



## Pendefinisian Koordinat Titik Stasiun GMU2 pada *International Terrestrial Reference Frame (ITRF) 2020* Menggunakan Titik Ikat *International GNSS Service (IGS)*

(*Coordinate Determination of GMU2 Station Point in The International Terrestrial Reference Frame (ITRF) 2020 using International Gns Service (IGS) Reference*)

Dicky Satria Kresnawan, Hidayat Panuntun

Teknologi Survei dan Pemetaan Dasar, Departemen Teknologi Kebumihan SV-UGM, Indonesia

Penulis Korespondensi: Dicky Satria Kresnawan | Email: [dickysatria813@mail.ugm.ac.id](mailto:dickysatria813@mail.ugm.ac.id)

Diterima (Received): 15/Jul/2024 Direvisi (Revised): 23/Nov/2024 Diterima untuk Publikasi (Accepted): 09/Dec/2024

### ABSTRAK

Universitas Gadjah Mada memiliki dua titik stasiun *Continuous Operating Reference System (CORS)* dengan nama GMU1 dan GMU2. Titik GMU2 belum memiliki koordinat definitif karena stasiun tersebut masih baru dan belum dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan koordinat definitifnya. Titik GMU2 tidak bisa dimanfaatkan untuk kegiatan penentuan posisi apabila koordinat definitif titik tersebut belum didefinisikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan koordinat definitif dari titik GMU2. Penelitian ini menggunakan data pengamatan GNSS selama 30 hari tanggal 6 Januari hingga 4 Februari 2024 atau *Day of Year (DOY)* 6 s.d. 35. Pengecekan kualitas data pengamatan menggunakan perangkat lunak TEQC. Pengecekan kualitas data dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari *multipath* dan *delay* yang disebabkan oleh ionosfer. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak GAMIT & GLOBK 10.71. Pengolahan titik GMU2 menggunakan 10 titik ikat IGS yang diolah sesuai standar orde 0. Hasil pengecekan kualitas data menunjukkan bahwa nilai MP1 dan MP2 titik GMU2 di bawah 0,5 meter. Nilai tersebut mengindikasikan pengaruh *multipath* di titik GMU2 minimal. Nilai IOD *slips* mengindikasikan bahwa data hasil perekaman tidak terpengaruh *delay ionospher*. Hasil pengolahan dengan menggunakan titik ikat 10 stasiun IGS menghasilkan nilai koordinat kartesius tiga dimensi (X, Y, Z) untuk titik GMU2 berturut-turut beserta simpangan bakunya adalah  $-2200143,9034$  m  $\pm 5,5$  mm;  $5924784,8966$  m  $\pm 12$  mm;  $-857058,0378$  m  $\pm 3,4$  mm. Nilai koordinat geodetik ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) beserta simpangan bakunya berturut-turut adalah  $-7,7740809854^\circ \pm 0,000101''$ ;  $110,3722668808^\circ \pm 0,000108''$ ;  $201,9747$  m  $\pm 12,9$  mm. Nilai koordinat UTM zona 49S (E, N, U) berturut-turut adalah  $430785,4293$  m  $\pm 3,3$  mm;  $9140626,4215$  m  $\pm 3,1$  mm;  $201,9692$  m  $\pm 12,9$  mm.

**Kata Kunci:** GMU2, GAMIT & GLOBK, GNSS, Titik kontrol

### ABSTRACT

Gadjah Mada University has two *Continuous Operating Reference System (CORS)* stations named GMU1 and GMU2. The GMU2 station does not yet have definitive coordinates because it is new, and data processing has not been conducted to determine its definitive coordinates. GMU2 cannot be used for positioning activities if its definitive coordinates have not been defined. The purpose of this study is to obtain the definitive coordinates of the GMU2 station. This research uses GNSS observation data over 30 days, from January 6 to February 4, 2024, or *Day of Year (DOY)* 6 to 35. The quality check of observation data was performed using TEQC software. This quality check was conducted to determine the influence of *multipath* and *delays* caused by the ionosphere. Data processing was carried out using GAMIT & GLOBK 10.71 software. The processing of the GMU2 station involved 10 IGS tie points, processed according to zero-order standards. The results of the quality check show that the MP1 and MP2 values at the GMU2 station are below 0.5 meters. These values indicate that the *multipath* influence at GMU2 is minimal. The IOD *slips* values indicate that the recorded data are not affected by ionospheric delays. The processing results using 10 IGS tie points produced three-dimensional Cartesian coordinates (X, Y, Z) for GMU2 with the following values and standard deviations:  $-2200143.9034$  m  $\pm 5.5$  mm;  $5924784.8966$  m  $\pm 12$  mm;  $-857058.0378$  m  $\pm 3.4$  mm. The geodetic coordinates ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) and their respective standard deviations are:  $-7.7740809854^\circ \pm 0.000101''$ ;  $110.3722668808^\circ \pm 0.000108''$ ;  $201.9747$  m  $\pm 12.9$  mm. The UTM coordinates in zone 49S (E, N, U) are:  $430785.4293$  m  $\pm 3.3$  mm;  $9140626.4215$  m  $\pm 3.1$  mm;  $201.9692$  m  $\pm 12.9$  mm.

