

## **Penyimpangan Penentuan Posisi Perangkat *Global Positioning System* (GPS)**

### ***Deviation of Position Determination of Global Positioning System Device***

**Budi Purwanto**

Pusat Standardisasi Instrumen Kualitas Lingkungan Hidup - Badan Standardisasi Instrumen Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kawasan PUSPIPTEK Gedung 210 Jalan Raya Serpong, Tangerang Selatan, 15310, Indonesia  
E-mail: sipurman@gmail.com

Diterima 20 September 2022, direvisi 28 Oktober 2022, disetujui 31 Oktober 2022

#### **ABSTRAK**

**Penyimpangan Penentuan Posisi Perangkat *Global Positioning System* (GPS).** Perangkat GPS digunakan sebagai salah satu alat penunjuk titik koordinat spasial yang sering digunakan sebagai data pendukung identifikasi titik ukur pengukuran kualitas lingkungan. Berdasarkan hal tersebut maka perlu diketahui nilai perbedaan penunjukkan beberapa perangkat GPS. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil penunjukkan titik koordinat oleh perangkat GPS pada titik ukur yang telah ditentukan. Penelitian menggunakan sembilan buah perangkat GPS buatan Garmin dengan lima tipe berbeda, dengan penunjukan *degree minute second* (DD MM SS) pada datum *World Geodetic System* 1984 (WGS 84). Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali per hari selama dua hari, hari pertama cuaca cerah sedangkan hari kedua mendung. Dalam pelaksanaan pengambilan data, perangkat GPS diletakkan dengan jarak antar perangkat sedekat mungkin. Lokasi pengambilan data di Pusat Standardisasi Instrumen dan Kualitas Lingkungan Hidup, tanggal 5 dan 6 Juli 2022 pada tempat terbuka dan berada di objek yang sudah ditandai agar dapat digunakan sebagai lokasi verifikasi perangkat GPS selanjutnya. Seluruh penunjukkan perangkat GPS dicatat sesuai identitas alat untuk kemudian dihitung nilai rata-rata penunjukkan dan variasi penunjukkan titik koordinat lintang dan bujur. Nilai koordinat lintang yang ditunjukkan oleh seluruh perangkat GPS berada pada rentang  $6^{\circ} 21' 2.1''S$  hingga  $6^{\circ} 21' 2.5''S$  sedangkan nilai koordinat bujur yang ditunjukkan berada pada rentang  $106^{\circ} 40' 4.9''E$  hingga  $106^{\circ} 40' 5.3''E$ . Penelitian menemukan bahwa variasi penunjukkan koordinat posisi dari sembilan buah perangkat GPS adalah 12,4 meter, ditemukan juga bahwa perbedaan penunjukkan terbesar perangkat GPS dibanding nilai rata-rata penunjukkan dari perangkat GPS yang diuji adalah sebesar 9,3 meter dimana telah menyediakan informasi geospasial yang cukup bagi sebuah pengukuran kualitas lingkungan.

**Kata kunci:** GPS, koordinat, lintang, bujur.

#### **ABSTRACT**

***Deviation of Global Positioning System Device Designation.*** The GPS device is applied as a tool to indicate the point of spatial coordinates which is often used as data to support the identification of measuring points for measuring environmental quality. Based on this, it is necessary to know the value of the difference in the designation of several GPS devices. This study aims to determine the differences in the results of pointing coordinates by GPS devices at predetermined measuring points. The study employed nine Garmin GPS devices with five different types, with the *degree minute second* (DD MM SS) designation on the *World Geodetic System* 1984 (WGS 84) datum. Data collection was carried out three times per day for two days, the weather of first day was sunny while the second day was cloudy. In the implementation of data collection, GPS devices were placed with the distance between devices as close as possible. The data retrieval location is in Pusat Standardisasi Instrumen dan Kualitas Lingkungan Hidup, on July 5th and 6th Juli 2022 at the open space and is in an object that has been marked so that it can be used as a location for further GPS device verification. All designation of GPS devices are

