

Tracker Outdoor untuk Penyandang Down Syndrome

1st Nasywan Hanif
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
nasywan@student.telkomuniversity
.ac.id

2nd Ahmad Tri Hanuranto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
athanuranto@telkomuniversity.ac.i
d

3rd Favian Dewanta
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
favian@telkomuniversity.ac.id

Abstrak - Indonesia memiliki jumlah penyandang *Down Syndrome* yang signifikan, termasuk yang memiliki gangguan mobilitas dan mental. Kelompok ini rentan terhadap risiko hilang, terutama dalam situasi darurat seperti bencana alam atau evakuasi. Mereka sering menghadapi kesulitan dalam menjaga keselamatan diri dan berkomunikasi saat hilang. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan solusi pemantauan yang efektif. *GPS Tracker* berbasis LoRa muncul sebagai solusi potensial untuk melacak mereka, terutama di lokasi berbahaya dengan medan yang menghambat sinyal. Teknologi ini menawarkan kemampuan pelacakan yang andal meskipun sinyal lemah. *LoRa-based GPS Tracker*, yang *real-time* dan portabel, memungkinkan pemantauan lokasi akurat di medan sulit dan mengatasi keterbatasan sinyal seluler. Sistem ini memungkinkan pengawasan berkelanjutan tanpa bergantung pada jaringan seluler, sehingga mengurangi risiko kehilangan jejak. Dalam penelitian ini, dikembangkan *GPS* berbasis LoRa yang mampu mengirimkan koordinat lokasi pengguna dengan akurat meskipun di kondisi geografis sulit. Modul LoRa menggunakan sinyal RF, memberikan solusi komunikasi stabil di medan terpencil yang sulit dijangkau sinyal seluler.

Kata Kunci- *Down Syndrome, GPS Tracker, LoRa*

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki jumlah penyandang *Down Syndrome* yang cukup besar, termasuk mereka yang memiliki gangguan mobilitas dan mental. Kelompok ini lebih rentan terhadap risiko tersesat, terutama dalam situasi darurat seperti bencana alam atau evakuasi. Penyandang *Down Syndrome* yang mengalami kesulitan mobilitas dan mental sering kali menghadapi tantangan dalam menjaga keselamatan diri dan berkomunikasi ketika mereka berada di luar pengawasan. Dalam konteks ini, teknologi *GPS Tracker* berbasis LoRa menjadi solusi potensial untuk melacak dan menemukan penyandang *Down Syndrome* ketika mereka berada di lokasi yang berbahaya atau sulit dijangkau karena gangguan sinyal.

Data yang diambil dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa terdapat 59.163 penyandang disabilitas dengan gangguan mental di perkotaan dan pedesaan, dengan jumlah yang cukup signifikan di antara laki-laki dan perempuan. Hal ini menekankan pentingnya perhatian khusus

terhadap penyandang disabilitas di Indonesia, terutama dalam hal keselamatan dan pemantauan ketika mereka berada di luar ruangan. Dalam survei yang dilakukan pada anggota POTADS, meskipun data yang dikumpulkan belum mencakup seluruh populasi penyandang *Down Syndrome*, ditemukan bahwa banyak orang tua dan pengawas setuju bahwa adanya perangkat pelacak dapat membantu mengurangi kecemasan mereka saat penyandang disabilitas beraktivitas di luar ruangan.

Salah satu tantangan utama dalam penggunaan *GPS Tracker* yang ada saat ini adalah ketergantungan pada sinyal seluler. Ketika sinyal lemah atau hardware berada di lokasi yang sulit dijangkau, perangkat ini sering kali tidak dapat mengirimkan lokasi secara *real-time*. Teknologi *GPS* berbasis LoRa menawarkan alternatif dengan memanfaatkan jaringan LoRa yang dapat bekerja di medan yang lebih sulit dan memiliki cakupan yang lebih luas dibandingkan dengan sinyal seluler konvensional. Dalam desain yang diajukan, *GPS Tracker* berbasis LoRa ini diharapkan dapat memberikan pemantauan *real-time* yang lebih andal, khususnya bagi penyandang *Down Syndrome* yang berisiko hilang atau mengalami kecelakaan di luar ruangan.