**Keywords:** GMU2, GAMIT & GLOBK, GNSS, Control Point

© Author(s) 2024. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

## 1. Pendahuluan

*Continuous Operating Reference System Global Navigation Satellite Systems* (CORS GNSS) adalah stasiun yang menangkap sinyal satelit GNSS secara kontinu untuk memberikan koreksi koordinat untuk pengukuran posisi dan acuan penentuan posisi secara langsung maupun melalui pengolahan terlebih dahulu (Artini, 2014). Titik kontrol menyediakan titik referensi yang memiliki koordinat yang sangat akurat. Stasiun titik kontrol untuk penentuan posisi akan aktif 24 jam setiap hari (Laksana dkk., 2014). Titik kontrol digunakan sebagai dasar untuk melakukan kegiatan penentuan posisi, pemantauan perubahan tanah, integrasi data geospasial, pengembangan sistem koordinat, pemetaan dan survei lainnya. Titik kontrol dapat digunakan untuk meningkatkan ketelitian data survei dan pemetaan. Selain itu, titik tersebut dapat digunakan untuk pemantauan pergeseran permukaan bumi dan analisis data geospasial.

Universitas Gadjah Mada telah memiliki titik stasiun CORS berjumlah 2 buah. Titik stasiun pertama dengan nama GMU1 telah memiliki koordinat definitif dan berlokasi di Komplek Fakultas Teknik dan dikelola oleh Departemen Teknik Geodesi UGM (Artini, 2018). Untuk mendukung perkembangan Jaring Kontrol Geodesi di Indonesia, Sekolah Vokasi UGM bekerja sama dengan PT. Kompas Navigasi membangun titik stasiun CORS yang baru dengan nama GMU2. Titik GMU2 berlokasi di Lantai 9 Gedung TILC SV UGM. Titik GMU2 (yang selanjutnya disebut sebagai titik GMU2) belum memiliki koordinat definitif karena stasiun tersebut masih baru dan belum dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan koordinatnya. Koordinat definitif pada titik GMU2 sangat dibutuhkan untuk menunjang berbagai kegiatan aplikasi geospasial, seperti pemetaan, navigasi, dan survei. Titik GMU2 tidak bisa dimanfaatkan untuk kegiatan geospasial dan penentuan posisi apabila koordinat definitif titik tersebut belum didefinisikan. Maka dari itu, titik tersebut tidak bisa menjalankan tugas utamanya yaitu sebagai titik kontrol yang aktif selama 24 jam.

Titik kontrol perlu memiliki koordinat definitif agar dapat menjadi titik ikat terhadap titik dengan orde yang lebih rendah. Untuk mencari nilai koordinat definitif suatu titik menggunakan teknologi GNSS, dibutuhkan pengikatan dengan minimal satu titik kontrol lain yang telah diketahui nilai koordinatnya sesuai sistem koordinat ataupun datum tertentu (Panuntun, 2012). Koordinat definitif pada suatu titik perlu diikatkan pada titik ikat dengan orde yang lebih tinggi (Badan Standardisasi Nasional, 2002). Titik ikat dapat menggunakan titik ikat regional (Ina-CORS) maupun titik ikat global (IGS). Penelitian ini menggunakan titik ikat global. Titik ikat tersebut dikelola oleh *International GNSS Service* (IGS). IGS adalah organisasi skala global yang anggotanya berasal dari sekumpulan agensi di dunia yang mengumpulkan berbagai data dari stasiun GNSS dan memelihara sistem GNSS (Nur Lail dkk., 2018). Data GNSS global dikumpulkan oleh stasiun CORS yang tersebar di seluruh dunia (Olushola dkk., 2023). Koordinat definitif titik GMU2 direferensikan secara global terhadap *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF). ITRF

adalah kerangka koordinat secara global hasil dari penggunaan aplikasi dari *International Terrestrial Reference Station* (ITRS) (Bimantara dkk., 2021). Koordinat definitif titik GMU2 diikatkan menggunakan titik ikat IGS. Stasiun IGS dapat digunakan untuk menentukan posisi titik relatif yang sesuai terhadap ITRF.

Belum ada penelitian sebelumnya yang membahas mengenai pendefinisian titik GMU2 pada Universitas Gadjah Mada. Titik GMU2 memerlukan nilai koordinat definitif agar titik ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi geospasial. Maka dari itu, dilakukan penelitian ini untuk mendapatkan koordinat definitif dari titik GMU2. Koordinat tersebut dapat digunakan dalam berbagai kegiatan di bidang geospasial. Penelitian ini juga bertujuan untuk melakukan evaluasi kualitas data perekaman pada titik GMU2.

## 2. Data dan Metodologi

Pendefinisian koordinat titik GMU2 menggunakan data RINEX hasil pengamatan GNSS selama 30 hari. Pengolahan data RINEX dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GAMIT & GLOBK 10.71. Pengecekan kualitas data RINEX menggunakan perangkat lunak TEQC.

### 2.1. Data dan Lokasi

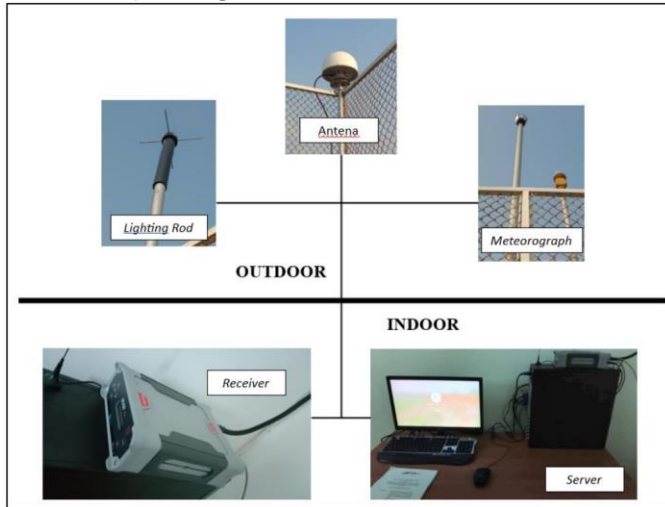
Lokasi penelitian ini adalah titik GMU2 yang sudah terpasang pada Gedung TILC SV UGM. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pengamatan GNSS selama 30 hari, dimulai dari tanggal 6 Januari hingga 4 Februari 2024 (DOY 6 hingga 35). Titik GMU2 diolah menggunakan 10 titik ikat IGS (ANMG, BRUN, COCO, DARW, GUUG, DGAR, KARR, PGEN, SIN1, XMIS). Data pendukung yang digunakan dalam pengolahan meliputi data RINEX IGS, data *precise ephemeris*, dan data *broadcast ephemeris*. Penelitian ini menggunakan pengamatan data meteorologis meliputi pasang surut air laut, pemodelan cuaca, dan pemodelan atmosfer. Lokasi penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Denah lokasi Titik GMU2

