

Sistem Pemantauan dan Pengendalian Sepeda Listrik Berbasis *Internet of Things*

Muhammad Ridwan Arif Cahyono¹, Ita Mariza², Surya Wirawan³

Intisari—Sepeda listrik kini telah beredar cukup banyak di Indonesia. Akan tetapi, rata-rata sepeda listrik yang dijual saat ini belum terintegrasi dengan *smartphone*, sehingga belum mampu dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh. Pada makalah ini dikembangkan sistem pemantauan dan pengendalian sepeda listrik berbasis *internet of things* (IoT). Mikrokontroler berbasis ESP32 digunakan sebagai perangkat IoT: untuk mengukur jarak tempuh menggunakan sensor GPS dengan menerapkan metode Haversine, mengukur kecepatan sepeda, merancang sistem keamanan sepeda, dan merancang sistem pengukuran kalori saat sepeda dikayuh. Modul SIM800L digunakan sebagai perangkat komunikasi. Modul ini mampu melakukan komunikasi internet melalui jaringan 2G. *Controller* sepeda listrik dimodifikasi agar dapat terintegrasi dengan ESP32, sedangkan sebagai penggerak sepeda listrik, digunakan motor tipe BLDC dengan tegangan 36 V. Raspberry Pi digunakan sebagai server web penyimpanan dan pengolahan data, sedangkan perhitungan kalori terbakar dilakukan menggunakan metode *metabolic equivalent of task* (MET). Proses pemantauan dan pengendalian sepeda listrik dilakukan dengan membangun aplikasi berbasis *smartphone* Android dengan menggunakan aplikasi Kodular, dengan fitur layanan peta yang digunakan berbasis OpenStreetMap. Aplikasi ini mampu menyalakan dan mematikan sepeda listrik dari jarak jauh, mengatur posisi *gear* kecepatan, mengatur kecepatan, menyalakan alarm, melacak lokasi terakhir, melakukan pelacakan riwayat lokasi, dan melakukan pengukuran kalori. Proses pengendalian tersebut dapat dilakukan dengan menekan tombol dan menggunakan perintah suara dalam bahasa Indonesia. Aplikasi ini telah diuji coba dengan metode *black box* dengan hasil 100% berhasil dengan *delay* waktu sebesar 8,82 s. Pengukuran kalori memiliki akurasi 94,24% dibandingkan dengan peralatan pengukur kalori yang berada di pasaran. Pengendalian kecepatan dapat dilakukan secara linear dengan R^2 sebesar 0,9984.

Kata Kunci—Sepeda Listrik, ESP32, Pengendalian Kecepatan, *Internet of Things*, Aplikasi Android.

I. PENDAHULUAN

Sepeda merupakan alat transportasi personal yang saat ini mulai banyak diminati oleh masyarakat urban karena ramah lingkungan dan efisien untuk dikendarai di lalu lintas yang padat. Selama pandemi COVID-19, jumlah permintaan sepeda naik sampai dengan 17-19% [1].

^{1,3} Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal, Jl. Gatot Subroto KM 7, Jatiuwung, Tangerang, 15135 INDONESIA (telp: 021-590 0468; e-mail: ¹ridwan@poltek-gt.ac.id, ³surya@poltek-gt.ac.id)

² Program Studi Teknologi Industri, Politeknik Gajah Tunggal, Jl. Gatot Subroto KM 7, Jatiuwung, Tangerang, 15135 INDONESIA (telp: 021-590 0468; e-mail: ita.mariza@poltek-gt.ac.id)

[Diterima: 23 Desember 2021, Revisi: 7 Januari 2022]

Sepeda listrik kini sudah banyak tersedia di pasar Indonesia. Beberapa sepeda listrik didatangkan dari China, seperti Yahonta dan Tiger. Namun, ada juga sepeda listrik produksi asli dalam negeri, seperti Selis, Xelimo, dan Betrix. Tren penggunaan sepeda listrik ini ke depannya akan semakin berkembang pesat, seiring dengan sedang dikembangkannya juga mobil listrik. Rata-rata sepeda listrik yang dijual saat ini belum terintegrasi dengan *smartphone*, sehingga belum mampu dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh.

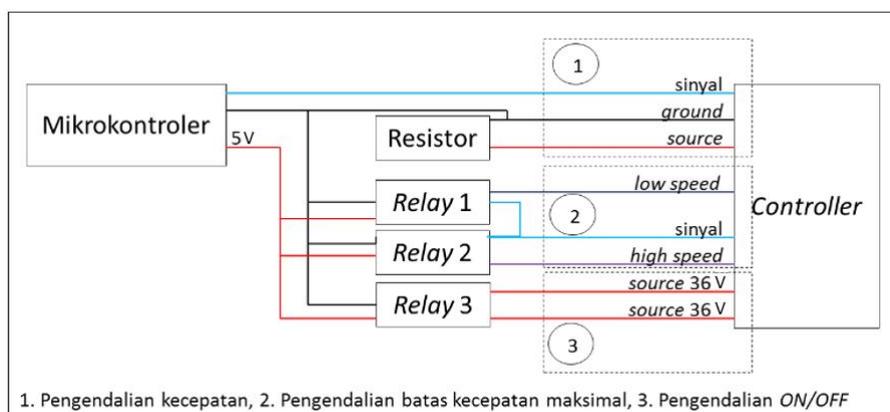
Penelitian mengenai pemantauan jarak jauh sepeda listrik masih belum banyak dijumpai. Saat ini, penelitian yang tersedia hanya sebatas pada desain sepeda listrik [2]. Pada penelitian yang melakukan riset konsumen tersebut, diketahui responden memiliki minat yang cukup tinggi terhadap sepeda listrik dan spesifikasi menjadi pertimbangan responden dalam membeli sepeda listrik. Selain itu, hal yang paling banyak diteliti adalah mengenai pengaturan kecepatan motor pada sepeda listrik.

Sepeda listrik yang ada di pasaran dapat dioperasikan dalam mode manual, yaitu dikayuh seperti sepeda biasa, dan menggunakan motor listrik sebagai penggerak. Target pasar sepeda listrik yang potensial adalah anak-anak sekolah. Dengan adanya sistem pemantauan jarak jauh ini, orang tua akan dapat memantau posisi anak, memantau kecepatan sepeda yang digunakan anak, bahkan mampu mengendalikan kecepatan maksimal sepeda dari jarak jauh. Selain itu, untuk kalangan dewasa, penggunaan sepeda sudah menjadi bagian dari gaya hidup sehat. Salah satu tujuan bersepeda adalah untuk membakar kalori tubuh. Saat ini, sepeda listrik di pasaran belum mampu menampilkan jumlah kalori yang terbakar saat sepeda tersebut digunakan. Solusi yang digunakan yaitu menggunakan aplikasi pihak ketiga.

