

# Rancang Bangun Alat GPS Tracker Pada Kereta Bayi Berbasis Mikrokontroler ATmega328

Fajar Rahman<sup>1</sup>, Desak Ketut Sutiari<sup>2</sup>, Toto Surianto S<sup>3</sup>, La Ode Hasnuddin S. Sagala<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknologi Elektro-Medis Universitas Mandala Waluya

<sup>4</sup>Universitas Sebelas November Kolaka

<sup>1,2,3</sup>Jl.Jend. A.H Nasution Kota Kendari 93231

Corresponding author: (e-mail:fajarrahmanixe@gmail.com)

**Intisari**— Pada era modern seperti sekarang, tidak asing bagi ibu perkotaan yang dihadapkan pada tuntutan peran ganda sebagai pengurus rumah tangga dan pekerja profesional, sehingga diperlukan solusi yang memungkinkan bagi mereka dalam menjalankan keduanya tanpa mengorbankan keamanan dan perhatian anak. GPS tracker pada kereta bayi menjadi penting karena dapat memberikan keamanan dan dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan dengan memantau pergerakan kereta bayi. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu alat pelacak yang dapat diterapkan pada kereta bayi guna meningkatkan keamanan dan meminimalkan risiko kehilangan atau penculikan. GPS tracker pada kereta bayi ini dirancang menggunakan sistem kontrol mikrokontroler ATmega328 dengan metode FTDI. Sistem pelacakannya menggunakan modul GPS NEO-M8 dan modul GSM SIM800L V2 sebagai media komunikasi melalui sistem perpesanan SMS. Pengiriman pesan khusus ke alat, data lokasi kemudian akan dikirimkan ke nomor ponsel yang telah ditentukan berupa link google maps yang menyangkut informasi tentang lokasi terkini dari kereta bayi. Pada uji coba alat, dilakukan pengambilan data di beberapa lokasi dan waktu yang berbeda. Hasil penelitian berdasarkan pengambilan data dilakukan dengan cara mengirimkan pesan khusus ke nomor yang telah ditentukan pada alat GPS tracker diketahui alat pada kereta bayi akan membalsas pesan berupa titik koordinat kereta bayi ke no yang telah di tanamkan pada alat. Penyimpangan antara titik sebenarnya dan titik koordinat alat GPS tracker berdasarkan pengambilan beberapa titik koordinat adalah sebesar 4,10 m.

**Kata Kunci** : Kereta bayi, GPS Tracker, GSM SIM800L, ATmega328

## I. PENDAHULUAN

Di Era perkembangan informasi dan teknologi penggunaan alat yang dapat membantu mempermudah hidup manusia terus berkembang. Era 4.0 telah menjadi momentum perkembangan teknologi digital sehingga manusia dapat menghadapi masalah hidup [1]. Salah satu kemajuan teknologi yaitu untuk mengetahui posisi sebuah benda melalui penentuan koordinat titik bujur dan lintangnya. Sistem komunikasi yang dapat menampilkan posisi disebut GPS. Berdasarkan informasi dari satelit, lokasi ditentukan oleh garis lintang dan bujur. Ini adalah satu-satunya sistem navigasi satelit yang efektif dalam menentukan posisi geografis diatas permukaan bumi [2].

Teknologi GPS tracker dapat digunakan dalam kasus di mana seorang ibu melupakan kereta bayinya di dalam kereta yang terus berjalan ke stasiun selanjutnya adalah situasi yang sangat mengkhawatirkan dan berpotensi membahayakan anak. Tanpa adanya GPS (*Global Positioning System*) tracker pada kereta bayi, ibu tersebut mungkin tidak menyadari bahwa ia

meninggalkan bayinya di dalam kereta sampai saat ia mencapai stasiun berikutnya. Dalam kasus ini, jika kereta bayi dilengkapi dengan GPS *tracker*, orang tua dapat dengan cepat melacak posisi kereta bayi dan memberi tahu petugas kereta api atau staf stasiun tentang situasi tersebut.

Teknologi mikrokontroler dapat dipadukan dengan beberapa komponen elektronika lainnya untuk menjadi sebuah alat yang dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan rancangan *software* yang di tanamkan pada alat. Output pada alat dapat ditampilkan pada LCD. Sebuah alat pengukuran BPM dan kadar SPO2 menggunakan sistem android dirancang menggunakan pengontrol NODemcu ESP8266 dan input sensor MAX30100 [3]. Selain itu Mikrokontroler Arduino promini dapat di modifikasi dan komponen lain digunakan untuk memantau kadar CO dan kebisingan yang di letakan pada helm pekerja tambang [4]. Penelitian oleh [5] tentang penggunaan mikrokontroler dipadukan dengan sistem RFID dapat digunakan untuk mengontrol

pintu masuk ruang isolasi secara otomatis menggunakan kartu.

