



Prototype Global Positioning System Tracker untuk Monitoring Posisi Autonomous Buoy menggunakan Mikrokontroler Arduino Atmega328T

Muhammad Baharuddin Isa^{1*}, Endi Permata², Bagus Dwi Cahyono³

¹⁻³Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

*Penulis Korespondensi: isaswndn03@gmail.com

Abstract. *This research focuses on the design and implementation of a Global Positioning System (GPS) Tracker prototype for monitoring the position of an Autonomous Buoy using an Arduino ATmega328T microcontroller. As an archipelagic nation, Indonesia needs efficient and affordable technology for maritime monitoring. The development of the Internet of Things (IoT) offers a solution for tracking objects in remote locations with limited communication infrastructure. The GPS Tracker prototype utilizes the SIM800L GSM module to send real-time coordinates via SMS. The study aims to understand the process of designing and implementing the GPS Tracker system for automatic position data collection, storage, and transmission, and to measure the total time required for data transmission using the SIM800L. The method employed is an experimental approach, covering the design of hardware (Arduino Uno, SIM800L, GPS U-Blox Neo-6m, motor drivers, solar cell, and battery) and data testing protocols. The system is designed for real-time location monitoring with a minimal budget and can operate effectively in areas with limited internet coverage by relying on the GSM module. This prototype is expected to reduce the dependency on constant physical supervision by researchers in the field.*

Keywords: *Arduino; Autonomous Buoy; GPS Tracker; Monitoring; SIM800L.*

Abstrak. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi prototipe Sistem Pemosisi Global (GPS) untuk memantau posisi Pelampung Otonom menggunakan mikrokontroler Arduino ATmega328T. Sebagai negara kepulauan, Indonesia membutuhkan teknologi pemantauan maritim yang efisien, terjangkau, dan dapat diterapkan pada wilayah dengan keterbatasan infrastruktur komunikasi. Perkembangan teknologi Internet untuk Segala (IoT) memberikan solusi dalam melakukan pelacakan objek pada lokasi terpencil. Prototipe pelacak GPS ini memanfaatkan modul komunikasi GSM SIM800L untuk mengirimkan koordinat lokasi secara waktu nyata melalui pesan singkat (SMS). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses perancangan dan penerapan sistem pelacak GPS dalam melakukan pengumpulan, penyimpanan, serta pengiriman data posisi secara otomatis, sekaligus mengukur waktu yang diperlukan dalam proses transmisi data menggunakan modul SIM800L. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimen melalui tahapan perancangan perangkat keras yang terdiri atas Arduino Uno, SIM800L, GPS U-Blox Neo-6M, pengendali motor, panel surya, dan baterai, serta pengujian sistem. Hasil pengembangan prototipe diharapkan mampu mendukung pemantauan lokasi secara waktu nyata dengan biaya minimal dan mengurangi ketergantungan terhadap pengawasan fisik langsung oleh peneliti di lapangan.

Kata kunci: Arduino; Internet untuk Segala; Mikrokontroler; Pelampung Otonom; Sistem Pemosisi Global.

1. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah pulau sebanyak 17.504. Wilayah Indonesia mencakup garis pantai sepanjang 95.181 Km, yang merupakan garis pantai terpanjang kedua di dunia, dan memiliki luas perairan laut mencapai 5,8 juta kilometer persegi, mencakup 71% dari keseluruhan wilayah negara (Anto et al. 2019). Kondisi geografis yang didominasi oleh perairan ini menuntut ketersediaan akses teknologi yang mumpuni untuk mendukung pembangunan ekonomi dan pengelolaan sumber daya alam, khususnya dalam pemantauan maritim. Dalam era modern, disiplin Teknik Elektro memainkan peran sentral dalam menghasilkan berbagai inovasi yang signifikan dalam kehidupan sehari-hari (Wahyuni et al.,).