Aplikasi berbasis Android untuk pengukuran kalori pada sepeda gunung sudah dikembangkan sebelumnya [3]. Dalam pengukuran kalori, parameter yang digunakan adalah kecepatan sepeda, jarak tempuh, dan berat badan. Energi yang diperlukan untuk mengayuh sepeda pada kondisi menanjak, jalan lurus, maupun turunan pastinya berbeda, meskipun kecepatan yang dihasilkan sama. Kondisi ini mengakibatkan ketidakakuratan pengukuran kalori.

Selain itu, pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan pengukuran kecepatan motor sepeda listrik menggunakan *force sensor* dan elektromiografi (EMG) [4]. Metode pengendalian kecepatan sepeda listrik juga telah dikembangkan dengan metode *self-tuning* parameter PI dengan metode logika fuzzy [5].

Penelitian mengenai sistem keamanan sepeda listrik saat ini masih terbatas. Desain sistem keamanan pada sepeda yang saat ini paling banyak dikembangkan yaitu pada sepeda motor. Penggunaan sensor GPS pada sepeda motor sudah dikembangkan sebelumnya, tetapi pada penelitian tersebut GPS



Gbr. 1 Modifikasi pada controller.

hanya digunakan untuk menunjukkan lokasi sepeda motor saja [6]. Padahal, sensor ini dapat digunakan dalam pengukuran jarak tempuh. Penelitian mengenai pengukuran tegangan baterai pada sepeda motor juga sudah dilakukan sebelumnya [7], tetapi penelitian tersebut masih menampilkan data secara langsung dan belum mampu melakukan pemantauan jarak jauh. Selanjutnya, sebuah penelitian mengenai sistem keamanan pada sepeda motor yang pernah dikembangkan memiliki kekurangan yaitu ketika sistem keamanan berfungsi, sistem belum mampu memberikan notifikasi kepada pemilik sepeda motor [8]. Dari penelitian-penelitian yang telah disebutkan, belum ada penelitian yang mengembangkan sampai tahap pemantauan jarak jauh berbasis *internet of things* (IoT).

Berdasarkan hal tersebut, pada makalah ini dikembangkan sistem pemantauan dan pengendalian sepeda listrik berbasis IoT. Mikrokontroler berbasis ESP32 digunakan sebagai perangkat IoT untuk mengukur jarak tempuh dengan sensor GPS, mengukur kecepatan sepeda, dan juga digunakan sebagai perangkat sistem keamanan sepeda listrik. Sementara itu, modul SIM800L digunakan sebagai perangkat komunikasi. Raspberry Pi digunakan sebagai server web penyimpanan dan pengolah data. Aplikasi berbasis *smartphone* Android yang disebut dengan “GO-WES Pro” dikembangkan untuk melakukan pemantauan dan pengendalian kondisi *ON/OFF* dan kecepatan sepeda listrik secara jarak jauh.

II. SISTEM SEPEDA LISTRIK

Sepeda listrik merupakan subkategori kendaraan listrik yang berkembang dari sepeda tradisional. Sementara sepeda tradisional hanya didorong oleh pedalnya, sepeda listrik menggabungkan baterai dan motor listrik untuk membantu pergerakan. Selain sepeda itu sendiri, sepeda listrik terdiri atas banyak komponen. Komponen-komponen tersebut dijelaskan sebagai berikut [9].

1) *Baterai dan Pengisi Daya*: Bagian ini sering dikenal sebagai baterai atau akumulator, yaitu sumber energi listrik yang menggerakkan motor pada sepeda listrik. Baterai yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baterai model lithium ion dengan spesifikasi 36 V 10 Ah.

2) *Motor*: Motor adalah alat pada sepeda listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Motor yang

digunakan pada penelitian ini yaitu motor DC tipe BLDC dengan daya 350 W.

3) *Controller*: Controller berfungsi untuk mengendalikan kecepatan sepeda listrik. Spesifikasi controller yang digunakan yaitu controller 36 V 350 W, sesuai dengan spesifikasi motor dan baterai. Pada makalah ini, controller dimodifikasi dengan penambahan relai DC pada konektor untuk penyalan mesin, penambahan relai DC pada konektor pengaturan kecepatan, penambahan relai DC pada konektor pengereman, dan modifikasi sumber tegangan untuk pengaturan kecepatan dari mikrokontroler. Adapun modifikasi controller yang dilakukan ditunjukkan pada Gbr. 1.

4) *Panel Tampilan*: Panel ini biasanya berupa lapisan LCD yang menampilkan kondisi sepeda listrik.

5) *Throttle Handle*: Terdapat dua jenis variasi pada throttle handle, yaitu model handle tarik dan model thumb throttle.

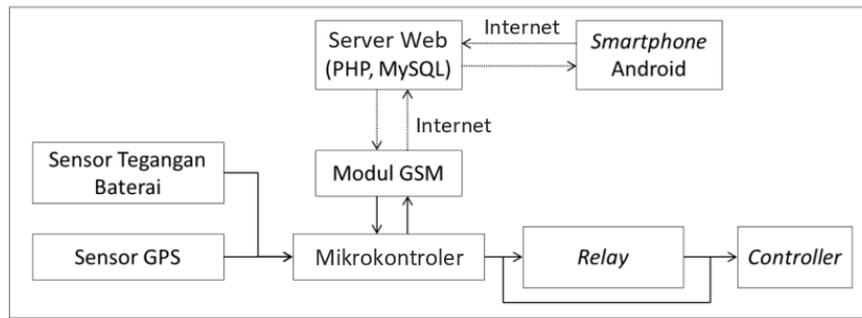
III. PENGUKURAN JARAK TEMPUH DARI GPS

GPS adalah sistem koordinat global yang dapat digunakan untuk menentukan bujur (*longitude*), lintang (*latitude*), dan ketinggian (*altitude*) objek yang terletak di mana saja di planet ini. GPS dapat menjadi pilihan yang efisien untuk memperoleh data spasial secara *realtime* dan otomatis [10].

Lintang dan bujur adalah koordinat yang paling sering digunakan untuk menetapkan lokasi di peta. Lintang adalah garis yang menghubungkan sisi timur dan barat dunia, berada antara kutub utara dan selatan. Garis lintang 0° disebut juga garis khatulistiwa. Sementara itu, bujur mengacu pada garis yang menghubungkan kutub utara dan selatan bumi. Jika ditarik garis lurus antara dua lokasi, koordinat lintang dan bujur dapat digunakan sebagai variabel untuk menentukan jarak antara keduanya [11].

