

Sistem Navigasi Robot Mobil Pada Daratan Rata Menggunakan GPS Ublox Neo M6 V2 Untuk Peningkatan Presisi Dan Efisiensi

^[1]Naufal Ahmad Khalish, ^[2]Muhammad Furqan Akbar, ^[3]Ahmad Yugi Fajrul Islam Surur, ^[4]Muhammad Aslam Kautsar Al Faruq, ^[5]Dedi Rimantho, ^[6]Hasnah

^[1]MAN 2 Kota Makassar, ^[2]MAN 2 Kota Makassar, ^[3]MAN 2 Kota Makassar,

^[4]MAN 2 Kota Makassar, ^[5]MAN 2 Kota Makassar, ^[6]MAN 2 Kota Makassar

^[1]naufalahmad408@gmail.com, ^[2]m.furqan.akbar@gmail.com, ^[3]yugisururyeet@gmail.com, ^[4]muhammadaslamkautsar1@gmail.com, ^[5]rimanthotoraja@gmail.com, ^[6]hasnahspd79@gmail.com

Abstract — The limited access in transportation units within rural areas to access places such as healthcare facilities is a massive problem, causing many fatalities. The objective of this study is to determine the effectiveness of GPS-based automated transportation to assist human activities such as medical treatments in underprivileged and/or marginalized communities in terms of transportation. The methodology involves examining the work performance and effectiveness of a GPS-based robot in assisting for human necessity particularly in transportation and its application for the navigation of robots such as an Unmanned Ground Vehicle (UGV). The GPS-based robot will present findings on the operational performance of the GPS-based UGV, including its success rate in reaching target locations, the reliability of its navigation system, and any encountered challenges. As a result, this research highlights that when the GPS is operated indoors or in obstructed environments, the positional accuracy can deviate by around 8 meters. In contrast, when the GPS operates in unobstructed conditions, the positional accuracy improves significantly, with deviations reduced to less than 3 meters. These results emphasize the importance of environmental conditions on GPS accuracy. In conclusion, this research effectively shows that a GPS-based UGV can significantly enhance efficiency and precision in assisting with transportation needs to access critical services such as healthcare facilities in rural areas.

Keyword — Automated, Effectiveness, Efficiency, GPS, Navigation, Precision, Robot, Rural, Technology, Transportation, UGV.

Abstrak — Akses terbatas pada unit transportasi di daerah pedesaan untuk mencapai tempat-tempat seperti fasilitas kesehatan adalah masalah besar, yang menyebabkan banyak kematian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan efektivitas transportasi otomatis berbasis GPS untuk membantu aktivitas manusia seperti perawatan medis di komunitas yang kurang mampu dan/atau terpinggirkan dalam hal transportasi. Metodologi yang digunakan melibatkan pemeriksaan kinerja kerja dan efektivitas robot berbasis GPS dalam membantu kebutuhan manusia, terutama dalam transportasi, dan penerapannya untuk navigasi robot seperti Kendaraan Darat Tanpa Awak (UGV). Robot berbasis GPS akan menyajikan temuan tentang kinerja operasional UGV berbasis GPS, termasuk tingkat keberhasilannya dalam mencapai lokasi target, keandalan sistem navigasinya, dan tantangan yang dihadapi. Sebagai hasilnya, penelitian ini menyoroti bahwa ketika GPS dioperasikan di dalam ruangan atau di lingkungan yang terhalang, akurasi posisi dapat menyimpang sekitar 8 meter. Sebaliknya, ketika GPS beroperasi dalam kondisi yang tidak terhalang, akurasi posisi meningkat secara signifikan, dengan penyimpangan berkurang menjadi kurang dari 3 meter.

Hasil ini menekankan pentingnya kondisi lingkungan terhadap akurasi GPS. Kesimpulannya, penelitian ini secara efektif menunjukkan bahwa UGV berbasis GPS dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi dan presisi dalam membantu kebutuhan transportasi untuk mengakses layanan penting seperti fasilitas kesehatan di daerah pedesaan.

