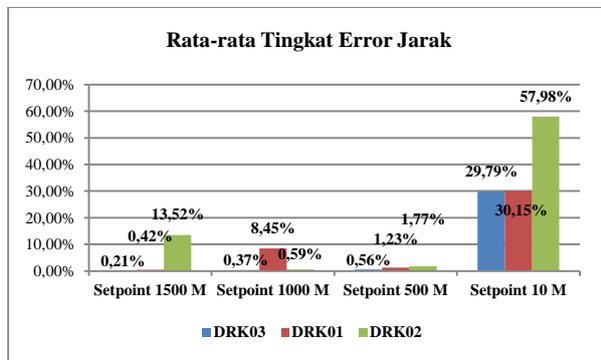
Banyaknya kegagalan *prototype* perangkat yang terjadi pada pengujian di ketiga lokasi disebabkan oleh kartu SIM GSM yang digunakan memiliki sinyal yang tidak cukup untuk baik untuk menggunakan jaringan GPRS, terutama pada ID lokasi DRK01 dan DRK02 yang merupakan daerah pegunungan sehingga peneliti mengganti kartu SIM GSM yang memiliki cakupan sinyal yang baik di daerah pegunungan untuk melanjutkan pengujian pada ID lokasi DRK01 dan DRK02. Selain itu sumber daya listrik yang digunakan oleh *prototype* perangkat menggunakan dua buah baterai 18650 yang dihubungkan secara seri untuk sumber daya listrik utama yang masuk ke Arduino Uno Rev 3. Namun komponen yang digunakan terhubung dengan Arduino Uno Rev 3 hanya mendapatkan sumber listrik dari pin 5V dan 3,3V dari Arduino Uno Rev 3 yang memiliki keterbatasan arus listrik pada kedua pin tersebut sehingga menyebabkan beberapa komponen tidak dapat bekerja secara stabil seperti SIM800L V2 saat melakukan inisiasi menghubungkan jaringan GPRS.

Sedangkan tingkat *error* dari hasil pengujian *prototype* perangkat di ketiga lokasi daerah rawan kecelakaan dapat dihitung dari percobaan yang berhasil mengirimkan data kecepatan dan jarak dengan

menggunakan Rumus (2). Sehingga berdasarkan hasil pengujian *prototype* perangkat maka diperoleh rata-rata tingkat *error* dari masing-masing lokasi pengujian sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik Rata-rata Tingkat Error Kecepatan Pengujian



Gambar 11. Grafik Rata-rata Tingkat Error Jarak Pengujian

Berdasarkan rata-rata tingkat *error* dari hasil pengujian *prototype* perangkat bahwa nilai tingkat *error* dari masing-masing lokasi pengujian bervariasi. Tingkat *error* kecepatan tertinggi terdapat di lokasi pengujian dengan id lokasi DRK02 pada *setpoint* 1500 meter. Sedangkan untuk rata-rata tingkat *error* jarak tertinggi terdapat di lokasi pengujian yang sama, yaitu dengan id DRK02 pada *setpoint* 10 meter. Namun dari ketiga lokasi pengujian tersebut, tingkat *error* tertinggi didominasi pada *setpoint* jarak 10 meter untuk masing-masing lokasi. Hal ini disebabkan oleh hilangnya sinyal GPS Ublox Neo-6M dari satelit sehingga Ublox Neo-6M tidak dapat memperbarui data GPS untuk beberapa saat sampai Ublox Neo-6M mendapatkan kembali sinyal GPS dari satelit sehingga terjadi selisih dan tingkat *error* yang tinggi saat melintasi *setpoint* tertentu. Selain itu tingginya nilai *error* jarak pada *setpoint* 10 meter disebabkan oleh kemampuan memperbarui data GPS dari Ublox Neo-6M yang hanya setiap detik dan faktor kecepatan kendaraan saat akan melintasi *setpoint* tersebut. Dengan demikian, tingkat *error* dari *prototype* perangkat dalam mendeteksi daerah rawan kecelakaan masih tinggi untuk kondisi tertentu.