Pada makalah ini, digunakan sensor GPS merek Neo 06M yang dihubungkan dengan mikrokontroler. Data pengukuran bujur, lintang, dan ketinggian dikirimkan oleh mikrokontroler ke server web, kemudian diolah menggunakan bahasa PHP untuk menentukan jarak tempuh dari selisih koordinat sebelum dan sesudah.

Pada sebuah penelitian dilakukan perbandingan metode untuk menentukan jarak berdasarkan koordinat bujur dan



Gbr. 2 Gambaran umum sistem.

TABEL I
HUBUNGAN KECEPATAN DENGAN NILAI MET

Indikator Kecepatan	MET	MET per Menit
< 16 km/jam	4,2	0,07
16 – 19 km/jam	6,0	0,10
19,01 – 22 km/jam	7,8	0,13
22,01 – 26 km/jam	10,2	0,17
26,01 – 30 km/jam	12,0	0,20
> 30 km/jam	16,2	0,27

lintang [12]. Metode yang dibandingkan yaitu metode Euclidean, metode Haversine, dan metode Manhattan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode yang paling akurat adalah metode Haversine, sehingga pada makalah ini diimplementasikan metode Haversine dalam bahasa PHP.

Metode Haversine adalah teknik untuk menentukan jarak antara dua tempat di bumi berdasarkan panjang garis lurus yang menghubungkannya dengan mempertimbangkan kelengkungan bumi [12]. Adapun rumus metode Haversine adalah sebagai berikut.

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1) \times \cos(lat_2) \times \sin^2\left(\frac{\Delta long}{2}\right) \quad (1)$$

$$d = 2r \times \arcsin(\sqrt{a}) \quad (2)$$

dengan

- d = jarak
- r = jari-jari bumi
- Δlat = perubahan lintang
- $\Delta long$ = perubahan bujur.

IV. PENGUKURAN KALORI TERBAKAR

Kalori adalah satuan energi, sedangkan *Metabolic Equivalent of Task* (MET) mengacu pada jumlah kalori (kal) yang dikonsumsi per menit oleh organisme atau manusia saat melakukan tugas. Nilai 1 MET adalah jumlah energi yang diserap oleh individu atau makhluk saat istirahat. Selain itu, 1 MET setara dengan 3,5 ml oksigen per menit per kg berat badan selama aktivitas metabolisme dalam tubuh [13]. Semakin besar intensitas aktivitas fisik, semakin besar pula kebutuhan tubuh akan oksigen dan MET. Hubungan antara peningkatan aktivitas fisik dengan MET ditunjukkan pada Tabel I, sedangkan untuk menghitung jumlah kalori terbakar pada saat berolahraga, digunakan (3) [14].

$$EC = \frac{MET \times 7,7 \times \left(\frac{BB}{2,2}\right)}{200} \times t \quad (3)$$

dengan

- EC = kalori terbakar (kal)
- MET = *metabolic equivalent of task*
- BB = berat badan (kg)
- t = waktu (menit).

Perhitungan kalori terbakar tersebut akan diimplementasikan dalam bahasa PHP. Kedua metode tersebut akan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat ukur kalori yang saat ini sudah beredar di pasaran. Metode dengan akurasi terbaik akan diimplementasikan di sistem.

V. DESAIN SISTEM

Perancangan aplikasi ini secara umum dibagi menjadi dua bagian, yaitu perancangan sistem perangkat keras dan perancangan sistem perangkat lunak. Perancangan sistem perangkat keras meliputi perancangan sistem sepeda listrik dan sistem mikrokontroler untuk perangkat IoT, sedangkan perancangan perangkat lunak meliputi perancangan basis data dan perancangan aplikasi Android berbasis Kodular.

A. Desain Sistem Internet of Things

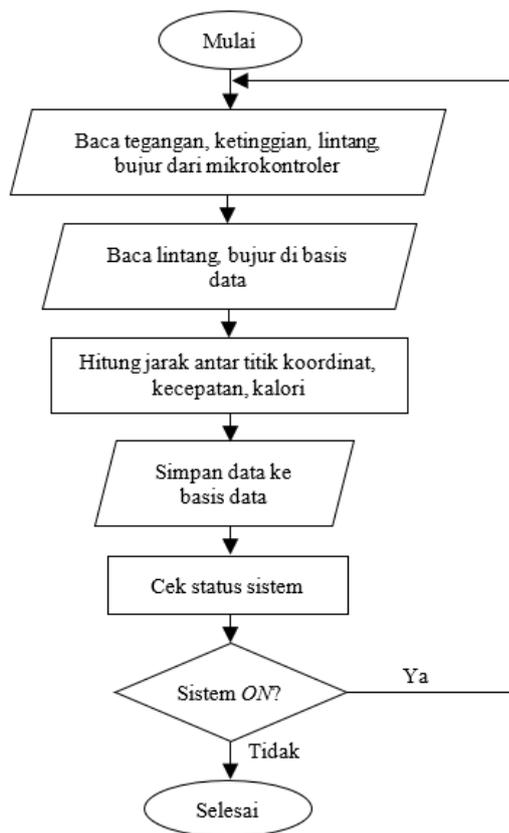
Secara umum, diagram blok kontrol yang digunakan ditunjukkan seperti pada Gbr. 2. Detail hubungan antara mikrokontroler dan *controller* sepeda listrik ditunjukkan pada Gbr. 1.

Pada makalah ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 dan modul GSM yang digunakan adalah SIM800L, dengan *board* yang digunakan yaitu TTGO T-CALL. Dalam satu *board* ini, sudah terintegrasi ESP32 dan modul GSM SIM800L. Mikrokontroler berbasis ESP32 dipilih karena memiliki *port* serial dan modul Wi-Fi. ESP32 membaca data tegangan, lintang, bujur, dan ketinggian dari sensor, lalu mengirimkannya ke basis data MySQL.

Proses komunikasi ini menggunakan protokol GET. Antara ESP32 dan basis data MySQL dihubungkan oleh bahasa PHP. Algoritme untuk pemantauan sistem sepeda listrik ditunjukkan seperti pada Gbr. 3. Algoritme ini diterapkan dalam bahasa PHP.

B. Perancangan Aplikasi

Metode yang digunakan dalam perancangan aplikasi “GO-WES Pro” adalah *unified modeling language* (UML). Salah satu UML yang dapat digunakan yaitu diagram *use case*, yang berfungsi untuk menggambarkan alur proses dalam aplikasi, seperti ditunjukkan pada Gbr. 4.