recorded according to the identity of the device to then calculate the average value of the designation and the variation of the latitude and longitude coordinates. The coordinate values shown by all GPS devices are in the range of  $6^{\circ} 21' 2.1'' S$  to  $6^{\circ} 21' 2.5'' S$  latitude while the longitude coordinates shown are in the range of  $106^{\circ} 40' 4.9'' E$  to  $106^{\circ} 40' 5.3'' E$ . The study found that variation of the position coordinates of the nine GPS devices tested is 12.4 meters, it was also found that the biggest difference in the indication of the GPS devices compared to the average value of the GPS devices tested was 9.3 meters, which has provided sufficient geospatial information for a measurement of environmental quality.

**Keywords:** GPS, coordinates, latitude, longitude.

## 1. Pendahuluan

Sistem Informasi Geospasial (SIG) memiliki kemampuan yang kuat dalam hal merancang dan mengoptimalkan manajemen kualitas lingkungan mulai dari tahap perencanaan, pengelolaan, pengembangan hingga rehabilitasi area terdampak (Choi, Baek, & Park, 2020). SIG juga berfungsi sebagai data dukung sebagai pertimbangan bagi pengambil keputusan serta pertimbangan multi-parameter lainnya, hal itu dikarenakan SIG menyediakan platform untuk input data yang efektif, pengambilan, pembaruan, visualisasi, analisis, pemodelan di antara fungsi-fungsi lainnya dalam perencanaan dan manajemen lingkungan (Omusotsi, 2019).

Salah satu besaran yang menggambarkan sebuah titik lokasi geografis adalah sistem koordinat lintang dan bujur. Sistem koordinat ini terdiri dari dua komponen yang menentukan yaitu garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*). Garis lintang adalah garis imajiner vertikal yang menghubungkan kutub utara dengan kutub selatan bumi, sedangkan garis bujur adalah garis imajiner mendatar yang sejajar dengan khatulistiwa (Hendricks, 2004).

Dengan bentuk bumi yang seperti bola, maka ketentuan yang mengatur koordinat bujur dan lintang mirip dengan ketentuan yang mengatur lingkaran. Dengan demikian, cara menentukan koordinat bujur-lintang adalah sama dengan perhitungan

lingkaran yaitu derajat (o), menit (') dan detik ("). Wilayah Indonesia terbentang dari koordinat  $95^{\circ}$  Bujur Timur (E) hingga  $141^{\circ}$  Bujur Timur (E) dan  $6^{\circ}$  Lintang Utara (N) hingga  $11^{\circ}$  Lintang Selatan (S) (Natalia; *et al.*, 2005).

*Global Positioning System* (GPS) atau Sistem Pemosisian Global merupakan serangkaian satelit, yang mengorbit 20.200 km di atas bumi, memberikan informasi waktu dan posisi yang tepat kepada penerima yang membutuhkan yang berada di darat, di laut, dan di angkasa (Ceruzzi, 2018; Kumar *et al.*, 2021). GPS adalah sistem penentuan posisi dan transfer waktu berbasis ruang angkasa yang menyediakan layanan penentuan posisi dan navigasi tiga dimensi untuk pengguna sipil, militer, dan ilmiah.

Setiap satelit GPS membawa jam atomik yang menggunakan cesium-133 dengan satu elektron valensi yang bisa berpindah sehingga dapat mengalami transisi dengan energi dan frekuensi yang sangat spesifik dengan tingkat akurasi yang tinggi (Astro & Humairo, 2019).

Perangkat GPS digunakan sebagai salah satu alat penunjuk titik koordinat spasial yang sering digunakan sebagai data pendukung identifikasi titik ukur pengukuran kualitas lingkungan (Idrizi, Maliqi, & Pashova, 2021) sebab sebagian besar data lingkungan hampir tidak berharga tanpa komponen referensi spasialnya (Esri, 2010; Sánka, 2015). Lokasi geografis dan

deskripsi objek merupakan aspek penting dalam riset di lapangan, terlepas dari skala spasial (Nowak, Dziób, Ludwisiak, & Chmiel, 2020).