3.3. Pengujian Website

Pengujian *website* dilakukan dengan menggunakan metode *black box testing* yang merupakan pengujian fungsional dari sebuah perangkat lunak untuk memvalidasi keseluruhan fungsi sistem berdasarkan persyaratan pengguna. Hasil pengujian *black box website* disajikan pada Tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 12. Hasil Pengujian Black Box Website

Test ID	Test Cases	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
BSD_001	Login Sistem.	Proses login berhasil dan sistem akan mengarahkan ke halaman <i>dashboard</i> sesuai dengan penggunaannya.	Sesuai dengan yang diharapkan.
BSD_002	Melihat Profil	Menuju halaman profil dan menampilkan informasi pengguna.	Sesuai dengan yang diharapkan.
BSD_003	Melihat Detail Perangkat	Website akan mengarahkan halaman detail perangkat dan menampilkan informasi detail mengenai <i>prototype</i> perangkat yang digunakan pengguna.	Sesuai dengan yang diharapkan.
BSD_004	Melihat Daftar Daerah Rawan Kecelakaan	Website akan mengarahkan ke halaman lokasi daerah rawan kecelakaan dan menampilkan informasi daerah rawan kecelakaan dalam bentuk daftar.	Sesuai dengan yang diharapkan.
BSD_005	Menambah Daerah Rawan Kecelakaan	Website akan memproses data dari <i>form</i> yang telah diisi dan akan menyimpan pada <i>database</i> . Apabila berhasil disimpan pada <i>database</i> , maka website akan mengeluarkan <i>alert</i> berhasil selama tiga detik dan halaman akan berpindah ke halaman sebelumnya. Jika gagal disimpan maka website akan menampilkan <i>alert</i> gagal.	Sesuai dengan yang diharapkan.
BSD_006	Melihat Statistik	Website akan mengarahkan ke halaman statistik dan menampilkan informasi mengenai statistik dari pengguna <i>prototype</i> perangkat.	Sesuai dengan yang diharapkan.
BSD_007	Logout Sistem	Website akan melakukan proses <i>logout</i> dengan mengakhiri sesi dari pengguna yang	Sesuai dengan yang diharapkan.

sedang *login* ke dalam sistem dan mengarahkan ke halaman *landing page*.

Berdasarkan hasil pengujian *black box website* pada Tabel 12 diperoleh bahwa setiap pengujian yang diuji pada masing-masing fungsi *website* dapat memberikan *output* yang sesuai dengan diharapkan sehingga setiap pengujian *black box* pada masing-masing fungsi *website* adalah valid. Selain itu salah satu fitur pada *website* yaitu menambahkan lokasi daerah rawan kecelakaan baru jika ditambahkan maka ketika *prototype* perangkat dinyalakan dan melakukan proses pengunduhan data daerah rawan kecelakaan, maka lokasi baru yang telah ditambahkan ikut terunduh oleh *prototype* perangkat untuk dijadikan sebagai data daerah rawan kecelakaan yang digunakan selama *prototype* perangkat mendeteksi daerah rawan kecelakaan. Dengan demikian pengembangan *website* dan *prototype* perangkat dapat tersinkronisasi satu sama lain ketika ada pembaruan pada *server database*.

