



***ENGINE KILL BY SMS DENGAN PEMOSISIAN KENDARAAN BERBASIS RFID  
UNTUK PENCEGAHAN KENDARAAN EKSPEDISI PERUSAHAAN KELUAR AREA***

**Yusrodi<sup>1</sup>, Yuliarman Saragih<sup>2</sup>, Wiria<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Sistem Informasi STMIK Pranata Indonesia, Bekasi Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Manajemen Informatika STMIK Pranata Indonesia, Bekasi Indonesia

yusrodi@pranataindonesia.ac.id<sup>1</sup>, yuliarman@staff.unsika.ac.id<sup>2</sup>, wiria@pranataindonesia.ac.id<sup>3</sup>

**ABSTRACT**

Increasing operational costs, especially in fuel consumption, is one of the main factors that cause company losses. This is often caused by the behavior of employees, especially expedition drivers, who use operational vehicles outside the designated area for personal purposes. Therefore, this paper proposes an RFID-based approach to vehicle positioning to support the implementation of a connected vehicle system. When a vehicle passes an RFID tag, its position is determined based on the accurate information stored in the tag. If the vehicle is in a location without RFID coverage, its position is estimated using a kinematics integration algorithm based on the location of the last RFID tag until an update from the next tag is obtained. The accuracy of the system is validated through two independent methods, namely the use of radar and photoelectric switches. The first test aims to ensure that the dynamic position obtained through the RFID tag matches the data generated by the radar, which is considered to have a high degree of accuracy. Meanwhile, the second test was conducted to verify the agreement between the position estimated from kinematics integration and the position obtained from the RFID tag. The results of both tests show that the RFID-based system has high accuracy in determining the position of the vehicle. As a complementary technology to GPS, which often suffers from constraints such as location inaccuracy and signal loss, RFID-based positioning systems offer promising potential to support the implementation of connected vehicles. This paper also proposes two application concepts of this system, namely for vehicle operational control as well as Level IV intersection management.

**Keywords:** *RFID; vehicle positioning; connected vehicle technology*

**ABSTRAK**

Peningkatan biaya operasional, khususnya dalam konsumsi bahan bakar, menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan kerugian perusahaan. Hal ini sering kali disebabkan oleh perilaku karyawan, terutama pengemudi ekspedisi, yang menggunakan kendaraan operasional di luar area yang telah ditentukan untuk keperluan pribadi. Oleh karena itu, makalah ini mengusulkan pendekatan berbasis RFID dalam penentuan posisi kendaraan guna mendukung implementasi sistem kendaraan yang terhubung. Saat kendaraan melewati tag RFID, posisinya ditentukan berdasarkan informasi akurat yang tersimpan dalam tag tersebut. Jika kendaraan berada di lokasi tanpa jangkauan RFID, posisinya diperkirakan menggunakan algoritma integrasi kinematika berdasarkan lokasi tag RFID terakhir hingga diperoleh pembaruan dari tag berikutnya. Keakuratan sistem ini divalidasi melalui dua metode independen, yaitu penggunaan radar dan saklar fotolistrik. Pengujian pertama bertujuan untuk memastikan bahwa posisi dinamis yang diperoleh melalui tag RFID sesuai dengan data yang dihasilkan

oleh radar, yang dianggap memiliki tingkat akurasi tinggi. Sementara itu, pengujian kedua dilakukan untuk memverifikasi kesesuaian antara posisi yang diperkirakan dari integrasi kinematika dengan posisi yang diperoleh dari tag RFID. Hasil dari kedua pengujian tersebut menunjukkan bahwa sistem berbasis RFID memiliki keakuratan tinggi dalam menentukan posisi kendaraan. Sebagai teknologi pelengkap GPS, yang sering mengalami kendala seperti ketidaktepatan lokasi dan hilangnya sinyal, sistem penentuan posisi berbasis RFID menawarkan potensi yang menjanjikan untuk mendukung implementasi kendaraan yang terhubung. Makalah ini juga mengusulkan dua konsep aplikasi dari sistem ini, yaitu untuk pengendalian operasional kendaraan serta pengelolaan persimpangan Level IV.