Titik GMU2. Perangkat titik GMU2 memiliki beberapa komponen utama yaitu Receiver ComNav M300 pro, Antenna GNSS ComNav AT 500, sensor meteo, penangkal petir, dan perangkat box untuk menghubungkan ke server

CORS. Perangkat keras pada titik GMU2 terdiri dari perangkat keras outdoor dan indoor. Skema perangkat keras titik GMU2 yang digunakan pada titik GMU2 secara detail ditunjukkan pada Gambar 2.2.



## 2.2. Pengecekan Kualitas Data dengan TEQC

*Translation, Editing, Quality Checking* merupakan program berbasis *command line* yang dibuat untuk dapat menyelesaikan beberapa permasalahan sebelum pemrosesan yang terdapat dalam data RINEX multi-GNSS dan terdapat pengeditan dan pemeriksaan kualitas (Estey dkk., 2014). Data observasi titik GMU2 perlu dicek kualitasnya menggunakan perangkat lunak TEQC. Komponen yang dianalisis meliputi efek *multipath* (MP1, MP2) dan efek ionosfer (IOD *slips* dan IOD or MP *slips*) (Yulaikhah dkk., 2018). Informasi yang digunakan dalam analisis untuk mengetahui kualitas data observasi adalah nilai efek dari *multipath* dan efek delay ionosfer (IOD). Standar data observasi dinyatakan baik apabila nilai MP1 & MP2 kurang dari 0,5 meter serta nilai IOD *slips* dan IOD or MP *slips* kurang dari 100.

## 2.3. Pengolahan Data menggunakan GAMIT

GAMIT adalah perangkat lunak ilmiah untuk pengolahan data GNSS dengan ketelitian tinggi yang dikembangkan oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). GAMIT mempunyai beberapa fungsi selain melakukan estimasi koordinat beserta kecepatan stasiun, yaitu sebagai representasi model fungsional dan stokastik suatu deformasi *post-seismic*, orbit satelit, *delay atmosfer*, serta parameter orientasi bumi (Yulaikhah dkk., 2018). Evaluasi pengolahan GAMIT dilihat dari nilai *fract* kurang dari 10 dan nilai *postfit nrms* kurang dari 0,25 m.

Nilai *fract* termuat dalam *q-file*, sedangkan nilai *postfit nrms* dan ambiguitas fase termuat di dalam *file sh\_gamit\_(DOY).summary*. Kesalahan kasar maupun sistematis hasil pengolahan GAMIT dapat dideteksi dengan menggunakan nilai *fract*. Analisis nilai *fract* melibatkan tiga komponen yaitu lintang (*latitude*), bujur (*longitude*), dan radius (jari-jari bumi). Nilai *fract* dianggap baik jika nilainya kurang dari 10. Sebaliknya, nilai *fract* dikatakan buruk jika nilainya lebih dari 10 (Azkiyya, 2023). Nilai *fract* yang lebih kecil dari -10 juga dianggap buruk.

Nilai *postfit nrms* menunjukkan adanya kemungkinan kesalahan pada *cycle slips* (Herring dkk., 2018). Kualitas

pemrosesan dianggap baik jika nilai *postfit nrms* memenuhi standar yaitu kurang dari 0,25 meter. Jika nilai *postfit nrms* melebihi 0,25 meter, hal itu menunjukkan adanya *cycle slips* dalam hasil pemrosesan.

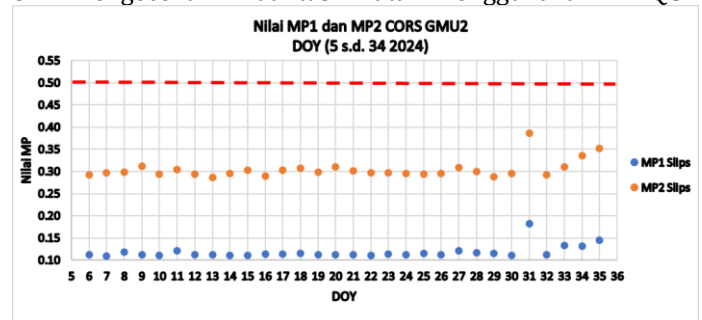
## 2.4. Pengolahan Data menggunakan GLOBK

GLOBK adalah filter Kalman yang memiliki tujuan utama untuk menggabungkan berbagai solusi geodetik contohnya GNSS, VLBI, dan SLR (GeoWeb, 2023). GLOBK berupa paket perangkat lunak yang komprehensif yang mampu mengintegrasikan hasil pemrosesan data survei, baik dari survei darat maupun survei ekstraterestrial. Komponen-komponen kunci dari data masukan di GLOBK melibatkan matriks kovarian koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit, dan koordinat yang dihasilkan dari pengamatan lapangan. Berkas masukan yang digunakan adalah *H-file*, baik yang dihasilkan dari hasil pemrosesan menggunakan GAMIT, GIPSY, atau Bernese maupun *H-file* global (Hajri dkk., 2017). Analisis hasil pengolahan dengan GLOBK menggunakan nilai  $\chi^2/f$  dan *wrms*.