Kombinasi mikrokontroler dengan GPS dapat membantu meminimalkan risiko bahaya atau kehilangan yang mungkin terjadi akibat kesalahan manusia. Sistem pelacakan dan pengendali dapat dirancang dengan teknologi GPS untuk mendapatkan nilai koordinat (*latitude dan Longitude*). Informasi ini di tampilkan menggunakan google maps secara real time utnuk mengetahui posisi kendaraan. Hal ini dapat mengurangi resiko kehilangan. Sistem GPS dikontrol menggunakan modul NodeMCU V3 yang terhubung pada internet sebagai media komunikasi. Data dapat di akses pada aplikasi posel piuntar untuk memudahkan memantau kendaraan [6].

Sistem GPS tracer dapat membantu menemukan posisi geografis seperti lintang, bujur dan dapat menentukan ketinggian. GPS dapat membantu menemukan posisi lokasi keberadaan sesuatu. Penelitian penggunaan GPS dilakukan dengan memodifikasi komponen pengontrol Arduino dan sistem GPS untuk melacak posisi sepeda motor. Hal ini untuk memudahkan jika kendaraan tersebut ada yang mencuri [7]. Selain GPS dapat digunakan untuk membuat memantau dan menjaga keamanan kawasan maritim Indonesia [8]

*Tracker* pada kereta bayi menjadi penting karena memberikan keamanan dan perlindungan anak, mencegah kecelakaan dengan memantau pergerakan kereta bayi. Dengan GPS *tracker*, orang tua dapat melacak posisi kereta bayi secara real-time, menghindari risiko kehilangan atau penculikan. Akan tetapi, solusi GPS Tracker cenderung mahal dan kurang fleksibel dalam penggunaannya. Selain itu, kebanyakan solusi yang tersedia belum sepenuhnya terintegrasi dengan kereta bayi atau tidak memberikan alarm keamanan yang memadai. Hal ini menyebabkan kecemasan bagi orangtua terhadap keamanan anak mereka saat berjalan-jalan. Oleh karena itu, penelitian ini akan fokus pada pengembangan

GPS Tracker berbasis Mikrokontroler ATmega328 yang terjangkau, terintegrasi, dan dapat memberikan pemantauan serta alarm keamanan yang efektif. Sehingga rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah membangun GPS Tracker yang terjangkau dan mengukur keakuratan alat GPS Tracker pada kereta bayi.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen pembuatan alat yang menggunakan beberapa tahapan

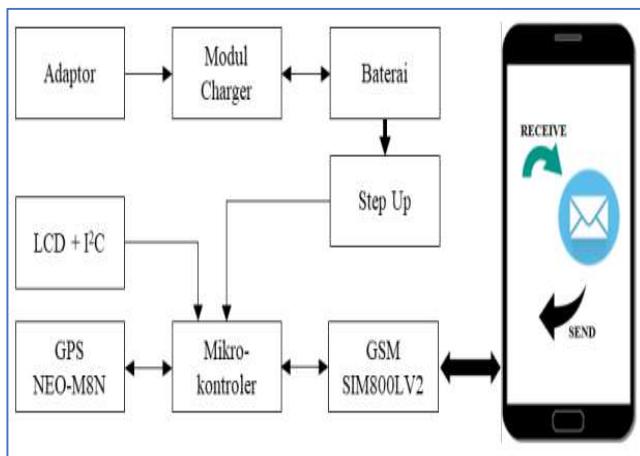
dalam mendesain alat mulai dari persiapan alat dan bahan, perancangan blok diagram dan pembuatan skematik rangkaian. Setelah alat selesai dilakukan serangkaian uji coba.

