

PEMETAAN SITUASI KAWASAN MASJID RAYA KOTA BATAM BERBASIS GNSS RTK

Muhammad Ariq Setyama dan Oktavianto Gustin

¹ Program Studi Teknologi Geomatika

² Politeknik Negeri Batam

³ Indonesia

*Corresponding author: ariqsetyama@email.com

Article history

Received:

dd-mm-yyyy

Accepted:

dd-mm-yyyy

Published:

dd-mm-yyyy

Copyright © 2026
Jurnal Teknologi dan
Riset Terapan

Open Access

Abstrak

Ketersediaan data spasial yang merepresentasikan kondisi eksisting suatu kawasan merupakan kebutuhan penting dalam mendukung perencanaan, pengelolaan aset, dan pengembangan kawasan. Salah satu kawasan yang memerlukan data tersebut adalah Masjid Raya Kota Batam sebagai fasilitas umum yang terus berkembang. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan peta situasi skala 1:1.500 menggunakan metode *Global Navigation Satellite System (GNSS) Real-Time Kinematic (RTK)* berbasis *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)*, serta mengevaluasi kesesuaian geometrik jarak hasil pengukuran GNSS RTK-NTRIP melalui perbandingan dengan hasil pengukuran langsung menggunakan meteran. Pengambilan data dilakukan menggunakan GNSS RTK-NTRIP untuk memperoleh koordinat objek detail situasi, sedangkan meteran digunakan sebagai data pembanding. Jarak antar pasangan titik dihitung menggunakan metode *Euclidean Distance* berdasarkan koordinat hasil pengukuran. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan jarak antar titik hasil perhitungan *Euclidean Distance* berdasarkan koordinat GNSS RTK-NTRIP terhadap jarak antar titik hasil pengukuran langsung menggunakan meteran pada 16 sampel pasangan titik. Analisis statistik dilakukan menggunakan parameter *Mean Error* dan *Standard Deviation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peta situasi skala 1:1.500 berhasil disusun dan mampu merepresentasikan kondisi eksisting Kawasan Masjid Raya Kota Batam. Hasil evaluasi kesesuaian geometrik menunjukkan nilai *Mean Error* sebesar -0,0053 m dan *Standard Deviation* sebesar 0,023335 m. Selain itu, diperoleh nilai *error* positif maksimum sebesar +0,032924 m dan *error* negatif maksimum sebesar -0,04652 m. Nilai selisih yang berada pada orde sentimeter menunjukkan bahwa jarak yang dihitung dari koordinat GNSS RTK-NTRIP memiliki kesesuaian yang baik terhadap hasil pengukuran langsung di lapangan. Berdasarkan hasil penelitian, metode GNSS RTK-NTRIP dapat digunakan untuk menghasilkan peta situasi skala 1:1.500 yang merepresentasikan kondisi eksisting kawasan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam perencanaan, pengelolaan aset, dan pengembangan kawasan.

Kata Kunci: Pemetaan Situasi, GNSS RTK, *Euclidean Distance*, *Mean Error*, *Standard Deviation*, Meteran, Uji Validasi Jarak RTK

Abstract

The availability of spatial data representing the existing condition of an area is essential for supporting planning, asset management, and regional development. One area that requires such spatial data is the Masjid Raya Batam area, a public facility that continues to develop. This study aims to produce a 1:1,500 situational map using the *Global Navigation Satellite System (GNSS) Real-Time Kinematic (RTK)* method based on the *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)*, as well as to evaluate the geometric conformity of distances derived from GNSS RTK-NTRIP measurements through comparison with direct field measurements obtained using a measuring tape. Coordinate data were collected using GNSS RTK-NTRIP to obtain detailed situational object coordinates, while a measuring tape was used as the reference measurement. Distances between point pairs were calculated using the *Euclidean Distance* method based on the measured coordinates. The evaluation was carried out by comparing the distances between point pairs calculated using the *Euclidean Distance* method from GNSS RTK-NTRIP coordinates with the corresponding distances measured directly using a measuring tape for 16 sample point pairs.

Statistical analysis was performed using the Mean Error and Standard Deviation parameters. The results show that the 1:1,500 situational map was successfully produced and accurately represents the existing condition of the Masjid Raya Batam area. The geometric conformity evaluation yielded a Mean Error of -0.0053 m and a Standard Deviation of 0.023335 m. In addition, the maximum positive error and maximum negative error were $+0.032924$ m and -0.04652 m, respectively. The centimeter-level differences indicate that the distances calculated from GNSS RTK-NTRIP coordinates exhibit good geometric conformity with the distances obtained through direct field measurements. Based on these findings, the GNSS RTK-NTRIP method can be used to produce a 1:1,500 situational map that represents the existing condition of the study area and can serve as a basis for planning, asset management, and regional development.

Keywords: Pemetaan Situasi, GNSS RTK, Euclidean Distance, Meteran, Uji Validasi Jarak RTK, Mean Error, Standard Deviation

1.0 PENDAHULUAN

Pemetaan situasi merupakan salah satu kegiatan penting dalam memperoleh informasi spasial yang akurat dan aktual terhadap suatu kawasan. Dalam perkembangan pembangunan dan pengelolaan wilayah, kebutuhan akan data spasial yang rinci semakin meningkat, termasuk pada kawasan fasilitas umum seperti masjid. Kawasan masjid tidak hanya berfungsi sebagai tempat ibadah, tetapi juga menjadi pusat kegiatan sosial, pendidikan, dan aktivitas masyarakat sehingga memerlukan data spasial yang menggambarkan kondisi eksisting Kawasan

Penyediaan data spasial detail kawasan masjid dilakukan untuk menggambarkan kondisi eksisting lingkungan secara menyeluruh, meliputi posisi bangunan, batas area, fasilitas pendukung, akses jalan, area parkir, saluran drainase, taman, serta unsur detail lainnya yang berada di sekitar kawasan. Data spasial terbaru diperlukan sebagai dasar dalam perencanaan pengembangan kawasan, pengelolaan aset, dokumentasi, serta penataan lingkungan sehingga keputusan yang diambil dapat didasarkan pada kondisi eksisting yang aktual.

Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam kegiatan survei dan pemetaan adalah *Global Navigation Satellite System* (GNSS). GNSS merupakan sistem navigasi berbasis satelit yang memungkinkan pengguna menentukan posisi dengan tingkat presisi yang tinggi (Bhaskara dkk., 2024). Seiring perkembangan teknologi, metode pengukuran GNSS semakin berkembang sehingga mampu menghasilkan data koordinat secara cepat dan akurat untuk mendukung berbagai kebutuhan pemetaan.

Real-Time Kinematic (RTK) merupakan salah satu metode penentuan posisi berbasis GNSS yang mampu menghasilkan ketelitian hingga orde sentimeter secara *real-time* (El-Mowafy, 2012). Ketelitian tersebut diperoleh melalui pemanfaatan data koreksi yang dikirimkan dari stasiun referensi ke penerima GNSS di lapangan. Salah satu metode distribusi data koreksi yang banyak digunakan saat ini adalah *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (NTRIP). NTRIP merupakan protokol komunikasi standar yang digunakan untuk mentransmisikan data koreksi GNSS melalui jaringan internet sehingga pengukuran RTK dapat dilakukan secara *real-time* tanpa memerlukan radio komunikasi konvensional (Panuntun, 2022) (Derisma, 2016)

Meskipun teknologi GNSS RTK-NTRIP telah banyak digunakan dalam kegiatan survei dan pemetaan, Ketersediaan data spasial detail yang menggambarkan kondisi eksisting kawasan Masjid Raya Kota Batam masih diperlukan sebagai dasar perencanaan, pengelolaan aset, dan pengembangan kawasan. Selain itu, diperlukan evaluasi terhadap kualitas geometrik hasil pengukuran GNSS RTK-NTRIP untuk mengetahui tingkat kesesuaian data yang diperoleh terhadap kondisi sebenarnya di lapangan.

Untuk mengevaluasi kualitas hasil pengukuran tersebut, dilakukan evaluasi kesesuaian geometrik jarak antar titik dengan membandingkan jarak hasil pengukuran langsung menggunakan meteran terhadap jarak yang dihitung dari koordinat GNSS RTK-NTRIP. Perhitungan jarak antar titik dilakukan menggunakan metode *Euclidean Distance*. *Euclidean Distance* merupakan metode perhitungan jarak lurus antara dua titik dalam ruang koordinat yang diperkenalkan oleh Euclid dan banyak digunakan dalam analisis spasial serta pengolahan data koordinat (Derisma dkk., 2016).

Selain ketelitian posisi titik, kualitas suatu hasil pemetaan juga dipengaruhi oleh kesesuaian hubungan geometrik antar objek yang direpresentasikan pada peta. Salah satu aspek yang dapat dievaluasi adalah kesesuaian jarak antar titik hasil pengukuran terhadap kondisi di lapangan. Evaluasi tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah hubungan geometrik yang dibentuk oleh koordinat hasil pengukuran tetap mampu merepresentasikan kondisi sebenarnya sehingga hasil pemetaan dapat digunakan sebagai informasi spasial yang andal.

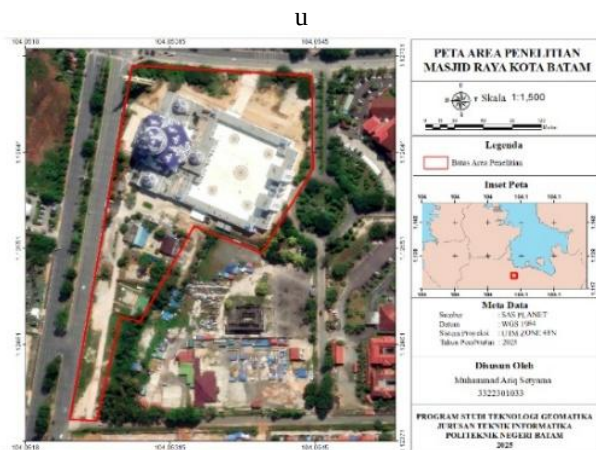
Berdasarkan uraian tersebut, Penelitian ini bertujuan menghasilkan data spasial detail kawasan Masjid Raya Kota Batam yang menggambarkan kondisi eksisting kawasan menggunakan metode GNSS RTK-NTRIP, serta mengevaluasi kesesuaian geometrik jarak hasil pengukuran terhadap hasil pengukuran langsung di lapangan. Hasil penelitian diharapkan dapat menghasilkan peta situasi skala 1:1.500 yang menggambarkan kondisi eksisting kawasan penelitian serta memberikan informasi mengenai kualitas geometrik data hasil pengukuran GNSS RTK-NTRIP sebagai pendukung kegiatan perencanaan, inventarisasi aset, dan pengelolaan kawasan secara berkelanjutan.

