

Pengembangan *Firmware Tracker* Bus Kampus dengan Modul GNSS pada Platform STM32

Airlangga Rasyad Fidiyanto, I Wayan Mustika, Agus Bejo

Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi

Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Yogyakarta, Indonesia

fairlanggarasyad@mail.ugm.ac.id {wmustika, agusbj}@ugm.ac.id

Abstract—Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa dari modul GNSS Teseo-LIV3FL dan mengembangkan firmware pelacak Bus Trans Gajah Mada menggunakan platform STM32. Evaluasi performa *multi-constellation* modul dilakukan dengan mengatur modul untuk menerima isyarat dari berbagai konstelasi GNSS. Selain itu, firmware yang dikembangkan memiliki fitur geofencing untuk menentukan apakah posisi bus saat ini berada di dalam lingkungan kampus Universitas Gajah Mada atau tidak. *Firmware* ini akan diujikan pada Rute 1B Trans Gajah Mada.

Index Terms—STM32, Teseo-LIV3FL, pengembangan firmware, pelacakan posisi, algoritma daya rendah, *multi-constellation*

I. PENDAHULUAN

Bus adalah salah satu moda transportasi dalam kota yang paling populer di Indonesia. Daerah Istimewa Yogyakarta telah menyediakan dua layanan bus publik, yaitu Trans Jogja dan Teman Bus. Salah satu faktor yang membuat penggunaan bus cukup populer adalah cakupan wilayahnya yang luas dan biayanya yang terjangkau [1]. Selain itu, lalu lintas yang padat dan lahan parkir yang terbatas juga menjadi motivasi beberapa orang untuk menggunakan transportasi publik. Jika peningkatan jumlah penduduk pada suatu daerah sangat tinggi, maka dibutuhkan fasilitas transportasi umum yang layak seperti bus [2].

Pada awal bulan Maret 2022, Rektor Universitas Gajah Mada, Prof. Ir. Panut Mulyono, M.Eng., D.Eng., meluncurkan dua buah bus listrik untuk transportasi internal kampus. Kedua bus ini merupakan inovasi dari UGM untuk memudahkan mobilisasi mahasiswa di area kampus seluas 183,36 hektar dengan mengurangi penggunaan energi fosil secara bersamaan. Setiap bus akan memutar UGM sebanyak sepuluh kali dengan setiap putaran membutuhkan satu jam. Dengan adanya fasilitas bus kampus Trans Gajah Mada diharapkan dapat membuat lingkungan kampus menjadi lebih nyaman dan kondusif.

Saat ini, civitas akademika Universitas Gajah Mada hanya dapat bergantung terhadap rute yang telah dipublikasikan oleh Direktorat Pengelolaan dan Pemeliharaan Aset Universitas Gajah Mada. Padahal, kondisi di lapangan menunjukkan bahwa waktu kedatangan Bus Trans Gajah Mada tidak selalu tepat waktu. Sebagai contoh, jika lalu lintas lancar maka waktu kedatangan Bus bisa lebih cepat hingga 5 menit dari waktu pada jadwal.

Masalah serupa juga terjadi di India. Berdasarkan penelitian [3], masyarakat India hanya mengetahui waktu kedatangan bus berdasarkan jadwal saja tanpa mengetahui posisi terbaru dari bus yang akan ditumpangi. Penelitian yang dilakukan oleh [4] menunjukkan bahwa sistem pelacak berbasis GNSS telah diimplementasikan di beberapa negara, tetapi belum diimplementasikan di Indonesia, khususnya di lingkungan Universitas Gajah Mada.

Untuk mengatasi masalah ketidakpastian waktu kedatangan Bus Trans Gajah Mada, dibutuhkan sistem pelacakan yang akurat dan terpercaya. Salah satu teknologi sistem navigasi berbasis satelit yang dapat menunjukkan posisi secara akurat adalah Global Navigation Satellite System (GNSS). Dengan dikembangkannya firmware sistem pelacak lokasi bus Trans Gajah Mada berbasis GNSS, diharapkan dapat membantu untuk melacak posisi bus secara akurat dan meningkatkan kepuasan pengguna.

II. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan berbagai sistem pelacak kendaraan dengan berbagai macam pendekatan pada perangkat keras maupun perangkat lunak untuk berbagai aplikasi. Sebagai contoh, [5] merancang suatu sistem untuk melacak dompet dengan menggunakan TK-102 GPS Tracker.

Tim peneliti dari *Vidyalankar Institute of Technology* telah merancang suatu sistem yang dapat mendeteksi lokasi dari kendaraan dan juga emisi CO yang dihasilkan. Pada sistem yang dirancang, digunakan *development board* Arduino Uno yang berbasis mikrokontroler ATmega328. Ketika kandungan gas CO sudah melebihi ambang batas, sistem akan memutus pengiriman bahan bakar dan kemudian mengirimkan data koordinat dari modul GPS ke *server* Apache yang telah dirancang [6].

Sebuah sistem *speedometer* telah dirancang oleh [7]. Sistem tersebut menggunakan modul GPS untuk menghitung kecepatan dan koordinat lokasi kendaraan. Data kecepatan kendaraan didapat dari menghitung waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan untuk berpindah dari satu titik ke titik lainnya. Data yang didapat dikirimkan dengan API Adafruit IO menggunakan modul SIM808.

Penelitian yang dilakukan oleh [8] dari *University of London* menggunakan mikrokontroler AT89S52 dari keluarga 8051. Digunakan modul GPS M-89 yang diatur untuk menerima

isyarat transmisi satelit pada frekuensi 1575.42 MHz. Data yang diterima akan ditampilkan pada layar LCD dan dikirimkan dengan modul GSM. Kemudian, data yang telah diterima akan ditampilkan pada situs web.

Sistem yang dirancang pada penelitian [9] menggunakan modul GPS u-Blox Neo 6m. Penelitian ini memiliki kesamaan, yaitu objek yang akan dilacak adalah kendaraan bus. Sama seperti penelitian-penelitian sebelumnya, pada penelitian ini hanya digunakan satu buah konstelasi GNSS, yaitu GPS.

Namun, pada penelitian-penelitian di atas hanya digunakan satu buah konstelasi GNSS, yaitu GPS. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dirancang sistem pelacak kendaraan berbasis GNSS *multi-constellation* dengan menggunakan modul GNSS Teseo-LIV3FL dan mikrokontroler STM32 WL55JC. Selain itu, sistem *geofencing* yang telah ada dapat dikembangkan lebih lanjut seperti dapat mendeteksi apakah kendaraan sedang berhenti di halte atau tidak. Dengan begitu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan pada pengembangan sistem pelacak kendaraan berbasis GNSS.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2023 menggunakan modul GNSS Teseo-LIV3FL dan *development board* STM32 Nucleo-WL55JC1. Lokasi penelitian berada di lingkungan Universitas Gadjah Mada dan sekitarnya. Adapun konfigurasi konstelasi yang digunakan adalah GPS, BeiDou, Galileo, dan QZSS. Pada penelitian ini akan dilakukan empat pengujian. Pengujian *rapid static survey* dan mode daya rendah hanya meninjau modul GNSS-nya saja, sedangkan dua pengujian lainnya akan menguji sistem secara keseluruhan.

Rapid Static Survey dilakukan untuk meninjau performa modul GNSS dalam keadaan diam. Pengujian dilakukan dengan meletakkan modul di satu tempat dan merekam data selama satu jam. Untuk menerima kalimat NMEA dari modul, digunakan perangkat USB to TTL dengan konfigurasi *baud rate* 9600 bps. Pengujian ini dilakukan dalam empat buah skenario, yaitu *basement*, dalam ruangan, ruang semi terbuka, dan ruang terbuka. Lokasi setiap skenario *Rapid Static Survey* ditunjukkan oleh Tabel I.