Gbr. 3 Algoritme pemantauan sistem sepeda listrik.

Dari Gbr. 4, terlihat bahwa terdapat empat fitur utama dalam aplikasi, yaitu “Realtime Kontrol”, “Akses Riwayat”, “Realtime Monitoring”, dan “Profil Pengguna”. “Profil Pengguna” berhubungan dengan proses perhitungan kalori, selain data jarak tempuh. Pada “Akses Riwayat” terdapat beberapa fitur, di antaranya mengakses riwayat lokasi, riwayat jarak tempuh, dan riwayat tegangan baterai. Masing-masing fungsi tersebut diimplementasikan dalam aplikasi Android.

Metode pemrograman yang dilakukan diawali dengan membuat *user interface* di aplikasi Kodular dan dilanjutkan dengan membuat kode program menggunakan kode *block* pada aplikasi Kodular.

VI. DISKUSI

A. Pengukuran Kalori Terbakar

Penelitian ini diawali dengan membandingkan metode perhitungan kalori dengan metode MET, mengacu pada (3), dan dibandingkan dengan merek *smartband/smartwatch* yang terjual di pasaran, yaitu Garmin 45 dan Oase WS-01. Pada penelitian sebelumnya, belum dilakukan perbandingan dengan alat yang sudah ada di pasaran, sehingga belum diketahui akurasi pengukuran kalori yang digunakan [3], [14]. Pengujian dilakukan dengan melewati lokasi yang sudah ditentukan dengan jarak sekitar 1,1 km. Responden pada pengujian ini adalah lelaki dengan berat 70 kg. Hasil pengukuran kalori terbakar ditunjukkan pada Tabel II.

Dari Tabel II terlihat bahwa metode MET memiliki tingkat kesalahan pengukuran sebesar 5,76% atau akurasi sebesar

TABEL II
PERBANDINGAN PERHITUNGAN KALORI TERBAKAR

Uji	Metode MET	Pengukuran Smart Band			% Error
		Oase WS-01	Garmin 45	Rerata	
1	43	45	46	45,5	5,49%
2	37	35	40	37,5	1,33%
3	44	45	52	48,5	9,28%
4	38	36	42	39,0	2,56%
5	39	40	45	42,5	8,24%
6	40	37	44	40,5	1,23%
7	24	25	29	27,0	11,11%
8	29	30	33	31,5	7,94%
9	37	38	40	39,0	5,13%
10	36	37	39	38,0	5,26%
Rata-rata % error					5,76%

94,24%, apabila dibandingkan dengan alat ukur kalori yang sudah beredar di pasaran. Tingkat kesalahan pengukuran ini masih relatif cukup tinggi, sehingga perlu dilakukan perbaikan pada penelitian selanjutnya.

Beberapa penelitian yang mengaplikasikan metode MET memiliki kesalahan dalam pengaplikasian rumus perhitungan seperti pada (3). Pada [3], rumus perhitungan kalori berbeda, yaitu hanya mempertimbangkan berat, nilai MET, dan waktu. Tidak ada faktor pengali dan pembagi rumus yang digunakan pada penelitian tersebut. Selain itu, pada penelitian [13] seharusnya koefisien faktor pada rumus kalori sebesar 7,7 digunakan apabila massa dalam satuan lb. Ketika massa dalam satuan kg, seharusnya koefisien yang digunakan adalah 3,5, yang berasal dari 7,7 dibagi 2,2 (faktor konversi dari lb ke kg).

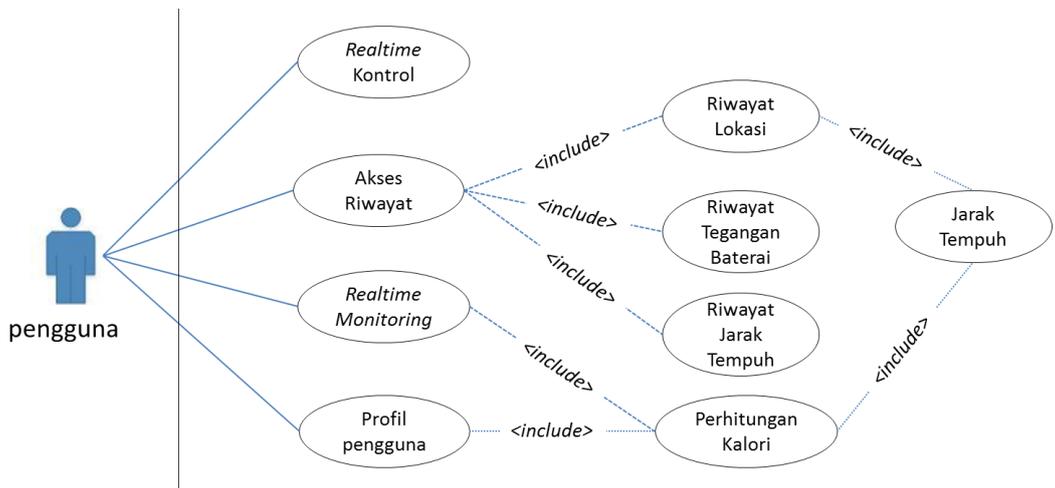
B. Pengujian Aplikasi Android

Pengujian *black box* adalah jenis pengujian perangkat lunak yang berfokus pada kebutuhan fungsional perangkat lunak [14]. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui fungsi masing-masing elemen pada setiap halaman yang ada pada program. Dari hasil pengujian yang dilakukan, seperti pada Tabel III, terdapat total tujuh halaman dan aplikasi sudah 100% sesuai dengan yang diharapkan.

C. Pelacakan Riwayat Perjalanan

Salah satu fitur unggulan dalam aplikasi “GO-WES Pro” yaitu mampu menampilkan riwayat lokasi, seperti ditunjukkan pada Gbr. 5(a). Metode yang diimplementasikan dalam membuat rute perjalanan adalah dengan melakukan konversi dari data lintang, bujur, dan elevasi dari basis data MySQL menjadi *file* dengan format GPS Exchange (GPX) dengan menggunakan *library phpGPX*. *Library phpGPX* merupakan proyek *open source* yang dapat diakses dengan layanan GitHub. Kemudian, *file* GPX tersebut diintegrasikan dengan OpenStreetMap (OSM). OSM merupakan salah satu penyedia layanan peta seperti Google Maps. OSM merupakan proyek *open source* dan tidak berbayar.