**Kata Kunci:** *RFID; posisi kendaraan; teknologi kendaraan terhubung*

## I. PENDAHULUAN

Pada 3 Februari 2014, Departemen Transportasi AS (DOT) secara resmi mengumumkan keputusannya untuk bergerak maju dengan teknologi komunikasi kendaraan-ke-kendaraan untuk kendaraan ringan. Setelah penelitian dan eksperimen selama satu dekade, keputusan ini menandakan resolusi USDOT untuk mengubah keselamatan transportasi dan mobilitas dengan memungkinkan mobil untuk "berbicara" satu sama lain. Daftar panjang aplikasi inovatif telah diuji atau sedang dilakukan termasuk peringatan tabrakan kooperatif [1-3] persimpangan keselamatan pendukung [4], bantuan persimpangan persimpangan, dll. Dalam aplikasi ini, penentuan posisi kendaraan waktu nyata diasumsikan dalam algoritme dan protokolnya untuk panduan gerak, kontrol operasional, dan interaksi dengan kendaraan lain. Ini adalah asumsi yang masuk akal karena teknologi Global Positioning System (GPS) telah tersedia secara luas dan terjangkau. Faktanya, banyak kendaraan telah dilengkapi dengan GPS untuk keperluan navigasi dan pelacakan. Namun, penentuan posisi kendaraan berbasis GPS mulai menunjukkan keterbatasannya karena kendaraan yang terhubung maju menuju implementasi dunia nyata dan terutama ketika keberhasilan aplikasi ini sangat bergantung pada keakuratan penentuan posisi kendaraan. Keterbatasan ini termasuk sinyal yang buruk atau tidak ada sinyal di area tertentu terutama ngarai perkotaan, dan akurasi posisi di lingkungan yang dinamis.

Untuk mengatasi keterbatasan di atas, makalah ini mengusulkan pendekatan pelengkap namun independen, yaitu, penentuan posisi kendaraan berbasis frekuensi radio (RFID), untuk memfasilitasi aplikasi kendaraan yang terhubung di lokasi kritis di mana layanan GPS tidak tersedia atau tidak dapat diandalkan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Karena cakupan dan ketersediaannya yang luas, GPS tampaknya ideal untuk aplikasi kendaraan yang terhubung [5,6]. Stand-alone GPS memiliki kemampuan mencapai akurasi sekitar 20-30 m, yang dapat dipersempit menjadi 8-12 m setelah penghapusan ketersediaan selektif [7]. Diferensial GPS bahkan dapat meningkatkan akurasi hingga 1-2 m. Namun, itu bergantung pada stasiun referensi berbasis darat yang hanya mencakup area terbatas dan, dengan demikian, secara signifikan menaikkan biaya [8].

Dalam kendaraan yang terhubung, persyaratan tentang posisi kendaraan bervariasi sesuai dengan sifat aplikasi. Secara umum, yang melibatkan ruang spasial dan temporal yang besar, seperti bantuan insiden jalan dan rute dinamis, tidak memerlukan pemosisian akurat yang diperbarui pada frekuensi tinggi. Misalnya, keakuratan 5 sampai 10m diperlukan untuk memperingatkan pengemudi tentang bahaya di lokasi tertentu (misalnya, lokasi kecelakaan), yang untuk keperluan umum penerima GPS mencukupi kebutuhan. Sebaliknya, aplikasi di area spasial dan temporal yang kecil, seperti kontrol gerak, khususnya penghindaran kecelakaan, memerlukan pemosisian yang akurat secara real time. Misalnya, sebagian besar aplikasi keselamatan memerlukan satu hingga dua meter [9] Shladover et al. [10] menunjukkan bahwa menugaskan kendaraan ke jalur yang benar akan memerlukan standar deviasi sekitar 1 m, tetapi akurasi 50 cm cenderung menghasilkan kinerja yang jauh lebih baik terutama untuk peringatan blind spot.

Dikombinasikan dengan lokasi yang merugikan seperti ngarai kota, situasi ini menimbulkan tantangan besar untuk penentuan posisi berbasis GPS. Dengan demikian, peningkatan lebih lanjut dari GPS atau teknologi penentuan posisi kendaraan

alternatif diperlukan. Akibatnya, sejumlah pendekatan telah diusulkan termasuk sistem inersia, perhitungan mati, penggabungan informasi, dan pencocokan peta.