### A. Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan dilakukan dengan cara memperhatikan alat yang akan dirancang kemudian melakukan tahap pemesanan bahan sesuai kebutuhan. Alat yang perlu dipersiapkan adalah *tool set* lengkap untuk membuat desain berdasarkan komponen yang dibutuhkan. Laptop digunakan untuk membantu merancang program yang dibutuhkan pada *software*. Program dibuat pada aplikasi arduino IDE. Sedangkan bahan utama yang digunakan yaitu mikrokontroler Atmega328 5 V DC sebagai pengendali sistem GPS *tracking device* pada kereta bayi. Modul PGS NEO-M8N sebagai penerima GPS (*Global Positioning System*) yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari navigasi satelit. Modul GSM SIM800L V2 untuk komunikasi data antara sistem jaringan seluler antara alat dengan *smartphone user*. Modul Charger TP4056 Type-C digunakan untuk melakukan pengisian ulang pada baterai sekaligus untuk penyeimbang, pemantauan dan proteksi pada baterai yang disusun secara seri atau baterai susun.

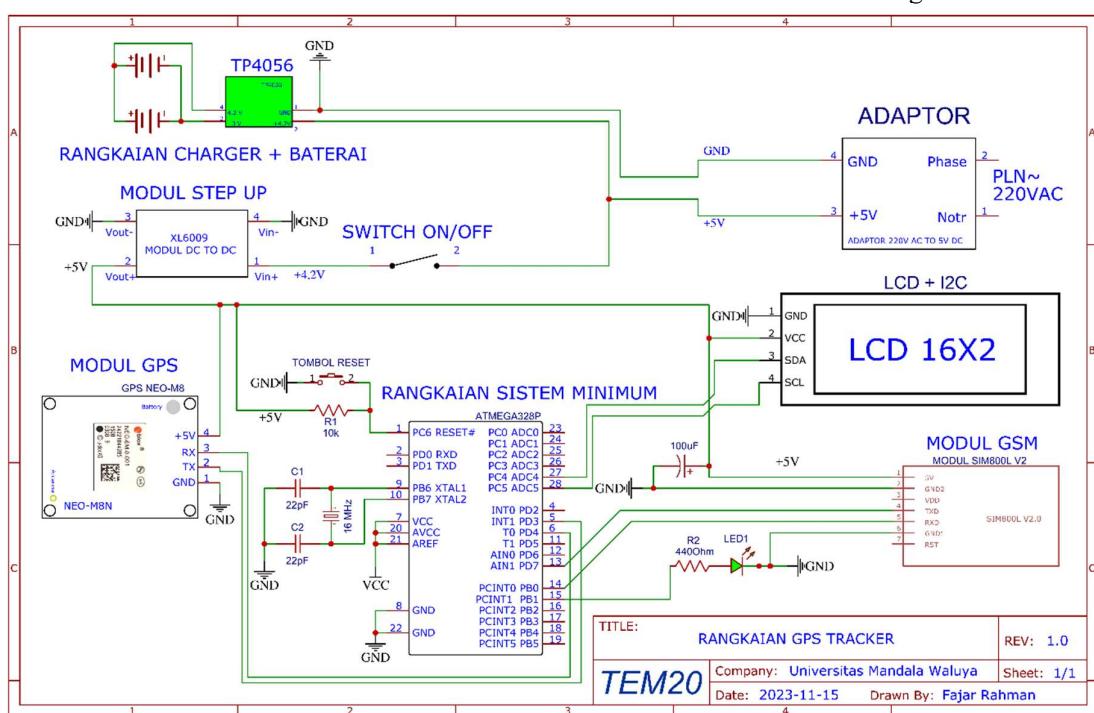
### B. Blok Diagram

Gambar 2 merupakan blok diagram dari alat GPS Tracker pada kereta bayi berbasis Mikrokontroler ATmega 328 yang terdiri dari beberapa blok.