4. Kesimpulan

Sistem *prototype* pendeteksi daerah rawan kecelakaan berbasis IoT terdiri dari *prototype* perangkat sebagai alat pendeteksi daerah rawan kecelakaan dan *website* sebagai media pusat informasi mengenai daerah rawan kecelakaan yang saling tersinkronisasi. *Prototype* perangkat dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, yaitu mendeteksi daerah rawan kecelakaan yang terdekat dengan posisi *real-time prototype* perangkat dan memberikan notifikasi visual berupa lampu LED dan audio berupa *speaker/buzzer* yang berbeda-beda sesuai dengan *setpoint* jarak yang dilintasi oleh pengguna. Berdasarkan hasil pengujian *prototype* perangkat pada tiga lokasi daerah rawan kecelakaan diperoleh rata-rata tingkat keberhasilan *prototype* perangkat mengirimkan data kecepatan dan jarak sebesar 60% dengan rata-rata tingkat *error prototype* tertinggi terjadi pada *setpoint* 10 meter jarak sebesar 57,98% pada ID lokasi DRK02. Selain itu pengujian *black box* terhadap *website* memperoleh hasil *output* yang sesuai dengan rancangan sistem yang diharapkan untuk masing-masing fungsi pada *website*.

Adapun beberapa saran yang dapat memperbaiki kekurangan dari penelitian ini untuk kedepannya, diantaranya adanya sumber daya listrik lain dan terpisah dari Arduino Uno Rev 3 untuk menyalakan komponen GSM SIM800L V2 yang membutuhkan arus listrik cukup tinggi dan penggunaan komponen yang memiliki ukuran lebih ringkas namun memiliki spesifikasi yang sama sehingga dapat mengurangi dimensi dari *prototype* perangkat. Kemudian penempatan antena GPS perlu dipertimbangkan untuk ditempatkan pada bagian yang tidak terhalang oleh komponen-komponen lain sehingga mendapatkan sinyal yang lebih maksimal. Selain itu penggunaan komponen GPS lain yang memiliki

spesifikasi dan performa GPS yang lebih baik dari Ublox Neo-6M untuk memperbaiki keakuratan dalam pengukuran kecepatan kendaraan dan jarak terhadap *setpoint* yang ditentukan. Nilai *setpoint* 10 meter terhadap jarak daerah rawan kecelakaan juga dapat diubah menjadi lebih jauh untuk memperbaiki nilai *error* dan menyesuaikan dengan keadaan di lapangan.