Untuk meningkatkan kinerja pemosisian dengan GPS / DGPS, pilihan umum adalah mengintegrasikannya dengan sistem inersia. Misalnya, Farrell et al. [11] menerapkan fase pembawa waktu-nyata. DGPS membantu sistem navigasi inersia yang mampu mencapai akurasi pada tingkat sentimeter. Huang dan Tan [12] menggunakan filter Kalman untuk menggabungkan sensor gerak dalam kendaraan dalam penyempurnaan posisi kendaraan. Namun, Jiménez et al. [13] menunjukkan bahwa pendekatan ini hanya valid jika pengukuran inersia digunakan sebelum sinyal DGPS mulai menurun. Selain itu, akurasi yang baik bergantung pada DGPS yang merupakan solusi mahal hanya tersedia di lokasi terbatas. Perhitungan mati [14] meningkatkan posisi kendaraan dari posisi terakhir yang diketahui dengan mengintegrasikan kecepatannya selama waktu dan perjalanan yang telah berlalu. Namun, pendekatan ini hanya baik untuk waktu yang singkat dan dapat mengalami kesalahan kumulatif.

Terkait erat dengan penggunaan sistem inersia adalah fusi informasi [15]. Misalnya, sinyal GPS dapat dikombinasikan dengan sensor inersia dan peta digital untuk menyimpulkan estimasi terbaik lokasi kendaraan [16]; Edelmayer et al. [17] menggunakan pendekatan penyaringan gabungan koperasi untuk meningkatkan estimasi posisi berdasarkan berbagai pengukuran posisi, misalnya, dari sistem penentuan posisi kendaraan di atas kapal, dari kendaraan yang bekerja sama lainnya di sekitarnya, serta dari lingkungan pinggir jalan langsung melalui komunikasi. Bevely [18] berusaha untuk memperbaiki kesalahan sensor inersia dengan menggunakan estimator filter Kalman kinematik untuk mengintegrasikan sinyal GPS, akselerometer, dan gyroscopes rate. Islam et al. [19] menerapkan sistem multi sensor yang terdiri dari giroskop poros tunggal dan odometer yang terintegrasi dengan penerima GPS. Meskipun penggabungan informasi dapat mencapai akurasi yang tinggi dalam beberapa kasus, posisi yang dihasilkan pasti merupakan perkiraan yang bergantung pada berbagai sumber informasi. Kesalahan

atau tidak adanya komponen akan menurunkan kualitas estimasi.

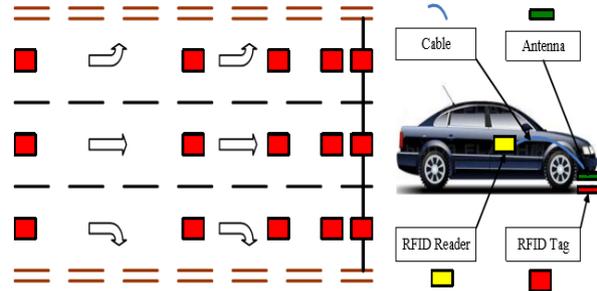
Pencocokan peta adalah untuk menentukan posisi kendaraan dengan membangun lintasan dari beberapa lokasi andal yang baru saja dilewati kendaraan dan kemudian mencocokkan lintasan ini dengan peta digital untuk menemukan yang paling cocok di antara beberapa kemungkinan busur [20,21]. Pendekatan ini paling cocok untuk aplikasi yang mengandalkan penerima GPS sebagai satu-satunya alat penentuan posisi. Namun, ketidakpastian yang diperkenalkan oleh kesimpulan dalam algoritma yang mendasari membatasi penggunaannya dalam aplikasi yang berhubungan dengan keselamatan.

Oleh karena itu, untuk mendapatkan keandalan yang tinggi, biaya rendah, dan akurasi yang cukup dalam semua kondisi operasional, terdapat permintaan besar untuk pendekatan alternatif yang sudah tersedia, tidak bergantung pada GPS, dan meminimalkan kebutuhan untuk estimasi dan fusi. Dalam konteks ini, pendekatan menggunakan sensor radio seperti inframerah, microwave, dan perangkat frekuensi radio telah mendapat perhatian yang meningkat [22,23]. Mampu melacak objek bergerak [24], perangkat ini dapat dipasang di pinggir jalan untuk mengirim dan menerima data dari kendaraan yang lewat dalam jarak dekat jika dilengkapi dengan transceiver. Sistem ini telah digunakan dalam beberapa proyek penelitian [25-27] dan sudah digunakan dalam transportasi seperti kontrol kecepatan kendaraan [28], pengenalan bus waktu nyata [29], manajemen lokasi grup [30], dan pengumpulan tol elektronik. Karena biayanya yang rendah dan akurasi yang masuk akal, identifikasi frekuensi radio (RFID) menjanjikan sebagai pelengkap GPS dalam aplikasi kendaraan yang terhubung di lokasi-lokasi penting di mana GPS tidak tersedia atau tidak dapat diandalkan tetapi permintaan untuk penentuan posisi waktu nyata tinggi.