2.0 METODE



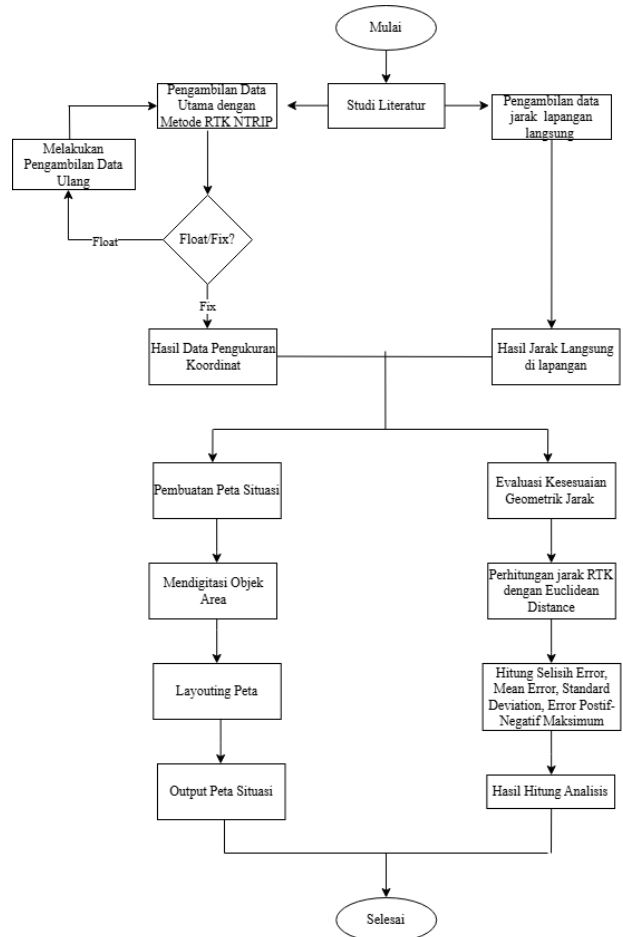
Gambar 2.1 Masjid Raya Kota Batam

Penelitian ini dilaksanakan di Masjid Raya Kelurahan Teluk Tering, Kecamatan Batam kota, Kota Batam. Masjid ini dibangun di atas lahan seluas sekitar 33.392 m² dengan kapasitas 10.000 jamaah dan menara setinggi 66 meter yang menjadi ikon visual dan spiritual kota. Masjid yang sebelumnya bernama Masjid Raya Kota Batam yang dimana proses pembangunan dari masjid tersebut dimulai pada tahun 1899. Pemberian nama baru Masjid Agung Raja Hamidah merupakan penghormatan kepada Engku Puteri Raja Hamidah, seorang pahlawan wanita Melayu yang berjasa besar dalam menjaga kedaulatan Kerajaan Riau-Lingga-Pahang. Engku Puteri, istri Sultan Mahmud Riayat Syah, terkenal sebagai sosok yang tangguh dan berhasil menyatukan masyarakat berbagai etnis di bawah naungan Kerajaan (Cancerlia dkk., 2025). Teknik *sampling* yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu pemilihan titik pengukuran yang dilakukan dengan sengaja memilih area pengambilan data yang berbeda dan spesifik misalnya jalan, parkir, taman, menara dan lain-lain.



Gambar 2.2 Peta Area Penelitian Masjid Raya Kota Batam

Pada Gambar diatas merupakan Peta Area Penelitian yang dibuat berskalakan 1:1.500. dalam pembuatan peta area tersebut menggunakan data skunder yaitu pengambilan data citra melalui proses digitasi dengan *software SASPlanet*.



Gambar 2.3 Diagram Alir

Diagram alir ini merupakan tahapan sistematis terkait alur proses memahami bagaimana penelitian ini berjalan hingga menjadi output. Mulai dari studi literatur lalu mengumpulkan data melalui proses yang panjang menggunakan metode GNSS RTK dan Meteran hingga melakukan evaluasi kesesuaian geometrik yang kemudian dilanjutkan dengan pembuatan output yaitu berupa peta situasi berskala 1:1.500

Alat dan Bahan:

1. EFIX C5 RTK GNSS Receiver

Digunakan sebagai instrumen utama untuk memperoleh koordinat titik-titik detail situasi menggunakan metode GNSS RTK berbasis NTRIP secara *real-time*. Koordinat yang diperoleh digunakan sebagai dasar penyusunan peta situasi dan evaluasi kesesuaian geometrik jarak

2. Meteran Assist 10 meter

Digunakan untuk mengukur panjang sisi antar pasangan titik secara langsung di lapangan sebagai data pembandingan terhadap panjang sisi hasil perhitungan dari koordinat GNSS RTK-NTRIP.

3. Citra SAS.Planet

Citra yang diperoleh dari SAS.Planet digunakan sebagai peta dasar (*basemap*) dalam proses digitasi dan sebagai referensi visual untuk mengidentifikasi objek-objek detail situasi pada kawasan penelitian.

4. ArcGIS ArcMap

ArcGIS ArcMap digunakan sebagai perangkat lunak untuk mengolah data spasial, melakukan digitasi objek

hasil survei, mengatur sistem koordinat, serta menyusun *layout* peta situasi.

5. Microsoft Excel

Microsoft Excel digunakan untuk mengolah data hasil pengukuran, melakukan perhitungan statistik, seperti *Mean Error* dan *Standard Deviation*, serta menyusun data dalam bentuk tabel.

2.1. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan secara langsung di lapangan menggunakan metode GNSS RTK-NTRIP untuk memperoleh koordinat objek detail situasi pada kawasan penelitian. Selain pengambilan koordinat, dilakukan pula pengukuran jarak menggunakan meteran digunakan sebagai data pembanding dalam Evaluasi Kesesuaian Geometrik Jarak hasil pengukuran GNSS RTK-NTRIP.

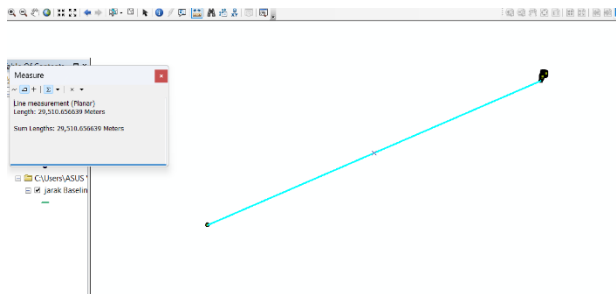
2.1.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan sebelum pelaksanaan pengambilan data lapangan dengan tujuan untuk mengenali kondisi kawasan penelitian, menentukan batas area yang akan dipetakan, serta mengidentifikasi objek-objek detail situasi yang akan diukur. Pada tahap ini juga dilakukan pengecekan kesiapan peralatan, koneksi internet, serta layanan koreksi NTRIP guna memastikan proses pengukuran menggunakan GNSS RTK-NTRIP dapat berlangsung dengan baik.