Kata kunci — Efektivitas, Efisiensi, GPS, Navigasi, Otomatis, Pedesaan, Presisi, Robot, Teknologi, Transportasi, UGV.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi robotika menjadi semakin penting untuk menjawab kebutuhan akan kebutuhan manusia sehari-hari [1]. Salah satu aspek dalam pengembangan robotika adalah kemampuan navigasi yang akurat dan efisien. Pemanfaatan Global Positioning System (GPS) sebagai teknologi penentu posisi global memberikan peluang besar untuk meningkatkan presisi dan efisiensi pergerakan robot [2].

Teknologi GPS memainkan peran mendasar dalam memungkinkan robot berpindah dari satu titik ke titik lain secara akurat berdasarkan lokasi yang ditentukan GPS [3]. Hal ini sangat penting di era saat ini karena meningkatnya permintaan akan sistem otonom yang dapat bernavigasi dengan andal dan efisien di berbagai lingkungan.

Salah satu jenis modul GPS dalam robotika yang dapat digunakan untuk operasional sistem navigasi robot adalah GPS UBLOX NEO 6M. Integrasi GPS UBLOX NEO-6M dalam sistem operasional robot bergerak untuk keperluan navigasi sangat penting untuk meningkatkan presisi dan efisiensi dalam navigasi darat. Integrasi GPS UBLOX NEO-6M menawarkan solusi hemat biaya untuk mencapai lokalisasi luar ruangan yang tepat, yang penting untuk keberhasilan pengoperasian robot bergerak [4].

Penggabungan GPS UBLOX NEO-6M memungkinkan robot melakukan tugas seperti pemetaan lingkungan, perencanaan jalur, dan lokalisasi dengan akurasi yang ditingkatkan. Hal ini penting untuk memastikan robot dapat beroperasi secara mandiri dan mengambil keputusan

berdasarkan informasi lokasi yang tepat. Dengan memanfaatkan GPS UBLOX NEO-6M, robot seluler dapat mengatasi tantangan yang terkait dengan navigasi luar ruangan, memastikan bahwa mereka dapat bernavigasi secara efisien dan efektif di lingkungan yang dinamis dan tidak diketahui [5].

Seo dkk. Menyoroti pentingnya mengintegrasikan GPS dengan Sistem Navigasi Inersia (INS) untuk mencapai lokalisasi luar ruangan yang tepat. Integrasi ini meningkatkan ketahanan dan keakuratan sistem navigasi, mengatasi tantangan yang terkait dengan lingkungan luar ruangan. Lebih lanjut, menekankan pentingnya penggunaan GPS berbiaya rendah untuk navigasi robot seluler, yang menunjukkan kepraktisan dan efektivitas teknologi GPS dalam memandu pergerakan robot.

Membahas kelayakan penyesuaian bundel tambahan menggunakan sensor berbiaya rendah dan menekankan pentingnya data sensor yang akurat untuk aplikasi navigasi [6]. Dengan menggabungkan GPS UBLOX NEO-6M ke dalam sistem navigasi robot bergerak, tantangan terkait akurasi dan keandalan posisi dapat dikurangi secara efektif, sehingga memberikan solusi tangguh untuk aplikasi dunia nyata.

Oleh karena itu, penerapan GPS UBLOX NEO-6M dalam sistem navigasi robot menghadirkan pendekatan yang layak dan efisien untuk memenuhi kebutuhan kritis akan navigasi darat yang tepat dan andal. Dengan memanfaatkan kemampuan teknologi GPS, robot bergerak dapat bernavigasi secara mandiri dengan presisi yang ditingkatkan, berkontribusi terhadap kemajuan di berbagai bidang yang memerlukan pengoperasian robot yang efisien.