### III. METODOLOGI

Tag RFID adalah serangkaian tag RFID pasif yang diikat di permukaan jalan yang berisi informasi posisi, misalnya jarak ke titik referensi, nomor jalur, dan arah perjalanan. Ketika kendaraan melewati tag RFID, pembaca RFID dan antena yang dibawa oleh kendaraan

mengaktifkan tag dan membaca informasi posisi. Tata letak sistem posisi RFID diilustrasikan pada Gambar 1 dan instalasi perangkat keras seperti pada Gambar 2. Contoh desain format informasi posisi disediakan pada Tabel 1.



Gambar 1. Tata letak tag dan pembaca RFID.



Gambar 2. Tag RFID, antena, pembaca, dan unit pengontrol.

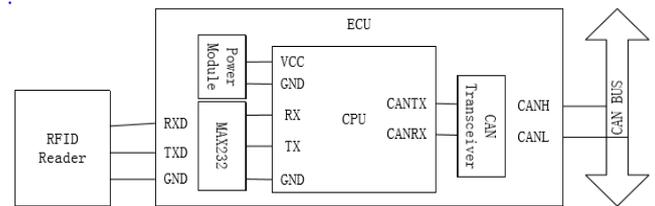
Tabel 1. Definisi data yang disimpan dalam tag RFID.

Bit	Length	Value Range	Note
0	1	0	Start Bit
1	1	0, 1	Stop Sign: 1: Yes; 0: No
2-9	8	0x00-0xFF	Distance to Stop sign on intersection, Unit: m
10-12	3	0x0-0x7	Lane No.: 0: Go Straight; 1: Turn Left; 2: Turn Right; 3: U-Turn; 4: Go Straight and Turn Left; 5: Go Straight and Turn Right; 6: All Directions
13-14	2	0-3	
15	1	0, 1	Orientation: 0: East; 1: South;

Dalam pengaturan ini, kami menggunakan Antena Panel XCAF-12L (Teknologi Informasi Invengo, Co. Ltd., Shenzhen, China) yang merupakan antena directional UHF dengan frekuensi sentral 915MHz dan polarisasi melingkar. Pembaca RFID adalah Invengo XCRF-502E dengan frekuensi kerja 902-928 MHz dan jangkauan kerja hingga 10 meter. Label RFID adalah ZT-T80s dengan jangkauan efektif 2-100 m dan kecepatan identifikasi hingga 200 km / jam.

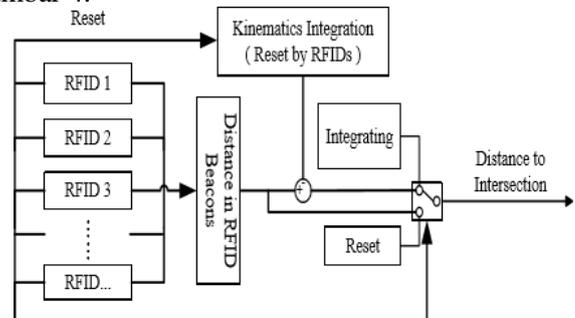
Untuk memfasilitasi komunikasi antara pembaca dan tag, unit kontrol elektronik (ECU) dikembangkan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2, ECU digunakan untuk mengontrol pembaca oleh RS232 dan untuk mentransfer data ke modul lain dengan CAN Bus. Koneksi

pembaca RFID, ECU dan CAN Bus ditunjukkan pada Gambar 3. ECU mencakup modul daya dan CPU didasarkan pada chip Motorola 9s08DZ16. Transceiver port serial adalah MAX232 dan transceiver CAN adalah TJA1050.



Gambar 3. Koneksi pembaca RFID dan ECU.