Produk ini dirancang dengan memperhatikan aspek ekonomi, manufakturabilitas, dan keberlanjutan. Dari segi ekonomi, *tracker* LoRa dirancang menggunakan komponen yang ekonomis namun tetap memenuhi kebutuhan spesifikasi pengguna, memungkinkan perangkat ini diproduksi dan dijual dengan harga yang terjangkau. Dari sisi manufaktur, perangkat ini dibuat dengan bahan yang kuat namun ringan, sehingga nyaman dipakai oleh penyandang disabilitas sebagai bagian dari aksesoris atau pakaian mereka. Dibandingkan dengan produk serupa yang sudah ada di pasar, perangkat ini menawarkan peningkatan kualitas komponen dan fitur yang lebih akurat. Selain itu, aplikasi pendukung yang dibuat untuk ponsel pintar memudahkan orang tua atau pengawas dalam mengakses informasi lokasi terkini dari perangkat pelacak.

Dalam aspek keberlanjutan, *GPS Tracker* berbasis LoRa ini dirancang untuk tahan lama sehingga orang tua atau pengawas tidak perlu membeli perangkat baru secara berkala. Dengan desain yang kuat dan sistem pelacakan yang andal,

perangkat ini dapat digunakan dalam jangka panjang tanpa memerlukan penggantian yang sering.

Secara keseluruhan, tujuan dari proyek ini adalah untuk memberikan solusi pelacakan yang lebih efektif bagi penyandang *Down Syndrome*, mengurangi rasa khawatir orang tua atau pengawas, serta meningkatkan keamanan penyandang disabilitas saat mereka beraktivitas di luar ruangan. GPS Tracker berbasis LoRa ini diharapkan dapat membantu mencegah penculikan, kecelakaan, atau situasi darurat lainnya, dan memungkinkan penyandang *Down Syndrome* untuk menjalani aktivitas sehari-hari dengan lebih mandiri. Fitur tambahan seperti peta *real-time* dan pengingat lokasi dalam aplikasi pintar juga akan memberikan kenyamanan lebih bagi pengawas dalam memantau keberadaan orang yang mereka rawat. Dengan demikian, alat ini dapat memberikan dampak positif yang signifikan dalam meningkatkan kualitas hidup penyandang *Down Syndrome* di Indonesia.

II. SPESIFIKASI DAN BATASAN SOLUSI

A. Dasar Penentuan Spesifikasi

Tracker Outdoor untuk penyandang *Down Syndrome* dirancang khusus untuk anak-anak penyandang *Down Syndrome*. Beberapa spesifikasi utama meliputi jangkauan yang luas, akurasi sensor yang tinggi, daya tahan baterai yang optimal, dan ukuran alat yang ringan serta simpel. Keamanan dan privasi data pengguna menjadi prioritas, sementara ketahanan alat terhadap cuaca memastikan kenyamanan dan keandalan. Tracker ini memungkinkan pemantauan *real-time* melalui aplikasi *mobile*, dilengkapi dengan baterai tahan lama, fitur tahan air dan panas, serta pemberitahuan darurat.

B. Batasan dan Spesifikasi

Tracker ini dirancang untuk memberikan keefektifan, keamanan, dan kenyamanan. Alat ini mengirimkan lokasi *real-time* dan notifikasi kepada orang tua atau pengasuh, serta dilengkapi dengan baterai tahan lama, tombol darurat, dan fitur keamanan data. Desain alat dibuat nyaman dan tahan lama untuk mengurangi biaya perawatan. Integrasi dengan aplikasi *mobile* memudahkan pemantauan, dan perangkat dapat terhubung dengan Wi-Fi. Spesifikasi produk mencakup GPS tracker yang cepat, penggunaan daya listrik yang efisien, serta tampilan koordinat di aplikasi.

C. Pengukuran/Verifikasi Spesifikasi

Pengukuran spesifikasi *tracker outdoor* melibatkan beberapa aspek penting:

1. Verifikasi Spesifikasi 1: Mengukur delay pengiriman pesan dari GPS *tracker* dengan menghitung selisih waktu antara pengiriman dan penerimaan pesan.
2. Verifikasi Spesifikasi 2: Menguji kestabilan sumber daya dengan baterai CNHL Ministar menggunakan multimeter digital untuk memastikan daya sesuai.
3. Verifikasi Spesifikasi 3: Optimasi penggunaan RAM dan waktu eksekusi aplikasi agar alat berjalan lancar, terutama dalam situasi darurat.
4. Verifikasi Spesifikasi 4: Menggunakan Firestore Database untuk memudahkan pengelolaan data pengguna dan pengiriman koordinat.
5. Verifikasi Spesifikasi 5: Mengukur durasi penggunaan alat dengan baterai CNHL Ministar untuk memastikan durasi penggunaan optimal.

