Jurnal Elektronika dan Teknik Informatika Terapan (JENTIK)
Volume 4 Nomor 2 Juni 2026
e-ISSN : 2988-0874; p-ISSN : 2988-0866, Hal 21-42
DOI: https://doi.org/10.59061/jentik.v4i2.1624
Tersedia: https://e-journal.poltek-kampar.ac.id/index.php/JENTIK

Experimental Evaluation of Smartphone GNSS Position Stability for Fisherman's Trap Tracking under Different Update Intervals

Teguh Junian Kuswanto[1*], Mustika Kurnia Mayangsari[2], Santi Febrianti[3], Imam Nur Rokhim[4], Deanissa Azzahra Ramadhani[5]
[1,2,3,4,5]Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia
Alamat: Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60111

Korespondensi penulis: tjunian@ppns.ac.id

Abstract*. Smartphone-based Global Navigation Satellite System (GNSS) positioning provides an accessible solution for tracking the locations of fishermen's traps. However, smartphone GNSS positions may fluctuate due to receiver characteristics, signal conditions, and environmental factors. This study evaluates smartphone GNSS position stability under three location update intervals: 5, 10, and 30 seconds. An Android-based tracking application developed using React Native CLI was tested on a Xiaomi Redmi Note 12 in an outdoor environment. Positional deviations were calculated using the Haversine distance between measured coordinates and reference coordinates obtained from another smartphone. The evaluation used Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), standard deviation, variance, and error distribution. The reported results show MAE values of 3.8 m, 4.3 m, and 5.2 m, and RMSE values of 4.2 m, 4.8 m, and 5.9 m for the 5-, 10-, and 30-second intervals, respectively. These preliminary results indicate lower relative positional deviations at the 5-second interval. However, the values require verification using individual observation data. Because the uncertainty of the reference coordinates was not established, the results represent relative deviations rather than absolute GNSS accuracy. This study provides an initial evaluation of positional stability for Android-based fisherman's trap tracking applications.*

Keywords*: smartphone GNSS, position stability, GPS tracking, location update interval, fisherman's trap, Android application.*

Abstrak. Penentuan posisi berbasis Global Navigation Satellite System (GNSS) pada smartphone dapat digunakan untuk mendukung pelacakan lokasi perangkap nelayan. Namun, posisi yang dihasilkan dapat mengalami fluktuasi akibat karakteristik perangkat, kondisi sinyal, dan lingkungan. Penelitian ini mengevaluasi stabilitas posisi GNSS pada tiga interval pembaruan lokasi, yaitu 5, 10, dan 30 detik. Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi pelacakan berbasis Android yang dikembangkan dengan React Native CLI pada smartphone Xiaomi Redmi Note 12. Deviasi posisi dihitung menggunakan Haversine Distance dengan membandingkan koordinat pengukuran terhadap koordinat referensi dari smartphone lain. Evaluasi dilakukan menggunakan Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), standar deviasi, variansi, dan distribusi error. Hasil yang tercantum dalam naskah menunjukkan MAE sebesar 3,8 m, 4,3 m, dan 5,2 m serta RMSE sebesar 4,2 m, 4,8 m, dan 5,9 m masing-masing pada interval 5, 10, dan 30 detik. Hasil awal ini menunjukkan deviasi relatif yang lebih rendah pada interval 5 detik. Namun, nilai tersebut perlu diverifikasi menggunakan data pengamatan individual. Karena ketidakpastian koordinat referensi belum diketahui, hasil penelitian menunjukkan deviasi relatif terhadap referensi, bukan akurasi absolut GNSS. Penelitian ini memberikan evaluasi awal stabilitas posisi untuk mendukung pengembangan aplikasi pelacakan perangkap nelayan berbasis Android.

Kata kunci: GNSS smartphone, stabilitas posisi, pelacakan GPS, interval pembaruan lokasi, perangkap nelayan; aplikasi Android.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS) pada perangkat bergerak memungkinkan *smartphone* digunakan untuk berbagai aplikasi berbasis lokasi, seperti navigasi, pemetaan, *location-based services* (LBS), dan pelacakan objek. *Smartphone* memiliki keunggulan berupa biaya yang relatif terjangkau, mudah diperoleh, serta dilengkapi

Naskah Masuk: 24 April 2025; Revisi: 9 Mei 2026; Diterima: 16 Juni 2026; Terbit: 30 Juni 2026

kemampuan pemrosesan dan komunikasi. Namun, kualitas penentuan posisi GNSS pada *smartphone* masih dipengaruhi oleh karakteristik perangkat, kualitas observasi satelit, dan kondisi lingkungan pengamatan(Paziewski et al., 2021; Zangenehnejad & Gao, 2021) . Oleh karena itu, kinerja posisi *smartphone* perlu dievaluasi sesuai dengan kebutuhan penerapannya.

Dalam konteks perikanan skala kecil, teknologi penentuan posisi berbasis *smartphone* berpotensi membantu nelayan mencatat dan menemukan kembali lokasi alat tangkap, seperti bubu atau perangkap ikan. Bubu ditempatkan pada lokasi tertentu dan perlu ditemukan kembali setelah periode pemasangan. Pencatatan koordinat secara digital dapat membantu penyimpanan informasi lokasi dan mendukung proses pencarian. Pemanfaatan GPS untuk pelacakan objek telah diterapkan pada sistem keamanan kendaraan berbasis *Internet of Things (IoT)*(Faisol Akbar et al., 2022) . Secara lebih spesifik, penelitian sebelumnya telah mengembangkan aplikasi Android untuk pencatatan dan pelacakan lokasi bubu(Kuswanto, Mayangsari, et al., 2026; Kuswanto, Saiful, et al., 2026) . Meskipun demikian, keandalan informasi lokasi yang dihasilkan tetap perlu diperhatikan agar dapat mendukung kebutuhan pelacakan di lapangan.

Salah satu permasalahan dalam penggunaan GNSS *smartphone* adalah koordinat yang diperoleh dapat mengalami perubahan meskipun perangkat berada pada lokasi yang relatif tetap. Perubahan tersebut dapat berkaitan dengan karakteristik penerima, kualitas sinyal, dan kondisi pengamatan. (Paziewski et al., 2021) menunjukkan adanya perbedaan karakteristik observasi GNSS antar perangkat *Android*, termasuk *carrier-to-noise density ratio* (C/N_0) dan observation noise. (Zangenehnejad et al., 2023) juga mengkaji permasalahan dalam pembentukan observasi GNSS melalui *Android Location API*. Kondisi ini menunjukkan bahwa keberhasilan aplikasi memperoleh koordinat belum cukup untuk menjamin konsistensi posisi yang dihasilkan selama pengamatan.

Selain karakteristik perangkat dan layanan lokasi, kondisi lingkungan dapat memengaruhi kualitas pengukuran GNSS. (Hu et al., 2023) menganalisis karakteristik kesalahan pengukuran GNSS *smartphone* pada lingkungan yang beragam, sedangkan (Mu et al., 2024) membahas deteksi dan koreksi kesalahan observasi GNSS yang tidak normal pada *smartphone*, termasuk dalam konteks pengamatan di permukaan air. Temuan tersebut relevan untuk pengembangan aplikasi pelacakan bubu karena kualitas koordinat perlu dievaluasi berdasarkan kondisi penggunaan aktual. Dalam konteks ini, evaluasi tidak hanya perlu memperhatikan besarnya penyimpangan posisi terhadap referensi, tetapi juga konsistensi hasil pengukuran selama periode pengamatan.

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah interval pembaruan lokasi (*location update interval*), yaitu rentang waktu antara pengambilan data posisi secara berurutan. Interval yang lebih pendek memungkinkan pencatatan koordinat lebih sering, sedangkan interval yang lebih panjang menghasilkan jumlah sampel yang lebih sedikit dalam durasi pengamatan yang sama. (Katsikouli et al., 2023), melalui penelitian *DuctiLoc*, membahas hubungan strategi pengambilan sampel lokasi dengan kesalahan rekonstruksi lintasan dan efisiensi pengambilan data. Meskipun penelitian tersebut tidak secara khusus berfokus pada stabilitas GNSS untuk pelacakan bubu, hasilnya memberikan dasar untuk mengkaji lebih lanjut hubungan interval pembaruan dengan karakteristik data posisi yang diperoleh.