TABLE I
LOKASI PENGUJIAN *Rapid Static Survey*

Skenario	Lokasi
<i>Basement</i>	Ruang Bawah Tanah Fisipol UGM
Dalam Ruangan	Lantai 5 SGLC Fakultas Teknik UGM
Ruangan Semi Terbuka	Selasar Grha Sabha Pramana
Ruang Terbuka	Lapangan Pancasila

Salah satu fitur unggulan dari modul GNSS Teseo-LIV3FL adalah memiliki mode daya rendah. Pengujian mode daya rendah akan meninjau arus yang mengalir pada modul ketika mode daya rendah diaktifkan. Algoritma mode daya rendah yang digunakan adalah algoritma periodik.

Fitur *geofencing* berfungsi untuk memantau posisi dari suatu aset dalam wilayah tertentu. Salah satu implemementasi *geofencing* adalah untuk menentukan jika posisi dari bus saat ini berada di dalam lingkungan Universitas Gadjah Mada atau tidak. Wilayah *geofencing* didefinisikan sebagai lingkaran dengan radius 1 kilometer dengan pusat di koordinat (-7,771376; 110,377493). Pengujian dilakukan pada delapan belas titik acak di sekitar Universitas Gadjah Mada. *Firmware* akan mengembalikan nilai satu jika posisi saat ini berada di dalam wilayah *geofencing* dan nol untuk sebaliknya.

Selain untuk *geofencing* di wilayah Universitas Gadjah Mada, fitur *geofencing* juga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendeteksi jika bus sedang berhenti di halte. Daerah *geofence* setiap halte adalah lingkaran dengan jari-jari 10 meter dengan pusat lingkaran berada di koordinat halte. Pengujian *geofencing* halte dilakukan di tujuh halte yang disinggahi oleh Bus Trans Gadjah Mada. Tabel II menunjukkan koordinat dari halte pada pengujian *geofencing* halte.

TABLE II
KOORDINAT HALTE PENGUJIAN *Geofencing* HALTE

Halte	Koordinat
6	-7,769693; 110,373557
8	-7,766077; 110,374062
11	-7,766508; 110,3706700
13	-7,766407; 110,3740824
17	-7,769712; 110,385479
20	-7,771089; 110,381336
21	-7,772668; 110,379638

Setelah meninjau performa *multi-constellation* pada modul GNSS dan *geofence*, langkah selanjutnya adalah menguji sistem secara keseluruhan di Bus Trans Gadjah Mada. Pada penelitian ini, rute yang dipilih adalah Rute 1B (Gambar 1). Waktu tempuh pengujian ini kurang lebih adalah selama satu jam yang diawali pada halte ke-14 dan diakhiri pada halte yang sama.

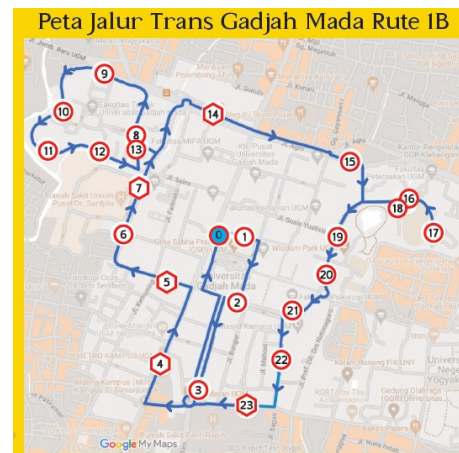


Fig. 1. Rute 1B Trans Gadjah Mada

IV. HASIL PENGUJIAN

A. Rapid Static Survey

Pengujian *rapid static survey* dilakukan dengan cara menaruh modul GNSS di satu titik selama 15 menit s.d. 2 jam. Setiap skenario pengujian dibedakan berdasarkan penghalang di sekitarnya. Pada penelitian ini, durasi dari pengujian di setiap skenario adalah selama 1 jam. Parameter yang diamati dalam pengujian ini adalah HDOP, VDOP, PDOP, visibilitas satelit, *Circular Error Probability* (CEP), dan *Mean Average Deviation* (MAD). Hasil pengujian setiap skenario ditunjukkan oleh Tabel III.