III. DESAIN RANCANGAN SOLUSI

A. Alternatif Usulan Solusi

Solusi pertama yang ditawarkan dalam proyek alat ini adalah penggunaan ESP32 sebagai komponen utama. ESP32 merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang dapat berfungsi sebagai otak dalam sistem. Sebagai perangkat IoT, ESP32 mampu mendukung perangkat untuk terkoneksi langsung dengan jaringan Wi-Fi.

Solusi kedua adalah penggunaan Mappi32, yang serupa dengan ESP32 dalam fungsi dasar sebagai perangkat IoT. Namun, Mappi32 memiliki fitur lebih canggih, seperti jangkauan sinyal hingga 15 km menggunakan teknologi jaringan LoRa. Selain itu, Mappi32 dilengkapi dengan berbagai sensor seperti sensor ultrasonik, sensor buzzer, sensor AHT-10, modul LCD, dan relay 4 modul, yang membuatnya unggul dalam proyek ini.

Solusi ketiga yang diusulkan adalah penggunaan ESP8266, modul Wi-Fi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan untuk mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung ke Wi-Fi dan membuat koneksi TCP/IP. ESP8266 mendukung tiga mode Wi-Fi: *Station*, *Access Point*, dan keduanya. Modul ini menawarkan *platform* yang murah dan efektif untuk komunikasi atau kontrol melalui internet.

B. Analisis dan Pemilihan Solusi

Pilihan pertama adalah ESP32, yang dikenal sebagai mikrokontroler dengan kemampuan daya tinggi dan jumlah GPIO yang banyak. ESP32 mendukung koneksi Bluetooth dan Wi-Fi yang cepat. Namun, kompleksitas perangkat ini lebih tinggi, yang menyebabkan tingkat pembelajaran dan pengkodean menjadi lebih menantang. Selain itu, harga ESP32 lebih mahal dibandingkan dengan komponen lainnya.

Pilihan kedua adalah Mappi32, development kit karya anak bangsa yang diproduksi oleh KMTek. Mappi32 memiliki fitur canggih dan akses mudah yang memudahkan dalam pengembangan proyek IoT. Mappi32 juga memiliki spesifikasi yang lebih tinggi dibandingkan mikrokontroler lainnya, dengan kemampuan untuk mengakses berbagai sensor seperti buzzer, AHT-10, dan modul LCD. Hal ini menjadikan Mappi32 lebih unggul dalam memenuhi kebutuhan proyek.

Pilihan terakhir adalah ESP8266, yang menawarkan konektivitas *mobile* dengan aplikasi untuk melacak perangkat. Modul ini mendukung integrasi dengan GPS, yang meningkatkan fungsionalitas sebagai GPS *tracker*. Namun, keterbatasan daya ESP8266 dapat mempengaruhi masa pakai baterai, dan alat ini kurang cocok untuk pemrosesan data yang kompleks.

TABEL 1.

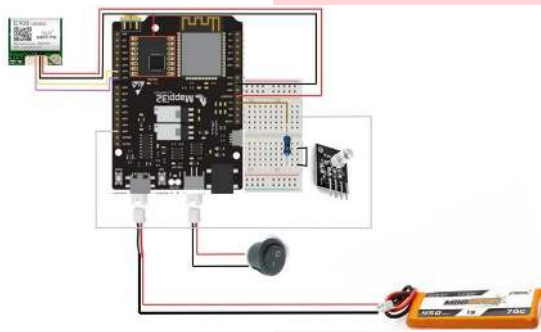
Contoh Matriks Keputusan dalam Pemilihan Mikrokontroler

Kriteria Seleksi	Bobot	ESP32		Mappi32		ESP8266	
		Rating	Nilai Bobot	Rating	Nilai Bobot	Rating	Nilai Bobot
Fitur yang ada	25%	6	2,1	8	2	4	1
Tingkat Kompleksitas	20%	5	1,25	6	1,2	3	0,6
Harga	15%	5	0,75	8	1,2	4	0,6
Pengkodean	20%	6	1,5	7	1,2	5	1
Ukuran Total	20%	7	1,4	4	0,8	6	1,2
Total Nilai		29		33		22	
Peringkat		2		1		3	
Lanjutkan?		Tidak		Ya		Tidak	

Berdasarkan analisis dalam tabel di atas dan perolehan poin tertinggi, Mappi32 dipilih sebagai mikrokontroler untuk proyek ini. Mappi32 unggul dalam fitur koneksi, mendukung Wi-Fi, Bluetooth, dan LoRa 920-923 MHz, serta kompatibel dengan berbagai aplikasi pemrograman seperti Arduino IDE, ESP IDF, dan microPython. Mikrokontroler ini juga dilengkapi dengan port USB Type C, yang saat ini banyak digunakan.