Ada banyak sumber kesalahan dalam pengukuran GPS, antara lain kesalahan *multipath*. Kesalahan ini timbul sebab perangkat GPS selain menerima sinyal langsung dari satelit, antena GPS juga menerima pantulan sinyal dari permukaan lain, termasuk tanah, badan air, bangunan, dan permukaan tebing (Johnson & Barton, 2004). Jenis kesalahan lain terutama yang disebabkan oleh gangguan atmosfer paling baik dikoreksi oleh sistem diferensial (Dodd, 2011). Metode yang umum digunakan untuk mendapatkan ketelitian data yang tinggi adalah metode diferensial statik (Ramadhon, 2015) karena jumlah data pengukuran dalam satu titik pengamatan lebih banyak, namun harga perangkat penerimanya masih mahal dan kurang efisien dari segi waktu. Berdasarkan hal tersebut maka perlu diketahui nilai perbedaan penunjukkan beberapa perangkat GPS yang umum digunakan (*consumer GPS*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil penunjukan titik koordinat oleh perangkat GPS pada titik ukur yang telah ditentukan.

## 2. Metodologi

Dalam pelaksanaan pengambilan data, perangkat GPS diletakkan dengan jarak antar perangkat sedekat mungkin. Lokasi pengambilan data berada di tempat terbuka untuk mengurangi efek *multipath* (Sulaiman, Zheng, & Zainon, 2022) dan berada di titik tetap yang sudah ditandai agar dapat digunakan sebagai lokasi verifikasi perangkat GPS selanjutnya.

### 2.1 Lokasi

Kegiatan ini dilakukan di Pusat Standardisasi Instrumen dan Kualitas Lingkungan Hidup Kawasan BRIN Serpong, Kota Tangerang Selatan pada tanggal 5 dan 6 Juli 2022. Waktu pengambilan yang sama pada pukul 07:30 pagi hingga 11:00 siang, mengingat bahwa waktu pengamatan (sesi) yang berbeda akan memberikan konstelasi satelit yang berbeda (Sulaiman *et al.*, 2022). GPS memiliki siklus orbit 23 jam 56 menit dimana satelit yang sama akan mengorbit pada posisi yang sama setiap hari (Axelrad, Larson, & Jones, 2005). Cuaca pada tanggal 5 Juli 2022 cerah, sedangkan pada hari berikutnya mendung/berawan.



Sumber: Dokumentasi Pribadi (2022)

**Gambar 1.** Lokasi Pengambilan Data

## 2.2 Peralatan

Seluruh perangkat GPS yang digunakan pada riset ini adalah perangkat GPS umum (*consumer GPS*) bermerek Garmin dari 5 tipe yang identitasnya secara rinci ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini. Posisi antena perangkat diletakkan lebih tinggi untuk menambah keakuratan penunjukkan (Garmin, 2006a).

## 2.3 Metode Pengukuran

Membandingkan hasil penunjukan titik koordinat yang ditunjukkan oleh 9 buah perangkat GPS, dengan penunjukan *degree minute second* (DD MM SS) pada datum WGS 84. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali per hari. Semua perangkat

GPS menggunakan sumber daya berupa baterai alkaline baru untuk menghindari kekurangan daya perangkat dalam mengunci satelit dan memperoleh koordinat.

Pembacaan penunjukkan koordinat pada GPS 1 dilakukan dengan langkah-langkah berikut yaitu menghidupkan perangkat dengan menekan tombol *Power*, lalu memeriksa format koordinat apakah sudah sesuai dengan DD MM SS pada menu *Setup* pada laci aplikasi dilanjutkan dengan menekan *Position Format*, tunggu hingga tanda sinyal pada status di layar berubah dari warna hitam menjadi berwarna hijau, lalu pilih menu *Satellite* dan baca penunjukkan koordinat (Garmin, 2015).