Skenario 1 dilakukan di *basement* milik Fakultas Ilmu Sosial dan Politik UGM. Keadaan sekitar pengujian ditutupi oleh konstruksi beton dengan sedikit daerah terbuka yang memungkinkan sinar matahari untuk masuk. Keadaan tersebut tentunya akan sulit untuk ditembus oleh isyarat GNSS. Meskipun terhalang dengan beton, tetapi modul GNSS Teseo-LIV3FL dapat menerima isyarat GNSS dengan cukup baik ditunjukkan oleh visibilitas satelit rata-rata sebanyak 7,60 buah. Berdasarkan Tabel X pada bagian sebelumnya menunjukkan bahwa dengan nilai DOP yang didapat, hasil pengukuran posisi yang didapat sudah layak untuk digunakan. Selain itu, ketelitian hasil pengukuran modul Teseo-LIV3FL menurut nilai MAD dan CEP adalah sebesar 24,11 meter dan 32,69 meter.

Selanjutnya, Skenario 2 dilakukan di Lantai 5 SGLC Fakultas Teknik. Pemilihan lokasi tersebut ditujukan untuk menguji modul Teseo-LIV3FL di lingkungan yang sedikit lebih terbuka. Hasil pengujian menunjukkan terjadi peningkatan performa pada modul Teseo-LIV3FL. Dapat dilihat bahwa rata-rata visibilitas satelit meningkat menjadi 10,92. Selain itu, rata-rata nilai HDOP dan VDOP sudah berada dalam standar minimum sedangkan PDOP-nya masih berada dalam kategori cukup. Tingkat kepresisian modul juga mengalami peningkatan seperti ditunjukkan dengan nilai rata-rata CEP sebesar 12,13 meter dan MAD sebesar 8,46 meter.

Skenario 3 dilakukan di selasar Grha Sabha Pramana Universitas Gadjah Mada. Pengujian skenario ini dilakukan untuk meninjau performa modul GNSS di ruang semi-terbuka. Pada skenario ini, performa modul Teseo-LIV3FL menjadi lebih baik yang ditunjukkan oleh penurunan nilai ketiga DOP. Nilai HDOP sudah termasuk dalam klasifikasi ideal, sedangkan VDOP dan PDOP berada dalam klasifikasi sangat baik. Selain itu, rata-rata visibilitas satelit meningkat menjadi 14,32. Pada pengujian ini terjadi sedikit peningkatan pada nilai CEP menjadi 13,83 meter, tetapi nilai MAD-nya menurun menjadi 6,12 meter.

Terakhir, Skenario 4 dilakukan di Lapangan Pancasila Universitas Gadjah Mada. Lapangan pancasila dipilih karena merepresentasikan kondisi ideal penempatan modul GNSS, yaitu ruang terbuka tanpa halangan. Hasil pengujian skenario ini merupakan hasil paling baik dari tiga skenario sebelumnya dengan rata-rata visibilitas satelit 21,14. Nilai HDOP, VDOP, dan PDOP masih dalam rentang yang sama, tetapi sedikit lebih baik. Rata-rata nilai CEP dari pengujian ini adalah 6,12

meter dan nilai MAD sebesar 1,21 meter. Meskipun nilai CEP yang didapat tidak sama dengan *datasheet*, tetapi nilai tersebut sudah cukup baik untuk aplikasi pelacak kendaraan.

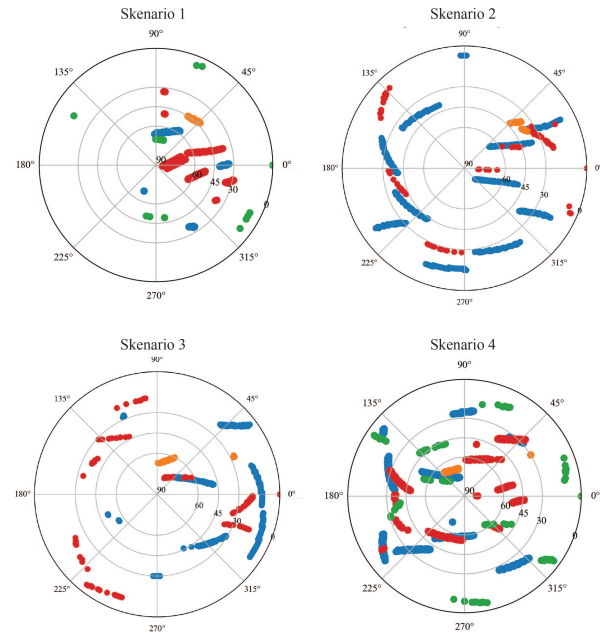


Fig. 2. Sky Plot Hasil Rapid Static Survey (Biru: GPS; Merah: BeiDou; Hijau: Galileo; dan Oranye: QZSS)