1.2 Permasalahan

Teknologi GPS seringkali menghadapi tantangan dari gangguan sinyal, seperti bangunan tinggi atau topografi yang kompleks. Pengembangan solusi untuk meningkatkan stabilitas dan konsistensi sinyal GPS menjadi esensial dalam mencapai navigasi yang handal. Integrasi yang efisien antara data lokasi dari GPS dan algoritma navigasi robot Arduino untuk menghasilkan pergerakan yang optimal merupakan permasalahan yang memerlukan perhatian khusus.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah apakah penggunaan GPS UBLOX NEO-6M dapat meningkatkan efisiensi dan presisi sistem navigasi robot mobil pada daratan rata?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode dan teknologi penggunaan GPS UBLOX NEO-6M yang

dapat meningkatkan efisiensi dan presisi sistem navigasi robot mobil pada daratan rata.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Peningkatan Presisi dan Keandalan Navigasi

Dengan berhasilnya penelitian ini, diharapkan terjadi peningkatan signifikan dalam presisi dan keandalan navigasi robot, membuka potensi penggunaan dalam berbagai aplikasi seperti pemetaan, pemantauan lingkungan, dan eksplorasi wilayah yang sulit dijangkau.

1.4.2 Pengembangan Teknologi Robotika Mobile

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi positif terhadap perkembangan teknologi robotika mobile, baik di lingkup akademis maupun industri, dengan menyajikan solusi inovatif untuk tantangan navigasi yang dihadapi.

1.4.3 Penerapan Praktis dalam Berbagai Konteks

Keberhasilan riset ini akan membuka peluang untuk penerapan praktis dalam skenario dunia nyata, seperti survei lingkungan, eksplorasi lahan sulit dijangkau, dan aplikasi lain yang memerlukan navigasi yang akurat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

2.1 Teori Sistem Navigasi Robot *Mobile* Darat

Teori navigasi robot bergerak di darat melibatkan kombinasi algoritma, teknologi, dan metodologi untuk memungkinkan robot bernavigasi secara mandiri di berbagai lingkungan. GPS (Global Positioning System) memainkan peran penting dalam memberikan informasi posisi yang akurat kepada robot bergerak, memungkinkan mereka menentukan lokasi dan bernavigasi secara efektif.

Salah satu algoritma penting yang digunakan dalam menentukan rute terbaik untuk mobile robot adalah algoritma Dijkstra, seperti yang dibahas oleh [7]. Algoritma ini membantu menemukan jalur optimal untuk robot bergerak, berkontribusi pada navigasi yang efisien menuju titik arah yang ditentukan.

Integrasi teknologi GPS dalam sistem navigasi robot seluler sangatlah penting, seperti yang disoroti oleh [8], di mana GPS menyediakan layanan penentuan posisi dan transfer waktu yang tepat berdasarkan infrastruktur ruang angkasa. Teknologi ini sangat penting untuk memastikan navigasi yang akurat untuk robot bergerak baik dalam aplikasi sipil

Maupun militer. Pemanfaatan sensor GPS bersama dengan metode navigasi lainnya, seperti metode Lyapunov-Barrier Function (CLBF), telah dieksplorasi untuk meningkatkan navigasi titik arah untuk robot bergerak,

seperti yang ditunjukkan oleh [9]. Integrasi ini memungkinkan robot bernavigasi ke berbagai titik jalan sambil menghindari rintangan secara efisien.

Selain itu, penerapan sensor GPS dalam sistem otonom, seperti drone multirotor, telah dipelajari untuk memungkinkan navigasi yang tepat tanpa campur tangan manusia, seperti yang dibahas oleh [10]. Aplikasi ini menunjukkan pentingnya teknologi GPS dalam memfasilitasi navigasi otonom untuk berbagai jenis robot.

2.2 Karya Integrasi GPS dalam Navigasi Robot Mobile

Melalui eksplorasi studi kasus implementasi GPS, dapat dilihat bagaimana proyek-proyek riset dan pengembangan sebelumnya telah berhasil mengintegrasikan GPS pada mobile robot.

Prianto, C. P dkk. Membahas penerapan algoritma Dijkstra untuk menentukan rute terbaik pada sistem mobile e-parking berbasis sistem informasi geografis.