Salah satu perkembangan teknologi yang paling berdampak dari Teknik Elektro adalah *Internet of Things* (IoT). Konsep IoT, yang pertama kali disarankan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 dan dipopulerkan melalui *Auto-ID Center* di MIT (Amaro, 2017), bertujuan untuk memperluas manfaat konektivitas internet. Dalam bidang oseanografi, teknologi IoT sangat penting karena dapat membantu penelitian perairan yang sulit dijangkau dengan biaya yang relatif terjangkau. Selain sebagai penghubung, IoT juga berfungsi sebagai pemantau keberadaan objek di lokasi yang sulit dijangkau dengan infrastruktur komunikasi terbatas, mengatasi masalah keterbatasan jangkauan sinyal internet di wilayah perairan yang luas.

Untuk mengatasi tantangan keterbatasan infrastruktur komunikasi di perairan, sistem berbasis modul SIM800L dipilih sebagai solusi yang efisien dan terjangkau. SIM800L adalah modul GSM yang memungkinkan pengiriman informasi melalui *Short Message Service* (SMS) (Fauzan, 2021). Modul ini digunakan sebagai sensor navigasi atau *Global Positioning System* (GPS) *Tracker* untuk mengirimkan titik koordinat lintang dan bujur secara *real-time*. Teknologi ini kemudian diimplementasikan pada proyek *Autonomous Buoy* (Pelampung Bergerak Otonom), yaitu sebuah sistem yang dapat beroperasi, berfungsi, atau mengambil keputusan secara mandiri tanpa intervensi manusia langsung. Prototipe *Autonomous Buoy* yang dirancang terdiri dari lambung, sistem kontrol jarak jauh, panel surya, motor, sistem jangkar/*winches*, dan GPS (Wood et al., 2006).

Berdasarkan urgensi pemantauan maritim dan solusi teknologi yang ditawarkan, penelitian ini berfokus pada pembuatan prototipe GPS *Tracker* menggunakan mikrokontroler Arduino ATmega328T dan modul SIM800L sebagai alat pemantauan posisi untuk *Autonomous Buoy*. Dengan demikian, penelitian ini memiliki rumusan masalah mengenai bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem GPS *Tracker* pada *Autonomous Buoy* sebagai alat navigasi serta berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data koordinat kepada penerima (*receiver*). Oleh karena itu, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memahami cara merancang dan mengimplementasikan sistem GPS *Tracker* dalam mengumpulkan, menyimpan, dan mengirimkan data posisi secara otomatis, serta mengukur total waktu yang dibutuhkan dalam proses pengiriman data oleh modul SIM800L.

2. KAJIAN TEORITIS

Navigasi adalah proses memantau dan mengendalikan pergerakan alat transportasi, baik mobil, kapal, maupun pesawat, dari satu tempat ke tempat lainnya. Instrumen navigasi yang umum digunakan, seperti akselerometer dan kompas, dipergunakan sebagai navigator pada *autonomous vehicle* (Emmanuel et al.,). Dalam pengembangan sistem navigasi pada

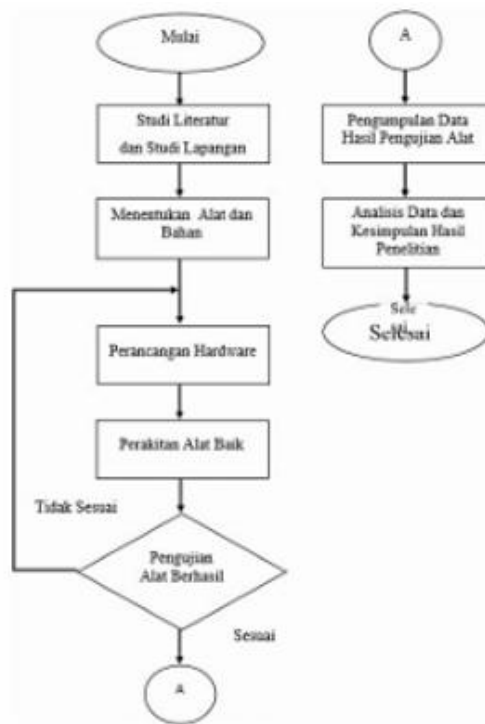
autonomous vehicle, salah satu metode yang paling sering diterapkan adalah sistem navigasi *waypoint*, yang berfungsi untuk melakukan koreksi posisi berdasarkan pembacaan dari Global Positioning System (GPS) (Ashari et al., 2020). GPS merupakan satu-satunya sistem satelit navigasi global yang beroperasi penuh di dunia saat ini, berfungsi untuk menentukan lokasi, kecepatan, arah, dan waktu secara akurat. Sistem ini bergantung pada satelit yang mengelilingi bumi dalam waktu sekitar 12 jam, memastikan jangkauan posisi yang luas di atas permukaan bumi.