2.1.2 Pengambilan Data Koordinat

Pengambilan data koordinat dilakukan menggunakan EFIX C5 RTK GNSS Receiver dengan metode GNSS RTK-NTRIP. Pengukuran dilakukan pada setiap objek detail situasi yang menjadi fokus penelitian, seperti sudut bangunan, pagar, jalan, area parkir, taman, serta objek lain yang berada di dalam kawasan penelitian.

Data yang diperoleh berupa koordinat X, Y, dan Z yang selanjutnya digunakan sebagai data utama dalam proses pengolahan dan penyusunan peta situasi.



Gambar 2.4 Panjang Jarak Bseline Dari Stasiun CORS ke Lokasi Penelitian

Pengukuran GNSS RTK-NTRIP pada penelitian ini memanfaatkan layanan koreksi diferensial dari Stasiun Continuously Operating Reference Station (CORS) BIG yang berlokasi di Tanjung Uncang, Kota Batam. Berdasarkan hasil pengukuran jarak menggunakan data lokasi stasiun CORS BIG yang diperoleh melalui Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI), panjang *baseline* antara stasiun CORS BIG dan lokasi penelitian di Kawasan Masjid Raya Kota Batam adalah sekitar 29,51 km, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.4. *Baseline* tersebut merupakan jarak antara rover dan stasiun

referensi CORS BIG Tanjung Uncang yang menyediakan koreksi RTK selama proses pengamatan. Panjang *baseline* merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas koreksi diferensial pada metode GNSS RTK-NTRIP, karena semakin panjang jarak antara stasiun referensi dan rover maka potensi perbedaan pengaruh atmosfer, seperti ionosfer dan troposfer, terhadap kedua titik pengamatan cenderung meningkat. Pada penelitian ini, seluruh titik pengamatan memperoleh solusi FIXED, sehingga panjang *baseline* tersebut masih mendukung proses pengukuran GNSS RTK-NTRIP pada lokasi penelitian.



Gambar 2.5 Pengambilan koordinat menggunakan GPS Geodetik - GNSS RTK

2.1.3 Pengambilan Data Jarak

Pengambilan data jarak dilakukan menggunakan meteran sepanjang 10 meter pada beberapa pasangan titik yang telah ditentukan di lapangan. Pengukuran dilakukan secara langsung antar titik yang sama dengan titik hasil pengamatan GNSS RTK-NTRIP sehingga data yang diperoleh dapat digunakan sebagai pembanding. Sampel ditentukan sebanyak 16 sampel pengukuran. Penentuan jumlah sampel mengacu pada Standar Ketelitian Peta Dasar yang mensyaratkan jumlah minimum 12 sampel untuk luas area pengujian kurang dari 250 km². Dalam penelitian ini digunakan 16 pasangan titik, sehingga jumlah sampel melebihi ketentuan minimum untuk meningkatkan keterwakilan data dalam proses evaluasi kesesuaian geometrik jarak antar titik. Hasil pengukuran jarak ini selanjutnya digunakan dalam proses evaluasi kesesuaian geometrik jarak dengan membandingkannya terhadap jarak yang dihitung berdasarkan koordinat hasil pengamatan GNSS menggunakan metode *Euclidean Distance*.

Hasil pengukuran jarak ini selanjutnya digunakan dalam proses evaluasi kesesuaian geometrik jarak dengan membandingkannya terhadap jarak yang dihitung berdasarkan koordinat hasil pengamatan GNSS menggunakan metode *Euclidean Distance*.

Pengukuran langsung menggunakan meteran dipilih sebagai data pembanding karena penelitian ini berfokus pada evaluasi kesesuaian geometrik jarak, bukan pada pengujian atau kalibrasi ketelitian instrumen GNSS RTK-NTRIP. Meteran digunakan untuk memperoleh jarak antar pasangan titik secara langsung di lapangan, sehingga hasil pengukurannya dapat dibandingkan dengan jarak yang dihitung dari koordinat GNSS RTK-NTRIP menggunakan metode *Euclidean Distance*. Dengan demikian, evaluasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hubungan geometrik antar titik yang dihasilkan oleh kedua metode pengukuran, bukan untuk

menetapkan bahwa hasil pengukuran meteran memiliki ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan GNSS RTK-NTRIP.



Gambar 2.5 Pengambilan Jarak dengan Meteran

2.2. Pengolahan Data

Data hasil pengukuran lapangan berupa koordinat X, Y, dan Z serta data hasil pengukuran jarak selanjutnya diolah untuk menghasilkan peta situasi dan melakukan analisis tingkat ketelitian. Pengolahan data dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* dan *ArcGIS ArcMap* melalui beberapa tahapan, yaitu pengolahan koordinat, perhitungan jarak menggunakan metode *Euclidean Distance*, serta penyusunan peta situasi.