C. Desain Solusi Terpilih

Desain solusi terpilih mencakup dua bagian: deskripsi umum dan penjelasan detail. Untuk solusi berbasis sistem atau arsitektur, desain terdiri dari arsitektur sistem, blok diagram, dan sebagainya. Pada solusi perangkat lunak, desain dapat berupa flowchart, UML, data flow diagram, atau desain antarmuka aplikasi. Sedangkan pada solusi perangkat keras, desain teknis lengkap seperti gambar teknis, desain PCB, dan modul sistem akan dijelaskan. Jika solusi berupa proses, bagan proses dan deskripsi setiap langkah akan dijabarkan.



GAMBAR 1.

Sistem desain kelistrikan pada Hardware

Bagian ini juga menguraikan alat dan bahan yang digunakan dalam pengembangan, termasuk software yang digunakan untuk merancang dan membuat solusi. Pada solusi perangkat keras, bahan dan mekanisme pembuatan perangkat akan dijelaskan secara rinci.

IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

A. Perangkat Keras (*Hardware*)

1. Microcontroller Mappi32

Dipilih karena mendukung konektivitas Wi-Fi, Bluetooth, dan LoRa, serta kompatibel dengan berbagai *platform coding* seperti Arduino IDE, ESP IDF, dan microPython. Microcontroller ini memiliki port USB Type C yang banyak digunakan, dan merupakan otak dari sistem GPS *tracker*.

2. Modul GPS eByte

Modul GPS ini mendukung berbagai sistem satelit (BDS, GPS, GLONASS, dll.), memiliki ukuran kecil dengan konsumsi daya rendah, dan memastikan akurasi tinggi dalam pelacakan lokasi.

3. Baterai CNHL LiHv Ministar Hv

Baterai yang digunakan memiliki kapasitas 450mAh dengan daya tahan tinggi, serta output yang stabil untuk mendukung daya perangkat dalam kondisi penggunaan *outdoor*.

4. Casing

Dirancang untuk melindungi perangkat dari kerusakan fisik akibat benturan atau kondisi lingkungan ekstrem. Casing membantu menjaga keamanan perangkat dan privasi data lokasi yang dipantau.

5. Desain Rompi

Rompi yang dibuat khusus untuk pengguna *Down Syndrome* menggunakan bahan yang nyaman, kuat, dan tidak mengganggu pengguna. Pemilihan bahan dan warna rompi didasarkan pada hasil survei untuk kenyamanan pengguna.

B. Perangkat Lunak (*Software*)

1. Arduino IDE

Digunakan untuk menulis dan mengunggah kode ke microcontroller. Mendukung berbagai model papan Arduino dan memiliki antarmuka yang sederhana.

2. JavaScript, CSS, PHP, HTML

Digunakan untuk mengembangkan aplikasi web yang dinamis dan interaktif, serta mendukung tampilan dan fungsionalitas pelacakan pada GPS *tracker*.

3. Figma

Alat desain untuk membuat prototipe aplikasi *mobile* yang responsif dan memungkinkan kolaborasi tim secara *real-time*.

4. Firebase

Platform backend untuk menyimpan data dan file secara *real-time*, menyediakan fitur autentikasi dan penyimpanan yang aman untuk aplikasi.

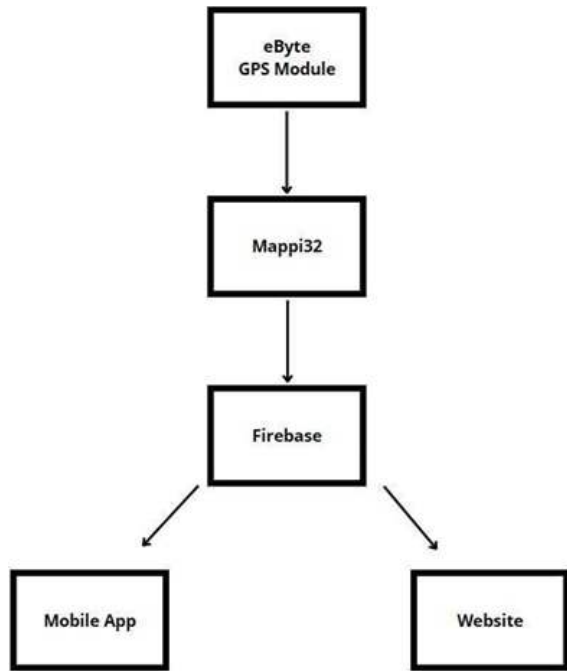
5. Android Studio

IDE resmi untuk pengembangan aplikasi *Android*. Digunakan untuk membangun aplikasi *mobile* dengan berbagai fitur pendukung seperti *debugger* dan *emulator*.

