

PENDEFINISIAN KOORDINAT ULP2 UNIVERSITAS LAMPUNG TERHADAP ITRF 2014 MENGGUNAKAN TITIK IKAT IGS DAN CORS BADAN INFORMASI GEOSPASIAL

Restiana¹, Romi Fadly² Eko Rahmadi³

Universitas Lampung; Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro
Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT – UNILA
anarestia@email.com

(Diterima 20 Maret 2020 , Disetujui 01 Mei 2021)

Abstrak

Perkembangan teknologi GNSS dapat digunakan untuk penentuan posisi Titik Kontrol Geodetik. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT UNILA telah memiliki Titik Kontrol Geodetik, yaitu titik ULP1. Saat ini, penggunaan titik ULP1 mulai terhambat dengan adanya pepohonan dan bangunan yang menghalangi penerimaan sinyal satelit sehingga mempengaruhi kualitas data pengamatan. Oleh sebab itu, dilakukan pembuatan titik kontrol baru di lokasi yang bebas hambatan dan titik tersebut diberi nama ULP2.

Penelitian ini dilakukan untuk mendefinisikan koordinat titik ULP2 menggunakan titik ikat IGS dan CORS BIG terhadap ITRF 2014. Metode pengamatan menggunakan survei GNSS secara statik selama empat hari, yaitu tanggal 30 Oktober sampai dengan 2 November 2018. Pengolahan data dilakukan dengan software GAMIT/GLOBK menggunakan tiga skenario pengolahan untuk mendapatkan koordinat yang teliti. Uji signifikansi dilakukan untuk melihat signifikansi perbedaan koordinat yang dihasilkan secara statistik.

Hasil penelitian berupa koordinat definitif titik ULP2 dalam UTM zona 48S arah E = 526596,336 m, N = 9407310,9954 m, dan h = 130,6185 m. Koordinat geodetik 5.3620393213° LS dan 105.240057347° BT. Koordinat kartesian 3D sumbu X = $-1669327,67933 \text{ m} \pm 0,00232 \text{ m}$, Y = $6127212,73483 \text{ m} \pm 0,00173 \text{ m}$, dan Z = $-592068,04474 \text{ m} \pm 0,00984 \text{ m}$. Hasil uji-t menunjukkan bahwa skenario I, II, dan III tidak memiliki perbedaan koordinat yang signifikan. Titik ikat yang paling optimal dihasilkan dari penggunaan titik ikat IGS dengan distribusi titik yang merata. Selain itu, penggunaan titik ikat dengan distribusi titik yang merata dapat menghasilkan konfigurasi jaring yang baik. Panjang baseline yang optimal berkisar antara 565 km sampai dengan 2.806 km dengan nilai simpangan baku yang kecil pada arah E = 2,4 mm, N = 1,8 mm, dan h = 9,9 mm.

Kata kunci: GAMIT/GLOBK Pendefinisian koordinat, Titik ikat, ULP2

Pendahuluan

Latar Belakang

Perkembangan teknologi GNSS dapat digunakan dalam kegiatan penentuan posisi Titik Kontrol Geodetik. Titik Kontrol Geodetik adalah titik di lapangan yang dimanifestasikan dalam bentuk monumen, koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran geodetik dan dinyatakan dalam sistem referensi koordinat tertentu.

Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT UNILA telah memiliki Titik Kontrol Geodetik, yaitu titik ULP1. Saat ini, penggunaan titik ULP1 untuk kegiatan survei GNSS mulai terhambat dengan adanya pepohonan dan bangunan di sekitar lokasi yang dapat menghalangi penerimaan sinyal satelit sehingga mempengaruhi kualitas data pengamatan. Mengingat kondisi alam yang demikian, maka ketersediaan titik kontrol yang bebas hambatan sangat dibutuhkan. Oleh sebab itu, dilakukan pembuatan titik kontrol

baru di lokasi terbuka yang bebas hambatan dan titik tersebut diberi nama ULP2. Pengukuran dilakukan menggunakan metode pengamatan GNSS secara statik selama empat hari, yaitu tanggal 30 Oktober sampai dengan 2 November 2018.