Menyajikan penerapan titik arah otomatis untuk perjalanan pulang pergi pada robot otonom, khususnya dalam skenario bencana [11]. Mengeksplorasi integrasi GPS dan visi mesin untuk pendaratan otomatis dan sistem titik arah pada robot multirotor, menekankan pentingnya menggabungkan teknologi untuk navigasi yang presisi [12].

Studi-studi ini secara kolektif menunjukkan berbagai aplikasi dan kemajuan dalam memanfaatkan teknologi GPS untuk navigasi robot seluler, meningkatkan otonomi dan efisiensinya di berbagai lingkungan.

Dalam integrasi GPS dalam navigasi robot *mobile*, terdapat beberapa pendekatan yang dapat diterapkan. Penggunaan GPS memungkinkan penentuan posisi koordinat di permukaan bumi dengan akurasi yang tinggi [13]. Meskipun GPS digunakan sendiri tanpa sensor lain seperti LiDAR, terdapat berbagai strategi yang dapat dioptimalkan untuk mencapai navigasi yang efisien.

Farida, A dkk. Menyoroti pentingnya GPS dalam menentukan posisi koordinat di permukaan bumi. Dalam konteks navigasi robot *mobile*, GPS dapat digunakan sebagai sumber utama informasi posisi yang diperlukan untuk mengarahkan pergerakan robot. Penggunaan metode waypoint berbasis GPS, seperti yang dijelaskan oleh [14], memungkinkan robot untuk menuju dengan tepat ke titik-titik tertentu tanpa perlu sensor tambahan yang kompleks. Sistem navigasi waypoint ini memungkinkan robot untuk menghindari halangan dan kembali pada jalur navigasi yang telah ditentukan.

Selain itu, integrasi GPS dalam navigasi robot *mobile* juga dapat dikombinasikan dengan sensor kamera, seperti yang diusulkan oleh [15]. Penggunaan sensor kamera dalam kombinasi dengan GPS dapat memberikan informasi visual yang mendukung navigasi robot dalam lingkungan yang kompleks.

Dalam membahas integrasi teknologi GPS dalam sistem navigasi robot bergerak, penting untuk mempertimbangkan berbagai pilihan GPS yang tersedia di pasar. Meskipun GPS UBLOX NEO-6M umumnya digunakan karena presisi dan efisiensinya, modul GPS lain seperti U-blox Neo-M8N juga telah dievaluasi untuk aplikasi navigasi. Penelitian yang dilakukan membandingkan keakuratan penerima GPS U-blox Neo-6M dan U-blox Neo-M8N dalam navigasi quadcopter, menyoroti pentingnya memilih modul GPS yang paling sesuai untuk aplikasi robotik tertentu.

Pemilihan modul GPS, seperti GPS UBLOX NEO-6M, dibandingkan opsi GPS lainnya dapat dikaitkan dengan faktor-faktor seperti efektivitas biaya, presisi, dan kompatibilitas dengan persyaratan spesifik sistem robot [16]. Misalnya, mengembangkan sistem navigasi yang terjangkau namun sangat akurat untuk robot pertanian otonom, menekankan presisi dan ketahanan sistem dengan tetap menjaga efisiensi biaya. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan GPS UBLOX NEO-6M untuk navigasi robot seluler kemungkinan besar karena keseimbangan antara akurasi dan keterjangkauan, menjadikannya pilihan praktis untuk berbagai aplikasi robot.

Selain itu, integrasi teknologi GPS dengan sensor atau sistem lain, seperti kamera atau unit pengukuran inersia, dapat meningkatkan kemampuan navigasi robot bergerak secara keseluruhan. Studi seperti yang dilakukan tentang metode lokalisasi robot bergerak di lingkungan perkotaan menekankan pentingnya mengintegrasikan data sensor untuk navigasi yang tepat. Menggabungkan GPS dengan sensor visual, seperti yang dikemukakan oleh Syaifulloh, S dkk., dapat memberikan informasi visual tambahan untuk mendukung navigasi robot di lingkungan yang kompleks [17].