Kualitas posisi perlu dievaluasi dengan membedakan akurasi dan stabilitas. Akurasi menunjukkan kedekatan koordinat hasil pengukuran terhadap koordinat referensi, sedangkan stabilitas berkaitan dengan konsistensi hasil pengukuran selama periode pengamatan. (Merry & Bettinger, 2019) menunjukkan bahwa akurasi *horizontal* GPS *smartphone* dapat bervariasi pada lingkungan yang berbeda. Sementara itu, perbedaan karakteristik observasi GNSS antar perangkat yang dilaporkan (Paziewski et al., 2021) memperkuat pentingnya mengevaluasi hasil pengukuran secara empiris. Dengan demikian, penilaian posisi *smartphone* tidak cukup hanya menggunakan rata-rata *error*, tetapi juga perlu mempertimbangkan penyebaran *error* dan perubahan hasil pengukuran terhadap waktu.

Penelitian sebelumnya oleh Kuswanto et al. (2026) telah mengevaluasi akurasi posisi dan efisiensi energi pada aplikasi pelacakan perangkap nelayan berbasis Android. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan koordinat hasil pengukuran terhadap koordinat referensi menggunakan Haversine Distance serta menganalisis Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), dan konsumsi baterai pada beberapa interval pembaruan lokasi. Penelitian tersebut memberikan dasar empiris untuk memahami hubungan antara interval pembaruan lokasi, akurasi posisi, dan efisiensi energi pada aplikasi pelacakan bubu.

Meskipun demikian, evaluasi berdasarkan MAE dan RMSE terutama menggambarkan besarnya penyimpangan posisi terhadap koordinat referensi dan belum secara khusus menjelaskan pola penyebaran serta konsistensi error selama periode pengamatan. Dua konfigurasi interval pembaruan dapat menghasilkan nilai rata-rata error yang relatif berdekatan, tetapi memiliki tingkat fluktuasi posisi yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan analisis tambahan untuk mengetahui seberapa konsisten posisi yang dihasilkan smartphone pada setiap interval pembaruan.

Berbeda dari penelitian sebelumnya yang berfokus pada akurasi posisi dan efisiensi energi, penelitian ini secara khusus mengevaluasi stabilitas posisi GNSS melalui standar

deviasi, variansi, dan distribusi error, dengan tetap menggunakan Haversine Distance, MAE, dan RMSE sebagai ukuran penyimpangan posisi. Standar deviasi dan variansi digunakan untuk mengukur penyebaran error, sedangkan analisis distribusi error melalui boxplot dan grafik error terhadap waktu digunakan untuk mengidentifikasi pola fluktuasi dan kemungkinan pencilan (*outlier*). Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini tidak hanya membandingkan besarnya penyimpangan posisi, tetapi juga mengkaji konsistensi hasil pengukuran pada interval pembaruan 5, 10, dan 30 detik. Kontribusi penelitian terletak pada perluasan evaluasi kinerja aplikasi pelacakan bubu dari aspek akurasi dan efisiensi energi menuju analisis stabilitas posisi berdasarkan karakteristik penyebaran dan distribusi error.

2. KAJIAN TEORITIS

GNSS pada *Smartphone* Android

Global Navigation Satellite System (GNSS) merupakan teknologi penentuan posisi berbasis sinyal satelit yang memungkinkan perangkat memperoleh informasi koordinat geografis. Pada *smartphone Android*, GNSS terintegrasi dengan layanan lokasi untuk mendukung berbagai aplikasi, seperti navigasi, pemetaan, *location-based services* (LBS), dan pelacakan objek (Faisol Akbar et al., 2022; Zangenehnejad & Gao, 2021).

Smartphone menawarkan biaya yang relatif rendah, mudah diperoleh, serta memiliki kemampuan pemrosesan dan komunikasi yang terintegrasi. Namun, kualitas penentuan posisi GNSS pada *smartphone* masih dipengaruhi oleh karakteristik perangkat dan kondisi pengamatan. (Zangenehnejad & Gao, 2021) membahas berbagai tantangan *positioning* GNSS pada *smartphone*, sedangkan (Paziewski et al., 2021) menunjukkan adanya perbedaan kualitas observasi GNSS antarperangkat Android, termasuk karakteristik sinyal dan *observation noise*. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya mengevaluasi kinerja posisi smartphone pada skenario penggunaan yang spesifik.

Dengan demikian, koordinat yang diperoleh dari *smartphone* tidak dapat dianggap sebagai nilai yang sepenuhnya bebas dari kesalahan. Dalam aplikasi pelacakan, setiap koordinat perlu dianalisis untuk mengetahui tingkat kesalahan dan konsistensinya selama periode pengamatan.

Android Location API dan Pelacakan Posisi

Android menyediakan *Location API* yang memungkinkan aplikasi memperoleh koordinat *latitude* dan *longitude*, waktu pengukuran, serta estimasi akurasi lokasi untuk mendukung pencatatan posisi secara periodik. Namun, kualitas informasi lokasi yang dihasilkan perlu diperhatikan karena dapat berbeda dari observasi GNSS mentah.

(Zangenehnejad & Gao, 2021) membahas permasalahan kualitas observasi GNSS yang dihasilkan melalui *Android Location API*. Dalam penelitian ini, API tersebut digunakan untuk merekam koordinat dan *timestamp* secara periodik sebagai dasar evaluasi kestabilan posisi pada interval pembaruan 5, 10, dan 30 detik.

Akurasi dan Stabilitas Posisi GNSS

Akurasi posisi menunjukkan kedekatan koordinat hasil pengukuran terhadap koordinat referensi, sedangkan stabilitas menunjukkan konsistensi posisi selama pengamatan. Keduanya perlu dibedakan karena koordinat yang akurat belum tentu stabil, begitu pula koordinat yang konsisten belum tentu dekat dengan posisi referensi. (Merry & Bettinger, 2019) menunjukkan adanya variasi akurasi GPS *smartphone* pada lingkungan yang berbeda, sedangkan (Paziewski et al., 2021) mengidentifikasi perbedaan karakteristik *noise* observasi GNSS antarperangkat. Oleh karena itu, penelitian ini mendefinisikan stabilitas posisi sebagai tingkat konsistensi koordinat selama pengamatan, yang dievaluasi melalui penyebaran hasil pengukuran dan variasi error terhadap koordinat referensi.

Faktor yang Memengaruhi Stabilitas GNSS

Stabilitas posisi GNSS *smartphone* dipengaruhi oleh karakteristik perangkat dan kondisi lingkungan, seperti kualitas antena, pengolahan sinyal, penghalang, dan efek *multipath*. (Hu et al., 2023) membahas karakteristik kesalahan pengukuran GNSS smartphone pada berbagai kondisi lingkungan. Selain itu, (Mu et al., 2024) membahas kesalahan observasi GNSS *smartphone*, termasuk pada konteks pengamatan di permukaan air. Temuan tersebut menjadi dasar untuk mengevaluasi konsistensi posisi smartphone dalam aplikasi pelacakan bubu di lingkungan perairan.

Interval Pembaruan Lokasi

Interval pembaruan lokasi (*location update interval*) adalah rentang waktu antara pengambilan data posisi secara berurutan. Penelitian ini menggunakan interval 5, 10, dan 30 detik untuk membandingkan frekuensi pencatatan koordinat. (Katsikouli et al., 2023) menunjukkan bahwa interval sampling berkaitan dengan *localization error* dalam rekonstruksi lintasan. Sementara itu, (Zangenehnejad et al., 2023) membahas permasalahan kualitas observasi GNSS melalui Android Location API. Oleh karena itu, interval pembaruan digunakan sebagai variabel bebas, sedangkan error dan penyebaran posisi dianalisis untuk mengevaluasi stabilitas GNSS pada aplikasi pelacakan bubu.