Tren nilai PDOP cenderung menurun untuk setiap skenario. Nilai PDOP dipengaruhi oleh geometri dari satelit. Sebagai contoh, nilai PDOP pada skenario 1 sangatlah tinggi dan persebaran satelitnya hanya mengisi $\frac{1}{4}$ bagian lingkaran seperti ditunjukkan oleh Gambar 2. Di sisi lain, *sky plot* pada skenario 4 menunjukkan bahwa satelitnya lebih tersebar di langit karena memenuhi seluruh lingkaran. Hal tersebut sejalan dengan nilai PDOP-nya yang menurun.

B. Algoritma Mode Daya Rendah

C. Geofencing

- 1) Geofencing di Wilayah Universitas Gadjah Mada:
- 2) Geofencing Halte:

D. Pengujian pada Bus Trans Gadjah Mada

V. KESIMPULAN

REFERENCES

- [1] M. M. Rohani, D. C. Wijeyesekera, and A. T. A. Karim, "Bus Operation, Quality Service and The Role of Bus Provider and Driver," *Procedia Engineering*, vol. 53, pp. 167–178, 2013.
- [2] A. Sutandi, "Pentingnya Transportasi Umum Untuk Kepentingan Publik," *Jurnal Administrasi Publik*, vol. 12, no. 1, pp. 19–34, 2015.
- [3] S. H. Sutar, R. Koul, and R. Suryavanshi, "Integration of Smart Phone and IOT for development of smart public transportation system," *2016 International Conference on Internet of Things and Applications, IOTA 2016*, pp. 73–78, 2016.
- [4] M. Sneha, C. N. Urs, S. Chatterji, M. S. Srivatsa, K. J. Pareekshith, and H. A. Kashyap, "Darideepa: A mobile application for bus notification system," *Proceedings of 2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics, IC3I 2014*, pp. 724–727, 2014.

TABLE III
RATA-RATA HASIL PENGAMATAN *Rapid Static Survey*

Skenario	HDOP	VDOP	PDOP	Visibilitas Satelit (buah)	CEP (m)	MAD (m)
1	6,67	8,27	10,67	7,60	32,69	24,11
2	2,79	2,48	8,40	10,93	12,14	8,46
3	0,91	1,49	1,75	14,32	13,83	3,06
4	0,65	1,12	1,30	21,14	6,12	1,21

- [5] H. M. Ekhsan, M. A. A. Zainudin, and J. N. Hamid, "Mobile App for Wallet Tracking using GPS Tracker," *2021 6th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering, ICRAIE 2021*, vol. 2021, pp. 47–50, 2022.
- [6] K. H. Asha, K. Abhijna, S. Tabassum, and S. Shaur, "An Intelligent Air Pollution Vehicle Tracker System Using Smoke Sensor and GPS," *Cognitive Science and Technology*, pp. 399–410, 2022.
- [7] A. Najmurrokhman, Kusnandar, A. Daelami, U. Komarudin, and M. Imanudin, "Design and Implementation of Vehicle Speed Recorder using GPS Tracker and Internet-of-Things Platform," *ICAICST 2021 - 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Computer Science Technology*, pp. 152–156, 2021.
- [8] M. Mukhtar, "GPS based Advanced Vehicle Tracking and Vehicle Control System," *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, vol. 7, no. 3, pp. 1–12, 2015.
- [9] A. R. Widya, "Perancangan sistem tracking bus kota berbasis wireless sensor network untuk mendukung framework smart transportation," Skripsi, Universitas Gadjah Mada, 2016.