Pada [15], rute bersepeda juga dikonversi dalam format GPX. Hal yang membedakan penelitian ini dari penelitian sebelumnya adalah pada penelitian tersebut data GPX langsung diambil dari aplikasi Strava, kemudian diolah untuk menentukan rute optimal. Aplikasi peta yang digunakan yaitu



Gbr. 4 Diagram use case dari aplikasi Android.

TABEL III
PENGUJIAN BLACK BOX APLIKASI ANDROID

No.	Pengujian	Hasil
1	Screen login: - Masukkan user dan password yang sesuai - Masukkan user dan password yang salah	Sesuai
2	Screen daftar: - Mendaftar dengan data yang lengkap - Mendaftar dengan data yang tidak lengkap	Sesuai
3	Screen profil: - Melihat profil pengguna - Mengubah profil pengguna	Sesuai
4	Screen monitoring: - Menampilkan posisi realtime dengan perubahan lokasi dan tegangan baterai	Sesuai
5	Screen kontrol: - Melakukan perubahan dengan menekan tombol - Melakukan perubahan dengan perintah suara yang diaktifkan melalui tombol - Melakukan perubahan dengan perintah suara yang diaktifkan dengan mendekatkan tangan ke kamera depan	Sesuai
6	Screen riwayat lokasi: - Melakukan pelacakan lokasi dengan tanggal yang sesuai - Melakukan pelacakan lokasi dengan tanggal yang tidak sesuai	Sesuai
7	Screen history: - Melakukan pelacakan lokasi dengan tanggal yang sesuai - Melakukan pelacakan lokasi dengan tanggal yang tidak sesuai	Sesuai

Google Maps. Selain itu, apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan [16], penelitian ini memiliki beberapa keunggulan. Penelitian tersebut hanya mampu menampilkan lokasi terakhir saja, belum mampu menampilkan rute perjalanan yang sudah dilewati [16].

D. Pemantauan Sepeda Listrik

Seperti pada penelitian sebelumnya [16], aplikasi “GO-WES Pro” juga mampu melakukan pelacakan lokasi terakhir

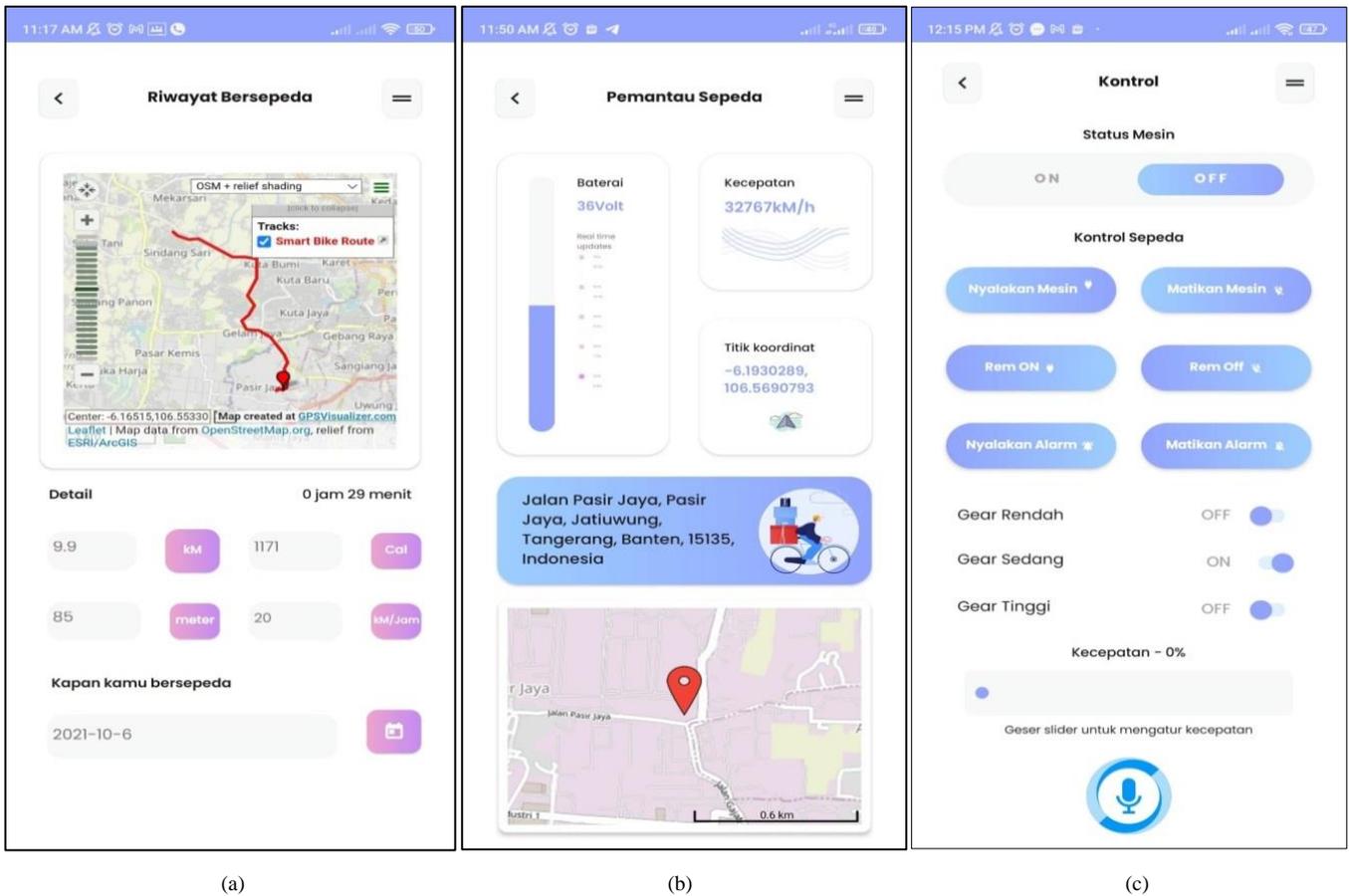
berdasarkan data lintang dan bujur. Selain itu, telah dikembangkan juga perangkat GPS untuk pelacakan kendaraan, dengan hasil pelacakan ditampilkan dalam peta berdasarkan lintang dan bujur [17]. Selain mampu menampilkan tegangan baterai, kecepatan, dan titik koordinat dalam tulisan maupun peta, aplikasi ini memiliki keunggulan lain, yaitu kemampuan untuk melakukan proses geotagging, yang belum ditemukan pada penelitian sebelumnya.