Evaluasi *Error* Posisi Menggunakan *Haversine*, MAE, dan RMSE

Perbedaan antara koordinat hasil pengukuran dan koordinat referensi dapat dihitung menggunakan *Haversine Distance*, yaitu metode untuk menentukan jarak antara dua titik

berdasarkan koordinat lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*). Metode ini telah digunakan dalam penelitian akurasi GPS pada perangkat Android dengan membandingkan koordinat hasil pengukuran terhadap posisi referensi (Fali Oklilas et al., n.d.) . Penelitian lain juga menerapkan *Haversine* untuk menghitung jarak *antarkoordinat* serta mengevaluasi akurasi dan presisi *positioning* Android menggunakan RMSE (Rachmat Wahid Saleh Insani & Sucipto, 2024) .
Secara umum, Haversine dapat dinyatakan sebagai

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)$$

$$d = 2R \arctan 2\left(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}\right)$$

dengan d merupakan jarak antara dua titik dan R merupakan radius bumi. Dalam penelitian ini, jarak tersebut digunakan sebagai nilai deviasi posisi antara koordinat smartphone dan koordinat referensi. Penggunaan Haversine juga telah digunakan pada penelitian sebelumnya untuk mengevaluasi pergeseran koordinat pada aplikasi pelacakan lokasi berbasis Android.
Nilai deviasi selanjutnya dianalisis menggunakan Mean Absolute Error (MAE):

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|d_i|$$

MAE menunjukkan rata-rata besar error posisi. Selain itu digunakan Root Mean Squared Error (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i^2}$$

RMSE memberikan bobot lebih besar terhadap error yang bernilai tinggi sehingga dapat membantu mengidentifikasi adanya penyimpangan posisi yang besar. Semakin kecil MAE dan RMSE, semakin kecil deviasi posisi terhadap referensi. Namun, kedua indikator tersebut belum sepenuhnya menggambarkan kestabilan karena belum menunjukkan tingkat penyebaran koordinat.

Standar Deviasi, Variansi, dan Distribusi *Error*

Untuk mengevaluasi stabilitas posisi, penelitian ini melengkapi MAE dan RMSE dengan standar deviasi, variansi, dan distribusi *error*. Standar deviasi digunakan untuk mengukur tingkat penyebaran data terhadap nilai rata-rata:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Sedangkan variansi merupakan kuadrat dari standar deviasi:

$$Variance = SD^2$$

Nilai standar deviasi dan variansi yang lebih rendah menunjukkan bahwa hasil pengukuran cenderung lebih terkonsentrasi dan memiliki fluktuasi yang lebih kecil. Sebaliknya, nilai yang lebih besar menunjukkan penyebaran posisi yang lebih tinggi.

Distribusi *error* digunakan untuk mengetahui pola penyebaran error, termasuk keberadaan pencilan *outlier* Analisis dilakukan menggunakan *boxplot* dan grafik perubahan *error* terhadap waktu untuk mengamati penyebaran data serta fluktuasi penyimpangan posisi selama pengamatan. Pendekatan ini penting karena penelitian GNSS *smartphone* menunjukkan bahwa hasil pengukuran dapat mengandung *noise* dan abnormal *errors* (Hu et al., 2023; Mu et al., 2024; Paziewski et al., 2021) .

Dengan demikian, kombinasi MAE, RMSE, standar deviasi, variansi, dan distribusi *error* memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai kualitas dan stabilitas posisi dibandingkan hanya menggunakan satu ukuran error.

Pelacakan Perangkap Nelayan dan Posisi Penelitian

Teknologi GNSS pada *smartphone* berpotensi mendukung pelacakan lokasi perangkap nelayan atau bubu melalui pencatatan koordinat secara digital. Informasi tersebut dapat membantu nelayan menyimpan dan menemukan kembali lokasi bubu setelah periode pemasangan. (Kuswanto, Mayangsari, et al., 2026) sebelumnya telah mengembangkan aplikasi Android untuk pelacakan bubu dengan mengevaluasi akurasi posisi dan efisiensi energi berdasarkan variasi interval pembaruan lokasi.

Penelitian ini melanjutkan kajian tersebut dengan berfokus pada stabilitas posisi GNSS melalui analisis *error* dan penyebaran koordinat pada interval 5, 10, dan 30 detik. Dengan demikian, penelitian ini melengkapi studi sebelumnya melalui evaluasi konsistensi posisi tanpa menjadikan konsumsi energi sebagai fokus utama.

Secara konseptual, hubungan antar variabel penelitian dapat dirumuskan sebagai:

Interval Pembaruan → Data GNSS → Error Posisi → Penyebaran Posisi → Stabilitas Posisi

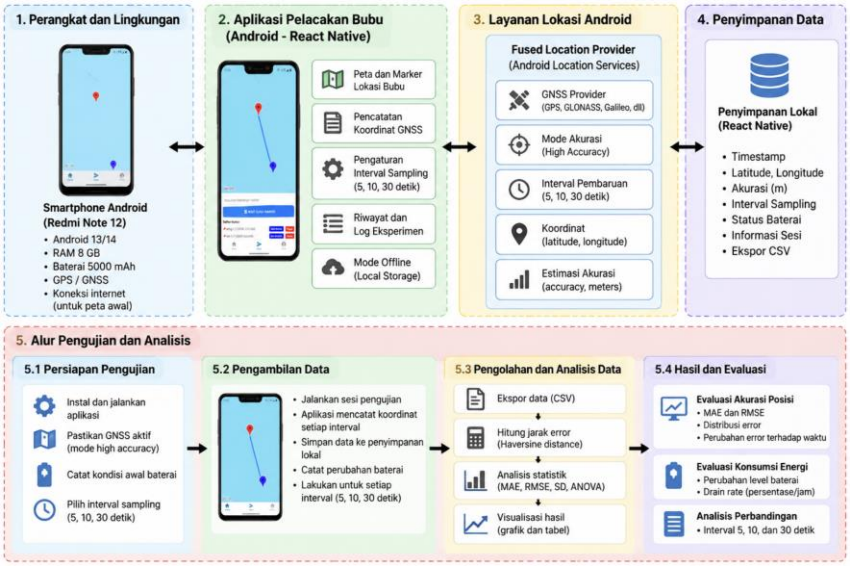
3. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif untuk mengevaluasi stabilitas posisi GNSS pada *smartphone* Android yang digunakan dalam pelacakan lokasi perangkap nelayan. Eksperimen dilakukan dengan membandingkan karakteristik posisi yang

dihasilkan pada tiga interval pembaruan lokasi, yaitu 5 detik, 10 detik, dan 30 detik. Ketiga interval tersebut mengacu pada rancangan penelitian yang telah ditetapkan dalam proposal penelitian (Kuswanto, Mayangsari, et al., 2026).

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang mengevaluasi hubungan antara akurasi posisi dan konsumsi energi, penelitian ini berfokus pada konsistensi dan penyebaran *error* posisi sebagai indikator stabilitas GNSS.



Gambar 1. Arsitektur sistem.

Perangkat dan Sistem Pengujian

Penelitian ini menggunakan smartphone Xiaomi Redmi Note 12 sebagai perangkat pengujian. Aplikasi pelacakan lokasi dikembangkan menggunakan React Native CLI versi 0.81.5 dengan dukungan Expo SDK versi 54.0.18 dan React versi 19.1.0. Aplikasi menggunakan React Native New Architecture yang diaktifkan melalui konfigurasi proyek. Pada sisi Android, konfigurasi proyek menetapkan minimum SDK API level 24 (Android 7.0), sedangkan target SDK dan compile SDK menggunakan API level 36. Konfigurasi tersebut menunjukkan persyaratan minimum dan target kompilasi aplikasi, bukan versi sistem operasi yang terpasang pada perangkat pengujian.