Gambar 2. Blok diagram

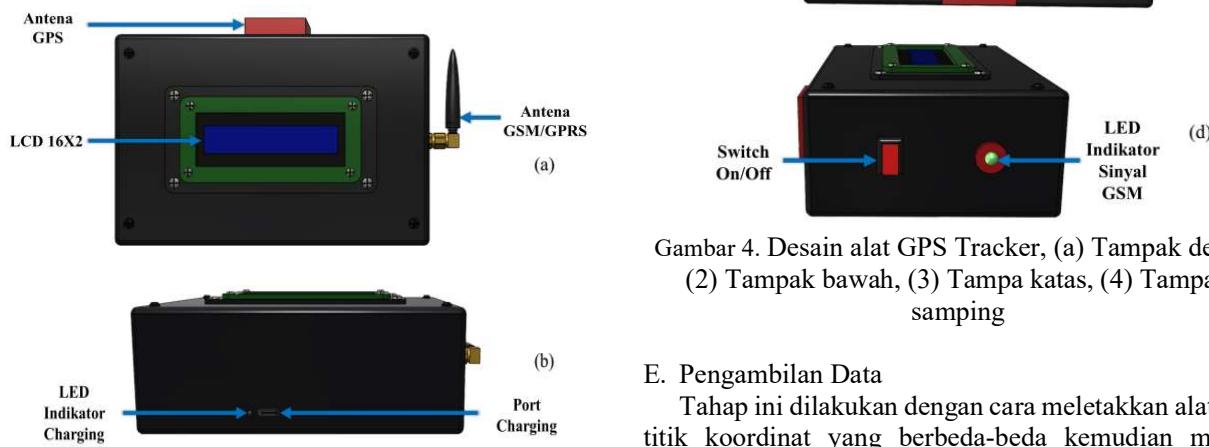
### C. Skematik Rangkaian



Gambar 3. Skematik rangkaian alat keseluruhan

### D. Desain Alat

Untuk perancangan desain dari alat GPS Tracker dapat dilihat pada Gambar 4 yang menampilkan alat dari beberapa perspektif.



Gambar 4. Desain alat GPS Tracker, (a) Tampak depan, (2) Tampak bawah, (3) Tampak katas, (4) Tampak samping

### E. Pengambilan Data

Tahap ini dilakukan dengan cara meletakkan alat pada titik koordinat yang berbeda-beda kemudian melihat apakah titik lokasi yang dikirim oleh alat sesuai dengan

titik yang sebenarnya. Adapun proses detail dari tahap ini adalah sebagai berikut :

1. Nyalakan alat GPS Tracker dan pastikan lampu indikator telah menyala dan LCD menunjukkan bahwa alat telah siap untuk digunakan.
4. Pindahkan kereta bayi ke beberapa titik lokasi yang berbeda, baik dalam ruangan maupun luar ruangan.
5. Uji cara kerja alat pada kondisi yang berbeda-beda, seperti pada area yang berbeda. atau pada waktu
6. yang berbeda. Pastikan alat GPS tracker tetap dapat berfungsi dengan baik pada kondisi tersebut.
7. Uji cara kerja dari modul GSM dengan cara mengirimkan SMS dan pastikan alat GPS tracker dapat mengirimkan data lokasi dengan baik.
8. Lakukan pengiriman pesan khusus melalui SMS dengan pesan bertuliskan "LOKASI" tanpa tanda kutip. Setelah beberapa detik alat akan membalas dengan mengirimkan lokasi berupa link yang akan diarahkan ke Google Maps.
9. Catat hasil lokasi yang telah diperoleh dan masukkan pada tabel .

#### F. Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Membandingkan titik koordinat yang dikirim oleh alat GPS Tracker pada kereta bayi dengan titik koordinat yang sebenarnya
2. Menghitung deviasi antara koordinat yang dikirim oleh alat GPS tracker dengan koordinat sebenarnya dengan cara mengukur jarak penyimpangan real dalam satuan meter. Adapun mekanisme dari perbandingan titik koordinat tersebut dapat menggunakan rumus berikut (Wijaya, 2010) :

$$Z = \sqrt{(B - A)^2 + (D - C)^2}$$

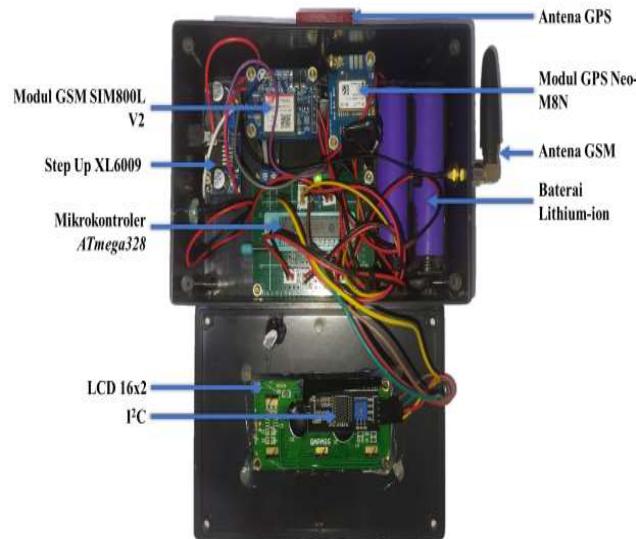
Dimana

Z = nilai derajat

A = nilai latitude yang sebenarnya

B= nilai latitude dari alat GPS Tracer

2. Pastikan alat GPS tracker dapat mendeteksi lokasi kereta bayi secara akurat. (Untuk keakuratan dari alat ini dapat dilihat ketika kereta bayinya ditempatkan di beberapa titik atau tempat, kemudian dilihat apakah titik koordinat atau lokasi yang diberikan pada smartphone sesuai atau tidak).