Geotagging merupakan cara yang dilakukan untuk mengonversi data dari koordinat lokasi menjadi alamat suatu lokasi. Pada aplikasi “GO-WES Pro”, proses geotagging dilakukan dengan menggunakan layanan OSM, seperti pada proses sebelumnya. Algoritme pada program PHP yang dilakukan yaitu membaca lintang dan bujur dari basis data MySQL, lalu melakukan proses geotagging dengan integrasi OSM dengan hasil keluaran berupa file dalam format JSON. Kemudian, file alamat dibaca dari file JSON tersebut dan ditampilkan dalam aplikasi “GO-WES Pro”, seperti ditunjukkan pada Gbr. 5(b).

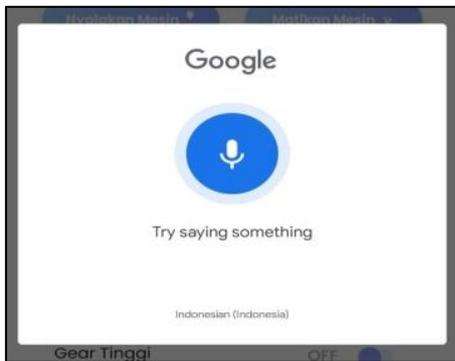
Sebuah penelitian lain juga membahas pemantauan kecepatan dan tegangan baterai sepeda listrik [18]. Dalam penelitian tersebut, pengukuran tegangan dilakukan menggunakan sensor daya dan pengukuran kecepatan dilakukan menggunakan rotary encoder. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar yang dipasang di sepeda listrik. Dibandingkan dengan penelitian tersebut, pada penelitian ini digunakan sensor tegangan yang dihubungkan dengan rangkaian pembagi tegangan untuk pengukuran tegangan, sedangkan pengukuran kecepatan dihitung berdasarkan pengukuran jarak menggunakan metode Haversine sebelumnya dibagi dengan selisih waktu.

E. Pengendalian Sepeda Listrik

Keunggulan lain aplikasi “GO-WES Pro” adalah kemampuannya mengendalikan sepeda listrik dari mana pun selama terdapat jaringan internet. Pengendalian sepeda listrik jarak jauh sudah dikembangkan sebelumnya [19]. Penelitian tersebut menggunakan media komunikasi Bluetooth untuk menghubungkan smartphone Android dengan sepeda listrik. Salah satu kendala yang dihadapi adalah batas jarak



Gbr. 5 Tampilan antarmuka aplikasi, (a) pelacakan riwayat perjalanan, (b) pemantauan *realtime* sepeda listrik, (c) pengendalian sepeda listrik.



Gbr. 6 Tampilan antarmuka apabila kontrol suara diaktifkan.

maksimum, yaitu 15 m. Ketika jarak *smartphone* dan sepeda listrik kurang dari 15 m, sistem masih berjalan normal. Namun, ketika jarak melebihi batas maksimal, sistem menjadi *error*.

Selain itu, “GO-WES Pro” memiliki keunggulan lain, yaitu selain mampu dilakukan dengan menekan tombol seperti ditunjukkan pada Gbr. 5(c), proses pengendalian sepeda listrik juga dilengkapi dengan fitur perintah suara, seperti ditampilkan pada Gbr. 6. Fitur perintah suara dapat diaktifkan dengan menekan tombol mikrofon atau dengan mendekatkan tangan ke kamera depan. Saat ini, aplikasi “GO-WES Pro” baru dilengkapi dengan enam belas perintah suara dalam bahasa Indonesia. Teknik pengenalan suara dalam aplikasi ini menggunakan layanan Google Speech to Text.

TABEL IV
PARAMETER MASUKAN DARI MIKROKONTROLER KE *CONTROLLER*

Komponen	Nilai	Keterangan
Relay 1	1 (OFF) atau 0 (ON)	ON/OFF sepeda listrik
Relay 2	1 (OFF) atau 0 (ON)	Kontrol kecepatan maksimal
Relay 3	1 (OFF) atau 0 (ON)	Kontrol kecepatan minimal
Relay 4	1 (OFF) atau 0 (ON)	ON/OFF alarm
Data 1	0 s.d. 255	Kontrol kecepatan

Ketika sepeda listrik dinyalakan, aplikasi “GO-WES Pro” akan mengirim perintah GET ke server web untuk mengubah status *relay*. Sistem *relay* yang digunakan merupakan *relay mode normally close* (NC), dengan data 1 (*high*) untuk *relay* dalam kondisi hubung buka dan 0 (*low*) untuk *relay* dalam kondisi hubung tutup. Maka, untuk menyalakan sepeda listrik, data di basis data akan diubah dari 1 menjadi 0, demikian pula komponen lainnya. Data *relay* yang digunakan ditunjukkan pada Tabel IV.

Khusus pengendalian batas kecepatan maksimal (dalam aplikasi “GO-WES Pro” disebut dengan pengaturan *gear*) dilakukan dengan mengombinasikan pengaturan pada *relay 2* dan *relay 3*, seperti ditunjukkan pada Tabel V. Istilah *gear* digunakan pada aplikasi karena masyarakat sudah terbiasa dengan pengaturan *gear* pada mobil dan motor untuk pengendalian kecepatan.

TABEL V
PERBANDINGAN MODE BATAS KECEPATAN (GEAR KECEPATAN) TERHADAP KECEPATAN MAKSIMUM

Jenis Pengaturan	Kecepatan Maksimum	Konfigurasi
Batas kecepatan rendah (gear rendah)	15 km/jam	Relay 2 ON dan Relay 3 OFF
Batas kecepatan sedang (gear sedang)	30 km/jam	Relay 2 OFF dan Relay 3 OFF
Batas kecepatan tinggi (gear tinggi)	40 km/jam	Relay 2 OFF dan Relay 3 ON

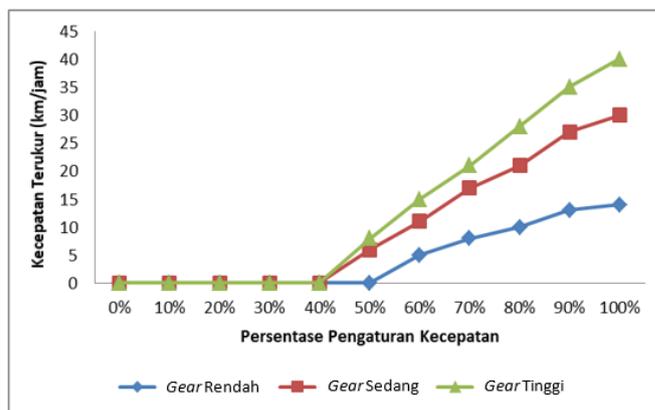
TABEL VI
KONVERSI PERSENTASE KECEPATAN MENJADI NILAI DIGITAL, TEGANGAN, DAN KECEPATAN SEPEDA