C. Detil Implementasi

1. GPS Tracker LoRa

Sistem *tracking* yang ditunjukkan pada gambar di bawah merupakan gambaran singkat bagaimana operasi sistem *tracking* bekerja. Gambar tersebut menampilkan urutan mulai dari modul GPS eByte yang memancarkan sinyal berisi titik koordinat. Sinyal ini kemudian diterima oleh Mappi32, yang berfungsi sebagai mikrokontroler atau pusat sistem. Setelah menerima pesan dari GPS, Mappi32 mengirimkan pesan tersebut melalui antena klien ke antena server, yang kemudian dihubungkan ke *Firebase* sebagai database. *Firebase* berperan sebagai tempat di mana pengguna dan perangkat keras dapat berkomunikasi. *Firebase* mengirimkan titik koordinat lokasi *tracker* ke aplikasi *mobile* atau *website* sesuai permintaan pengguna.



GAMBAR 2.
Blok Diagram Sistem Tracking



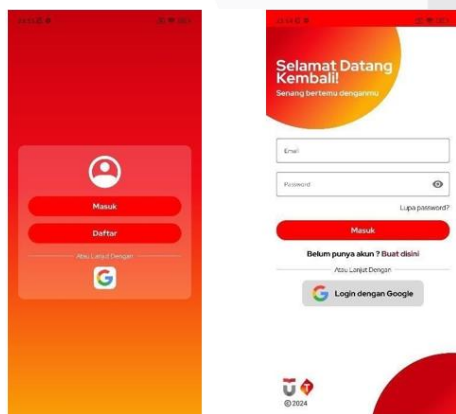
GAMBAR 4.
Tampilan Register

2. Mobile App

Aplikasi DST digunakan untuk melacak anak-anak dengan *down syndrome* melalui *smartphone* yang sudah terhubung dengan alat. Langkah pertama yang dilakukan pengguna setelah mengunduh aplikasi adalah melakukan registrasi pada halaman pertama aplikasi DST. Setelah registrasi selesai, pengguna dapat langsung melakukan *tracking* dengan memasukkan nomor alat pada menu lacak. Fitur pada *Mobile App* adalah sebagai berikut:

a. Tampilan Login

Pada halaman *login*, pengguna harus mengklik tombol panah yang akan membawa mereka ke halaman pemilihan untuk *login* atau registrasi. Pengguna juga dapat menggunakan akun Google untuk *login* jika tidak ingin mengisi *username* dan *password*.



GAMBAR 3.
Tampilan Login

b. Tampilan Register

Pada halaman register, pengguna harus mengisi email, *password*, dan konfirmasi *password* untuk membuat akun. Setelah tombol "Daftar" diklik, pengguna akan masuk ke halaman beranda.

c. Connect Alat

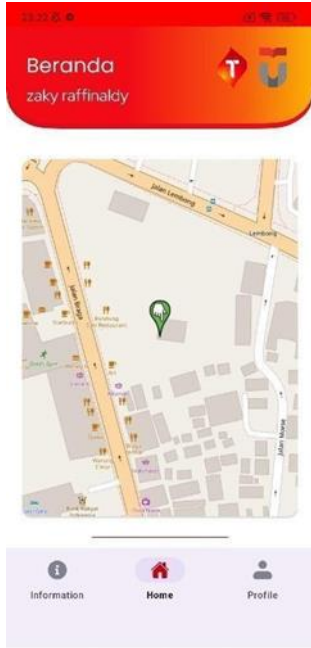
Pada halaman connect alat, pengguna perlu mengklik tanda "+" pada layar untuk menghubungkan alat yang digunakan agar dapat terlacak pada peta. Alat akan terhubung secara otomatis.



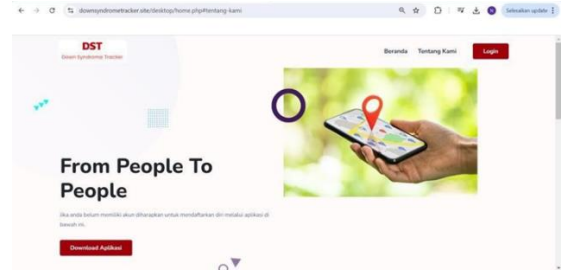
GAMBAR 5.
Connect Alat

d. Tampilan Tracker

Pada tampilan *tracker*, pengguna dapat melihat informasi terkait lokasi perangkat yang sudah terhubung dengan aplikasi DST.