B = nilai latitude dari alat GPS Tracker

C = nilai longitude yang sebenarnya

D = nilai longitude dari alat GPS Tracker

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil

##### 1. Hasil Alat GPS Tracker

Dalam penyusunannya, alat GPS Tracker terdiri atas beberapa komponen sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 5 yang menampilkan tampak dalam keseluruhan dari alat tersebut.

Adapun pengimplementasian dari GPS Tracker pada kereta bayi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kereta bayi dilengkapi GPS Tracer

## 2. Hasil Pengujian

Pengujian data pada alat GPS Tracker ini melibatkan pengambilan data dari 5 lokasi yang berbeda-beda dan waktu yang berbeda-beda, sehingga diperoleh variasi hasil data uji alat seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data uji alat

N o	Lokasi GPS Tracker	Waktu Pelacakan	Koordinat GPS Tracker (Lat, Long)	Koordinat Sebenarnya (Lat, Long)
1.	Kost Melati	13/11/2023 15:54:43	- 4.00600580 , 122.543420	-4.0060063, 122.543387 2
2.	Bundaran Tank	13/11/2023 16:05:21	- 4.00145820 , 122.534360	-4.0014944, 122.534371 9
3.	Jalan Kelapa	13/11/2023 16:10:37	- 4.00269600 , 122.541200	-4.0026894, 122.541238 4
4.	Jalan Pisang	13/11/2023 16:15:08	-4.0095487, 122.539380	-4.0095849, 122.539384 6
5.	Jalan H. Lamuse	13/11/2023 22:36:13	- 4.02347140 , 122.510270	-4.0233009, 122.510276 6

Hasil perhitungan selisih antara penyimpangan titik koordinat, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisa data

No	Lokasi GPS Tracker	Koordinat GPS Tracker (Lat, Long)	Koordinat Sebenarnya (Lat, Long)	Penyimpanga n Titik Koordinat (Meter)
1.	Kost Melati	- 4.006005, 122.54342	-4.0060063, 122.543387 2	3.69
2.	Bundaran Tank	- 4.001458, 122.53436	-4.0014944, 122.534371 9	4.23
3.	Jalan Kelapa	- 4.002696, 122.54120	-4.0026894, 122.541238 4	4.32
4.	Jalan Pisang	- 4.009548, 122.53939	-4.0095849, 122.539384 6	4.05
5.	Jalan H. Lamuse	- 4.023471, 122.5102	-4.0233009, 122.510276 6	4.23
<b>Rata-rata penyimpangan titik koordinat dari lokasi real</b>				4.10

## B. Pembahasan

Alat GPS tracker pada kereta bayi berbasis *ATmega328* dirancang agar dapat memantau posisi dan lokasi guna meningkatkan keamanan dan pengawasan anak pada penggunaan kereta bayi. Proses perancangan alat ini dimulai dengan membuat mikrokontroler

menggunakan IC *ATmega328*. Mikrokontroler ini menggunakan suplai daya sebesar 5V DC untuk beroperasi dalam mengontrol sistem rangkaian keseluruhan pada alat. Dengan menggunakan PCB bolong ukuran 5x7, IC *ATmega328* beserta komponen lain seperti kapasitor, resistor, crystal, LED dirangkaikan pada board PCB agar membentuk sistem minimum mikrokontroler *ATmega328*. Adapun untuk suplai daya dari alat ini menggunakan baterai *lithium-ion* 18650 sebanyak 2 buah yang dirangkai secara paralel dengan tujuan agar daya kapasitas pada baterai dapat bertahan lebih lama. Untuk mengisi daya pada baterai tersebut dapat menggunakan adaptor port tipe c dengan tegangan 5V 2A. Adapun dalam pengecasan digunakan modul *charger* TP4056 yang dilengkapi proteksi *overdischarge* yang mana akan memutuskan arus dan tegangan yang masuk ke baterai saat telah terisi penuh (Yusuf, 2020). Tegangan keluaran dari baterai cukup bervariasi yaitu berada pada rentang 3,7 - 4,2 VDC. Dikarenakan tegangan yang belum stabil, maka digunakan modul step up untuk menaikkan tegangan listrik menjadi 5 volt DC agar sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh mikrokontroler dan komponen-komponen lainnya.