Untuk memahami mengapa GPS UBLOX NEO-6M lebih efisien dan presisi dibandingkan modul GPS lainnya, penting untuk mempertimbangkan karakteristik spesifik dan metrik kinerja UBLOX NEO-6M. Keakuratan dan efisiensi GPS UBLOX NEO-6M dapat dikaitkan dengan beberapa faktor yang disoroti dalam literatur.

Salah satu aspek utama yang berkontribusi terhadap efisiensi dan presisi GPS UBLOX NEO-6M adalah kemampuannya menyediakan data lokasi akurat dengan margin kesalahan minimal. Suatu penelitian menekankan bahwa modul GPS UBLOX NEO-6M menawarkan akurasi yang tinggi, dengan rata-rata pergeseran hanya 1,75 meter, menjadikannya pilihan yang andal untuk pendeteksian lokasi yang tepat [18].

Selain itu, efisiensi GPS UBLOX NEO-6M dapat dikaitkan dengan kemampuannya dalam memberikan pembacaan yang konsisten dan andal. Suatu penelitian menunjukkan bahwa sensor GPS UBLOX NEO-6M dapat memberikan pembacaan dengan akurasi sekitar 99% untuk koordinat bujur dan lintang, yang menunjukkan

keandalannya dalam menangkap dan mengirimkan data lokasi secara efektif [19].

Pemilihan GPS UBLOX NEO-6M dibandingkan modul GPS lainnya mungkin dipengaruhi oleh efektivitas biaya tanpa mengurangi presisi. mengembangkan sistem navigasi untuk robot pertanian otonom yang memprioritaskan akurasi dan ketahanan dengan tetap menjaga efisiensi biaya, menunjukkan bahwa GPS UBLOX NEO-6M memberikan keseimbangan antara akurasi dan keterjangkauan. Fitur hemat biaya ini menjadikan GPS UBLOX NEO-6M pilihan praktis untuk berbagai aplikasi robotik yang mengutamakan presisi dan efisiensi.

Kesimpulannya, GPS UBLOX NEO-6M menonjol sebagai modul GPS pilihan untuk sistem navigasi robot seluler karena akurasi, keandalan, dan efektivitas biayanya yang tinggi. Kemampuannya untuk menyediakan data lokasi yang tepat dengan kesalahan minimal, kinerja yang konsisten, dan keterjangkauan menjadikannya pilihan yang cocok untuk meningkatkan efisiensi dan presisi navigasi robot seluler dalam beragam pengaturan operasional.

III. METODOLOGI

3.1 Jenis Metodologi

Penelitian ini menggunakan teknik eksperimen untuk mengumpulkan data terkait perakitan robot dan eksekusi fungsi-fungsinya. Data ini diperoleh melalui hasil eksperimen yang dilakukan terhadap robot. Teknik ini memungkinkan identifikasi kegagalan dan area yang perlu ditingkatkan/ditambahkan.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah robot yang menggunakan GPS U-BLOX NEO 6M.

3.3 Mekanisme dan penggunaan GPS

Perangkat yang digunakan sebagai sistem GPS adalah GPS UBLOX GY-NEO6M. Perangkat ini terhubung dengan antena eksternal dan ke arduino (mikrokontroler) agar perangkat ini dapat berjalan.

Dengan mekanisme GPS ini, user dapat mengetahui posisi robot dan mekanisme module GPS ini. User robot dapat mengetahui posisi robot di mana saja dan kapan saja serta menyatel koordinat untuk mengatur posisi robot dimanapun di wilayah daratan yang telah dipilih untuk penggunaan robot.