Sejak setiap tag RFID berisi informasi posisi statis di lokasi tetap, kebutuhan meningkat untuk kendaraan dalam gerakan untuk memperoleh posisi yang akurat secara terus menerus dalam rangka mendukung aplikasi kendaraan yang terhubung. Dengan demikian, algoritma integrasi kinematika telah dirancang dan ditambahkan ke sistem penentuan posisi RFID, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Algoritma integrasi kinematik.

Algoritma menghitung posisi kendaraan sebagai berikut:

$$d_2 = d_{tag} + d_1$$

$$d_1 = \begin{cases} 0 & F_{tag} = 1 \\ \sum_k v_k \tau + \frac{1}{2} \sum_k a_k \tau^2 & F_{tag} = 0 \end{cases}$$

dimana,  $d_2$  posisi saat ini;  $d_{tag}$  posisi tersimpan yang diperoleh dari tag RFID terakhir kali;  $d_1$  diperkirakan jarak mengemudi sesuai dengan integral kecepatan;  $F_{tag}$  adalah bendera yang nilainya 1 (sistem dapat membaca informasi dari tag RFID) atau 0 (jika tidak);  $k$  adalah nomor urut data, mulai dihitung ketika sistem gagal membaca tag dan mengatur ulang ke 0 saat membaca dilanjutkan;  $v$  dan  $a$  adalah kecepatan dan akselerasi kendaraan masing-masing;  $\tau$  adalah waktu yang berlalu sejak pembacaan yang sukses terakhir dari tag RFID.

#### IV. HASIL

Keakuratan sistem penentuan posisi RFID dapat dipengaruhi oleh rentang komunikasi RFID dan jarak antar tag. Karena RFID hanya berkomunikasi dalam beberapa meter, pembacaan dari tag hanya terjadi ketika kendaraan bergerak di atas tag, yang memastikan akurasi. Jika kendaraan gagal mendapatkan pembaruan posisi dari tag, posisinya harus diperkirakan. Semakin lama integrasi kinematika berjalan, semakin besar kesalahan estimasi. Oleh karena itu, perlu untuk menghindari celah yang panjang antara tag untuk memastikan akurasi. Untuk memverifikasi kelayakan dan keakuratan pendekatan penentuan posisi, makalah ini mengusulkan dua metode pengujian dengan satu didasarkan pada radar dan saklar fotolistrik lainnya.

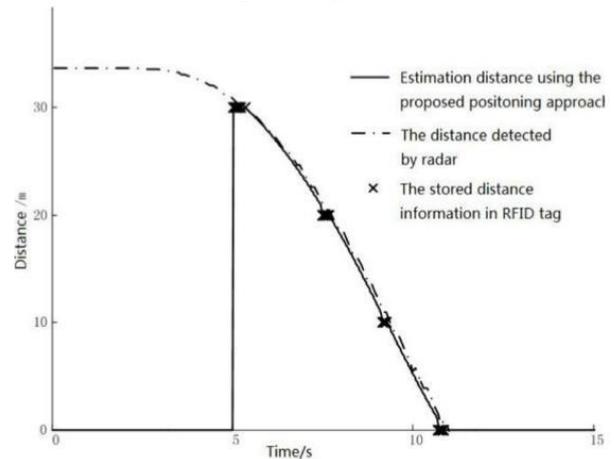
##### Verifikasi Eksperimental Berdasarkan Radar

Tujuannya adalah untuk memverifikasi apakah posisi dinamis yang diperoleh dari tag cocok dengan posisi 'benar' kendaraan yang diukur oleh radar. Eksperimen diatur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Kendaraan percobaan dilengkapi dengan radar, pembaca RFID dan antenanya. Radar dipasang pada penjaga fender depan kendaraan. Balok gelombang radar berorientasi maju ke arah perjalanan. Antena dipasang di bawah pelindung fender, dan permukaan antena merasakan tanah. Tag dipasang di jalan uji, di ujungnya adalah target tetap untuk membantu mengukur jarak radar. Radar ini memiliki gelombang milimeter dengan frekuensi 76 ~ 77 GHz, jangkauan hingga 180 m, dan resolusi 0,7 m.