**Tabel 1.** Daftar Perangkat GPS yang digunakan

No.	Identitas Unit	Tipe	Nomor Seri
1.	GPS 1	Montana 680	3992364202
2.	GPS 2	etrex Vista C	89779318
3.	GPS 3	Oregon 550	3821171038
4.	GPS 4	Oregon 550	3820074513
5.	GPS 5	Oregon 550	3848229728
6.	GPS 6	GPSMAP76S	93807397
7.	GPS 7	GPSMAP76S	93807391
8.	GPS 8	GPSMAP76	80616719
9.	GPS 9	GPSMAP76	80608380



**Gambar 2.** Foto Perangkat GPS (a) Garmin Montana 680, (b) Garmin etrex Vista C, (c) Garmin Oregon 550, (d) Garmin GPSMAP 76S, (e) Garmin GPSMAP 76

Pembacaan penunjukkan koordinat pada GPS 2 dilakukan dengan langkah sebagai berikut yaitu pertama menghidupkan perangkat dengan menekan tombol *Power*, dilanjutkan dengan menunggu hingga status di layar berubah dari *Acquiring Satellites* menjadi nilai koordinat posisi dan memeriksa format koordinat apakah sudah sesuai dengan DD MM SS, jika formatnya berbeda maka dirubah pada menu *Units* dilanjutkan dengan memilih *Position Format* (Garmin, 2004).

Pembacaan penunjukkan koordinat pada GPS 3, GPS 4 dan GPS 5 dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut yaitu menghidupkan perangkat dengan menekan tombol *Power*, tunggu hingga status di layar berubah dari ikon antena pada menu utama berwarna hitam menjadi berwarna hijau, periksa format koordinat apakah sudah sesuai dengan DD MM SS, jika formatnya berbeda maka dirubah pada menu *Setup* dilanjutkan dengan memilih *Position Format*. Koordinat posisi dibaca dengan menekan ikon antena pada layar (Garmin, 2010).

Pembacaan penunjukkan koordinat pada GPS 6, GPS 7, GPS 8 dan GPS 9 dilakukan dengan langkah sebagai berikut yaitu menghidupkan perangkat dengan menekan tombol *Power*, dilanjutkan dengan menekan tombol *Page* saat muncul halaman awal hingga muncul halaman *GPS Information Page*. Tunggu status *Acquiring Satellites* berubah menjadi *3D GPS Location* dan periksa format koordinat apakah sudah sesuai dengan DD MM SS, jika formatnya berbeda maka dirubah pada menu *Setup* dilanjutkan dengan memilih *Tab Location* dan *Location Format*. Koordinat posisi koordinat dapat dilihat dengan menekan tombol *Page* hingga tampil halaman *GPS Information Page* (Garmin, 2006b).

## 2.4 Metode Analisis

Seluruh penunjukkan titik koordinat perangkat GPS dalam format DD MM SS

dicatat sesuai identitas alat untuk kemudian dihitung nilai rata-rata penunjukkan dan variasi penunjukkan titik koordinat lintang dan bujur menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Perangkat lunak SPSS digunakan untuk menguji secara statistik perbedaan hasil penunjukkan titik koordinat seluruh perangkat GPS. Analisis statistik diawali dengan melakukan uji normalitas data, jika berdistribusi normal maka dilanjutkan dengan uji *one way anova* sebaliknya jika tidak berdistribusi normal maka dilakukan uji *Kruskal-Wallis*.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pembacaan penunjukkan perangkat GPS pada hari pertama dan kedua ditampilkan secara berturut-turut pada Tabel 3 dan Tabel 4. Rata-rata penunjukan untuk lintang adalah  $6^{\circ} 21' 2.3''$  S dan rata-rata penunjukan untuk bujur adalah  $106^{\circ} 40' 5.1''$  E.