Nilai  $\chi^2/f$  atau disebut juga *chi square increment per degree of freedom* digunakan untuk mengevaluasi konsistensi solusi GAMIT terhadap parameter GLOBK. Semakin kecil nilai  $\chi^2/f$  maka semakin baik konsistensi solusi terhadap parameter GLOBK. Nilai  $\chi^2/f$  tinggi menunjukkan ketidaksesuaian antara data pengukuran dan model yang digunakan, dan bisa menandakan adanya masalah dalam proses pengolahan data. Hasil nilai *wrms* mengindikasikan data terbebas dari *outliers* apabila memiliki nilai kurang dari 10 (Artini, 2013).

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Pengecekan Kualitas Data menggunakan TEQC



Gambar 3.1. Hasil MP1 dan MP2

Gambar 3.1. menunjukkan nilai MP1 dan MP2 pada titik GMU2 untuk setiap *day* selama 30 hari pengamatan. Standar data observasi yang baik apabila memiliki nilai kurang dari 0,5 meter. Nilai MP1 terkecil sebesar 0,109 m pada *day* 7 dan nilai MP1 terbesar adalah 0,182 m pada *day* 31. Nilai MP2 terkecil adalah 0,287 m pada *day* 13. Sedangkan nilai MP2 terbesar adalah 0,387 m pada *day* 31. Secara keseluruhan, hasil dari nilai MP1 dan MP2 telah memenuhi standar bebas dari efek *multipath* dengan rata-rata nilai MP1 sebesar 0,11 m dan nilai MP2 0,29 m. Nilai MP1 dan MP2 kurang dari 0,5 meter disebabkan karena letak titik GMU2 berada di atas Gedung TILC SV UGM. Lokasi tersebut terbebas dari obstruksi sehingga

gangguan yang disebabkan oleh *multipath* dapat diminimalisir.

Tabel 3.1. Hasil IOD *slips* dan IOD *or MP slips*

<i>DOY</i>	IOD <i>Slips</i>	IOD <i>or MP Slips</i>	<i>DOY</i>	IOD <i>Slips</i>	IOD <i>or MP Slips</i>
6	2	2	21	2	2
7	1	1	22	2	2
8	2	2	23	7	7
9	11	11	24	2	2
10	3	3	25	3	3
11	38	38	26	6	6
12	2	2	27	7	7
13	2	2	28	2	2
14	9	9	29	2	2
15	2	2	30	4	4
16	2	2	31	66	66
17	3	3	32	2	2
18	13	13	33	19	19
19	2	2	34	28	29
20	8	8	35	58	61

Analisis selanjutnya untuk mengetahui kualitas data observasi menggunakan nilai IOD *slips* dan IOD *or MP slips*. Nilai IOD *slips* dan IOD *or MP slips* pada data observasi titik GMU2 ditampilkan pada Tabel 3.1. Nilai IOD *slips* harus bernilai di bawah 100 yang mengindikasikan data

observasi terbebas dari efek delay lapisan atmosfer khususnya pada lapisan ionosfer (Taftazani, 2013). Sementara itu, nilai IOD *or MP slips* dihasilkan dari perhitungan derivatif IOD *slip* dan MP *slips* (Estey & Wier, 2014).

### 3.2. Hasil Pengolahan Data menggunakan GAMIT

#### 3.2.1. Analisis Nilai *Fract*

Berdasarkan pada Tabel 3.2 dapat diketahui bahwa nilai *fract* pada pengolahan menggunakan GAMIT menghasilkan nilai berkisar -1.7 s.d. 2.3. Nilai *fract* yang tidak tertampil pada tabel di atas menunjukkan bahwa data RINEX pada *DOY* tersebut tidak tersedia. Nilai *fract* paling tinggi terdapat pada stasiun GUUG komponen radius. Rentang nilai *fract* pada setiap komponen adalah sebagai berikut:

1. Nilai *fract latitude* bernilai -0,8 s.d. 1,2
2. Nilai *fract longitude* bernilai -1,4 s.d. 1,3
3. Nilai *fract radius* bernilai -1,7 s.d. 2,3

Nilai *fract* setiap *DOY* memiliki nilai dengan standar kualitas data yang baik, yaitu kurang dari 10. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat kesalahan sistematis maupun kesalahan kasar pada pengolahan menggunakan GAMIT. Nilai *fract* mengindikasikan bahwa data tersebut mengalami koreksi pada pendekatan koordinatnya. Semakin besar koreksi koordinat maka nilai *fract* semakin besar.