Gambar 2.6 Hasil Pengambilan Data Koordinat Menggunakan GNSS RTK NTRIP

EVALUASI KESESUAIAN GEOMETRIK JARAK					
Nomor	Titik Nomor	Data Koordinat GNSS RTK Easting	North	Jarak RTK	Data Jarak Langsung (Meteran)
1	150	394643.386	124448.99	5.510942751	5.495
	151	394645.457	124454.097		
	179	394638.918	124461.658		
2	186	394631.981	124467.96	7.006937491	7.022
	358	394652.47	124433.647		
3	359	394654.107	124436.541	3.324906766	3.315
	338	394627.396	124441.831		
	339	394632.976	124439.263		
4	213	394600.98	124484.712	1.268355234	1.279
	214	394601.515	124485.862		
	389	394646.999	124586.365		
6	390	394647.833	124590.065	3.792829551	3.812
	507	394712.579	124586.575		
7	512	394710.999	124590.237	3.988313428	4.012
	570	394722.581	124562.212		
	572	394719.767	124563.556		
9	283	394715.807	124564.658	4.233803491	4.219
	282	394713.703	124560.984		
	635	394772.696	124576.144		
10	634	394774.04	124574.134	2.417940446	2.447
	653	394788.942	124591.334		
	652	394793.524	124591.242		
12	301	394784.251	124530.108	6.426733229	6.447
	302	394782.001	124524.088		
	78	394591.851	124389.818		
13	77	394597.89	124389.065	6.085764537	6.101
	21	394612.27	124404.569		
14	77	394612.27	124404.569	7.069896746	7.044

Gambar 2.7 Evaluasi Kesesuaian Geometri jarak menggunakan Excel

Mean Error	-0.0053
Standard Deviation	0.02334
Error Positif Max	0.03292
Error Negatif Max	-0.04652

Gambar 2.8 Hasil Analisis Kesesuaian Geometri

2.2.1 Pengolahan Data Koordinat

Data koordinat hasil pengukuran menggunakan metode GNSS RTK-NTRIP terlebih dahulu diperiksa untuk memastikan kelengkapan dan konsistensi data yang diperoleh di lapangan. Selanjutnya, data disusun menggunakan *Microsoft Excel* dengan format yang sesuai agar dapat digunakan pada proses perhitungan jarak serta diimpor ke dalam perangkat lunak *ArcGIS ArcMap*. Data koordinat yang digunakan terdiri atas nilai koordinat X dan Y yang menjadi dasar dalam proses pengolahan selanjutnya.

2.2.2 Perhitungan Jarak Menggunakan Metode Euclidean Distance

Perhitungan jarak antar titik dilakukan menggunakan metode *Euclidean Distance* berdasarkan koordinat hasil pengukuran GNSS RTK-NTRIP. Metode ini digunakan untuk memperoleh jarak lurus antara dua titik berdasarkan nilai koordinat X dan Y. Hasil perhitungan jarak tersebut selanjutnya digunakan sebagai data pembanding terhadap hasil pengukuran langsung menggunakan meteran dalam proses evaluasi kesesuaian geometrik jarak.

Euclidean Distance

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Keterangan:

d = jarak antar titik (m)

X_1, Y_1 = koordinat titik pertama

X_2, Y_2 = koordinat titik kedua

2.2.3 Evaluasi Kesesuaian Geometrik Panjang Sisi

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan jarak hasil perhitungan *Euclidean Distance* dari koordinat GNSS RTK-NTRIP terhadap jarak hasil pengukuran langsung di lapangan. Selisih antara kedua hasil pengukuran dihitung sebagai nilai *error*, kemudian dianalisis menggunakan parameter statistik berupa nilai *mean* dan *Standard Deviation*. Hasil analisis tersebut digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian geometrik jarak hasil pengukuran GNSS RTK-NTRIP dalam merepresentasikan jarak antar titik pada kawasan penelitian.

Selisih Error

$$e = D_{(GNSS)} - D_{(Meteran)}$$

Keterangan:

e = Selisih pengukuran (meter)

d_{GNSS} = Jarak hasil perhitungan *Euclidean Distance*

$d_{Meteran}$ = Jarak hasil pengukuran meteran

Mean Error

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$$

Keterangan:

$\bar{e}$ = nilai rata-rata *error* (meter)

e_i = nilai *error* pada pengukuran ke- i (meter)

n = jumlah sampel pengukuran

Standard Deviation

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n - 1}}$$

Keterangan:

s = *Standard Deviation* (meter)

e_i = nilai *error* pada pengukuran ke- i (meter)

$\bar{e}$ = nilai rata-rata *error* (meter)

n = jumlah sampel pengukuran

Error Positif Maksimum

Error positif maksimum merupakan nilai *error* terbesar yang diperoleh dari seluruh hasil pengukuran, yaitu nilai *error* positif tertinggi antara jarak hasil perhitungan GNSS RTK-NTRIP dan hasil pengukuran meteran.

Keterangan:

Error Positif Maksimum = nilai *error* positif terbesar (meter).

Error Negatif Maksimum

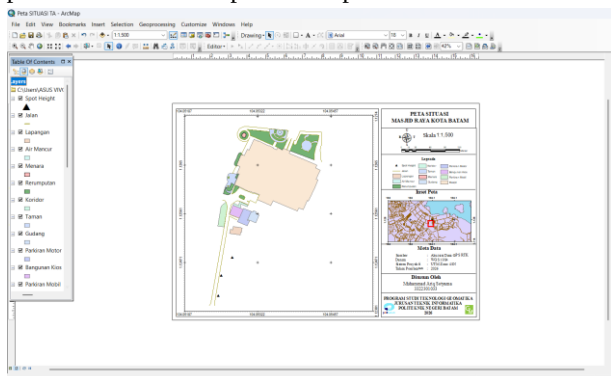
Error negatif maksimum merupakan nilai *error* terkecil (paling negatif) yang diperoleh dari seluruh hasil pengukuran, yaitu nilai *error* negatif terbesar antara jarak hasil perhitungan GNSS RTK-NTRIP dan hasil pengukuran meteran.

Keterangan:

Error Negatif Maksimum = nilai *error* negatif terbesar (meter).