Jarak antara dua titik garis bujur atau lintang bila dikonversikan dalam satuan meter ditunjukkan Tabel 2 berikut:

**Tabel 2.** Jarak setiap garis bujur/ lintang

1°	3600 detik	111.322 meter
1'	60 detik	1.885 meter
1''	1 detik	31 meter

sumber: (Natalia *et al.*, 2005)

Nilai koordinat lintang yang ditunjukkan oleh seluruh perangkat GPS berada pada rentang  $6^{\circ} 21' 2.1''$  S hingga  $6^{\circ} 21' 2.5''$  S sedangkan nilai koordinat bujur yang ditunjukkan berada pada rentang  $106^{\circ} 40' 4.9''$  E hingga  $106^{\circ} 40' 5.3''$  E. dari konversi yang ada di Tabel 2 maka diperoleh variasi penunjukkan koordinat perangkat GPS adalah 12,4 meter untuk lintang dan bujur.

Gambar 3 berikut menggambarkan distribusi penyimpangan dari rata-rata penunjukkan untuk sembilan perangkat GPS yang diverifikasi, dimana penyimpangan terbesar dari rata-rata penunjukkan sebesar

**Tabel 3.** Pembacaan Perangkat GPS pada Tanggal 5 Juli 2022

No.	Identitas Unit	Pembacaan 1		Pembacaan 2		Pembacaan 3	
		Lintang	Bujur	Lintang	Bujur	Lintang	Bujur
1.	GPS 1	6°21'2.3"S	106°40'5.2"E	6°21'2.4"S	106°40'5.3"E	6°21'2.4"S	106°40'5.3"E
2.	GPS 2	6°21'2.3"S	106°40'5.2"E	6°21'2.3"S	106°40'5.2"E	6°21'2.3"S	106°40'5.2"E
3.	GPS 3	6°21'2.4"S	106°40'5.0"E	6°21'2.4"S	106°40'5.0"E	6°21'2.4"S	106°40'5.0"E
4.	GPS 4	6°21'2.3"S	106°40'5.0"E	6°21'2.3"S	106°40'5.0"E	6°21'2.3"S	106°40'5.0"E
5.	GPS 5	6°21'2.3"S	106°40'5.1"E	6°21'2.3"S	106°40'5.1"E	6°21'2.3"S	106°40'5.1"E
6.	GPS 6	6°21'2.2"S	106°40'5.0"E	6°21'2.2"S	106°40'5.1"E	6°21'2.3"S	106°40'5.3"E
7.	GPS 7	6°21'2.4"S	106°40'5.1"E	6°21'2.4"S	106°40'5.0"E	6°21'2.4"S	106°40'5.0"E
8.	GPS 8	6°21'2.3"S	106°40'5.1"E	6°21'2.3"S	106°40'5.2"E	6°21'2.3"S	106°40'5.2"E
9.	GPS 9	6°21'2.3"S	106°40'4.9"E	6°21'2.3"S	106°40'5.0"E	6°21'2.4"S	106°40'5.0"E

Sumber Data: Data Primer

**Tabel 4.** Pembacaan Perangkat GPS pada Tanggal 6 Juli 2022

No.	Identitas Unit	Pembacaan 4		Pembacaan 5		Pembacaan 6	
		Lintang	Bujur	Lintang	Bujur	Lintang	Bujur
1	GPS 1	6°21'2.4"S	106°40'5.0"E	6°21'2.4"S	106°40'5.1"E	6°21'2.4"S	106°40'5.0"E
2	GPS 2	6°21'2.4"S	106°40'5.0"E	6°21'2.5"S	106°40'5.1"E	6°21'2.5"S	106°40'5.1"E
3	GPS 3	6°21'2.4"S	106°40'5.1"E	6°21'2.3"S	106°40'5.2"E	6°21'2.3"S	106°40'5.1"E
4	GPS 4	6°21'2.1"S	106°40'5.1"E	6°21'2.1"S	106°40'5.0"E	6°21'2.1"S	106°40'5.0"E
5	GPS 5	6°21'2.2"S	106°40'5.2"E	6°21'2.2"S	106°40'5.1"E	6°21'2.3"S	106°40'5.1"E
6	GPS 6	6°21'2.4"S	106°40'5.2"E	6°21'2.4"S	106°40'5.2"E	6°21'2.4"S	106°40'5.0"E
7	GPS 7	6°21'2.4"S	106°40'5.2"E	6°21'2.4"S	106°40'5.1"E	6°21'2.5"S	106°40'5.0"E
8	GPS 8	6°21'2.1"S	106°40'5.0"E	6°21'2.2"S	106°40'5.1"E	6°21'2.1"S	106°40'5.0"E
9	GPS 9	6°21'2.1"S	106°40'5.3"E	6°21'2.1"S	106°40'5.2"E	6°21'2.1"S	106°40'5.1"E