Komponen – komponen yang dikontrol sistem minimum *ATmega328* antara lain : LCD 16x2 digunakan menampilkan informasi berupa indikator *ready* dan data berupa titik koordinat dari alat GPS *tracker*, selain indikator berupa LCD, terdapat LED berwarna hijau yang akan menyala saat modul GSM mendapatkan telah mendapatkan jaringan. Modul GSM yang digunakan adalah SIM800L V2, untuk pin RX dan TX dari modul GSM dihubungkan pada pin digital PD4 dan PD3. Adapun untuk penggunaan modul GPS, pada awal perancangan digunakan modul GPS NEO6MV2, namun modul tersebut tidak dapat menerima data koordinat sehingga diganti dengan menggunakan modul GPS NEO-M8N. Kelebihan dari modul ini dibanding dengan pendahulunya adalah dapat bekerja dengan tegangan listrik 5 Volt DC (U-blox, 2016). Selain itu, modul ini dilengkapi dengan LED indikator *power* yang menandakan bahwa tegangan listrik telah masuk kedalam alat GPS *tracker*.

Selain perancangan dan pembuatan perangkat keras pada alat, juga dibutuhkan pembuatan perangkat lunak yaitu algoritma bahasa pemrograman (Bahasa C++) menggunakan software Arduino IDE. Bahasa pemrograman merujuk pada serangkaian instruksi atau kode yang dirancang untuk memungkinkan suatu perangkat beroperasi secara otomatis. Kode tersebut dimasukkan ke dalam mikrokontroler, yang bertindak sebagai pusat pemrosesan untuk mengelola seluruh data yang dihasilkan oleh alat pengukur. Setalah program telah berhasil di *compile* (Proses penerjemahan bahasa pemrograman menjadi perintah yang dapat dieksekusi oleh komputer), kode program tersebut akan diunggah ke mikrokontroler menggunakan bantuan USB ISP. USB ISP adalah sebuah *programmer in-circuit* dengan *interface* USB untuk melakukan kontrol dan pemrograman IC

*ATmega328*, singkatnya USB ISP ini digunakan sebagai media saat pengunggahan program berlangsung.

Pada perancangan awal, Alat GPS *Tracker* ini tidak memanfaatkan layar LCD untuk menampilkan informasi lokasi, dan menggunakan USB ISP dalam proses pengunggahan program. Namun setelah mengalami beberapa kegagalan, di dalam algoritma pemrogramannya ternyata dibutuhkan komunikasi serial yang saling bertautan antara *ATmega328* dengan modul GPS dan GSM, yang mana dalam komunikasi serial tersebut tidak dapat terjadi jika program yang diunggah ke *ATmega328* menggunakan USB ISP. Oleh karena itu peneliti mengganti metode dalam mengunggah bahasa pemrograman yaitu dengan menggunakan metode FTDI. Dalam bahasa teknis, FTDI merujuk pada salah satu chip serial ke USB yang diproduksi oleh FTDI. FTDI menggunakan komponen lain yang tidak dimiliki oleh USB ISP. Dalam komunikasi serial, pada bahasa pemrograman yang dibuat oleh peneliti memerlukan serial monitor yaitu monitor *software* dalam menampilkan data lokasi, sehingga dengan menggunakan FTDI komunikasi serial antara mikrokontroler, modul GPS dan GSM dapat terjadi, sekaligus menampilkan data tersebut pada monitor perangkat keras yaitu LCD.

Setelah alat dapat bekerja dengan baik, selanjutnya dilakukan pengambilan data lokasi. Pengambilan data dilakukan pada 5 lokasi dan waktu yang berbeda-beda dengan cara mengirimkan pesan khusus bertuliskan "LOKASI" pada nomor yang telah diinputkan pada alat GPS *tracker*. Setelah itu alat akan membalas pesan dengan mengirimkan data lokasi terkini berupa *link* yang akan diarahkan menuju aplikasi *Google Maps*. Dari pengambilan data tersebut dilakukan pencatatan titik koordinat lintang (*latitude*) dan titik koordinat bujur (*longitude*).