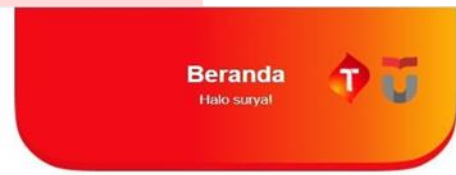
GAMBAR 6.
Tampilan Tracker



GAMBAR 7.
Tampilan Login Pada Website

c. Tampilan Beranda

Pada beranda, pengguna dapat melihat beberapa perangkat yang terhubung pada akun yang sama, serta informasi terkait latitude, longitude, dan detail perangkat. Jika pengguna mengklik bagian detail, tampilan tracker akan muncul.



Daftar Device

Nama	Lat	Long	Detail
123456	-6.888287	107.577765	🔍
12345678	-6.893301	107.650284	🔍
123456789	-6.968616	107.635506	🔍



GAMBAR 8.
Tampilan Login Pada Website

d. Tampilan Tracker

Tampilan *tracker* akan menampilkan informasi seperti *longitude*, *latitude*, dan lokasi perangkat.



GAMBAR 9.

e. Prosedur Pengoperasian Mobile App

Setiap perangkat lunak seperti *mobile app* biasanya memiliki panduan untuk pengoperasiannya. Pada aplikasi DST, kami telah membuat fitur yang memudahkan pengguna dalam pengoperasiannya. Berikut langkah-langkah menggunakan *Mobile App DST*:

- 1) Buka aplikasi DST yang sudah terinstal pada *smartphone* Android.
- 2) Klik daftar dan masukkan email untuk *login*.
- 3) Setelah daftar, masukkan *username* dan *password*.
- 4) Aplikasi akan menampilkan halaman informasi, dengan pilihan "Tentang Alat" dan "Tentang Kami."
- 5) Pada halaman *home*, terdapat opsi untuk menghubungkan alat yang digunakan untuk *tracking* (tiap pengguna memiliki kode *hardware* yang berbeda).
- 6) Pengguna dapat memasukkan kode pada kolom yang tersedia dan klik tombol "Lihat GPS" untuk memulai tracking.
- 7) Pada halaman profil, terdapat nama akun pengguna dan email yang digunakan.

3. Website

Ilustrasi sistem kerja *GPS Tracker*, dimulai dari pengguna yang menggunakan *website* atau aplikasi *mobile*. Pengguna harus terhubung ke internet agar koneksi dengan broker dapat berjalan dengan lancar. Perangkat GPS kemudian akan menerima sinyal dan titik koordinat secara *real-time*, memberikan lokasi perangkat.

a. Tampilan Homepage

Pada halaman homepage, pengguna disajikan informasi sederhana seperti *link* untuk mengunduh aplikasi, informasi tentang tim, dan dukungan dari Telkomsel.

b. Tampilan Login pada Website

Pada halaman *login*, pengguna harus mengklik tombol "Masuk" dan memasukkan email serta *password* yang telah didaftarkan pada aplikasi *mobile*.

GAMBAR 10. Serial Monitor Arduino IDE

Cara Pengoperasian Website:

- a. Buka *website* DST (downsyndrometracker.site).
- b. Klik "Masuk" dan masukkan email serta *password* yang sudah terdaftar pada aplikasi.
- c. Halaman akan menampilkan beberapa perangkat yang terdaftar pada akun pengguna.
- d. Pada halaman profil, terdapat nama akun pengguna dan email yang digunakan.