Gambar 1. GPS Sistem

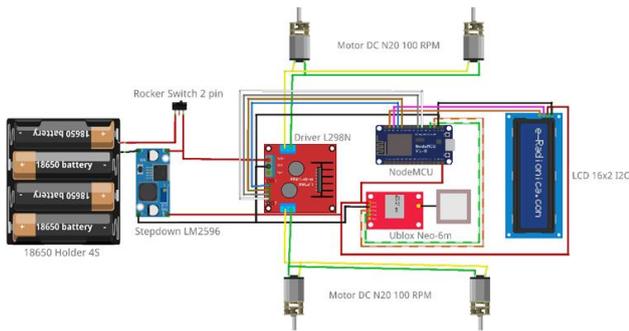
Robot ini juga menggunakan aplikasi tersendiri yang di program menggunakan html untuk melakukan navigasi tersendiri secara remote dan autonomous apabila melakukan navigasi menggunakan GPS secara langsung. Website tersebut harus dihubungkan pada IP Address dari WiFi NodeMCU yang dipasangkan pada prototype robot agar bisa beroperasi dengan lancar.



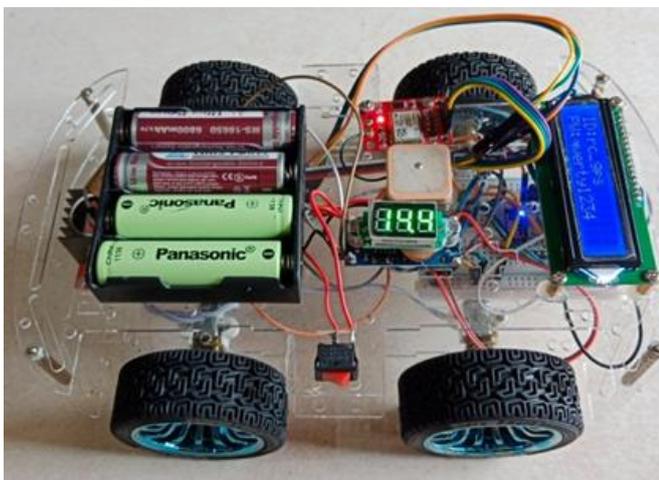
Gambar 2. Website Kontrol Robot

3.4 Model Mobile Robot

Mobile Robot ini dapat berjalan menggunakan HandPhone dengan cara mengkoneksi internet ke handphone. Hal ini dapat terjadi karena perangkat robot yaitu NodeMCU ESP8266. Perangkat ini sering digunakan untuk merakit Robot Arduino berbasis IoT (Internet of Things) karena fungsi dari perangkat ini adalah menghubungkan perangkat dengan robot melalui jaringan internet. Model Mobile Robot ini yang akan digunakan untuk melakukan navigasi menggunakan GPS.



Gambar 3. Kerangka Robot



Gambar 4. Prototype Robot

3.5 Lokasi Eksperimen

Setelah menghasilkan sebuah model robot vehicle dan berhasil mengimplementasikan GPS terhadap vehicle tersebut, eksperimen dilakukan di area terbuka yaitu Lapangan Karebosi Makassar Sulawesi Selatan. Eksperimen dilaksanakan terhadap eksekusi robot mulai dari performance robot hingga performance GPS.

3.6 Komponen dan Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan komponen dan peralatan yang diuraikan pada Tabel 1.

Bahan	Alat
N20 GEARBOX 100 RPM	Solder
GPS uBlox GY-NEO6M	Flux Solder
Motor Driver L298N	Wire Cutter
NodeMCU V3 Esp8266	Micro USB
Step Down 3A LM2596S + LED Voltmeter	Obeng
Baterai 18650 + Baterai Holder 4 Slot	Charger 18650
Chassis 4WD	
Roda 65mm 25GA370 + coupling & shaft 3mm	
Breadboard	
Rocker Switch 2 pin	
GY-91 10DOF IMU MPU9250 BMP280 9-axis Gyro Accelero Compass Pressure	
LCD 16x2 I2C	
Kabel Jumper (MM), (FM), (FF)	