Pengambilan data lokasi menggunakan pustaka expo-location versi 19.0.7, sedangkan react-native-maps versi 1.20.1 digunakan untuk menampilkan peta dan penanda lokasi. Aplikasi meminta izin akses lokasi melalui mekanisme izin foreground Android, dengan deklarasi izin ACCESS_FINE_LOCATION dan ACCESS_COARSE_LOCATION. Koordinat diperoleh melalui fungsi getCurrentPositionAsync() untuk pengambilan posisi sesaat dan watchPositionAsync() untuk pemantauan posisi secara berkala. Konfigurasi

pemantauan mencakup tingkat akurasi lokasi, interval waktu, serta jarak minimum pembaruan sesuai pengaturan pada kode aplikasi.

Pencatatan lokasi dan pengelolaan data dilakukan secara lokal menggunakan SQLite melalui pustaka expo-sqlite, sehingga data yang telah tersimpan dapat diakses tanpa koneksi internet. Pustaka react-native-maps digunakan untuk visualisasi lokasi pada peta, sedangkan data log dapat diekspor ke format CSV untuk analisis lebih lanjut. Tabel sesi_log menyimpan informasi tingkat sesi, meliputi waktu mulai dan selesai, durasi pengujian, interval pembaruan dalam milidetik, mode akurasi, persentase baterai awal dan akhir, ringkasan akurasi lokasi, serta jumlah sampel yang berhasil direkam.

Eksperimen membandingkan interval pembaruan 5, 10, dan 30 detik sesuai skenario penelitian. Namun, kode aplikasi juga menyediakan pilihan interval pemantauan 1.000, 3.000, 5.000, dan 10.000 milidetik. Oleh karena itu, interval yang benar-benar digunakan dalam setiap sesi harus diverifikasi melalui konfigurasi aplikasi dan log pengujian. Data koordinat individual beserta latitude, longitude, dan timestamp diperlukan untuk menghitung deviasi posisi terhadap koordinat referensi. Ringkasan sesi saja tidak cukup untuk menghitung ulang MAE, RMSE, standar deviasi, variansi, dan distribusi error secara independen.

Versi sistem operasi Android yang terpasang pada Xiaomi Redmi Note 12 saat eksperimen belum dapat dipastikan dari konfigurasi repositori. Informasi tersebut perlu dicatat langsung dari perangkat yang digunakan. Dokumentasi versi sistem operasi, konfigurasi interval aktual, tingkat akurasi, dan kondisi pengujian diperlukan agar eksperimen dapat direplikasi.

Skenario Pengujian

Pengujian dirancang untuk membandingkan tiga interval pembaruan lokasi, yaitu 5, 10, dan 30 detik. Durasi pengamatan ditetapkan selama 60 menit untuk setiap sesi pengujian. Dengan asumsi seluruh data berhasil direkam sesuai interval yang ditetapkan, jumlah sampel teoritis dalam satu sesi adalah 720 titik untuk interval 5 detik, 360 titik untuk interval 10 detik, dan 120 titik untuk interval 30 detik.

Pengujian direncanakan sebanyak 10 kali pengulangan untuk setiap interval. Dengan demikian, jumlah sampel teoritis untuk 10 sesi lengkap masing-masing adalah 7.200, 3.600, dan 1.200 titik. Jumlah tersebut merupakan estimasi berdasarkan durasi dan interval pembaruan, bukan jumlah sampel aktual. Jumlah pengulangan, durasi setiap sesi, dan sampel yang berhasil direkam harus diverifikasi berdasarkan log pengujian. Data yang hilang atau tidak valid dicatat secara terpisah dan tidak disertakan dalam analisis apabila tidak memenuhi kriteria validasi.

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data penelitian diperoleh dari hasil pencatatan lokasi menggunakan aplikasi pelacakan berbasis Android. Data pengamatan mencakup koordinat latitude dan longitude, timestamp, informasi akurasi lokasi yang disediakan oleh layanan lokasi, serta interval pembaruan yang digunakan pada setiap sesi. Informasi ringkasan sesi, meliputi waktu mulai dan selesai, durasi pengujian, interval pembaruan, mode akurasi, persentase baterai awal dan akhir, ringkasan akurasi lokasi, dan jumlah sampel, disimpan menggunakan SQLite dan dapat diekspor ke format CSV.

Sebelum analisis, data dikelompokkan berdasarkan interval pembaruan dan sesi pengujian. Untuk setiap kelompok, dicatat jumlah sampel yang berhasil direkam, jumlah data yang hilang atau tidak valid, serta jumlah observasi yang digunakan dalam analisis akhir. Rekapitulasi tersebut digunakan untuk memastikan bahwa jumlah data pada tabel hasil sesuai dengan data aktual yang telah melalui proses validasi. Apabila jumlah sampel antar sesi berbeda, perbedaan tersebut dilaporkan dan diperhitungkan dalam interpretasi hasil.

Koordinat hasil pengukuran smartphone dibandingkan dengan koordinat referensi untuk menghitung penyimpangan posisi. Koordinat referensi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari smartphone lain. Namun, metode penentuan koordinat referensi, prosedur pengukurannya, dan ketidakpastian koordinat tersebut tidak terdokumentasi secara memadai. Oleh karena itu, koordinat referensi diperlakukan sebagai titik pembanding operasional dan tidak diasumsikan sebagai posisi absolut yang bebas dari kesalahan.

Penyimpangan posisi dihitung menggunakan Haversine Formula berdasarkan pasangan koordinat latitude dan longitude antara hasil pengukuran smartphone dan koordinat referensi. Hasil perhitungan dinyatakan dalam meter sebagai jarak penyimpangan relatif terhadap referensi yang digunakan. Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), standar deviasi, dan variansi, serta untuk menganalisis distribusi error pada setiap interval pembaruan.

MAE digunakan untuk menggambarkan rata-rata besar penyimpangan terhadap koordinat referensi, sedangkan RMSE memberikan pengaruh lebih besar terhadap penyimpangan yang bernilai tinggi. Standar deviasi dan variansi digunakan untuk menggambarkan penyebaran nilai error selama pengamatan. Analisis distribusi digunakan untuk mengidentifikasi pola penyebaran dan kemungkinan pencilan pada data yang tersedia.

Karena metode penentuan dan ketidakpastian koordinat referensi tidak diketahui, hasil pengukuran dalam penelitian ini diinterpretasikan sebagai penyimpangan dan penyebaran error relatif terhadap referensi yang digunakan, bukan sebagai estimasi error absolut smartphone

terhadap posisi sebenarnya. Keterbatasan tersebut dipertimbangkan dalam pembahasan hasil dan penarikan kesimpulan penelitian.

Evaluasi *Error* dan Stabilitas Posisi

Stabilitas posisi dievaluasi menggunakan beberapa indikator statistik. Jarak hasil *Haversine* digunakan sebagai error posisi d_i, kemudian dihitung:

Mean Absolute Error (MAE)

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|d_i|$$

MAE menunjukkan rata-rata penyimpangan posisi terhadap koordinat referensi.

Root Mean Squared Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i^2}$$

RMSE digunakan untuk memberikan pengaruh lebih besar terhadap error yang bernilai ekstrem.

Selain MAE dan RMSE, standar deviasi (SD) dan variansi digunakan untuk mengukur penyebaran *error*:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(d_i - \bar{d}\right)^2}{n-1}}$$

Nilai SD dan variansi yang lebih kecil menunjukkan bahwa posisi yang dihasilkan lebih terkonsentrasi dan memiliki fluktuasi yang lebih rendah. Pendekatan ini penting karena kestabilan tidak hanya ditentukan oleh rata-rata error, tetapi juga oleh tingkat penyebaran *error* selama pengamatan.