Persentase Pengaturan	Nilai Digital	Tegangan (V)	Kecepatan (km/jam)
0%	0	0,00	0
10%	26	0,50	0
20%	51	1,00	0
30%	77	1,50	0
40%	102	2,00	0
50%	128	2,50	8
60%	153	3,00	15
70%	179	3,50	21
80%	204	4,00	28
90%	230	4,50	35
100%	255	5,00	40

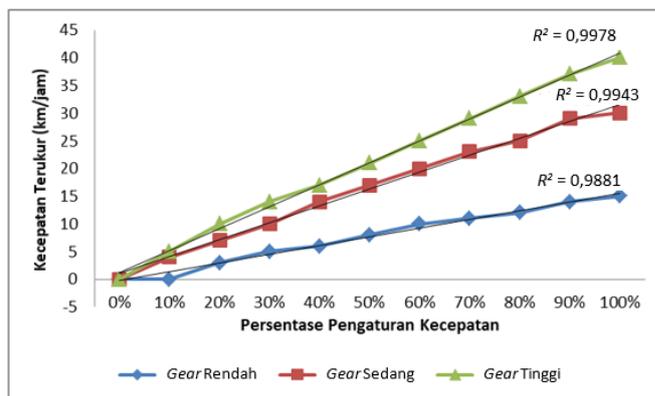
Pengendalian kecepatan sepeda listrik dapat dilakukan dengan menggerakkan slider pengaturan kecepatan atau dengan mengucapkan “tambah kecepatan” atau “kurangi kecepatan” setelah mengaktifkan fitur perintah suara. Pengaturan kecepatan ini terhubung dengan komponen Data 1 seperti pada Tabel IV. Selanjutnya, aplikasi “GO-WES Pro” akan mengirimkan data berupa persen kecepatan yang dikonversi secara linear oleh program PHP dalam rentang 0-255, yang nantinya akan dibaca oleh mikrokontroler. Data dikonversi ke rentang nilai digital 0-255 karena mikrokontroler yang digunakan menggunakan konversi 8 bit. Nilai tersebut akan dikonversi menjadi tegangan analog 0-5 V untuk dikirim ke controller sepeda listrik. Adapun hubungan antara persentase kecepatan, tegangan, dan kecepatan sepeda listrik yang terukur pada mode batas kecepatan sedang (gear sedang) ditunjukkan pada Tabel VI.

Dari Tabel VI terlihat bahwa perubahan kecepatan bersifat tidak linear. Persentase kecepatan 0-40% atau tegangan 0-2,0 V belum mampu menggerakkan motor BLDC. Perbandingan perubahan persentase kecepatan terhadap perubahan batas kecepatan (pengaturan gear kecepatan sedang, tinggi, rendah) ditunjukkan pada Gbr. 7.

Pada Gbr. 7 terlihat bahwa mode gear sedang dan tinggi memiliki batas bawah persentase kecepatan yang sama, yaitu 40% atau 2 V, sedangkan batas kecepatan bawah untuk mode gear rendah sebesar 50% atau 2,5 V. Setelah melewati batas bawah tegangan tersebut, kecepatan memiliki sifat yang linear. Agar pengaturan kecepatan menjadi linear, dilakukan perubahan pengaturan kecepatan dengan menetapkan batas bawah tegangan 2 V (setara nilai digital 102). Adapun pengaturan kecepatan mengikuti (4).



Gbr. 7 Perbandingan persentase pengaturan kecepatan dengan kecepatan terukur.



Gbr. 8 Perbandingan persentase pengaturan kecepatan dengan kecepatan terukur setelah modifikasi.

TABEL VII
DELAY WAKTU RESPONS

Pengujian	Delay Waktu (s)
1	10,29
2	10,36
3	8,66
4	8,98
5	5,81
Rerata	8,82

$$V_{digital} = 102 + \%Kec \times (255 - 102) \tag{4}$$

Nilai tegangan digital ($V_{digital}$) pada (4) akan dikirimkan ke mikrokontroler untuk dikonversi menjadi tegangan analog untuk mengendalikan kecepatan. Dengan menggunakan metode tersebut, pengendalian kecepatan sudah bersifat linear, seperti ditunjukkan pada Gbr. 8. Nilai rata-rata R^2 (R -squared) adalah sebesar 0,9984. Pada pengaturan ini, pengendalian kecepatan sudah bersifat linear.

Aplikasi ini menggunakan perangkat SIM800L sebagai media komunikasi. SIM800L memiliki koneksi jaringan internet dengan tipe GPRS (2G). Hal ini berdampak pada terjadinya delay waktu antara saat perintah diberikan dari smartphone Android sampai dengan munculnya respons pada sepeda listrik. Delay pengukuran masih relatif tinggi, dengan rata-rata sebesar 8,82 s, seperti ditunjukkan pada Tabel VII.

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengurangi *delay* waktu ini, sehingga sistem menjadi lebih baik.

VII. KESIMPULAN

Aplikasi “GO-WES Pro” merupakan aplikasi berbasis Android yang dibangun menggunakan Kodular. Aplikasi ini mampu mengendalikan sepeda listrik dari jarak jauh melalui internet. Beberapa fitur yang dimiliki di antaranya adalah menyalakan dan mematikan sepeda listrik, mengatur posisi *gear* kecepatan, mengatur kecepatan, menyalakan alarm, melacak lokasi terakhir, melakukan pelacakan riwayat lokasi, dan melakukan pengukuran kalori menggunakan metode MET. Proses pengendalian tersebut dapat dilakukan dengan menekan tombol atau perintah suara menggunakan layanan Google Speech to Text. Aplikasi ini telah diuji coba dengan metode *black box* dengan hasil 100% berhasil. Pengukuran kalori dengan metode MET memiliki akurasi 94,24% dibandingkan dengan peralatan pengukuran kalori yang berada di pasaran. Pengendalian kecepatan dapat dilakukan secara linear dengan R^2 sebesar 0,9984.