Sumber Data: Data Primer

0,3” atau 9,3 meter. Lisa Arnold dan Paul Zandbergen menyebutkan bahwa akurasi posisi GPS dapat ditingkatkan dengan menggunakan bantuan *differential correction* (koreksi differensial). Koreksi diferensial menggunakan informasi dari penerima stasioner di lokasi yang sudah diketahui untuk meningkatkan kualitas data lokasi yang digunakan oleh penerima (Arnold & Zandbergen, 2011).

Pada riset sebelumnya, Kindra Serr mendapatkan nilai akurasi sebesar 5,6 meter menggunakan perangkat HP iPaq dengan perangkat lunak Pharos Navigation dan antena yang digunakan adalah iGPS 360 (Serr, Windholz, & Weber, 2006). Perbedaan nilai tersebut dimungkinkan terjadi akibat perbedaan jumlah stasiun GNSS dimana Indonesia terdapat 5 stasiun berbanding dengan Amerika Serikat yang memiliki sekitar 75 stasiun (IGS, 2022).

Posisi titik WGS 84 cukup akurat untuk memberikan kontrol geodetik untuk peta dan bagan hingga skala 1:5000 yang memenuhi sebagian besar persyaratan penggunaan (Slater & Malys, 1998) dimana 1 cm pada peta menunjukkan jarak 50 meter di atas tanah. Penyimpangan penunjukkan titik koordinat perangkat GPS sebesar 9,3 meter jika dikonversi pada peta topografi menjadi sekitar skala 1:1000 yang lebih baik dari yang dibutuhkan mengingat skala peta yang biasa digunakan untuk keperluan navigasi di dalam mobil, pendidikan, fasilitas, penunjuk jalan adalah skala 1:10000 dimana 1 cm pada peta menunjukkan jarak 100 meter di atas tanah (Geoscience, 2022).

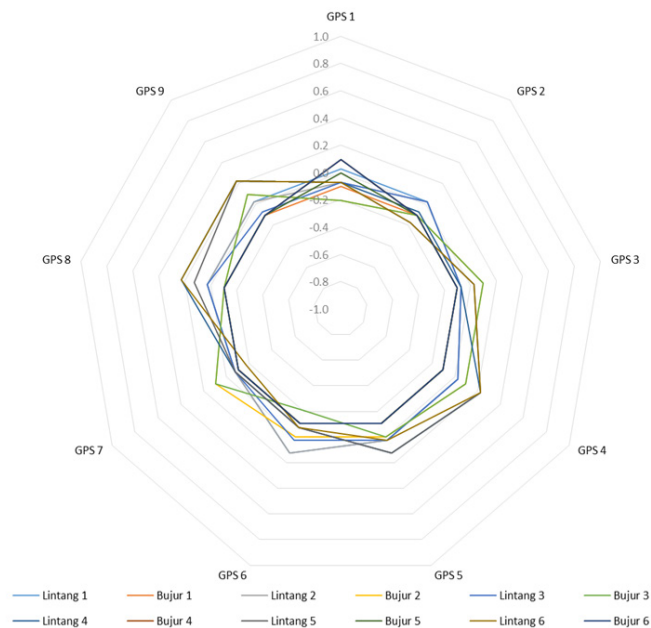
Hasil uji statistik normalitas terhadap data penunjukkan koordinat perangkat GPS ditunjukkan oleh Tabel 5 dan Tabel 6. Sehubungan dengan itu, maka analisis parametrik *one way anova* tidak dapat digunakan sebab data tidak terdistribusi normal. Uji analisis *Kruskal-Wallis* terhadap data penunjukkan koordinat lintang dan bujur perangkat GPS dapat dilihat pada Tabel 7. Terdapat perbedaan nyata penunjukkan