Tabel 1

IV. HASIL PENGUJIAN & PEMBAHASAN

4.1 Pengujian GPS UBLOX NEO-6M

Pada tahap ini dilakukan uji coba pengukuran akurasi koordinat GPS yang sudah dirangkai. Module ini dapat membaca dan mengirimkan data koordinat melalui WiFi dari NodeMCU ke html yang telah di program. Dalam tahap uji coba module ublox juga akan diuji dalam keadaan-keadaan tertentu yang dapat mengganggu akurasi sinyal atau jaringan satelit ke modul GPS sebagaimana tabel 7. berikut

No	Lokasi	Kondisi Tempat	Koordinat Langsung dengan Poin Google Maps (PGM)	Koordinat Pembaan HTML	Koordinat Pembaan GPS Ublox Neo	Jarak selisih meter (PGM-NEO)
1	SPBU Pertamina 74.902.09 (Alaudin)	Terbuka (Tidak Terhalang)	5°10'25.5"S 119°25'48.4"E	5°10'25.5"S 119°25'48.3"E	5°10'25.6"S 119°25'48.4"E	3 Meter
2	Ruangan Dalam	Terisolasi (Terh)	5°09'30.9"S 119°30'	5°09'30.8"S 119°30'	5°09'31.1"S 119°30'	8 Meter

	Rumah	alang Bangunan)	12.3"E	12.0"E	12.5"E	
3	Taman Mesjid	Terbuka (Terhalang Pohon & Kabel Tiang Listrik)	5°09'27.5"S 119°29'09.0"E	5°09'27.2"S 119°29'08.8"E	5°09'27.2"S 119°29'08.8"E	12 meter
4	Lapangan Tenis	Terbuka (Tidak Terhalang)	5°09'37.7"S 119°30'09.4"E	5°09'37.8"S 119°30'09.5"E	5°09'37.8"S 119°30'09.4"E	3 Meter
5	Mesjid Lantai 1	Terisolasi (Terhalang Bangunan 2 Tingkat)	5°09'27.6"S 119°29'08.2"E	5°09'28.9"S 119°29'07.9"E	5°09'27.5"S 119°29'08.5"E	21 Meter

Tabel 2

Data diatas dikelompokkan nilai pembacaan koordinat GPS dari Google maps, Module ublox dan Koordinat yang muncul di interface html. Berikutnya cara untuk mengetes akurasi dari koordinat yang telah didapat dengan cara mencari selisih dari titik di google maps dengan titik yang ada pada modul GPS.

Pengaruh dari faktor penghalang dari atap memberi efek terhadap akurasi koordinat yang diberikan oleh GPS berupa peningkatan dalam tingkat melesetnya koordinat yang dihasilkan. Data ini menunjukkan bahwa GPS memberi selisih paling kecil apabila bekerja dengan kondisi atap terbuka.

DAFTAR ACUAN

[1] Manalu, D. (2023). Advancing the Young Generation Through Robotics Community Service in the Siantar 1 State Vocational School Students Environment for Future Technological Challenges. *Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 187-193. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30645/v1i1>

[2] Desmas A. (2021). Uji Presisi dari Nonholonomic Mobile Robot pada Rancang Bangun Sistem Navigasi. *Journal of*

Mechanical Engineering, Science, and Innovation, 1(1), 28-37. <https://doi.org/10.31284/j.jmesi.2021.v1i1.1760>

[3] Zhang, Y., Hong, D.P. Navigation of mobile robot using Low-cost GPS. *Int. J. Precis. Eng. Manuf.* 16, 847–850 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12541-015-0111-4>

[4] Seo, W., Hwang, S., Park, J., & Lee, J. M. (2012). Precise outdoor localization with a GPS-INS integration system. *Robotica*, 31(3), 371-379. <https://doi.org/10.1017/S0263574712000379>

[5] Neaz, A., Lee, S., & Nam, K. (2023). Design and implementation of an integrated control system for omnidirectional mobile robots in industrial logistics. *Sensors*, 23(6), 3184. <https://doi.org/10.3390/s23063184>

[6] Tommaselli, A. M. G., Campos, M. B., Castanheiro, L. F., and Honkavaara, E.: A FEASIBILITY STUDY ON INCREMENTAL BUNDLE ADJUSTMENT WITH FISHEYE IMAGES AND LOW-COST SENSORS, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W18, 167–171 <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W18-167-2019>, 2019.