Analisis Distribusi dan Perbandingan Interval

Analisis distribusi dilakukan untuk mengidentifikasi penyebaran deviasi posisi pada interval pembaruan 5, 10, dan 30 detik. Sebelum analisis, data diperiksa untuk memastikan bahwa koordinat valid dan timestamp dapat diidentifikasi. Data kosong, nonnumerik, atau tidak dapat diproses dikeluarkan dan jumlahnya dicatat. Data duplikat dan pencatatan waktu yang tidak sesuai ditangani secara konsisten. Deviasi yang besar tidak dihapus tanpa bukti adanya kesalahan pencatatan atau pengukuran.

Distribusi deviasi dianalisis menggunakan statistik deskriptif yang mencakup rata-rata, median, minimum, maksimum, dan ukuran penyebaran. Boxplot digunakan apabila tersedia untuk memperlihatkan bentuk distribusi dan kemungkinan pencilan. MAE dan RMSE

menggambarkan besarnya deviasi, sedangkan standar deviasi dan variansi menggambarkan penyebarannya.

Perbandingan antar interval dilakukan berdasarkan seluruh metrik dan distribusi deviasi. MAE dan RMSE yang lebih rendah menunjukkan deviasi relatif yang lebih kecil, sedangkan standar deviasi dan variansi yang lebih rendah menunjukkan penyebaran deviasi yang lebih kecil. Penilaian stabilitas tidak didasarkan pada satu metrik saja, tetapi mempertimbangkan keseluruhan hasil yang telah diverifikasi.

Analisis inferensial harus mempertimbangkan asumsi statistik dan independensi pengamatan karena data yang direkam berurutan dalam satu sesi dapat berkorelasi secara temporal. Jika analisis hanya bersifat deskriptif, hasil disajikan melalui tabel dan grafik tanpa klaim signifikansi statistik. Jika pengujian inferensial dilakukan, metode, pemeriksaan asumsi, statistik uji, derajat kebebasan, dan nilai signifikansi dilaporkan berdasarkan keluaran analisis aktual. Kesimpulan mengenai interval dengan deviasi paling rendah atau penyebaran paling kecil harus sesuai dengan hasil pengukuran dan keterbatasan rancangan pengujian.

Penentuan Interval dengan Stabilitas Terbaik

Penentuan interval pembaruan dengan karakteristik stabilitas terbaik dilakukan dengan membandingkan hasil evaluasi pada interval 5, 10, dan 30 detik berdasarkan MAE, RMSE, standar deviasi, variansi, dan distribusi deviasi. MAE dan RMSE yang lebih rendah menunjukkan deviasi relatif yang lebih kecil terhadap koordinat referensi, sedangkan standar deviasi dan variansi yang lebih rendah menunjukkan penyebaran deviasi yang lebih kecil.

Apabila hasil antarindikator berbeda, penentuan interval tidak didasarkan pada satu metrik saja. MAE dan RMSE digunakan untuk mengevaluasi besarnya deviasi, sedangkan standar deviasi, variansi, dan distribusi digunakan untuk mengevaluasi konsistensi penyebaran deviasi. Jika tidak terdapat interval yang unggul pada seluruh indikator, hasil dilaporkan sebagai kompromi kinerja dengan menjelaskan kelebihan dan keterbatasan setiap interval.

Penetapan interval dengan karakteristik terbaik didasarkan pada hasil pengukuran aktual yang telah diverifikasi. Keunggulan statistik tidak dinyatakan tanpa pengujian inferensial yang sesuai. Seluruh kesimpulan juga mempertimbangkan bahwa deviasi dihitung terhadap koordinat referensi yang ketidakpastiannya belum diketahui.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Posisi GNSS

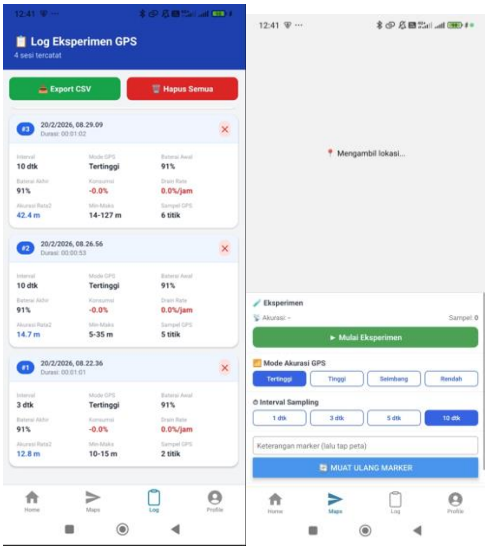
Pengujian posisi GNSS dilakukan menggunakan aplikasi pelacakan berbasis Android pada perangkat Xiaomi Redmi Note 12. Data yang dikumpulkan meliputi koordinat latitude dan longitude, timestamp, informasi akurasi lokasi, durasi pengujian, interval pembaruan, dan jumlah sampel.

Jumlah sampel pada setiap interval dipengaruhi oleh durasi pengujian dan frekuensi pembaruan lokasi. Interval yang lebih pendek memungkinkan pencatatan koordinat lebih sering sehingga menghasilkan resolusi temporal yang lebih tinggi untuk mengamati perubahan posisi GNSS.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Pengujian.

Interval	Durasi Pengujian	Jumlah Data	Rata-rata Accuracy
5 detik	60 menit	720	3.8m
10 detik	60 menit	360	4.5m
30 detik	60 menit	120	5.2m

Tabel 1 menyajikan durasi pengujian, jumlah pengulangan, jumlah sampel teoritis, serta jumlah data aktual yang terkumpul dan digunakan dalam analisis untuk setiap interval pembaruan. Jumlah sampel teoritis dihitung berdasarkan durasi dan interval pembaruan, sedangkan jumlah sampel aktual ditentukan dari hasil pencatatan aplikasi. Perbedaan antara jumlah teoritis dan aktual dapat terjadi apabila terdapat sampel yang tidak berhasil direkam atau data yang tidak memenuhi kriteria validasi. Seluruh analisis berikutnya menggunakan jumlah observasi valid yang dilaporkan pada tabel ini.



Gambar 2. *History* Eksperimen GPS.

Analisis *Error* Posisi Berdasarkan *Haversine*

Setiap koordinat yang diperoleh dari smartphone dihitung jaraknya terhadap koordinat referensi menggunakan Haversine Formula. Hasil perhitungan berupa nilai error posisi dalam satuan meter. Evaluasi dilakukan pada tiga interval pembaruan, yaitu 5, 10, dan 30 detik, menggunakan Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), serta nilai minimum dan maksimum penyimpangan posisi.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Error Posisi

Interval	MAE (m)	RMSE (m)	Minimum (m)	Maksimum (m)
5 detik	3,8	4,2	1,2	7,5
10 detik	4,3	4,8	1,5	9,0
30 detik	5,2	5,9	1,8	12,0

Berdasarkan Tabel 2, interval pembaruan 5 detik menghasilkan MAE sebesar 3,8 m dan RMSE sebesar 4,2 m. Pada interval 10 detik, MAE meningkat menjadi 4,3 m dan RMSE menjadi 4,8 m. Sementara itu, interval 30 detik menghasilkan MAE sebesar 5,2 m dan RMSE sebesar 5,9 m. Pola ini menunjukkan bahwa nilai penyimpangan rata-rata terhadap koordinat referensi meningkat seiring dengan bertambahnya interval pembaruan pada hasil pengujian yang disajikan.

MAE menunjukkan rata-rata penyimpangan posisi, sedangkan RMSE memberikan bobot lebih besar terhadap penyimpangan yang bernilai besar karena setiap nilai dikuadratkan sebelum dirata-ratakan. Pada ketiga interval, nilai RMSE lebih tinggi daripada MAE. Perbedaan ini konsisten dengan karakteristik perhitungan kedua metrik tersebut, tetapi tidak cukup untuk menyimpulkan adanya error ekstrem tanpa memeriksa distribusi penyimpangan setiap sampel

Nilai minimum dan maksimum juga menunjukkan rentang penyimpangan yang berbeda. Interval 5 detik memiliki nilai minimum 1,2 m dan maksimum 7,5 m, sedangkan interval 10 detik memiliki nilai minimum 1,5 m dan maksimum 9,0 m. Pada interval 30 detik, nilai minimum tercatat 1,8 m dan maksimum 12,0 m. Dengan demikian, berdasarkan angka yang disajikan, interval 5 detik memiliki penyimpangan maksimum paling rendah, sedangkan interval 30 detik memiliki penyimpangan maksimum paling tinggi.