perangkat GPS untuk koordinat lintang namun menariknya pada koordinat bujur tidak ada perbedaan signifikan dari penunjukkan GPS. Atas temuan tersebut perlu dikaji apakah ada kaitannya dengan interferensi elektromagnetik antar antena dari kesembilan buah perangkat GPS tersebut yang diletakkan secara berdekatan sehingga menyebabkan sedikit pergeseran posisi koordinat pada pengambilan data pada dua hari berturut-turut (Seeber, Menge, Völksen, Wübbena, & Schmitz, 1998).

**Tabel 5.** Hasil Uji Normalitas Penunjukkan Koordinat Lintang Perangkat GPS

Id GPS	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
GPS 1	.496	6	.000
GPS 2	.775	6	.035
GPS 3	.640	6	.001
GPS 4	.683	6	.004
GPS 5	.640	6	.001
GPS 6	.775	6	.035
GPS 7	.496	6	.000
GPS 8	.775	6	.035
GPS 9	.805	6	.065

Sumber Data: Data Primer



**Gambar 3.** Grafik Penyimpangan Penunjukkan Perangkat GPS terhadap Rata-rata Penunjukan

**Tabel 6.** Hasil Uji Normalitas Penunjukkan Koordinat Bujur Perangkat GPS

Id GPS	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
GPS 1	.861	6	.191
GPS 2	.822	6	.091
GPS 3	.822	6	.091
GPS 4	.496	6	.000
GPS 5	.496	6	.000
GPS 6	.907	6	.415
GPS 7	.822	6	.091
GPS 8	.853	6	.167
GPS 9	.958	6	.804

Sumber Data: Data Primer

**Tabel 7.** Hasil Uji *Kruskal-Wallis* Penunjukkan Koordinat Lintang dan Bujur Perangkat GPS

	Lintang	Bujur
Chi-Square	28.585	9.170
df	8	8
Asymp. Sig.	.000	.328

Sumber Data: Data Primer

#### 4. Simpulan

Penelitian ini mendapatkan bahwa variasi penunjukkan koordinat posisi dari sembilan buah perangkat GPS adalah 12,4 meter. Sedangkan perbedaan penentuan posisi koordinat terbesar perangkat GPS dibanding nilai rata-rata penunjukkan dari perangkat GPS yang diuji adalah sebesar 9,3 meter. Hasil tersebut sudah cukup untuk penggunaan perangkat GPS umum digunakan sebagai kontrol geodetik untuk peta dan bagan pada pengukuran kualitas lingkungan. Jika memerlukan akurasi yang lebih baik lagi, maka dapat digunakan bantuan *differential correction*. Analisis statistik mendapatkan bahwa terdapat perbedaan penunjukkan perangkat GPS untuk koordinat lintang, namun tidak ada perbedaan nyata pada penunjukkan koordinat bujur yang diduga berasal dari interferensi antar antenna yang dimiliki perangkat GPS.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Pusat Standardisasi Instrumen Kualitas Lingkungan Hidup (PSIKLH) yang telah menyediakan peralatan dan fasilitas pada kegiatan riset ini.