Tabel 3.2. Nilai *Fract* Hasil Pengolahan Data menggunakan GAMIT

<i>DOY</i>	ANMG			BRUN			COCO			DARW			DGAR			GMU2			GUUG			KARR			PGEN			SINI			XMIS			
	Lat	Long	R	Lat	Long	R	Lat	Long	R	Lat	Long	R	Lat	Long	R	Lat	Long	R	Lat	Long	R	Lat	Long	R	Lat	Long	R	Lat	Long	R				
6	-0.3	0.3	-0.3	0.9	0.1	-0.8	1.1	0.4	0.9	0.0	0.5	1.1	-0.8	-1.4	0.2	-0.2	0.5	-1.1	-0.4	0.6	-0.5	0.1	-0.3	0.2	0.1	0.8	0.8	0.0	0.1	-0.1	-0.2	0.0	0.4	
7	-0.3	0.6	0.4	0.8	0.0	-0.6	-	-	-	-	-	-	-0.4	-0.7	-0.5	-0.3	0.2	-0.8	-0.2	0.1	-0.3	0.1	-0.4	0.1	0.2	0.2	1.0	-0.1	0.3	0.0	0.2	-0.2	0.3	
8	-0.4	0.4	0.3	0.7	-0.1	-0.5	1.1	0.8	0.5	-0.1	0.4	-0.5	-0.5	-0.3	0.1	-0.2	0.7	-0.1	-0.5	0.5	-0.6	0.0	-0.2	-0.5	0.2	0.2	0.7	-0.3	0.0	1.0	-0.1	0.0	-0.2	
9	-0.3	0.2	0.2	0.8	0.1	-1.0	1.0	0.6	0.9	-0.1	-0.1	-0.1	-0.4	-0.2	0.0	-0.5	0.7	-0.5	-0.2	-0.1	-0.8	-0.2	-0.2	0.1	0.0	0.8	0.8	-0.1	0.0	-0.2	-0.3	-0.3	0.1	
10	-0.3	0.3	0.1	0.8	0.0	-0.9	1.1	0.3	0.8	0.0	-0.6	0.2	-0.8	0.1	0.1	-0.6	0.9	0.3	-0.3	0.2	-0.6	0.1	-0.6	0.1	0.0	0.5	0.2	0.1	0.5	-1.0	-0.2	-0.2	0.4	
11	-0.4	0.1	0.0	0.6	0.3	-0.8	0.8	-0.2	1.2	0.2	0.1	0.2	-0.3	-0.4	-0.2	-0.4	0.9	-0.5	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.5	0.0	0.9	0.7	-0.2	0.3	0.2	-0.3	0.2	-0.3	
12	-0.4	0.0	0.0	0.6	-0.1	-1.1	1.2	0.4	0.8	0.0	-0.2	0.0	-0.3	-0.3	0.4	-0.3	1.0	-0.2	-0.1	0.0	-0.8	-0.1	-0.2	0.0	-0.1	0.1	0.8	-0.3	-0.5	-0.2	-0.2	0.4	0.4	
13	-0.4	-0.4	0.1	0.6	0.4	-0.8	1.0	0.3	1.1	0.1	-0.4	-0.2	-0.5	0.0	-0.3	-0.4	0.9	-0.6	-0.4	0.2	-0.4	0.2	-0.1	0.2	-	-	-0.3	-0.7	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	
14	-0.4	0.1	0.5	0.5	-0.3	-1.3	1.0	0.5	0.7	0.0	0.1	0.2	-0.5	0.0	0.0	-0.4	0.4	-0.4	-0.1	0.1	-0.4	-0.1	-0.9	-0.2	0.0	0.4	0.6	-	-	-	-0.3	-0.1	0.0	
15	-0.4	0.2	0.6	0.7	-0.1	-0.4	0.8	0.4	0.6	0.0	-0.2	-0.5	-0.4	-0.4	-0.2	-0.6	1.0	-0.2	-0.2	0.0	0.1	-0.3	-0.3	-0.4	0.0	0.2	0.7	-0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	
16	-0.3	0.3	0.7	0.7	0.1	-0.6	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.2	0.3	-0.4	-0.4	0.1	-0.4	0.9	-0.4	-0.2	0.2	-0.7	-0.2	-0.2	-0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17	-0.2	0.0	-0.2	-	-	1.1	0.4	0.6	0.0	-0.2	-0.5	-0.7	-0.2	-0.4	-0.1	0.2	-0.1	-0.2	0.4	-0.8	0.1	-0.6	0.3	0.2	0.2	0.6	0.0	-0.2	-0.3	-0.3	0.2	0.5	0.2	0.5
18	-0.3	-0.4	0.3	0.6	-0.2	-0.6	1.1	0.8	0.4	-0.2	0.0	0.1	-0.3	0.5	-0.7	-0.3	0.9	-0.6	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3	0.0	0.4	0.3	-0.1	-0.3	0.0	-0.1	0.1	-0.1	-0.3	
19	-	-	-	0.5	-0.1	-1.0	0.9	0.4	1.1	-0.2	-0.5	-0.2	-0.5	0.1	0.1	-0.4	0.6	0.0	-0.2	0.4	-0.8	-0.2	-0.4	-0.1	0.0	0.7	0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	0.5	