Dalam percobaan, kendaraan melewati setiap tag secara berurutan sementara kendaraan berakselerasi dan melambat beberapa kali. Komputer di papan menghitung jarak antara kendaraan dan tag terakhir menggunakan pendekatan yang diusulkan. Radar mengukur jarak antara kendaraan dan target tetap secara independen. Hasil yang diperoleh dari kedua metode ini semuanya ditransfer ke

bus CAN, yang dapat dicatat di komputer. Perbandingan hasil tes

ditunjukkan pada Gambar 5. Perhatikan bahwa perkiraan jarak adalah nol di awal karena tidak ada pembacaan tag dan karenanya tidak ada untuk perkiraan. Mulai dari detik ke-5, pembacaan tag tersedia dan estimasi posisi kendaraan dimulai. Hasilnya menunjukkan bahwa posisi dari radar, tag, dan estimasi cocok dengan sangat baik.



**Gambar 5.** Hasil verifikasi eksperimental berdasarkan radar.

##### Verifikasi Eksperimental Berdasarkan Saklar Fotolistrik

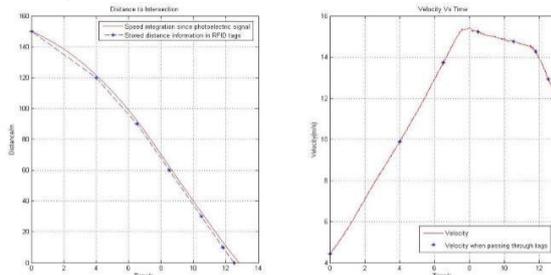
Tujuannya berfokus pada memverifikasi apakah posisi yang diperkirakan dari integrasi kinematika cocok dengan posisi yang diperoleh dari tag.

Saklar fotolistrik terdiri dari pemancar yang dipasang di tepi jalan dan penerima yang dipasang di bagian luar kendaraan. Pastikan pemancar berada pada bagian melintang yang sama dengan tag, sedangkan penerima juga berada pada bagian melintang yang sama dengan antena RFID. Dengan demikian, ketika penerima bergerak dengan kendaraan dan sejajarkan dengan pemancar, baik RFID maupun saklar dipicu secara bersamaan. Mulai dari saat ini, komputer on-board mulai memperkirakan posisi kendaraan menggunakan integrasi kinematika. Sementara itu, sumber informasi posisi lain diperoleh dari tag RFID.

Saklar fotolistrik terdiri dari pemancar yang dipasang di tepi jalan dan penerima yang dipasang di bagian luar kendaraan. Pastikan pemancar berada pada bagian melintang yang sama dengan tag, sedangkan penerima juga berada pada bagian melintang yang sama

dengan antenna RFID. Dengan demikian, ketika penerima bergerak dengan kendaraan dan disejajarkan dengan pemancar, baik RFID maupun sakelar dipicu secara bersamaan. Mulai dari saat ini, komputer on-board mulai memperkirakan posisi kendaraan menggunakan integrasi kinematika. Sementara itu, sumber informasi posisi lain diperoleh dari tag RFID.

Gambar 6 menunjukkan hasil dari salah satu tes. Dalam tes ini, kesalahan posisi sekitar 5,4% dalam 30 m pertama mungkin karena percepatan; ketika kecepatan relatif stabil, kesalahan turun menjadi sekitar 2,5%. Juga terlihat bahwa, ketika estimasi berjalan, akumulasi kesalahan meningkat. Tes lebih lanjut dengan kecepatan maksimum yang lebih rendah (misalnya, 36 km / jam) mengurangi kesalahan di atas masing-masing menjadi 3,1% dan 1,8%.



**Gambar 6.** Hasil verifikasi eksperimental berdasarkan sakelar fotolistrik.

Kesalahan dalam posisi ini terutama berasal dari kesalahan akumulasi yang disebabkan oleh ketidaktepatan kecepatan, terutama ketika kendaraan melaju atau melambat. Oleh karena itu, algoritma kalibrasi diturunkan menggunakan metode kuadrat terkecil: dimana kesalahan posisi; adalah posisi yang dikalibrasi berdasarkan integral, adalah akselerasi kendaraan. Koefisien diperkirakan sebagai 1,79 dan menjadi 0,0613. Setelah kalibrasi, kesalahan pada pengujian pertama turun masing-masing menjadi 0,07% dan 0,66%.

Terbatas oleh waktu dan sumber daya, penelitian ini hanya melakukan tes sederhana dan langsung di atas. Namun demikian, hasil pengujian mengungkapkan bahwa RFID yang diusulkan menjanjikan dalam menyediakan penentuan posisi kendaraan yang akurat dalam proses yang dinamis. Sebelum aplikasi skala besar, disarankan agar pengujian lebih lanjut dilakukan di lingkungan yang lebih realistis (misalnya, melibatkan banyak jalur dan lalu

lintas campuran) dengan pengetahuan yang lebih baik tentang kebenaran dasar.