#### Daftar Pustaka

- Choi, Y., Baek, J., & Park, S. (2020). Review Of GIS-based applications for mining: planning, operation and environmental management. *Applied Sciences*, 10(7), 2266.
- Omusotsi, O. G. (2019). Role of GIS as a tool for environmental planning and management. *International Journal of Research in Environmental Science*, 5(1), 6-10. <http://dx.doi.org/10.20431/2454-9444.0501002>.
- Hendricks, D. (2004). Maps in environmental monitoring environmental monitoring and characterization (pp. 69-84): Elsevier.
- Natalia;, I., Achmaliadi;, R., Hanafi;, I., Safitri;, H., Kurniawan;, I., & Pramono, A. H. (2005). *No.4 geografi dan koordinat peta* (R. h. W. A. D. Bachriadi Ed.). Bandung: Garis Pergerakan.
- Ceruzzi, P. E. (2018). GPS: MIT Press.
- Kumar, A., Kumar, S., Lal, P., Saikia, P., Srivastava, P. K., & Petropoulos, G. P. (2021). Introduction to GPS/GNSS technology GPS and GNSS technology in *Geosciences* (pp. 3-20): Elsevier.
- Astro, R. B., & Humairo, S. (2019). Teori relativitas pada *global positioning system* (GPS). *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(1), 96-102.
- Idrizi, B., Maliqi, E., & Pashova, L. (2021). Spatial database designing for environmental monitoring and decision making in Mitrovica Region, The Republic of Kosovo. *Geosfera Indonesia*, 6(2), 189-204.
- Esri. (2010). *Environmental Management: Environmental Systems Research Institute*.
- Sánka, O. (2015). *Use of geographic information system in Environmental Science*. PhD thesis, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.



- Nowak, M. M., Dziób, K., Ludwisiak, Ł., & Chmiel, J. (2020). Mobile GIS applications for environmental field surveys: A state of the art. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01089.
- Johnson, C. E., & Barton, C. C. (2004). Where in the world are my field plots? Using GPS effectively in environmental field studies. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(9), 475-482.
- Dodd, M. (2011). Where are my quadrats? Positional accuracy in fieldwork. *Methods In Ecology And Evolution*, 2(6), 576-584.
- Ramadhon, S. (2015). Analisis ketelitian data pengukuran menggunakan GPS dengan metode diferensial statik dalam moda jaring dan radial. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 5(2).
- Sulaiman, M. S. A., Zheng, Y. C., & Zainon, O. (2022). Global Positioning System Performance Assessment with Precise Point Positioning and Relative Positioning. *Journal of Advanced Geospatial Science & Technology*, 2(1), 49-66.
- Axelrad, P., Larson, K., & Jones, B. (2005). *Use of the correct satellite repeat period to characterize and reduce site-specific multipath errors*. Paper presented at the Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2005).
- Garmin. (2006a). *GPSMAP 76 Chartplotting Receiver Owner's Manual*. Taipei: Garmin Ltd.
- Garmin. (2015). *Garmin Montana 610/680 Owner's Manual*. Taiwan: Garmin Ltd.
- Garmin. (2004). *Garmin eTrex Vista Color Map Navigator Owner's Manual*. Taipei: Garmin Ltd.
- Garmin. (2010). *Garmin OREGON Series 450, 450t, 550, 550t Owner's Manual*. Taipei: Garmin Ltd.
- Garmin. (2006b). *GPSMAP 76S Chartplotting Receiver Owner's Manual and Reference Guide*. Taipei: Garmin Ltd.
- Arnold, L. L., & Zandbergen, P. A. (2011). Positional accuracy of the wide area augmentation system in consumer-grade GPS units. *Computers & Geosciences*, 37(7), 883-892.
- Serr, K., Windholz, T., & Weber, K. (2006). Comparing GPS receivers: A field study. *URISA Journal*, 18(2), 19-23.
- IGS. (2022). IGS Station Map and List. Retrieved from <https://www.igs.org/network>
- Slater, J. A., & Malys, S. (1998). WGS 84 — *Past, present and future*. Paper presented at the Advances in Positioning and Reference Frames, Berlin, Heidelberg.
- Geoscience, A. (2022). What is Map Scale? Retrieved from <https://www.ga.gov.au/scientific-topics/national-location-information/topographic-maps-data/basics/what-is-map-scale>.
- Seeber, G., Menge, F., Völksen, C., Wübbena, G., & Schmitz, M. (1998). Precise GPS Positioning Improvements by Reducing Antenna and Site Dependent Effects *Advances in Positioning and Reference Frames* (pp. 237-244): Springer.