20	-0.2	0.0	0.0	0.5	0.1	-0.9	1.0	0.6	0.6	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.4	0.0	-0.3	-0.7	0.1	-0.2	0.5	-0.2	-0.3	-0.1	-0.2	0.1	0.8	0.8	-0.2	0.1	-0.1	-0.1	0.3	0.5	
21	-0.3	-0.7	-0.4	0.8	-0.1	-1.4	0.9	0.2	0.6	-0.2	0.0	-0.1	-0.5	-0.7	0.0	-0.1	0.5	-0.2	-0.1	0.3	1.7	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	0.7	0.2	0.1	-0.5	0.1	-0.1	0.0	0.1	
22	-0.3	0.1	0.0	0.8	-0.2	-1.3	0.9	0.3	0.6	-0.1	0.0	-0.6	-0.5	-0.1	-0.2	-0.4	0.3	-0.5	-0.1	0.4	1.8	-0.5	-0.6	-0.3	0.3	0.3	0.2	-0.1	0.3	-0.3	-0.3	0.1	0.1	
23	-0.3	0.1	0.2	0.8	-0.4	-1.4	0.9	0.4	0.5	0.0	-0.1	-0.2	-0.7	-1.0	0.0	-0.1	0.6	-0.9	-0.1	0.9	1.6	-0.2	-0.6	-0.5	-	-	-	-0.2	-0.4	0.3	-0.1	-0.1	0.8	
24	-0.3	0.2	-0.4	1.0	0.1	-1.3	1.0	0.3	0.6	-0.3	0.0	-0.9	-0.6	0.0	0.5	-0.1	1.0	-0.5	-0.1	0.2	2.0	-0.2	-0.6	0.1	0.1	0.7	-0.5	0.2	0.3	0.0	-0.3	0.1	-0.7	
25	-0.2	0.0	-0.3	0.8	-0.5	-1.7	1.0	0.2	0.9	-0.2	-0.2	-0.3	-0.7	0.2	0.0	-0.3	0.6	-1.5	-0.4	0.4	1.4	0.0	-0.4	0.6	0.1	-0.1	-0.5	-0.1	-0.2	0.2	-	-	-	
26	-0.2	0.1	-0.5	0.6	-0.8	-1.2	1.1	0.6	1.3	-0.2	-0.4	-0.3	-0.7	0.3	0.0	-0.6	1.2	-1.3	-0.3	0.4	2.0	0.0	-0.6	-0.5	0.1	0.3	-0.5	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.3	0.2	
27	-0.3	0.1	-0.4	0.8	-0.2	-1.2	1.0	0.2	0.4	0.0	0.0	-0.6	-0.6	-0.8	0.5	-0.8	1.2	-0.7	-0.2	0.6	2.1	-0.3	-0.2	-0.2	0.1	0.4	0.0	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	0.3	-0.4	
28	-0.3	-0.1	-0.6	0.8	-0.3	-1.7	1.1	0.5	1.0	-0.3	-0.4	-0.6	-0.6	0.1	0.5	-0.3	1.3	-1.1	-0.2	0.3	1.7	-0.2	-0.5	-0.2	0.2	0.3	-0.3	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.1	0.2	
29	-0.4	0.1	-0.4	0.8	-0.6	-1.4	1.0	0.8	0.9	-0.2	-0.2	-0.1	-0.4	0.1	-0.3	-0.6	0.7	-0.1	0.0	0.2	1.7	-0.2	-0.6	0.2	0.0	0.2	-0.1	-0.2	0.2	0.4	-0.3	-0.7	0.0	
30	-0.2	-0.2	-0.2	-	-	0.9	0.2	0.5	-0.2	0.1	-0.1	-0.4	0.1	-0.2	-0.5	0.7	-1.2	-0.1	0.4	1.7	-	-	-	0.1	0.4	-0.2	0.0	-0.3	0.0	-0.1	0.0	-0.7	0.0	
31	-0.2	0.0	0.1	0.9	-0.1	-1.5	1.0	0.6	0.8	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	0.1	-0.1	-0.4	0.2	-0.9	-0.2	0.4	2.3	-0.2	-0.6	-0.2	0.0	0.7	-0.2	-0.1	-0.3	0.0	-0.2	0.1	-0.1	
32	-0.3	-0.1	-0.1	0.9	-0.1	-1.4	1.0	0.3	0.8	-0.1	-0.2	0.1	-0.6	-0.3	0.4	-0.4	0.7	-1.6	-0.1	0.5	1.4	-0.3	-0.6	0.1	0.2	0.7	-1.0	-0.1	-0.4	-0.1	-0.5	0.2	1.1	
33	-0.4	0.8	0.3	0.7	0.3	-1.1	1.0	0.3	0.4	-0.3	-0.1	-0.4	-0.5	0.3	0.0	-0.5	1.0	-1.0	-0.2	0.0	1.7	0.0	-0.4	-0.6	0.1	0.1	0.1	0.0	-0.2	0.1	-0.1	0.3	-0.6	
34	-0.3	-0.1	-0.4	0.5	-0.5	-1.4	1.0	1.1	0.3	-0.2	0.0	-0.2	-0.4	0.2	0.4	-0.5	1.2	-0.5	-0.1	0.5	1.3	-0.2	-0.3	0.1	0.0	0.7	-0.6	-0.2	0.1	0.5	-0.2	0.2	-0.3	
35	-0.3	0.2	-0.2	0.7	-0.2	-1.7	1.0	0.3	0.2	-0.2	0.0	0.0	-0.8	-0.5	0.4	-0.3	1.0	-1.0	-0.2	0.6	1.4	-0.1	-0.4	0.3	0.2	0.5	0.4	-0.2	0.0	-0.1	0.1	0.1	0.2	