## V. KESIMPULAN

Eksperimen jalan dilakukan untuk memvalidasi pendekatan penentuan posisi berbasis RFID. Salah satu jenis eksperimen melibatkan radar dan pembaca RFID di papan. Radar ini digunakan untuk memberikan posisi 'benar' dari kendaraan uji, yang dibandingkan dengan perkiraan dari penentuan posisi berbasis RFID. Hasilnya menunjukkan kecocokan yang baik antara kedua sumber posisi kendaraan. Jenis eksperimen lain berfokus pada memverifikasi apakah posisi yang diperkirakan dari integrasi kinematika cocok dengan posisi yang diperoleh dari tag. Saklar fotolistrik digunakan untuk memicu estimasi posisi kendaraan berdasarkan pembaruan tag terbaru. Hasil menunjukkan bahwa kesalahan posisi sekitar 5,4% selama proses percepatan atau perlambatan dan sekitar 2,5% ketika kecepatan relatif stabil. Dengan bantuan kalibrasi algoritma, kesalahan dapat turun masing-masing menjadi 0,07% dan 0,66%. Sebelum aplikasi skala besar, tes lebih lanjut direkomendasikan di lingkungan yang lebih realistis dengan pengetahuan yang lebih baik tentang kebenaran dasar.

Penempatan berbasis RFID tampaknya menjanjikan dalam aplikasi kendaraan yang terhubung karena biayanya yang rendah dan akurasi yang masuk akal. Dua aplikasi konseptual dikandung dalam makalah ini. Satu aplikasi berhubungan dengan kontrol operasi kendaraan di mana posisi RFID menyediakan posisi kendaraan yang akurat untuk memungkinkan prediksi bahaya keselamatan. Aplikasi lain mengandung kontrol persimpangan Level IV di mana posisi RFID memungkinkan untuk melakukan lalu lintas oleh "polisi elektronik".

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. H. Zhu dan G. Singh, "A Communication Protocol for a Vehicle Collision Warning System," dalam *Proceedings of the 2010 IEEE/ACM International Conference on Green Computing and Communications*