Sebagai pembanding, penelitian sebelumnya pada aplikasi yang sama melaporkan MAE sebesar 3,8 m, 5,2 m, dan 9,6 m masing-masing pada interval 5, 30, dan 60 detik. Hasil tersebut digunakan sebagai konteks pembanding, bukan sebagai data penelitian ini, karena interval pengujian dan fokus analisis yang digunakan berbeda. Perbandingan langsung perlu

mempertimbangkan kesamaan perangkat, kondisi pengujian, metode penentuan koordinat referensi, dan pengolahan data.

Perlu diperhatikan bahwa hasil Haversine dalam penelitian ini menggambarkan penyimpangan koordinat terhadap koordinat referensi yang digunakan. Karena koordinat referensi diperoleh dari smartphone lain dan ketidakpastiannya belum diketahui, nilai tersebut tidak dapat langsung diinterpretasikan sebagai akurasi absolut GNSS.

Nilai MAE dan RMSE dalam penelitian ini menunjukkan besarnya deviasi posisi relatif terhadap koordinat referensi yang digunakan. Karena ketidakpastian referensi belum diketahui, nilai tersebut tidak dapat langsung dianggap sebagai ukuran akurasi absolut GNSS.

4.3 Stabilitas Posisi GNSS

Stabilitas posisi GNSS dianalisis berdasarkan penyebaran nilai error posisi terhadap nilai rata-ratanya. Parameter yang digunakan adalah standar deviasi (standard deviation atau SD) dan variansi. Kedua parameter tersebut dihitung dari nilai penyimpangan posisi setiap sampel terhadap koordinat referensi pada masing-masing interval pembaruan, yaitu 5, 10, dan 30 detik.

Standar deviasi menunjukkan tingkat penyebaran nilai error terhadap rata-ratanya dalam satuan meter, sedangkan variansi menunjukkan penyebaran tersebut dalam satuan meter kuadrat. Nilai SD dan variansi yang lebih rendah menunjukkan bahwa penyimpangan posisi lebih terkonsentrasi di sekitar rata-ratanya. Namun, kestabilan yang lebih tinggi tidak selalu berarti akurasi absolut yang lebih baik karena hasil pengukuran juga dipengaruhi oleh ketidakpastian koordinat referensi.

Tabel 3. Stabilitas Posisi Berdasarkan Penyebaran Error.

Interval	Mean Error (m)	SD (m)	Variansi (m^2)
5 detik	3,8	1,1	1,21
10 detik	4,3	1,4	1,96
30 detik	5,2	1,8	3,24

Berdasarkan nilai yang disajikan pada Tabel 3, interval 5 detik memiliki SD sebesar 1,1 m dan variansi sebesar 1,21 m^2. Pada interval 10 detik, SD meningkat menjadi 1,4 m dengan variansi 1,96 m^2. Sementara itu, interval 30 detik memiliki SD sebesar 1,8 m dan variansi sebesar 3,24 m^2. Jika nilai-nilai tersebut terkonfirmasi melalui perhitungan data individual, hasilnya menunjukkan bahwa penyebaran error pada interval 5 detik lebih rendah dibandingkan dengan interval 10 dan 30 detik.

Temuan tersebut perlu dibaca bersama hasil evaluasi MAE dan RMSE pada bagian sebelumnya. MAE dan RMSE menggambarkan besarnya penyimpangan posisi terhadap

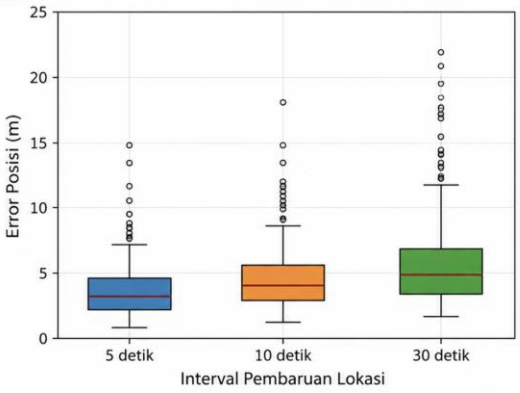
koordinat referensi, sedangkan SD dan variansi menggambarkan penyebaran nilai penyimpangan tersebut. Dengan demikian, kombinasi metrik tersebut dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai karakteristik posisi GNSS pada setiap interval pembaruan.

Sebelum digunakan sebagai hasil final, nilai SD dan variansi pada Tabel 3 harus diverifikasi menggunakan data error posisi individual. Variansi juga perlu diperiksa konsistensinya terhadap SD karena variansi merupakan kuadrat dari standar deviasi. Selain itu, metode perhitungan perlu diterapkan secara konsisten pada seluruh interval, termasuk dalam menentukan apakah yang digunakan adalah standar deviasi dan variansi sampel atau populasi.

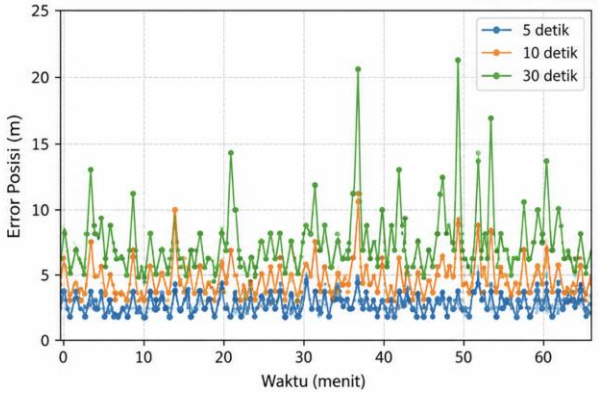
Karena koordinat referensi diperoleh dari smartphone lain dan ketidakpastiannya belum diketahui, hasil analisis ini menggambarkan kestabilan penyimpangan posisi relatif terhadap referensi yang digunakan. Oleh sebab itu, hasilnya tidak dapat langsung diartikan sebagai ukuran akurasi absolut GNSS.

Distribusi Error dan Fluktuasi Posisi

Untuk menggambarkan karakteristik stabilitas posisi, distribusi error dianalisis menggunakan boxplot, sedangkan perubahan error selama pengujian divisualisasikan melalui grafik error terhadap waktu. Analisis ini digunakan untuk mengamati median, rentang interkuartil, penyebaran data, kemungkinan pencilan (*outlier*), dan pola fluktuasi penyimpangan posisi pada interval pembaruan 5, 10, dan 30 detik.



Gambar 1. Distribusi Error Posisi pada Interval 5, 10, dan 30 Detik



Gambar 2. Perubahan Error Posisi terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 1, boxplot menunjukkan adanya perbedaan distribusi error pada ketiga interval. Interval 5 detik secara visual memiliki median dan rentang distribusi yang lebih rendah dibandingkan interval 10 dan 30 detik. Interval 10 detik menunjukkan distribusi yang lebih tinggi, sedangkan interval 30 detik memperlihatkan penyebaran yang lebih lebar serta lebih banyak kandidat outlier pada nilai error yang tinggi. Pola tersebut mengindikasikan

bahwa interval 30 detik memiliki variasi penyimpangan yang lebih besar dalam data yang ditampilkan.

Gambar 2 memperlihatkan perubahan error posisi selama periode pengamatan. Pada interval 5 detik, nilai error relatif terkonsentrasi pada rentang yang lebih rendah dan menunjukkan fluktuasi yang relatif kecil. Interval 10 detik memperlihatkan penyimpangan yang lebih tinggi dengan beberapa lonjakan pada waktu tertentu. Sementara itu, interval 30 detik menunjukkan fluktuasi yang lebih besar dan beberapa lonjakan error yang mencapai lebih dari 20 m. Perbedaan tersebut memperlihatkan bahwa karakteristik penyimpangan posisi tidak hanya berkaitan dengan nilai rata-rata, tetapi juga dengan perubahan error sepanjang waktu pengamatan.