#### 3.2.2. Analisis Nilai *Postfit nrms*

Nilai *postfit* berkisar antara 0,15887 s.d. 0,18208. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengolahan dengan GAMIT telah memenuhi standar kualitas data yang baik yaitu kurang dari 0,25. Nilai *postfit nrms* yang baik berada pada sekitar nilai 0,2 dan tidak lebih dari 0,25 meter (Johansen, 2001). Nilai *postfit nrms* berkisar pada 0,2 meter mengindikasikan data yang digunakan memiliki kesalahan yang terdistribusi secara merata, tidak ada kesalahan dalam pemodelan, dan bobot apriori yang diberikan telah sesuai.

Nilai rata-rata setiap komponen *postfit nrms* adalah sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata *postfit nrms constrained free* sebesar 0,17158
2. Nilai rata-rata *postfit nrms constrained fixed* sebesar 0,17537
3. Nilai rata-rata *postfit nrms loose frre* sebesar 0,16299
4. Nilai rata-rata *postfit nrms loose fixed* sebesar 0,1665

Nilai *postfit loose nrms* selalu lebih kecil daripada *postfit constrained nrms* mengindikasikan bahwa parameter orbit dan koordinat stasiun pengamat telah benar.

### 3.3. Pengolahan Data menggunakan GLOBK

Tabel 3.3. Tabel nilai  $\chi^2/f$  pengolahan GLOBK

DOY	$\chi^2/f$	DOY	$\chi^2/f$
6	0,121	21	0,095
7	0,131	22	0,134
8	0,117	23	0,091
9	0,121	24	0,126
10	0,133	25	0,089
11	0,123	26	0,091
12	0,088	27	0,124
13	0,122	28	0,092
14	0,109	29	0,063
15	0,100	30	0,081
16	0,102	31	0,079
17	0,087	32	0,116
18	0,093	33	0,166
19	0,093	34	0,131
20	0,084	35	0,121

Berdasarkan Tabel 3.3, nilai  $\chi^2/f$  terbesar terdapat pada DOY 10 dengan nilai 0,133 dan nilai terkecil terdapat pada DOY 29 sebesar 0,063. Nilai  $\chi^2/f$  dapat dikatakan baik apabila memiliki nilai di bawah 10 (Herring dkk., 2015). Nilai  $\chi^2/f$  pada pengolahan menggunakan GLOBK memiliki hasil yang memenuhi standar karena tidak terdapat nilai yang lebih dari 10. Nilai  $\chi^2/f$  di atas 10 mengindikasikan bahwa ketidaksesuaian solusi GAMIT terhadap parameter pada GLOBK. Peningkatan pada nilai  $\chi^2/f$  mengindikasikan bahwa terdapat data yang diikutsertakan dari hasil

pengolahan dengan GAMIT yang kurang dimodelkan dengan baik (Herring dkk., 2015). Faktor lain penyebab  $\chi^2/f$  memiliki nilai yang tinggi adalah adanya *constrains* yang terlalu ketat dalam pengolahan GLOBK.

Hasil nilai *wrms* mengindikasikan data terbebas dari *outliers* apabila memiliki nilai kurang dari 10 (Artini, 2013). Nilai *wrms* pada pengolahan menggunakan GLOBK pada parameter E, N, U berturut-turut adalah 3,3 mm; 2,8 mm; dan 11,4 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil pengolahan terdapat *outliers* pada komponen U. Hal ini dapat terjadi karena umumnya kekuatan jaring komponen vertikal kurang baik daripada horizontal.

### 3.4. Nilai Koordinat Titik GMU2

Hasil nilai koordinat setiap stasiun dapat diketahui pada *file globk.org* setelah pengolahan menggunakan GLOBK berhasil. Koordinat titik pada *file globk.org* menggunakan sistem koordinat kartesius tiga dimensi dan sistem koordinat toposentrik beserta nilai simpangan bakunya. Pusat sistem koordinat kartesius tiga dimensi berada di massa bumi. Terdapat hasil koordinat geodetik dengan origin pada pusat massa bumi dan menggunakan datum *World Geodetic System (WGS) 84*. Terdapat juga hasil nilai koordinat pada sistem koordinat terproyeksi UTM Zona 49S. Hasil nilai koordinat ditunjukkan pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4. Tabel nilai koordinat titik GMU2

Sistem Koordinat	Nilai Koordinat	Simpangan Baku
Kartesius	X (m)	-2200143,9034
	Y (m)	5924784,8966
	Z (m)	-857058,0378
	$\varphi$ (dd)	-7,7740809854°
Geodetik	$\lambda$ (dd)	110,3722668808°
	h (m)	201,9747
	E (m)	430785,4293
UTM Zona 49S	N (m)	9140626,4215
	U (m)	201,9692

Tabel 3.4 menampilkan hasil koordinat titik GMU2 dengan sistem koordinat kartesius tiga dimensi, dan Geodetik, serta nilai simpangan bakunya. Nilai simpangan baku mengindikasikan ketelitian koordinat tersebut. Nilai simpangan baku yang semakin kecil menandakan ketelitian koordinat semakin presisi. Berdasarkan dari hasil nilai simpangan baku yang diperoleh, nilai koordinat Y atau komponen vertikal memiliki ketelitian yang paling rendah. Nilai simpangan baku terbesar yaitu pada komponen vertikal (U/Y/h), nilai tersebut sebesar 12 mm pada sistem koordinat kartesius dan komponen h/U sebesar 12,9 mm pada sistem koordinat geodetik dan UTM. Nilai simpangan baku terkecil terdapat pada komponen Z sistem koordinat kartesius sebesar 3,4 mm dan komponen  $\varphi$  pada sistem koordinat geodetik sebesar 0,000101". Nilai simpangan baku terkecil pada sistem koordinat terproyeksi UTM zona 49S terdapat pada komponen *Northing* (N) sebesar 3,1 mm.

Nilai komponen vertikal pada sistem koordinat geodetik dan UTM memiliki hasil dengan ketelitian paling rendah dibandingkan dengan komponen horizontal. Hal ini disebabkan oleh geometri satelit pada GNSS yang tidak mampu mengamati satelit di bawah horizon, sehingga kekuatan ikatan jaringnya lebih lemah daripada horizontal (Taftazani, 2013). Penentuan komponen vertikal hanya dari satu sisi (*one-sided heighting*) sehingga mengakibatkan kesalahan sistematis dan penentuan ketinggian yang kurang akurat (Krauter, 1999). Kesalahan sistematis juga mempengaruhi ketelitian komponen vertikal karena berkaitan dengan bias jarak. Maka dari itu, kesalahan sistematis karena bias jarak hanya berpengaruh pada komponen vertikal.