Modul SIM800L V2.0 GSM/GPRS adalah modul quad-band yang kompatibel dengan Arduino, sangat diminati dalam aplikasi *Machine-to-Machine* (M2M) dan *Internet of Things* (IoT) karena kemampuan komunikasi nirkabel yang handal (Mulyati et al., 2018). Fungsi utamanya adalah menyediakan komunikasi melalui jaringan seluler, memungkinkan perangkat untuk melakukan panggilan suara, mengirim dan menerima pesan teks (SMS), serta mentransfer data melalui protokol GPRS (Dharma et al., 2019). Dalam konteks GPS Tracker pada *Autonomous Buoy*, modul SIM800L penting karena memungkinkan pengiriman data koordinat lokasi secara *real-time* melalui SMS, yang merupakan solusi efisien di area yang sulit dijangkau oleh infrastruktur internet (Fauzan, 2021). Modul ini juga cocok untuk aplikasi portabel karena bentuknya yang kecil (Kadek et al.,).

Sebagai penerima sinyal GPS, digunakan Modul GPS Receiver U-Blox Neo-6m yang merupakan penerima *stand-alone* dengan performa baik. Modul ini memiliki kemampuan *Time to First Fix* (TTFF) paling lama 27 detik (Febriana et al., 2021). Chip U-Blox Neo-6m dapat melacak hingga 22 satelit pada 50 saluran dan mampu melakukan pembaruan lokasi hingga 4 detik dengan akurasi posisi horizontal 2,5 M (Suryana, n.d.). Seluruh sistem, mulai dari pengambilan data dari GPS hingga pengiriman melalui SIM800L, dikendalikan oleh Arduino Uno. Arduino Uno, yang berbasis mikrokontroler ATmega328P, berfungsi sebagai unit pemroses utama untuk menerima data, memproses perintah, dan mengendalikan perangkat keras lainnya seperti driver motor untuk penggerak *Autonomous Buoy* (Sokop et al., 2016).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menguji kinerja, keakuratan, dan reliabilitas prototipe GPS Tracker sebagai komponen navigasi pada *Autonomous Buoy*. Melalui pendekatan eksperimental, dilakukan serangkaian pengujian terukur untuk memperoleh data empiris terkait durasi transmisi data serta presisi koordinat yang dihasilkan oleh sistem.



Gambar 1. Flow Chart Perancangan.

Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur untuk mencari referensi yang valid dan relevan, diikuti dengan perancangan desain menggunakan aplikasi *AutoDesk Tinker CAD*, dan penyusunan algoritma pemrograman. Algoritma dikembangkan untuk mengatur inisialisasi komunikasi serial dengan modul GPS dan SIM800L, manajemen energi, identifikasi serta penanganan kesalahan (*error handling*), serta pemantauan data posisi. Perancangan perangkat keras (*hardware*) mencakup diagram blok sistem yang terdiri dari panel surya, *source charger control*, baterai, *buck converter (step-down converter)*, Arduino Uno, modul SIM800L, GPS location detector (U-Blox Neo-6m), driver motor (untuk 3 motor DC), dan transceiver.