- & 2010 *IEEE/ACM International Conference on Cyber, Physical and Social Computing*, Hangzhou, China, 18–20 Desember 2010, hlm. 636–644.
- [2]. H. S. Tan dan J. H. Huang, "DGPS-Based Vehicle-to-Vehicle Cooperative Collision Warning: Engineering Feasibility Viewpoints," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 7, no. 4, hlm. 415–428, Desember 2006.
- [3]. T. Taleb, A. Benslimane, dan K. B. Letaief, "Toward an Effective Risk-Conscious and Collaborative Vehicular Collision Avoidance System," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 59, no. 3, hlm. 1474–1486, Maret 2010.
- [4]. J. Wang, D. Zhang, J. Liu, M. Lu, dan K. Li, "Multi-Objective Driving Assistance System for Intersection Support," dalam *Proceedings of the 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2010)*, Madeira Island, Portugal, 19–22 September 2010, hlm. 348–353.
- [5]. K. C. Fuersternburg, "A New European Approach for Intersection Safety—The EC-Project INTERSAFE," dalam *Proceedings of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Vienna, Austria, 13–15 September 2005, hlm. 343–347.
- [6]. J. Pierowicz, E. Jocoy, M. Lloyd, A. Bittner, dan B. Pirson, *Intersection Collision Avoidance Using ITS Countermeasures*, Veridian Engineering Report No. 8149-12, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, USA, 2000.
- [7]. L. Monteiro, T. Moore, dan C. Hill, "What is the Accuracy of DGPS," *Journal of Navigation*, vol. 58, no. 2, hlm. 207–225, Mei 2005.
- [8]. M. O'Connor, *Carrier-Phase Differential GPS for Automatic Control of Land Vehicles*, Disertasi Ph.D., Stanford University, Stanford, CA, USA, 1997.
- [9]. [9] M. Beecroft, M. McDonald, dan J. N. Piao, "Vehicle Positioning for Improving Road Safety," *Transport Reviews*, vol. 30, no. 6, hlm. 701–715, November 2010.
- [10]. S. E. Shladover dan S. K. Tan, "Analysis of Vehicle Positioning Accuracy Requirements for Communication-Based Cooperative Collision Warning," *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 10, no. 3, hlm. 131–140, Juli 2006.
- [11]. J. A. Farrell, T. D. Givargis, dan M. J. Barth, "Real-Time Differential Carrier Phase GPS-Aided INS," *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 8, no. 4, hlm. 709–721, Juli 2000.
- [12]. J. H. Huang dan H. S. Tan, "A Low-Order DGPS-Based Vehicle Positioning System Under Urban Environment," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 11, no. 5, hlm. 567–575, Oktober 2006.
- [13]. F. Jiménez, J. E. Naranjo, F. Garcia, dan J. M. Armingol, "Can Low-Cost Road Vehicles Positioning Systems Fulfil Accuracy Specifications of New ADAS Applications?" *Journal of Navigation*, vol. 64, no. 2, hlm. 251–264, Maret 2011.
- [14]. P. McLain, M. Murphy, dan C. Vitek, "GPS/Dead Reckoning for Vehicle Tracking in the 'Urban Canyon' Environment," dalam *Proceedings of the Vehicle Navigation and Information Systems Conference*, Ottawa, Canada, 12–15 Oktober 1993, hlm. A36–A37.
- [15]. H. A. B. F. Oliveira, E. F. Nakamura, A. A. F. Loureiro, dan A. Boukerche, "Vehicular Ad Hoc Networks: A New Challenge for Localization-Based Systems," *Computer Communications*, vol. 31, no. 12, hlm. 2838–2849, Juli 2008.
- [16]. R. Toledo-Moreo dan M. A. Zamora-Izquierdo, "Collision Avoidance Support in Roads with Lateral and Longitudinal Maneuver Prediction by Fusing GPS/IMU and Digital Maps," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 18, no. 4, hlm. 611–625, Agustus 2010.
- [17]. A. Edelmayer, M. Miranda, dan V. Nebehaj, "Cooperative Federated Filtering Approach for Enhanced Position Estimation and Sensor Fault Tolerance in Ad-Hoc Vehicle Networks," *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 4, no. 2, hlm. 82–92, Juni 2010.
- [18]. D. M. Bevly, "Global Positioning System (GPS): A Low-Cost Velocity Sensor for Correcting Inertial Sensor Errors on Ground Vehicles," *Journal of Dynamic*

- Systems, Measurement, and Control*, vol. 126, no. 2, hlm. 255–264, Juni 2004.
- [19]. A. Islam, U. Iqbal, J. M. P. Langlois, dan A. Nouredin, "Implementation Methodology of Embedded Land Vehicle Positioning Using an Integrated GPS and Multi Sensor System," *Integrated Computer-Aided Engineering*, vol. 17, no. 1, hlm. 69–83, 2010.
- [20]. T. Srikanthan, X. D. Zhang, dan G. R. Jagadeesh, "A Map Matching Method for GPS Based Real-Time Vehicle Location," *Journal of Navigation*, vol. 57, no. 3, hlm. 429–440, September 2004.
- [21]. D. Bernstein, A. L. Kornhauser, dan C. E. White, "Some Map Matching Algorithms for Personal Navigation Assistants," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 8, no. 1–6, hlm. 91–108, Februari–April 2000.
- [22]. M. Kobayashi, "Vehicle Positioning Using an Infrared Beacon and Driver Behaviour Analysis for Signal Information Applied System," dalam *Proceedings of the Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington, DC, USA, 13 Januari 2008.
- [23]. S. Mori, K. Tanaka, dan Y. Kato, "Evaluation of Positioning Accuracy for Road Traffic Applications Using Differential GPS and Dead Reckoning," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 11, no. 1, hlm. 1–10, Maret 2010.
- [24]. P. Misra dan P. Enge, *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance*, 2nd ed. Lincoln, MA, USA: Ganga-Jamuna Press, 2006.
- [25]. J. Farrell dan M. Barth, *The Global Positioning System & Inertial Navigation*, New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1999.
- [26]. K. R. Westrum dan A. B. Chan, "Enhancing GPS Accuracy in Urban Environments Using Map-Based Dead Reckoning," dalam *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2006)*, Tokyo, Japan, 13–15 Juni 2006, hlm. 857–862.
- [27]. S. Samama, *Global Positioning: Technologies and Performance*, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2008.