2.2.4 Penyusunan Peta Situasi

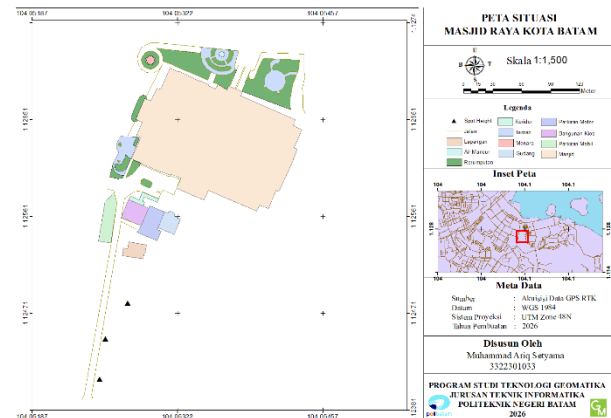
Data koordinat yang telah melalui proses pengolahan dan analisis selanjutnya diimpor ke dalam *ArcGIS ArcMap* untuk penyusunan peta situasi. Tahapan ini meliputi pembuatan *layer*, digitasi objek berdasarkan hasil survei lapangan, penyuntingan atribut, pemberian simbolisasi, serta penyusunan *layout* peta yang dilengkapi dengan unsur-unsur kartografi, seperti judul, legenda, arah utara, skala, sistem koordinat, dan informasi pendukung lainnya. Hasil akhir dari tahapan ini berupa peta situasi kawasan penelitian pada skala 1:1.500.



Gambar 2.8 Pengolahan Peta Situasi

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran menggunakan metode GNSS RTK NTRIP menghasilkan data koordinat detail situasi yang selanjutnya diolah menjadi peta situasi skala 1:1.500. Peta yang dihasilkan menampilkan berbagai objek situasi yang terdapat pada kawasan Masjid Raya Kota Batam, seperti bangunan utama masjid, menara, jalan, area parkir, taman, serta bangunan pendukung lainnya.



Gambar 3.1 Hasil peta Situasi

Hasil digitasi terlihat kondisi seperti lapangan, parkir motor, parkir mobil, bangunan kios, gudang, masjid, rerumputan, menara, taman, air mancur, jalan, koridor, dan spot eheight. Pada peta terlihat bahwa bangunan utama masjid menjadi objek dominan yang berada pada bagian tengah kawasan penelitian. Selain itu, terdapat area ruang terbuka hijau dan taman yang tersebar pada beberapa bagian kawasan. Jaringan jalan dan area parkir juga berhasil dipetakan dengan baik sehingga mampu menggambarkan kondisi eksisting kawasan penelitian secara menyeluruh.

Peta situasi yang dihasilkan telah dilengkapi dengan unsur-unsur kartografi berupa judul peta, legenda, arah utara, skala, sistem koordinat, serta informasi pendukung lainnya sehingga dapat digunakan sebagai media penyajian informasi spasial kawasan penelitian.

3.1 Hasil Pengukuran Jarak GNSS RTK dan Meteran

Pengukuran detail situasi dilakukan menggunakan metode GNSS RTK NTRIP pada kawasan Masjid Raya Kota Batam. Koordinat hasil pengukuran kemudian digunakan untuk menghitung jarak antar pasangan titik menggunakan metode *Euclidean Distance*. Selanjutnya, jarak tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung di lapangan menggunakan meteran pada pasangan titik yang sama.

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap 16 sampel pasangan titik, diperoleh nilai selisih (*error*) antara jarak hasil GNSS RTK dan jarak hasil pengukuran meteran. Nilai *error* dihitung menggunakan Persamaan:

$Error = \text{Jarak RTK} - \text{Jarak Meteran}$

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa nilai *Mean Error* sebesar -0,0053 m. Nilai tersebut menunjukkan bahwa secara rata-rata hasil pengukuran

GNSS RTK menghasilkan jarak yang 0,53 cm lebih pendek dibandingkan hasil pengukuran menggunakan meteran.

Selain itu, diperoleh nilai *Standard Deviation* sebesar 0,023335 m atau 2,3 cm yang menunjukkan bahwa variasi kesalahan antar sampel relatif kecil. Nilai *error* positif maksimum yang diperoleh sebesar +0,032924 m, sedangkan *error* negatif maksimum sebesar -0,04652 m.

3.2 Analisis Error Pengukuran Jarak

Tabel 3.1 Hasil Evaluasi Geometri Jarak

Nomor	Titik Nomor	Data Koordinat GNSS RTK		Jarak RTK (M)	Data Jarak (Meteran)	Selisih Error
		Easting	Northing			
1	150	394643,386	124448,99	5,510942751	5,495	0,01594275
	151	394645,457	124454,097			
2	179	394628,918	124461,658	7,006937491	7,022	-0,01506251
	186	394631,981	124467,96			
3	358	394652,47	124433,647	3,324906766	3,315	0,00990677
	359	394654,107	124436,541			
4	338	394627,396	124441,831	6,142558425	6,114	0,02855842
	339	394632,976	124439,263			
5	213	394600,98	124484,712	1,268355234	1,279	-0,01064477
	214	394601,515	124485,862			
6	389	394646,999	124586,365	3,792829551	3,812	-0,01917045
	390	394647,833	124590,065			
7	507	394712,579	124586,575	3,988313428	4,012	-0,02368657
	512	394710,999	124590,237			
8	570	394722,581	124562,212	3,118482323	3,165	-0,04651768
	572	394719,767	124563,556			
9	283	394715,807	124564,658	4,233803491	4,219	0,01480349
	282	394713,703	124560,984			
10	635	394772,696	124576,144	2,417940446	2,447	-0,02905955
	634	394774,04	124574,134			
11	653	394788,942	124591,334	4,582923521	4,55	0,03292352
	652	394793,524	124591,242			
12	301	394784,251	124530,108	6,426733229	6,447	-0,02026677
	302	394782,001	124524,088			
13	78	394591,851	124389,818	6,085764537	6,101	-0,01523546
	77	394597,89	124389,065			
14	21	394612,27	124404,569	7,069896746	7,044	0,02589675
	22	394611,074	124397,601			
15	23	394592,859	124410,007	3,4649215	3,48	-0,0150785
	25	394593,479	124413,416			
16	94	394578,625	124313,393	6,154872054	6,173	-0,01812795
	93	394584,636	124312,07			

Mean Error	-0,0053
Standard Deviation	0,023335
Error Positif Max	0,032924
Error Negatif Max	-0,04652

Nilai *Mean Error* yang mendekati nol menunjukkan bahwa hasil pengukuran jarak menggunakan GNSS RTK memiliki tingkat kesesuaian yang baik terhadap hasil pengukuran lapangan menggunakan meteran.