Pada penelitian selanjutnya, dapat menggunakan perangkat komunikasi dengan akses jaringan 3G atau 4G. Pada penelitian, ini perangkat komunikasi yang digunakan adalah SIM800L, yang masih menggunakan jaringan 2G, sehingga masih terdapat *delay* waktu dalam menjalankan perintah. Selain itu, dengan melakukan modifikasi dalam *controller*, dapat dilakukan pengembangan sepeda listrik menjadi semi-otonom yang mampu mengatur kecepatan secara otomatis, tergantung pada keberadaan objek di depannya. Hal lain yang dapat dikembangkan adalah integrasi perangkat pengukuran kesehatan (seperti detak jantung) ke dalam aplikasi.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam proses penelitian maupun penulisan artikel ilmiah ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Konseptualisasi, Muhammad Ridwan Arif Cahyono; metodologi, Muhammad Ridwan Arif Cahyono; perangkat lunak, Muhammad Ridwan Arif Cahyono dan Surya Wirawan; validasi, Muhammad Ridwan Arif Cahyono, Surya Wirawan, dan Ita Mariza; analisis formal, Muhammad Ridwan Arif Cahyono; pengolahan data, Muhammad Ridwan Arif Cahyono; penulisan—penyusunan draf asli, Muhammad Ridwan Arif Cahyono dan Ita Mariza; penulisan—peninjauan dan penyuntingan, Muhammad Ridwan Arif Cahyono; visualisasi, Muhammad Ridwan Arif Cahyono dan Surya Wirawan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ini dalam skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun pelaksanaan 2021.

REFERENSI

- [1] M. Tambrin dan F. Rozi, “Pengaruh Merek dan Harga Sepeda Polygon terhadap Keputusan Pembelian (Studi Literatur),” *Eco-Entrepreneur*, Vol. 6 No. 1, hal. 43-48, 2020.
- [2] E.T. Ramadhan dan B. Tristiyono, “Design Requirements & Objectives Sepeda Listrik untuk Siswi Sekolah Menengah Melalui Riset Konsumen,” *J. Sains dan Seni ITS*, Vol. 8 No. 1, hal. 45-50, 2019.
- [3] L.D. Rumpa, “Desain dan Implementasi Instrumen Digital Pengukur Kecepatan, Jarak dan Pembakaran Kalori pada Sepeda Gunung Berbasis Mikrokontrol Atmega32,” *J. Tek. Dynamic Saint*, Vol. 2, No. 2, hal. 326-337, 2016.
- [4] J. Gunawan, M. Rivai, dan Tasripan, “Kontrol Kecepatan Motor Sepeda Listrik Menggunakan Force Sensor dan Elektromiografi (EMG),” *J. Tek. ITS*, Vol. 7, No. 2, hal. A343-A348, 2019.
- [5] M.A. Rachmadi, M.A. Muslim, dan E. Yudaningtyas, “Sistem Kontrol Kecepatan Sepeda Listrik Menggunakan Metode *Self-Tuning* Parameter PI dengan Metode Logika Fuzzy,” *J. EECCIS*, Vol. 10, No. 1, hal. 26-32, 2016.
- [6] E.A. Siddiq dan H. Effendi, “Sistem Monitoring Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler Menggunakan GPS,” *JTEV (J. Tek. Elektro, Vokasional)*, Vol. 6, No. 2, hal. 383-390, 2020.
- [7] A. Harijanto, Z.A. Adi, dan B. Supriadi, “Sistem Monitoring Arus dan Tegangan pada Baterai Kendaraan Bermotor (ACCU) Berbasis Arduino Uno,” *FKIP E-Proceeding*, Vol. 2, No. 1, hal. 1-7, 2017.
- [8] H. Sujadi, T.F. Prasetyo, dan P. Paisal, “Pengembangan Sistem Monitoring Keamanan Sepeda Motor Berbasis Internet of Things,” *J-Ensitem*, Vol. 5, No. 1, hal. 226-231, 2018.
- [9] D.T. Arsari, “Legalitas Penggunaan Sepeda Listrik sebagai Alat Transportasi Menurut Perspektif Hukum Pengangkutan di Indonesia,” *Jurist-Diction*, Vol. 3, No. 3, hal. 903-920, 2020.
- [10] C.N. Alam, K. Manaf, A.R. Atmadja, dan D.K. Aurum, “Implementation of Haversine Formula for Counting Event Visitor in the Radius Based on Android Application,” *2016 4th Int. Conf. Cyber, IT Service Manag.*, 2016, hal. 1-6.
- [11] Yulianto, Ramadiani, dan A.H. Kridalaksana, “Penerapan Formula Haversine pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Jarak Terdekat Lokasi Lapangan Futsal,” *Inform. Mulawarman : J. Ilm. Ilmu Komput.*, Vol. 13, No. 1, hal. 14-21, 2018.
- [12] Y. Miftahuddin, S. Umaroh, dan F.R. Karim, “Perbandingan Metode Perhitungan Jarak Euclidean, Haversine, dan Manhattan dalam Penentuan Posisi Karyawan,” *J. Tekno Insentif*, Vol. 14, No. 2, hal. 69-77, 2020.
- [13] I.W.T. Andhika dan Umar, “Monitoring Kalori yang Terbakar pada Penggunaan Sepeda Statis Berbasis Arduino,” Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, 2021.
- [14] V. Febrian, M.R. Ramadhan, M. Faisal, dan A. Saifudin, “Pengujian pada Aplikasi Penggajian Pegawai dengan Menggunakan Metode Blackbox,” *J. Inform. Univ. Pamulang*, Vol. 5, No. 1, hal. 61-66, 2020.
- [15] I. Mulasatra dan W. Kao-ian, “Android Application for Connecting Cycling Routes on Strava Segments,” *J. Inf. Commun. Converg. Eng.*, Vol. 17, No. 2, hal. 142-148, 2019.
- [16] M.S. Budiana, A. Mulyana, dan A. Hartaman, “Desain dan Implementasi Aplikasi Android untuk Penentuan Rute dan Pelacakan Posisi Kendaraan Menggunakan Perangkat GPS secara Interaktif,” *eProc. Appl. Sci.*, Vol. 3, No. 3, hal. 2084-2091, Des. 2017.
- [17] V. Bernando, “Pengembangan Sistem Pelacakan Kendaraan Menggunakan Modul GSM dan GPS Berbasis Mikrokontroler ATmega328,” *J. Sist. Teknol. Inf. (JUSTIN)*, Vol. 4, No. 3, hal. 455-460, 2016.
- [18] D. Dahlan, D.L. Zariatun, dan N. Wibowo, “Perancangan Sistem Pemantauan Kecepatan dan Pengelolaan Baterai pada Sepeda Motor Listrik 3 kW,” *Pros. Sem. Rekayasa Teknol. (SemResTek)*, 2018, hal. 366-372.
- [19] R. Asnawi, A.C. Nugraha, A. Asmara, dan I.G. Dangin, “Integrating Android Smartphone and Microcontroller System for Controlling and Monitoring the Two Wheels Electric-Bike,” *Proc. Ist Int. Conf. Technol., Vocat. Teach. (ICTVT 2017)*, 2017, hal. 89-93.