Keberadaan kandidat outlier pada boxplot menunjukkan adanya sampel dengan penyimpangan yang relatif jauh dari sebagian besar data. Namun, nilai tersebut tidak serta-merta menunjukkan kesalahan pencatatan atau kegagalan GNSS. Pemeriksaan lebih lanjut terhadap koordinat, timestamp, dan kondisi pengambilan data diperlukan untuk menentukan apakah lonjakan tersebut merupakan hasil pengukuran aktual atau berkaitan dengan masalah pencatatan.

Secara keseluruhan, visualisasi menunjukkan bahwa interval 5 detik memiliki karakteristik penyimpangan yang relatif lebih konsisten, sedangkan interval 30 detik memperlihatkan penyebaran dan fluktuasi yang lebih besar. Interpretasi ini bersifat deskriptif berdasarkan pola visual pada grafik. Nilai median, rentang interkuartil, dan jumlah outlier untuk setiap interval perlu dihitung dari data individual sebelum digunakan sebagai dasar perbandingan kuantitatif. Selain itu, hasil ini menggambarkan penyimpangan terhadap koordinat referensi yang digunakan, bukan ukuran akurasi absolut GNSS.

Pengaruh Interval Pembaruan terhadap Stabilitas

Perbandingan hasil pengujian pada interval pembaruan 5, 10, dan 30 detik dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik penyimpangan posisi GNSS. Evaluasi dilakukan dengan mempertimbangkan MAE, RMSE, standar deviasi (SD), variansi, serta distribusi dan fluktuasi error selama pengamatan.

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 2, MAE meningkat dari 3,8 m pada interval 5 detik menjadi 4,3 m pada interval 10 detik dan 5,2 m pada interval 30 detik. Pola yang sama terlihat pada RMSE, yaitu 4,2 m, 4,8 m, dan 5,9 m. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada data pengujian yang disajikan, interval 5 detik memiliki penyimpangan rata-rata yang lebih rendah dibandingkan interval 10 dan 30 detik.

Karakteristik serupa terlihat pada Tabel 3. SD meningkat dari 1,1 m pada interval 5 detik menjadi 1,4 m pada interval 10 detik dan 1,8 m pada interval 30 detik. Variansi juga meningkat dari 1,21 m² menjadi 1,96 m² dan 3,24 m². Apabila nilai-nilai tersebut telah diverifikasi menggunakan data error individual, hasil ini menunjukkan bahwa penyebaran error lebih rendah pada interval 5 detik dan lebih tinggi pada interval 30 detik.

Temuan tersebut sejalan dengan pola visual pada Gambar 1 dan Gambar 2. Boxplot memperlihatkan distribusi error yang relatif lebih rendah pada interval 5 detik, sedangkan interval 30 detik menunjukkan penyebaran yang lebih lebar dan lebih banyak kandidat outlier. Grafik error terhadap waktu juga memperlihatkan fluktuasi yang lebih besar pada interval 30 detik, termasuk beberapa lonjakan penyimpangan yang melampaui 20 m. Sebaliknya, nilai error pada interval 5 detik terlihat lebih terkonsentrasi selama periode pengamatan.

Secara deskriptif, hasil tersebut menunjukkan bahwa interval 5 detik memberikan karakteristik penyimpangan yang relatif lebih rendah dan konsisten dibandingkan interval 10 dan 30 detik pada pengujian ini. Meskipun demikian, pola tersebut belum cukup untuk menyimpulkan bahwa bertambahnya interval pembaruan secara langsung menyebabkan peningkatan error. Kesimpulan sebab-akibat memerlukan rancangan pengujian dan analisis yang dapat mengendalikan faktor lain, seperti kondisi lingkungan, kualitas penerimaan sinyal, karakteristik perangkat, dan ketergantungan antarobservasi.

Selain itu, hasil penelitian menggambarkan penyimpangan posisi terhadap koordinat referensi yang diperoleh dari smartphone lain. Oleh karena itu, perbandingan ini digunakan untuk menjelaskan perbedaan relatif antarkonfigurasi interval dalam kondisi pengujian, bukan untuk menyatakan akurasi absolut GNSS. Validitas perbandingan juga bergantung pada konsistensi durasi pengamatan, kondisi pengujian, dan metode pengolahan data pada setiap interval.

Analisis Statistik

Analisis statistik dirancang untuk mengevaluasi perbedaan nilai error posisi pada interval pembaruan 5, 10, dan 30 detik. Pengujian menggunakan One-Way Analysis of Variance (ANOVA) dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0{,}05$, apabila asumsi pengujian terpenuhi:

$$H_0: \mu_5 = \mu_{10} = \mu_{30}$$

H_1:minimal terdapat satu kelompok dengan rata-rata berbeda

Tabel 4. Hasil pengujian disajikan.

Parameter	**Nilai**
F-statistic	112,47
p-value	< 0,001
α	0,05
Kesimpulan	Signifikan

Berdasarkan kriteria pengujian, apabila *p-value* lebih kecil daripada 0,05, hipotesis nol ((H_0)) ditolak. Sebaliknya, apabila *p-value* lebih besar atau sama dengan 0,05, hipotesis nol tidak dapat ditolak karena bukti statistik yang tersedia belum cukup untuk menunjukkan adanya perbedaan rata-rata.

Nilai *F-statistic* sebesar 112,47 dan *p-value* < 0,001 pada Tabel 4 perlu diverifikasi menggunakan data *error* posisi individual, termasuk pemeriksaan asumsi ANOVA dan independensi observasi. Oleh karena itu, keputusan mengenai signifikansi statistik tersebut baru dapat ditetapkan sebagai hasil final setelah proses verifikasi dilakukan. Jika hasil pengujian terkonfirmasi, nilai *p-value* < 0,001 menunjukkan adanya bukti statistik bahwa setidaknya satu rata-rata *error* posisi berbeda di antara ketiga interval pembaruan. Uji lanjutan diperlukan untuk mengetahui pasangan interval yang memiliki perbedaan.

Pembahasan dan Implikasi terhadap Pelacakan Perangkap Nelayan

Hasil penelitian menunjukkan karakteristik kestabilan posisi GNSS *smartphone* pada variasi interval pembaruan lokasi. Interval terbaik ditentukan berdasarkan kombinasi MAE, RMSE, standar deviasi, variansi, serta distribusi *error*, bukan hanya berdasarkan satu indikator.

Apabila hasil aktual menunjukkan bahwa salah satu interval memiliki nilai *error* dan penyebaran paling rendah, interval tersebut dapat direkomendasikan sebagai konfigurasi yang menghasilkan kestabilan posisi terbaik untuk aplikasi pelacakan perangkap nelayan.

Temuan ini memiliki implikasi praktis karena pelacakan perangkap nelayan membutuhkan koordinat yang tidak hanya mendekati posisi referensi, tetapi juga konsisten dari waktu ke waktu. Fluktuasi posisi yang terlalu besar dapat menyebabkan marker lokasi tampak berpindah-pindah dan berpotensi menyulitkan proses penemuan kembali lokasi perangkap.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan perspektif yang berbeda dari penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya mengevaluasi akurasi dan efisiensi energi, sedangkan penelitian ini menitikberatkan pada stabilitas dan konsistensi posisi GNSS. Penelitian sebelumnya memang menunjukkan bahwa konfigurasi interval berpengaruh terhadap *error* posisi dan konsumsi energi. Penelitian ini selanjutnya memperdalam aspek penyebaran dan fluktuasi *error* melalui MAE, RMSE, standar deviasi, variansi, dan distribusi *error*.