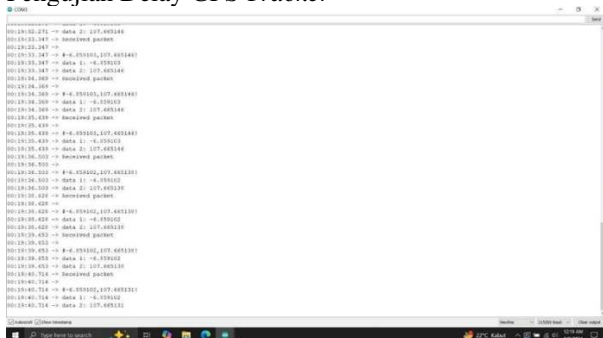
D. Tujuan Pengujian

Sistem GPS tracker yang terintegrasi dengan aplikasi *mobile* dan *website* dirancang untuk menjamin keakuratan dan keamanan dalam proses pengiriman data lokasi. Setiap sub-sistem diuji untuk memastikan kelancaran operasional. Pengujian dilakukan pada perangkat IoT dan aplikasi *mobile* untuk memastikan kinerja dan fungsionalitas hardware dan software berjalan optimal. Skenario pengujian mencakup pengujian fungsionalitas, performa, kompatibilitas, dan keamanan pada masing-masing sub-sistem. Pengujian melibatkan anak-anak penyandang *down syndrome* dari organisasi PIK POTADS Jawa Barat, yang berlokasi di tengah Kota Bandung. Pengujian perangkat dilakukan pada empat anak penyandang *down syndrome*, sementara pengujian *software* (aplikasi *mobile*) dilakukan oleh orang tua mereka. Daftar pengujian mencakup beberapa parameter utama. Pengujian delay melibatkan pengukuran waktu pengiriman dengan membandingkan hasil pengiriman pertama dan selanjutnya. Pengujian pemakaian RAM pada *smartphone* dilakukan dengan menghitung penggunaan RAM selama aplikasi berjalan. Waktu eksekusi aplikasi diukur dengan membandingkan waktu eksekusi pada *smartphone* dengan spesifikasi berbeda. Konsumsi baterai saat *tracking* dan saat *idle* diuji menggunakan multimeter digital untuk mengukur tegangan dan arus yang digunakan perangkat.

E. Detil Pengujian

Metode yang digunakan untuk melakukan berbagai pengujian di atas meliputi beberapa langkah. Pertama, pada kondisi *tracking*, hardware akan mengirimkan titik koordinat secara berkala, dan *delay* harus diukur karena waktu pengiriman akan berbeda tergantung pada jarak. Kedua, pada aplikasi *mobile*, dilakukan pengukuran dengan parameter pemakaian RAM ketika aplikasi dijalankan di *smartphone* pengguna untuk memastikan bahwa aplikasi tidak memakan banyak penyimpanan. Ketiga, pengukuran dilakukan berdasarkan waktu eksekusi aplikasi saat dijalankan di *smartphone* pengguna. Selain itu, pengukuran juga dilakukan pada sumber daya berupa konsumsi baterai saat *tracking* dan konsumsi baterai saat aplikasi berada dalam kondisi *idle*.

1. Pengujian Delay GPS Tracker



Gambar di atas menunjukkan monitor serial pada Arduino IDE yang menampilkan data koordinat lintang dan bujur yang dikirim dengan delay sebesar 1,076 ms. Pengujian lebih lanjut dilakukan pada jarak 10 m, 100 m, dan 150 m untuk mengevaluasi delay pengiriman.

2. Pengujian Sistem Aplikasi Mobile

Pengujian aplikasi *mobile* bertujuan untuk memastikan keakuratan data lokasi yang diterima dari GPS tracker dan kinerja aplikasi pada perangkat Android. Pengujian dilakukan pada lima *smartphone* Android selama lima menit. Metode pengujian *black-box* digunakan untuk memeriksa kesesuaian input dan output aplikasi, dengan hasil bahwa aplikasi dapat berjalan dengan baik dan menerima data lokasi secara akurat.

a. Penggunaan Memori Pada Smartphone

Penggunaan memori bervariasi di berbagai perangkat, dengan Oppo Reno 5 menunjukkan penggunaan memori tertinggi sebesar 173 MB, sedangkan Samsung S21 Ultra memiliki penggunaan memori terendah sebesar 39 MB.

b. Kecepatan Eksekusi Sistem

Waktu eksekusi tercepat tercapai pada *smartphone* Samsung S21 Ultra dengan waktu 1,562 detik. Pengujian dilakukan pada berbagai perangkat dengan spesifikasi berbeda untuk mendapatkan data yang komprehensif.

3. Pengujian Konsumsi Baterai

Pengujian konsumsi baterai GPS tracker dilakukan dalam dua kondisi, yaitu ketika perangkat dalam keadaan *tracking* dan *idle*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam konsumsi baterai pada kedua kondisi tersebut.

Dari hasil pengukuran, rata-rata tegangan saat GPS tracker dalam kondisi *tracking* adalah 3,161 V, dengan arus rata-rata 0,711 A. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi daya meningkat seiring dengan bertambahnya jarak pengujian. Pada jarak terjauh (100 km), tegangan mencapai 3,85 V dan arus 0,81 A, yang mengindikasikan bahwa semakin jauh jarak pengujian, semakin tinggi pula daya yang dibutuhkan oleh perangkat untuk tetap beroperasi secara optimal.

Dalam kondisi *idle*, rata-rata tegangan yang diukur adalah 2,44 V, dengan arus rata-rata sebesar 0,189 A. Nilai konsumsi daya lebih rendah dibandingkan saat *tracking*, karena perangkat tidak aktif melakukan pengiriman data lokasi secara *real-time*. Pada jarak pengujian 100 km, tegangan tercatat 2,87 V dan arus sebesar 0,22 A. Ini menunjukkan bahwa meskipun dalam kondisi *idle*, terdapat sedikit variasi pada konsumsi daya, tetapi tetap jauh lebih rendah dibandingkan saat *tracking*.