Instrumen pengambilan data dilakukan melalui penelitian eksperimen dengan skema trial and error terhadap kalibrasi keakuratan posisi. Pengujian dilakukan melalui tiga skenario utama:

- Pengujian Akurasi GPS pada *Autonomous Buoy*: Dilakukan dengan membandingkan titik koordinat (*latitude/longitude*) dari *Google Maps* dengan data yang dihasilkan oleh perangkat GPS Tracker saat terpasang pada beban *Autonomous Buoy*.
- Pengujian Perintah SMS secara *Real-time*: Dilakukan untuk mengukur waktu (*latency*) yang dibutuhkan sistem untuk mengirimkan data koordinat kepada *receiver* melalui modul SIM800L.

- c. Pengujian Konsistensi Sinyal: Pengambilan data GPS dilakukan tanpa beban *Autonomous Buoy* di tiga lokasi berbeda untuk mengevaluasi keakuratan serta kekuatan sinyal pada kondisi lingkungan yang bervariasi.

Penelitian ini dilaksanakan di Situ Rawa Arum, Kota Cilegon, dengan rentang waktu penelitian selama 6 bulan (September 2024 – Februari 2025). Data yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam pemantauan lokasi secara *real-time*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan untuk memverifikasi fungsionalitas keseluruhan dari *prototipe GPS Tracker* pada *Autonomous Buoy*. Lokasi pengujian bertempat di Cilegon Park, Jalan Lingkar Selatan KM 4, Kota Cilegon, Banten, pada rentang waktu 09.00 – 15.00 WIB. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kondisi lingkungan yang terbuka, yang memungkinkan modul GPS untuk mendapatkan sinyal satelit dengan optimal untuk pengujian awal.

Integrasi Sistem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi antara mikrokontroler Arduino ATmega328P, modul GPS U-Blox Neo-6m, dan modul GSM SIM800L berhasil berjalan sesuai dengan algoritma yang telah dirancang. Sistem mampu melakukan inisialisasi komunikasi serial secara otomatis setelah diberikan catu daya. Modul SIM800L berhasil mendeteksi jaringan operator seluler dan melakukan registrasi pada jaringan GSM, yang mengindikasikan bahwa manajemen daya melalui buck converter berfungsi dengan stabil dalam menyuplai tegangan yang dibutuhkan modul komunikasi.

Analisis Akurasi GPS pada Autonomous Bouy

Tabel 1. Data Hasil Penelitian menggunakan SIM800L & GPS Tracker.

Titik Waypoint	Google Maps Latitude	Google Maps Longitude	Perangkat GPS Tracker Latitude	Perangkat GPS Tracker Longitude
1	051722	6.04592	051731	6.04591
2	051705	6.04601	051719	6.04604
3	051834	6.04599	051809	6.04599

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan data koordinat (latitude & longitude) yang dibaca oleh sistem GPS Tracker dengan data koordinat referensi dari Google Maps. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat presisi sistem dalam menentukan posisi Autonomous Buoy saat menerima beban operasional. Berdasarkan data yang terkumpul, ditemukan bahwa GPS U-Blox Neo-6m mampu melakukan *cold start* dan mendapatkan fix lokasi dengan waktu rata-rata yang stabil. Selisih jarak (*error*) antara koordinat GPS Tracker dan Google Maps dipengaruhi oleh faktor jumlah satelit yang terkunci (*satellite lock*). Dalam

kondisi cuaca cerah, sistem menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, selaras dengan spesifikasi modul yang memiliki akurasi posisi horizontal hingga 2,5 meter. Hasil ini membuktikan bahwa perangkat mampu memberikan informasi posisi yang akurat untuk keperluan navigasi Autonomous Buoy dalam skala operasional yang direncanakan.