Daftar Rujukan

- [1] R. Yulianto, "Analisis Karakteristik Lalu Lintas Lokasi Rawan Kecelakaan di Kota Bandar Lampung," Bandar Lampung, 2013.
- [2] Y. Maulana, "70 Persen Jalan Provinsi di Jabar Belum Dilengkapi Fasilitas Lalu Lintas," *detiknews*, 2020. [Online]. Available: <https://news.detik.com/berita-jawa-barat/d-5176024/70-persen-jalan-provinsi-di-jabar-belum-dilengkapi-fasilitas-lalu-lintas>. [Accessed: 03-Dec-2020].
- [3] Y. Anugrah, "Sampah Visual di Rambu Lalu Lintas Ganggu Pengemudi Kendaraan," 2019. [Online]. Available: <https://semarang.bisnis.com/read/20190822/535/1140023/sampah-visual-di-rambu-lalu-lintas-ganggu-pengemudi-kendaraan>. [Accessed: 29-Nov-2019].
- [4] I. N. Winarsih, "Puluhan Rambu Lalu Lintas Jadi Sasaran Vandalisme," 2019. [Online]. Available: <https://www.republika.co.id/berita/pw636s384/puluhan-rambu-lalu-lintas-jadi-sasaran-vandalisme>. [Accessed: 30-Nov-2019].
- [5] Karmilasari, K. Sekarwati, M. Iqbal, and D. Putri, "PEMANFAATAN FITUR STREET-VIEW PADA APLIKASI IDENTIFIKASI JENIS DAN PENEMPATAN RAMBU LALU LINTAS SEPANJANG JALAN IR . H . JUANDA DEPOK," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Univ. Ibn Khaldun Bogor 2018*, vol. 1, pp. 358–363, 2018.
- [6] I. Susanto, "PERANCANGAN BUKU INTERAKTIF PEMBELAJARAN RAMBU LALU LINTAS UNTUK ANAK KELAS 1-3 SD DENGAN MEDIA PENDUKUNG TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY," Semarang, 2018.
- [7] R. Banyumas, "Sembilan Titik Rawan Kecelakaan di Banyumas Diwaspadai," *Radar Banyumas*, 2018. [Online]. Available: <https://radarbanyumas.co.id/sembilan-titik-rawan-kecelakaan-di-banyumas-diwaspadai/>. [Accessed: 29-Nov-2019].
- [8] R. Banyumas, "Angka Kecelakaan di Banyumas Meningkat," *Radar Banyumas*, 2018. [Online]. Available: <https://radarbanyumas.co.id/angka-kecelakaan-di-banyumas-meningkat/>. [Accessed: 22-Oct-2020].
- [9] R. Banyumas, "Angka Kecelakaan di Banyumas Meningkat, Sudah 1.339 Peristiwa Sejak Awal Tahun," *Radar Banyumas*, 2020. [Online]. Available: <https://radarbanyumas.co.id/angka-kecelakaan-di-banyumas-meningkat-sudah-1-339-peristiwa-sejak-awal-tahun/>. [Accessed: 03-Dec-2020].
- [10] H. M. Putri and A. S. Handayani, "Intelligent Transportation System dalam Sistem Monitoring Kecelakaan Lalu Lintas," *Annu. Res. Semin. 2018*, vol. 4, no. 1, pp. 978–979, 2018.
- [11] A. Daerah, R. Kecelakaan, L. Lintas, S. Kasus, and K. Selatan, "Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Studi Kasus (Jalan Gubernur Soebardjo – Landasan Ulin) Kalimantan Selatan," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 50–59, 2013.
- [12] K. TV, "Edukasi Aturan Lalu Lintas Bagi Anak Usia Dini," 2019. [Online]. Available: <https://www.kompas.tv/article/39256/edukasi-aturan-lalu-lintas-bagi-anak-usia-dini>. [Accessed: 01-Dec-2019].
- [13] W. Z. Kolo, "Empat Langkah Polisi Edukasi Kaum Milenial untuk Tertib Lalu Lintas," 2019. [Online]. Available: <https://www.jawapos.com/oto-dan-teknologi/otomotif/17/01/2019/empat-langkah-polisi-edukasi-kaum-milenial-untuk-tertib-lalu-lintas/>. [Accessed: 01-Dec-

- 2019].
- [14] R. Thangavel, S. Athithan, S. Sarumathi, M. Aruna, and B. Nithila, "Blackspot Alert and Accident Prevention System," *2019 10th Int. Conf. Comput. Commun. Netw. Technol.*, pp. 1–6, 2019.
- [15] A. Z. Arfianto, N. G. M. B. Rahmat, A. S. Setiyoko, C. R. Handoko, and M. K. Hasin, "PERANGKAT INFORMASI DINI BATAS WILAYAH PERAIRAN INDONESIA UNTUK NELAYAN TRADISIONAL BERBASIS ARDUINO DAN MODUL GPS NEO-6M," *JOUTICA*, vol. 3, no. 2, pp. 163–167, 2018.
- [16] C. W. Darmawan, S. R. U. A. Sompie, and F. D. Kambey, "Implementasi Internet of Things pada Monitoring Kecepatan Kendaraan Bermotor," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 9, no. 2, 2020.
- [17] S. Utama, "Perbaikan User Interface Halaman Internet Banking dengan Usability Testing," Depok, Indonesia, 2011.
- [18] N. Luh, P. Ari, N. Kadek, A. Wirdiani, and I. K. A. Purnawan, "Evaluasi Aspek Usability pada Aplikasi Simalu Menggunakan Metode Usability Testing," *MERPATI*, vol. 7, no. 2, pp. 113–124, 2019.
- [19] S. Nidhra and J. Dondeti, "BLACK BOX AND WHITE BOX TESTING TECHNIQUES – A LITERATURE REVIEW," *Int. J. Embed. Syst. Appl.*, vol. 2, no. 2, pp. 29–50, 2012.