Perbedaan rata-rata sebesar 0,53 cm menunjukkan bahwa tidak terdapat bias yang signifikan pada hasil pengukuran GNSS RTK.

Nilai *Standard Deviation* sebesar 0,023335 m menunjukkan bahwa sebaran *error* relatif kecil dan pengukuran yang dilakukan memiliki konsistensi yang baik. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar hasil pengukuran berada di sekitar nilai rata-rata *error* yang diperoleh.

Error positif maksimum sebesar +0,032924 m menunjukkan bahwa pada beberapa pasangan titik, jarak hasil GNSS RTK lebih panjang sekitar 3,29 cm dibandingkan hasil pengukuran meteran. Sebaliknya, *error* negatif maksimum sebesar -0,04652 m menunjukkan bahwa pada pasangan titik tertentu, jarak hasil GNSS RTK lebih pendek sekitar 4,65 cm dibandingkan hasil pengukuran meteran.

Secara keseluruhan, seluruh selisih pengukuran masih berada pada orde sentimeter. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa koordinat hasil pengukuran GNSS RTK mampu merepresentasikan hubungan geometrik antar titik dengan baik sehingga jarak yang dihitung dari koordinat RTK memiliki kesesuaian yang tinggi terhadap jarak aktual di lapangan.

3.3 Evaluasi Kesesuaian Geometrik Jarak

Evaluasi kesesuaian geometrik jarak dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian jarak hasil perhitungan berdasarkan koordinat GNSS RTK-NTRIP terhadap hasil pengukuran langsung menggunakan meteran pada 16 pasangan titik. Jarak hasil GNSS diperoleh menggunakan metode Euclidean Distance, kemudian selisih kedua hasil pengukuran dianalisis menggunakan parameter *Mean Error*, *Standard Deviation*, *error* positif maksimum, dan *error* negatif maksimum.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Mean Error* sebesar -0,0053 m, yang menunjukkan bahwa rata-rata selisih jarak antara hasil GNSS RTK-NTRIP dan hasil pengukuran langsung hanya sekitar 0,53 cm. Nilai *Mean Error* yang mendekati nol mengindikasikan bahwa secara umum tidak terdapat kecenderungan sistematis (*systematic bias*) bahwa hasil pengukuran GNSS RTK-NTRIP selalu lebih besar atau lebih kecil dibandingkan hasil pengukuran langsung menggunakan meteran. Dengan demikian, jarak yang dihitung dari koordinat GNSS RTK-NTRIP memiliki tingkat kesesuaian yang baik terhadap hasil pengukuran di lapangan.

Selain itu, diperoleh nilai *Standard Deviation* sebesar 0,023335 m, yang menunjukkan bahwa variasi selisih jarak antar pasangan titik relatif kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil pengukuran GNSS RTK-NTRIP memiliki konsistensi yang baik karena sebagian besar nilai *error* berada di sekitar nilai rata-ratanya. Dengan demikian, perbedaan jarak yang diperoleh tidak menunjukkan penyimpangan yang signifikan antar pasangan titik pengamatan.

Hasil evaluasi juga menunjukkan bahwa *error* positif maksimum sebesar +0,032924 m terjadi pada sampel ke-11 (pasangan titik 653–652), sedangkan *error* negatif

maksimum sebesar $-0,04652$ m terjadi pada sampel ke-8 (pasangan titik 570–572). Nilai tersebut menunjukkan bahwa selisih terbesar yang terjadi selama pengukuran masih berada pada orde sentimeter.

Selama proses pengukuran, seluruh titik pengamatan memperoleh solusi GNSS RTK-NTRIP dengan status *FIXED*, yang menunjukkan bahwa proses penentuan posisi telah berhasil mencapai solusi RTK dengan tingkat keandalan yang baik. Oleh karena itu, variasi *error* yang diperoleh tidak dapat diinterpretasikan semata-mata sebagai akibat dari kegagalan solusi RTK.

Berdasarkan kondisi lapangan, pasangan titik 570–572 yang menghasilkan *error* negatif maksimum berada sangat dekat dengan bangunan utama Masjid Raya Kota Batam. Keberadaan bangunan tersebut berpotensi mengurangi keterbukaan langit (*sky visibility*) dan meningkatkan kemungkinan terjadinya pantulan sinyal (*multipath*) yang dapat memengaruhi kualitas pengamatan GNSS. Sementara itu, pasangan titik 653–652 yang menghasilkan *error* positif maksimum berada pada area taman yang relatif terbuka. Kondisi ini menunjukkan bahwa variasi *error* tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pengamatan, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti proses identifikasi titik di lapangan, kestabilan solusi GNSS RTK-NTRIP selama pengamatan, maupun ketelitian pengukuran langsung menggunakan meteran. Penelitian ini tidak melakukan analisis kualitas sinyal GNSS, seperti *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), residual pengamatan, maupun indikator *multipath*, sehingga pengaruh masing-masing faktor tersebut tidak dapat ditentukan secara kuantitatif.