Analisis Latensi Pengiriman Data SMS (Real-time)

Tabel 2. Data Penelitian Waktu yang Dibutuhkan SIM800L untuk Mengirim Pesan.

Percobaan	Waktu Tercatat
1	54 Detik
2	1 Menit 16 Detik
3	1 Menit 8 Detik

Pengujian perintah SMS secara real-time dilakukan untuk mengukur waktu (*latency*) yang dibutuhkan sistem untuk mengirimkan notifikasi koordinat kepada *receiver* (pengguna) setelah modul GPS mendapatkan data valid. Data pengujian menunjukkan bahwa durasi pengiriman data sangat bergantung pada kekuatan sinyal seluler di lokasi penelitian. Penggunaan modul SIM800L terbukti efektif sebagai solusi transmisi data di wilayah yang memiliki infrastruktur internet terbatas. Meskipun transmisi melalui SMS tidak secepat transmisi data paket berbasis internet (GPRS/4G), metode ini memberikan keunggulan berupa jangkauan yang lebih luas dan reliabilitas yang lebih tinggi pada daerah pelosok. Sistem mampu mengirimkan URL *Google Maps* yang tertanam dalam pesan teks secara konsisten, yang memberikan kemudahan bagi peneliti untuk melakukan visualisasi posisi secara langsung melalui perangkat seluler tanpa memerlukan aplikasi tambahan.

Analisis Konsistensi Sinyal pada Berbagai Lokasi

Pengujian pada tiga lokasi berbeda dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas sistem saat *Autonomous Buoy* berpindah posisi. Variabel lingkungan seperti tutupan awan dan keberadaan objek penghalang (seperti pepohonan atau bangunan di sekitar Situ Rawa Arum) diuji pengaruhnya terhadap penerimaan sinyal. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada area terbuka, sistem menunjukkan stabilitas sinyal yang sangat baik. Namun, pada area yang tertutup, terjadi sedikit perlambatan dalam *Time to First Fix* (TTFF). Hal ini sejalan dengan teori navigasi GPS yang menyatakan bahwa visibilitas satelit secara langsung (*line of sight*) sangat menentukan kecepatan dan akurasi positioning.

Pembahasan

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa penggunaan mikrokontroler Arduino ATmega328P dengan kombinasi modul SIM800L dan GPS U-Blox Neo-6m merupakan solusi yang efektif untuk sistem pelacakan *Autonomous Buoy*. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Fauzan (2021) yang menyatakan

bahwa SIM800L merupakan solusi efisien untuk pengiriman data jarak jauh di lokasi dengan infrastruktur komunikasi terbatas. Pengembangan sistem ini memberikan kontribusi nyata dalam bidang oseanografi dengan menawarkan alat pemantau lokasi berbasis *budget minimum*. Keberhasilan alat dalam menjalankan fungsi pengiriman koordinat secara otomatis mengurangi ketergantungan peneliti pada pengawasan fisik langsung, sehingga efisiensi operasional *Autonomous Buoy* meningkat. Namun, perlu dicatat bahwa keberhasilan sistem tetap bergantung pada ketersediaan sinyal seluler di area operasional. Integrasi algoritma penanganan *error (error handling)* pada kode Arduino telah berhasil mengantisipasi kegagalan sistem saat kehilangan sinyal satelit, di mana sistem secara otomatis akan mencoba melakukan *re-scanning* data GPS untuk memastikan data yang dikirimkan ke *user* adalah data terbaru.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe GPS tracker berbasis Arduino ATmega328P untuk *Autonomous Buoy*. Sistem mampu mengumpulkan data koordinat posisi dari modul GPS dan mengirimkannya secara otomatis melalui SMS menggunakan modul SIM800L. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu beroperasi pada area yang tidak terjangkau jaringan internet, sehingga mengurangi ketergantungan pada pengawasan langsung peneliti di lapangan. Disarankan untuk penelitian selanjutnya agar menambahkan sensor lingkungan tambahan untuk mendukung pengumpulan data oseanografi dan menggunakan baterai dengan kapasitas lebih tinggi untuk penggunaan jangka panjang di perairan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Endi Permata, S.T., M.T. dan Bapak Bagus Dwi Cahyono, S.ST., M.Pd. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan penelitian ini. Terima kasih juga ditujukan kepada pihak Jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, serta rekan-rekan yang telah membantu dalam pelaksanaan eksperimen.