F. Analisis Hasil Pengujian Pada Mobile Application

Berdasarkan pengujian, yang mencakup analisis penggunaan RAM dan waktu eksekusi fitur GPS, pengujian dilakukan dengan lima *handphone* dengan spesifikasi berbeda untuk mengevaluasi kinerja aplikasi secara menyeluruh. Rata-rata penggunaan RAM aplikasi adalah 114,5 MB, menunjukkan efisiensi yang baik dalam mengelola memori. Aplikasi menggunakan cache memory untuk mempercepat proses, memungkinkan aplikasi berjalan lancar tanpa membebani perangkat. Waktu eksekusi GPS rata-rata adalah 3,178 ms, yang menggambarkan respons

real-time, penting bagi aplikasi GPS *tracker*. Meskipun aplikasi berjalan baik pada berbagai spesifikasi, perangkat dengan RAM di bawah 4 GB dan koneksi internet buruk cenderung mengalami penurunan performa (lag). Pengembangan ke depan perlu mencakup dukungan untuk iOS dan pengujian pada perangkat dengan sistem operasi tersebut.

G. Analisis Hasil Pengujian Pada GPS *Tracker*

Modul GPS eByte E108-GN02 diuji dengan toleransi akurasi posisi sejauh 50m, 100m, dan 150m dalam tiga kondisi: cuaca pasca hujan di medan pegunungan, cuaca normal di perkotaan, dan *outdoor* di jalanan padat. Delay antar pengiriman koordinat bervariasi berdasarkan jarak pelacakan, dengan cuaca dan medan mempengaruhi akurasi data. Faktor utama yang memengaruhi hasil termasuk sinyal yang diterima oleh perangkat dan pengguna, serta tingkat halangan di lokasi uji. Semakin tertutup lingkungan, semakin sulit alat mendapatkan informasi yang akurat, seperti garis lintang dan garis bujur.

V. KESIMPULAN

Setelah melalui tahap pengujian dan analisis yang mencakup berbagai aspek sistem, yaitu *hardware*, aplikasi *mobile*, dan *website*, dapat disimpulkan bahwa sistem berfungsi dengan baik. Fokus pengujian pada aplikasi *mobile* meliputi penggunaan memori (dengan batas di bawah 300MB) dan waktu eksekusi (di bawah 5 detik, sesuai dengan interval pengiriman data setiap 5 detik). Pengujian *tracker* mencakup akurasi alat dalam berbagai kondisi serta pengiriman data koordinat dari *client* ke *server* dan ke *Firebase*. Pengujian *website* difokuskan pada performa. Kendala utama yang ditemukan adalah gangguan sinyal akibat cuaca. Rencana pengembangan lebih lanjut mencakup pengurangan ukuran alat, penggunaan modul LoRaWAN, peningkatan kapasitas baterai, pengoptimalan spesifikasi

vCPU dan vRAM untuk *website*, penambahan fitur SSL dan *Load Balancing*, serta pengembangan aplikasi *mobile* dengan penambahan notifikasi *real-time*, fitur *history* perangkat, dan perluasan ke *platform* iOS.

REFERENSI

- [1] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *GNSS - Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer.
- [2] Misra, P., & Enge, P. (2006). *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance*. Ganga-Jamuna Press.
- [3] Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (2005). *Understanding GPS: Principles and Applications*. Artech House.
- [4] El-Rabbany, A. (2002). *Introduction to GPS: The Global Positioning System*. Artech House.
- [5] Dabove, P., & Di Pietra, V. (2019). GNSS Positioning for Automotive Safety: An Overview of Techniques and Applications. *Sensors*, 19(19), 4149.
- [6] Zheng, Y., & Peng, S. (2005). Tracking system based on GPS technology. *IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics*.
- [7] Pueschel, S. M. (2000). *A Parent's Guide to Down Syndrome: Toward a Brighter Future*. Brookes Publishing.
- [8] Stray-Gundersen, K. (2013). *Children with Down Syndrome: A Developmental Perspective*. Cambridge University Press.
- [9] Hassold, T. J., & Patterson, D. (2007). *Down Syndrome: From Understanding the Neurobiology to Therapy*. Wiley-Blackwell.
- [10] Allen, G., & Graupera, V. (2010). *Smartphone Application Development: A Hands-on Guide to Building Apps with iOS and Android*. Addison-Wesley.