Penggunaan meteran sebagai data pembanding pada penelitian ini memiliki keterbatasan karena hasil pengukurannya dipengaruhi oleh teknik pengukuran, identifikasi titik, kondisi lapangan, serta pembacaan skala. Oleh karena itu, hasil evaluasi pada penelitian ini perlu dipahami sebagai evaluasi kesesuaian geometrik jarak antara hasil perhitungan dari koordinat GNSS RTK-NTRIP dan hasil pengukuran langsung pada objek yang sama, bukan sebagai penentuan instrumen yang lebih akurat atau sebagai validasi metrologis terhadap ketelitian GNSS RTK-NTRIP.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi memperlihatkan bahwa pengukuran GNSS RTK-NTRIP menghasilkan Mean Error yang mendekati nol, Standard Deviation yang relatif kecil, serta *error* maksimum yang masih berada pada orde sentimeter. Ketiga parameter tersebut mengindikasikan bahwa jarak yang dihitung dari koordinat GNSS RTK-NTRIP memiliki tingkat kesesuaian geometrik yang baik terhadap hasil pengukuran langsung menggunakan meteran. Dengan demikian, hubungan geometrik antar titik pada kawasan penelitian dapat direpresentasikan secara konsisten oleh hasil pengukuran GNSS RTK-NTRIP.

Meskipun terdapat variasi *error* pada beberapa pasangan titik, seluruh selisih panjang sisi yang diperoleh masih berada pada orde sentimeter. Nilai *error* negatif maksimum sebesar $4,65$ cm dan *error* positif maksimum sebesar $3,29$ cm masih berada di bawah batas toleransi jarak yang digunakan dalam kegiatan pengukuran bidang tanah Berdasarkan Petunjuk Teknis PMNA/KBPN

Nomor 3 Tahun 1997, toleransi perbedaan jarak pada pengukuran bidang tanah ditetapkan sebesar 10 cm untuk kawasan nonpertanian dan 25 cm untuk kawasan pertanian. Meskipun peraturan tersebut disusun sebagai pedoman teknis dalam kegiatan pengukuran bidang tanah, pada penelitian ini toleransi tersebut digunakan sebagai acuan pembanding untuk menginterpretasikan besarnya selisih hasil pengukuran. Berdasarkan hal tersebut, hasil evaluasi menunjukkan bahwa jarak yang dihitung dari koordinat GNSS RTK-NTRIP memiliki kesesuaian geometrik yang baik terhadap hasil pengukuran langsung menggunakan meteran sehingga dapat mendukung penyusunan peta situasi yang menggambarkan kondisi eksisting Kawasan.

4.0 KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menghasilkan peta situasi skala $1:1.500$ kawasan Masjid Raya Kota Batam menggunakan metode GNSS RTK-NTRIP yang mampu merepresentasikan kondisi eksisting kawasan sebagai informasi spasial untuk mendukung kegiatan perencanaan, pengelolaan aset, dan pengembangan kawasan.

Evaluasi kesesuaian geometrik yang dilakukan melalui perbandingan jarak antar titik hasil perhitungan *Euclidean Distance* berdasarkan koordinat GNSS RTK-NTRIP dengan hasil pengukuran langsung menggunakan meteran pada 16 sampel pasangan titik menunjukkan bahwa selisih jarak masih berada pada orde sentimeter. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa hubungan geometrik antar titik yang diperoleh dari pengukuran GNSS RTK-NTRIP memiliki kesesuaian yang baik terhadap hasil pengukuran langsung di lapangan.

Berdasarkan hasil penelitian, metode GNSS RTK-NTRIP dapat digunakan untuk penyusunan peta situasi skala $1:1.500$ karena mampu menghasilkan representasi geometrik objek yang konsisten dengan kondisi eksisting kawasan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada dosen Program Studi Geomatika, Politeknik Negeri Batam, yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama masa perkuliahan hingga semester akhir.

Ucapan terima kasih juga peneliti sampaikan kepada dosen pembimbing, Ir. Oktavianto Gustin, S.T., M.T., IPM, yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan dalam penyusunan penelitian ini.

Peneliti juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta semangat sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian ini.

Tidak lupa, peneliti mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta kebersamaan selama proses penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 8202:2019 Ketelitian peta dasar*. Badan Standardisasi Nasional.
- Bhaskara, W. W., & A. (2024). Analisis penggunaan teknologi *multi-constellation* GNSS dalam sistem navigasi udara. *Jurnal STTKD*, 29–37.
- Cancerlia, C., & H. (2025). Etnomatematika dan GeoGebra: Studi geometri arsitektur Islam pada Masjid Agung Raja Hamidah di Kota Batam. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 705–718.
- Derisma, F. R. (2016). Perancangan ikat pinggang elektronik untuk tunanetra menggunakan mikrokontroller dan *Global Positioning System* (GPS) pada *smartphone* Android. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 130–136.
- El-Mowafy. (2012). *Precise real-time positioning*.
- Hafiz, E. G., & A. (2014). Analisis pengaruh panjang *baseline* terhadap ketelitian pengukuran situasi dengan menggunakan GNSS metode RTK-NTRIP (Studi kasus: Semarang, Kabupaten Kendal dan Boyolali). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 315–331.
- Miftahuddin, Y., & U. (2020). Perbandingan metode perhitungan jarak Euclidean, Haversine, dan Manhattan dalam penentuan posisi karyawan (Studi kasus: Institut Teknologi Nasional Bandung). *Jurnal Tekno Insentif*, 69–77.
- Panuntun, H., & M. (2022). Perbandingan pengukuran TDT orde 4 menggunakan GNSS metode RTK NTRIP dan radio. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, 1–12.
- Rahmawati, D., & P. (2020). Aplikasi simpangan baku menggunakan Microsoft Excel. *Jurnal Matematika*, 47–53.
- Rassarandi, F. D., & G. (2022). Pemetaan situasi skala besar (1:500) Kampus Politeknik Negeri Batam. *Jurnal Integrasi*, 69–74.
- Rassarandi, F. D., & S. (2016). Pemetaan situasi dengan metode koordinat kutub di Desa Banyuripan, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. *Jurnal Integrasi*, 50–55.
- Badan Pertanahan Nasional. (1997). *Petunjuk Teknis Pengukuran dan Pemetaan Pendaftaran Tanah*. Jakarta: Badan Pertanahan Nasional.