DAFTAR REFERENSI

- Dharma, A., et al. (2019). Implementasi AT command pada modul GSM. *Jurnal Informatika*, 5(2).
- Emmanuel, J., et al. (n.d.). *Instrumen navigasi pada autonomous vehicle*.
- Fahyurisandi. (n.d.). Aplikasi GPRS untuk sistem M2M. *Jurnal Teknologi Informasi*.

- Fauzan, A. (2021). Implementasi modul SIM800L sebagai sistem monitoring jarak jauh. *Jurnal Elektro Indonesia*, 4(2).
- Febriana, R., et al. (2021). Performa modul GPS U-Blox Neo-6M dalam sistem pelacakan. *Jurnal Teknik Komputer*, 3(1).
- Hidayati, S. N. (2016). Pengaruh pendekatan keras dan lunak pemimpin organisasi terhadap kepuasan kerja dan potensi mogok kerja karyawan. *Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, dan Entrepreneurship*, 5(2), 57–66. <https://doi.org/10.30588/SOSHUMDIK.v5i2.164>
- Indrian, S., et al. (2022). Perkembangan teknologi pelampung otonom. *Jurnal Teknik Oseanografi*, 9(2).
- Kadek, A., et al. (n.d.). *Desain portable berbasis SIM800L*.
- Kani, M. (2020). *Algoritma dan pemrograman terstruktur*. Penerbit Andi.
- Lonceng, A., et al. (2020). Pengembangan software berbasis Arduino IDE. *Jurnal Robotika*.
- Mahendra, B., et al. (2018). Sistem monitoring mobil rental menggunakan GPS Tracker. *Jurnal Sistem Informasi*, 8(2). <https://doi.org/10.30646/sinus.v16i2.357>
- Mulyati, S., et al. (2018). Pemanfaatan modul SIM800L untuk komunikasi IoT. *Jurnal Informatika dan Komputer*.
- Pressman, R. S. (2014). *Software engineering: A practitioner's approach*. McGraw-Hill Education.
- Rikwan, et al. (2023). Aplikasi motor DC dalam industri. *Jurnal Teknik Industri*.
- Risdwiyanto, A., & Kurniyati, Y. (2015). Strategi pemasaran perguruan tinggi swasta di Kabupaten Sleman Yogyakarta berbasis rangsangan pemasaran. *Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, dan Entrepreneurship*, 5(1), 1–23. <https://doi.org/10.30588/SOSHUMDIK.v5i1.142>
- Rizky, S. (2011). *Konsep dasar perancangan sistem*. Penerbit Informatika.
- Sokop, S., et al. (2016). Perancangan sistem kontrol berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 5(2).
- Suryana, A. (n.d.). *Modul GPS U-Blox Neo-6M: Spesifikasi dan antarmuka*.
- Susanto, A., et al. (2020). Smartbag dengan sistem keamanan berbasis Arduino. *Jurnal Teknologi Informasi*, 6(1). <https://doi.org/10.33365/jtst.v2i2.1314>
- Syaddad, M. (2019). Perancangan sistem keamanan sepeda motor. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Wahyudi, A., et al. (2017). Rancang bangun tracking mobil patroli berbasis GPS. *Jurnal Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2017.v04.i01.p08>
- Wibowo, A. (n.d.). Alat pemantau kendaraan berbasis GPS. *Jurnal Teknologi*.
- Wood, J., et al. (2006). Development of autonomous buoy systems. *Oceanography Journal*.