[7] Prianto, C. P., and Kusnadi, M. (2018). Penerapan algoritma dijkstra untuk menentukan rute terbaik pada mobile e-parking berbasis sistem informasi geografis. *Jurnal Informatika Jurnal Pengembangan It*, 3(3), 329-335. <https://doi.org/10.30591/jpit.v3i3.941>

[8] Purwanto, B. (2022). Penyimpangan penentuan posisi perangkat global positioning system (gps). *Jurnal Ecolab*, 16(2), 99-107. <https://doi.org/10.20886/jklh.2022.16.2.99-107>

[9] Romdlony, M., Fachri, R., & Rosa, M. (2022). Simulasi model navigasi mobile robot dengan penerapan metode control lyapunov-barrier function (clbf) terhadap sistem navigasi waypoint. *Teknika - Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Telekomunikasi Kendali Komputer Elektrik Dan Elektronika*, 6(2), 24. <https://doi.org/10.25124/teknika.v6i2.4127>

[10] Firdaus, R. (2020). Perancangan dan implementasi sensor gps pada sistem navigasi multirotor. *Telekontran Jurnal Ilmiah Telekomunikasi Kendali Dan Elektronika Terapan*, 8(1), 30-41. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v8i1.3069>

[11] Ammarprawira, I., Fauzi, M., Jabbaar, A., & Syafitri, N. (2020). Implementasi automatic waypoint untuk return trip pada autonomous robot dengan titik acuan potensi korban bencana. *Elkomika Jurnal Teknik Energi Elektrik Teknik Telekomunikasi & Teknik Elektronika*, 8(1), 203. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v8i1.203>

[12] Subrata, A. (2017). Automatic landing and waypoint system berbasis kombinasi gps dan mesin visi untuk multirotor pada kontes robot terbang indonesia divisi vertical take off landing. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika*, 2(2), 110. <https://doi.org/10.26555/jiteki.v2i2.4896>

[13] Farida, A. and Rosalina, F. (2020). Pelatihan dasar-dasar pengoperasian gps garmin bagi mahasiswa fakultas pertanian universitas muhammadiyah sorong. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, 2(1), 47-56. <https://doi.org/10.33506/pjcs.v2i1.995>

[14] Rahimatullah, J., Muda, N. R. S., Fahmi, M. I., & Zani, A. (2020). Rancang bangun autonomous robot tank dengan metode waypoint berbasis raspberry pi. *TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, 6(1), 29-39. <https://doi.org/10.15575/telka.v6n1.29-39>

[15] Syaifulloh, S., Ritzkal, R., & Hendrawan, A. H. (2020). Purwarupa mobile robot dengan sensor kamera menggunakan sistem kendali smartphone dan (gps). *Jurnal Inovatif : Inovasi Teknologi Informasi Dan Informatika*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.32832/inova-tif.v3i1.4059>

- [16] Galati, R. (2021). RoboNav: An Affordable Yet Highly Accurate Navigation System for Autonomous Agricultural Robots. *Robotics*, 11(5), 99. <https://doi.org/10.3390/robotics11050099>
- [17] Georgiev, A. (2004). Localization methods for a mobile robot in urban environments. *IEEE Transactions on Robotics*, 20(5), 851-864. <https://doi.org/10.1109/TRO.2004.829506>
- [18] R Syam, R. (2023). Design of garage monitoring system using RFID and vehicle sensor based on microcontroller. *Journal of Physics: Conference Series*, 2596. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2596/1/012024>
- [19] Febriansyah, M. N. F. (2022). DHelmet for Body Temperature Measurement and Accident Location Detector With Telegram. *Procedia of Engineering and Life Science*, 2(2). <https://doi.org/10.21070/pels.v2i2.1326>