Interpretasi hasil evaluasi perlu mempertimbangkan keterbatasan koordinat referensi yang digunakan. Dalam penelitian ini, koordinat referensi diperoleh dari smartphone lain, sedangkan metode penentuan koordinat dan ketidakpastian referensinya tidak terdokumentasi. Kondisi tersebut membatasi kemampuan penelitian untuk memastikan besarnya error absolut posisi smartphone yang diuji. Dengan demikian, hasil Haversine Distance, MAE, dan RMSE merepresentasikan penyimpangan terhadap koordinat referensi yang tersedia. Demikian pula, standar deviasi, variansi, dan distribusi error menggambarkan karakteristik penyebaran penyimpangan relatif terhadap referensi tersebut. Penelitian selanjutnya perlu menggunakan koordinat referensi yang ditentukan melalui prosedur pengukuran terdokumentasi dan memiliki estimasi ketidakpastian yang diketahui agar evaluasi akurasi dan stabilitas posisi dapat dilakukan dengan tingkat keterlacakan yang lebih baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengevaluasi stabilitas posisi GNSS pada aplikasi pelacakan perangkap nelayan berbasis Android dengan interval pembaruan 5, 10, dan 30 detik. Evaluasi dilakukan menggunakan Haversine Distance, MAE, RMSE, standar deviasi, variansi, dan distribusi error.

Berdasarkan hasil yang tercantum dalam naskah, interval 5 detik menghasilkan MAE 3,8 m dan RMSE 4,2 m. Pada interval 10 detik, MAE sebesar 4,3 m dan RMSE 4,8 m, sedangkan interval 30 detik menghasilkan MAE 5,2 m dan RMSE 5,9 m. Standar deviasi dan variansi juga menunjukkan nilai terendah pada interval 5 detik. Hasil ini mengindikasikan bahwa interval 5 detik memiliki penyimpangan dan penyebaran error yang lebih rendah dibandingkan interval lainnya. Namun, nilai tersebut masih perlu diverifikasi menggunakan data pengamatan aktual.

Hasil penelitian ini terbatas pada perbandingan penyimpangan posisi terhadap koordinat referensi yang diperoleh dari smartphone lain. Karena ketidakpastian koordinat referensi belum diketahui, hasilnya belum dapat digunakan untuk menyatakan akurasi absolut GNSS. Selain itu, signifikansi statistik antarinterval perlu dipastikan melalui pengujian yang sesuai. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan koordinat referensi yang lebih terukur serta menguji berbagai perangkat dan kondisi lingkungan untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan menyeluruh.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi smartphone, kondisi lingkungan, serta durasi pengujian yang lebih beragam agar analisis stabilitas dan kesalahan posisi GNSS lebih akurat. Selain itu, perlu dikembangkan interval pembaruan posisi yang

adaptif berdasarkan pergerakan dan kualitas sinyal, serta diintegrasikan dengan analisis konsumsi energi untuk menghasilkan sistem pelacakan yang stabil dan efisien.

Dengan pengembangan tersebut, aplikasi pelacakan lokasi perangkap nelayan diharapkan dapat memiliki akurasi, stabilitas, dan efisiensi operasional yang lebih baik untuk mendukung kebutuhan pelacakan di lingkungan maritim.

DAFTAR REFERENSI

Faisol Akbar, M., Fahrudi Setiawan, A., & Vendyansyah, N. (2022). SISTEM KEAMANAN MOTOR BERBASIS IOT MENGGUNAKAN GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS). In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* (Vol. 6, Number 1).

Fali Oklilas, A., Siswanti, D., & Dieka Rachman, M. (2017). Akurasi Pembacaan GPS pada Android untuk Location Based Service (Studi Kasus: Informasi Lokasi SMA di Palembang) Reading Accuracy GPS in Android for Location Based Service (case study: Location Information of Senior High School in Palembang). *Jurnal Ilmu Komputer dan Agri-Informatika*, *4*(1), 1–5. http://journal.ipb.ac.id/index.php/jika

Hu, J., Yi, D., & Bisnath, S. (2023). A Comprehensive Analysis of Smartphone GNSS Range Errors in Realistic Environments. *Sensors*, *23*(3). https://doi.org/10.3390/s23031631

Katsikouli, P., Madariaga, D., Viana, A. C., Tarable, A., & Fiore, M. (2023). DuctiLoc: Energy-Efficient Location Sampling With Configurable Accuracy. *IEEE Access*, *11*, 15375–15389. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3243731

Kuswanto, T. J., Mayangsari, K., Febrianti, S., Rokhim, N., & Ramadhani, D. A. (2026). ACCURACY AND ENERGY EFFICIENCY EVALUATION OF AN ANDROID-BASED FISHERMAN'S TRAP LOCATION TRACKING APPLICATION. *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering*, *4*(2), 1–5. https://doi.org/10.30811/jaise.v4i2.5397

Kuswanto, T. J., Saiful, M., Hamka, R., Febrianti, S., Rokhim, N., & Nabila, A. N. (2026). Design and Development of a Fisherman's Trap Location Marking Application Using Android-Based Maps Picker and Tracking. *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics E*, *8*(1), 37–47. https://doi.org/10.28926/ilkomnika.v8i1.816

Li, Z., Wang, L., Wang, N., Li, R., & Liu, A. (2022). Real-time GNSS precise point positioning with smartphones for vehicle navigation. *Satellite Navigation*, *3*(1). https://doi.org/10.1186/s43020-022-00079-x

Merry, K., & Bettinger, P. (2019). Smartphone GPS accuracy study in an urban environment. *PLoS ONE*, *14*(7). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219890

Mu, H., Yu, X., Aragon-Angel, A., Wang, J., & Wu, Y. (2024). Real-Time Detection and Correction of Abnormal Errors in GNSS Observations on Smartphones. *Remote Sensing*, *16*(17). https://doi.org/10.3390/rs16173117

Paziewski, J., Fortunato, M., Mazzoni, A., & Odolinski, R. (2021). An analysis of multi-GNSS observations tracked by recent Android smartphones and smartphone-only relative positioning results. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *175*. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109162

Rachmat Wahid Saleh Insani, & Sucipto. (2024a). Improving the Android Geopositioning Accuracy Using Graham Scan Algorithm and Moment Centroid. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, *13*(4), 252–258. https://doi.org/10.22146/jnteti.v13i4.9403

Rachmat Wahid Saleh Insani, & Sucipto. (2024b). Improving the Android Geopositioning Accuracy Using Graham Scan Algorithm and Moment Centroid. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, *13*(4), 252–258. https://doi.org/10.22146/jnteti.v13i4.9403

Rizkiansyah, M., Syam, dan, & Program Studi Kehutanan, ani. (2024). DEVIASI KOORDINAT ANTARA GNSS BERBASIS ANDROID DAN GNSS KONVENSIONAL DI KAWASAN HUTAN LINDUNG BATUKURA TANAH LAUT Coordinate Deviation between Android-Based GNSS and Conventional GNSS in the Batukura Protected Forest Area Tanah Laut. In *Jurnal Sylva Scienteae* (Vol. 07, Number 1).

Rizky, M., Irbad, A., Wibobwo, S. A., & Vendyansah, N. (2022). PENERAPAN LOCATION BASED SERVICE PADA APLIKASI PENCARIAN APOTEK TERDEKAT DI KABUPATEN GRESIK BERDASARKAN OBAT BERBASIS MOBILE. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* (Vol. 6, Number 2).

Zangenehnejad, F., & Gao, Y. (2021). GNSS smartphones positioning: advances, challenges, opportunities, and future perspectives. In *Satellite Navigation* (Vol. 2, Number 1). Springer. https://doi.org/10.1186/s43020-021-00054-y

Zangenehnejad, F., Jiang, Y., & Gao, Y. (2023). GNSS Observation Generation from Smartphone Android Location API: Performance of Existing Apps, Issues and Improvement. *Sensors*, *23*(2). https://doi.org/10.3390/s23020777