Selanjutnya dilakukan analisa data untuk mengukur tingkat keakuriasan dari pelacakan menggunakan alat GPS *tracker* yang telah dibuat. Berdasarkan tabel analisa data, diperoleh tingkat penyimpangan titik koordinat terdekat adalah 3,69 meter dan penyimpangan titik koordinat terjauh adalah 4,32 meter. Adapun untuk tingkat keakurasiannya diperoleh dengan membandingkan antara titik koordinat yang dikirimkan oleh alat GPS *tracker* dengan titik koordinat yang sebenarnya (*real*) yakni sebesar  $\pm 4,10$  meter.

#### IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses perancangan, pembuatan serta pengujian alat dan pengambilan data alat ini, maka pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengiriman pesan khusus menggunakan Modul GSM dengan metode SMS *Gateway* dapat bekerja dengan baik. Melalui pesan yang dikirimkan oleh pengguna, mikrokontroler akan meneruskan pesan khusus melalui Modul GSM ke nomor seluler yang telah ditentukan, memberikan notifikasi berupa titik

koordinat terkini dari kereta bayi kepada orang tua ataupun pengasuh.

2. Pada pengimplementasiannya modul GPS diintegrasikan dengan mikrokontroler *ATmega328* sebagai otak pengendali, yang mana dibutuhkan komunikasi serial yang sejalan antara mikrokontroler dengan modul GPS, sehingga modul GPS dapat memperoleh data koordinat lintang dan bujur dengan menggunakan metode FTDI dalam proses pengunggahan programnya.
3. Penyimpangan titik koordinat alat GPS *Tracker* yang dikembangkan adalah 3,69 – 4,32 meter.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Workshop Prodi D-III Teknologi Elektro-Medis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Mandala Waluya telah memperoleh sarana dan prasarana dalam penyelesaian penelitian ini. Serta terima kasih kepada pihak yang telah berkontribusi pada penyelesaian penelitian dan artikel ini.

#### REFERENSI

- [1] S. A. Handayani, "Humaniora dan era disruptif teknologi dalam konteks historis," *E-Proceeding Semin. Nas. Pekan Chairil Anwar*, vol. 1, no. 1, pp. 19–30, 2020.
- [2] Rianandra, Arsali, and A. A. Bama, "Studi Perbandingan Penentuan Posisi Geografis berdasarkan Pengukuran dengan GPS (Global Positioning System), Peta Google Earth, dan Navigasi.Net," *J. Penelit. Sains Mipa UNSRI*, vol. 17, no. 2, pp. 82–90, 2015.
- [3] D. K. Sutiari, L. S. Zulfadlih, and M. S. Abidin, "Design SPO2 and BPM Monitoring System To Monitor The Patient's Health Using Android," *Indones. J. Heal. Sci. Res. Dev.*, vol. 5, no. 1, pp. 42–47, 2023.
- [4] M. S. Abidin, R. U. Kasih, and L. O. S. Zulfadlih, "Helm Pintar Untuk Pemantauan Kadar Karbon Monoksida (CO) Dan Tingkat Kebisingan Suara Pada Daerah Industri Dan Pertambangan," *Sebatik*, vol. 26, no. 2, pp. 502–508, 2022, doi: 10.46984/sebatik.v26i2.2042.
- [5] D. K. Sutiari and A. Adami, "Prototype Pintu Masuk Otomatis Ruang Isolasi Menggunakan Radio Frequency Identification (RFID) Berbasis Atmega 328 Prototype of Automatic Entry Room Isolation Using Radio Frequency Identification (RFID) and Atmega 328," 2022.
- [6] M. Arif Budiman, A. Zatullo Harefa, and D. Virgian Shaka, "Perancangan Sistem Pelacak Gps Dan Pengendali Kendaraan Jarak Jauh Berbasis Arduino," *Proceeding SENDIU 2020*, pp. 356–363, 2020, [Online]. Available: [https://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/sendi\\_](https://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/sendi_)

- [7] M. R. Deyavi, R. Handayani, and ..., “Sistem Tracking Untuk Jemaah Haji Dan Umroh Menggunakan Arduino,” *eProceedings* ..., 2021, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/view/14907>
- [8] A. Grant, P. Williams, N. Ward, and S. Basker, “GPS jamming and the impact on maritime navigation,” *J. Navig.*, vol. 62, no. 2, pp. 173–187, 2009, doi: 10.1017/S0373463308005213.