Koordinat Y pada sistem koordinat kartesius titik GMU2 diidentifikasi sebagai nilai komponen vertikal karena menyesuaikan pada sistem koordinat kartesius. Lokasi titik GMU2 berada dekat dengan equator, yakni di

antara 105° s.d. 115° BT dan 6° s.d. 8° LS mengakibatkan interpretasi komponen vertikal diwaliki oleh koordinat Y sesuai dengan aturan sistem koordinat kartesius (Taftazani, 2013). Maka dari itu, dalam sistem koordinat kartesius pada penelitian ini, komponen Y dapat didefinisikan sebagai ketinggian.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis kualitas data dengan TEQC pada titik GMU2 menghasilkan nilai yang memenuhi standar dengan rerata *MP1* sebesar  $\pm 0,1$  meter dan *MP2* sebesar  $\pm 0,2$  meter. Pengecekan kualitas data memperoleh hasil IOD *slips* dan IOD *or MP slips* kurang dari 100 yang mengindikasikan bahwa data observasi terbebas dari efek delay ionosfer. Nilai koordinat kartesius tiga dimensi (X, Y, Z) untuk titik GMU2 berturut-turut adalah -2200143,9034 m; 5924784,8966 m; -857058,0378 m, dengan ketelitian nilai masing-masing secara berurutan adalah 5,5 mm; 12 mm, dan 3,4 mm. Nilai koordinat geodetik ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) berturut-turut adalah -7,7740809854°; 110,3722668808°; 201,9747 m, dengan ketelitian masing-masing secara berurutan adalah 0,000101"; 0,000108"; dan 12,9 mm. Nilai koordinat UTM zona 49S (E, N, U) berturut-turut adalah 430785,4293; 9140626,4215; 201,9692 m, dengan ketelitian masing-masing secara berurutan adalah 3,3 mm; 3,1 mm; dan 12,9 mm.

#### 5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

#### 6. Referensi

- Artini, S. R. (2013). Pendefinisian Stasiun Aktif GMU1 Tahun 2012 dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global. Skripsi. Universitas Gadjah Mada.
- Artini, S. R. (2014). Penentuan Koordinat Stasiun GNSS CORS GMU1 dengan Kombinasi Titik Ikat GPS Global dan Regional. *PILAR Jurnal Teknik Sipil*, 10(1). [www.gpsg.mit.edu](http://www.gpsg.mit.edu).
- Artini, S. R. (2018). Pendefinisian Station GNSS CORS GMU1 yang Diikatkan Terhadap Titik Ikat GPS Regional dan Global. *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, 13(01), 1-6. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/pilar/indexPILARJURNALTEKNIKSIPILPOLITEKNIKNEGERISRIWIJAYA>
- Azkiyya, F. W. (2023). Pendefinisian Koordinat Stasiun Continuously Operating Reference Station (CORS) CDKI Tahun 2023 dengan Titik Ikat International GNSS Service (IGS) dan INACORS. Skripsi. Universitas Gadjah Mada.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Standar Nasional Indonesia, 19-6724-2002 tentang Jaring kontrol horizontal. In *Standar Nasional Indonesia, 19-6724-2002 tentang Jaring kontrol horizontal*.
- Bimantara, M. B., Fadly, R., & Rahmadi, E. (2021). Pendefinisian Koordinat ULP2 Terhadap ITRF 2014 Menggunakan kombinasi Satelit GPS dan GLONASS. *Journal of Geodesy and Geomatics (DATUM)*, 1(1), 1-8.
- Estey, L., & Wier, S. (2014). *Teqc Tutorial: Basics of Teqc Use and Teqc Products*. [www.unavco.org](http://www.unavco.org)
- Hajri, A., Yuwono, B., & Sasmito, B. (2017). Kajian Penentuan Posisi Jaring Kontrol Horizontal Dari Sistem Tetap (Dgn-95) Ke Srgi (Studi Kasus : Sulawesi Barat). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 48-56.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., & McClusky, S. C. (2018). *GAMIT Reference Manual Release 10.7*. Massachusetts Institute of Technological, Cambridge, Massachusetts. (Nomor June). Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., & McClusky, S. C. (2015). *GLOBK Reference Manual. Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program Release 10.6* (Nomor June). Massachusetts Institute of Technology.
- Johansen, L. G. (2001). *Adjustment of the Lithuanian GPS network using GAMIT. Analysis, February*.
- Krauter, A. (1999). Role of the geometry in GPS positioning. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 43(1), 43-53.
- Laksana, I., Yuwono, D., & Awaluddin, M. (2014). Penentuan Posisi Stasiun GNSS CORS UNDIP pada Tahun 2013 dan 2014 Menggunakan Software GAMIT. In *Jurnal Geodesi Undip Oktober* (Vol. 3, Nomor 4).
- Nur Lail, M. H., Safii, A. N., Awaluddin, M., & Wibowo, S. T. (2018). Strategi Pengolahan Pengamatan GPS Titik Deformasi dengan Menggunakan Titik Ikat CORS BIG dan IGS. *GEOMATIKA*, 24(2), 89. <https://doi.org/10.24895/jig.2018.24-2.768>
- Olushola, O., Okorocho, C. V., Olushola Oladosu, S., & Ehigiator-Irughe, R. (2023). *Regression Modelling of The Accuracy of Gnss Real Time Kinematic Observations Referenced to Sacredion Tersus Geobee30 Cors*. *Pakistan Journal of Geology (PJG)*, 7(1), 11-20. <https://doi.org/10.26480/pjg.01.2023.11.20>
- Panuntun, H. (2012). Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global. In *Universitas Gadjah Mada*. Universitas Gadjah Mada.
- Taftazani, M. I. (2013). *Analisis Geodinamika Lima Stasiun Pasut Pulau Jawa dengan Data Pengamatan GPS Tiga Epok*. Universitas Gadjah Mada.
- Yulaikhah, Y., Pramumijoyo, S., & Widjajanti, N. (2018). *Correlation of GNSS Observation Data Quality Resulted from TEQC Checking and Coordinate's Precision*. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 1(1), 8-13. <https://doi.org/10.22146/jgise.38387>