Pada umumnya survey dengan GPS membutuhkan minimal tiga atau empat titik ikat yang terdistribusi secara merata di sekitar area penelitian (Rizos, 1994 dalam Artini, 2013). Penggunaan stasiun aktif sebagai titik ikat untuk pendefinisian koordinat dapat memberikan ketelitian tinggi sampai fraksi milimeter. Penelitian ini dilakukan untuk pendefinisian koordinat ULP2 Universitas Lampung terhadap ITRF 2014 menggunakan titik ikat IGS dan CORS BIG. Pengolahan data dilakukan dengan *software* GAMIT/GLOBK menggunakan tiga skenario pengolahan. Perbedaan tiga skenario tersebut didasarkan pada penggunaan titik ikat dengan memperhatikan distribusi titik dan jarak. Hal ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan titik ikat yang sesuai agar menghasilkan koordinat yang teliti dengan konfigurasi jaring yang baik. Koordinat yang didapatkan selanjutnya dianalisis ketelitiannya dan dilakukan uji signifikansi untuk melihat signifikansi perbedaan koordinat hasil pengolahan.

Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Berapa koordinat definitif ULP2?
2. Bagaimana ketelitian koordinat hasil pengolahan menggunakan titik ikat IGS dan CORS BIG?
3. Manakah titik ikat yang paling optimal untuk pendefinisian koordinat?

Tujuan penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Melakukan pengolahan data titik ULP2 menggunakan titik ikat IGS dan CORS BIG.
2. Melakukan uji signifikansi perbedaan koordinat hasil pengolahan.
3. Menentukan titik ikat yang paling optimal untuk pendefinisian koordinat.

Tinjauan pustaka

Titik kontrol geodetik

Titik kontrol geodetik adalah titik yang dimanifestasikan di lapangan dalam bentuk monumen. Koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran geodetik dan dinyatakan dalam sistem referensi koordinat tertentu. Pengadaan suatu jaring titik kontrol harus menggunakan titik acuan yang ordenya lebih tinggi dimana jaring titik kontrol yang digunakan sebagai pengikat dispesifikasikan dalam SNI 19-6724 Tahun 2002 seperti Tabel 1.

Tabel 1. Kerangka referensi koordinat

	Orde Jaringan					
	00	0	1	2	3	4
Orde jaring referensi (minimal)	ITRF 2000	00	0	1	2	3
Jumlah minimum titik ikat yang dipakai	4	3	3	3	3	2

GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

Menurut Azmi (2012), GNSS (*Global Navigation Satellite System*) adalah suatu istilah yang digunakan untuk mencakup seluruh sistem satelit yang sudah beroperasi maupun sedang dalam perencanaan. Sistem satelit navigasi GPS (*Global Positioning System*) merupakan yang paling terkenal milik Amerika Serikat dan telah beroperasi penuh. GLONASS merupakan sistem satelit navigasi yang diluncurkan Rusia. Selain itu, Eropa juga mengembangkan sistem satelit navigasi GALILEO, Cina mengembangkan satelit COMPAS, India IRNSS dan Jepang QZSS. Teknologi GNSS dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi seperti penentuan posisi, survei dan pemetaan serta mendukung berbagai macam aplikasi penentuan posisi untuk ketelitian tinggi.

International GNSS Service (IGS)

IGS merupakan badan multi nasional yang menyediakan data GNSS, informasi *ephemeris* serta data pendukung penelitian geodetik dan geofisik. IGS sebagai komponen dari *Global Geodetic Observation System* yang mengoperasikan jaringan global stasiun GNSS. ITRF direalisasikan oleh jaring IGS permanen berupa stasiun-stasiun pengamatan

GNSS yang ada di seluruh dunia dan beroperasi secara kontinu. Penggunaan stasiun IGS pada pengukuran geodetik dapat memberikan posisi relatif yang sesuai dengan ITRF. Data IGS dapat diunduh secara gratis melalui <http://igsceb.jpl.nasa.gov>. Persebaran stasiun IGS dapat dilihat melalui situs www.igs.org/network.

Continuously Operating Reference System Badan Informasi Geospasial (CORS BIG)

CORS BIG adalah CORS yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial sebagai stasiun pengamatan geodetik tetap dan kontinu yang selanjutnya disebut Ina-CORS (BIG, 2018). Stasiun-stasiun tersebut tersebar di Indonesia sehingga membantu pemeliharaan Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI), kegiatan survei geodinamika dan deformasi, studi ionosfer dan meteorologi serta membantu berbagai macam kebutuhan terkait survei dan pemetaan lainnya. CORS BIG memberikan layanan data meliputi data RINEX, *post processing*, *real time kinematik*, *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* dan deskripsi stasiun Ina-CORS yang dapat diakses melalui <http://nrtk.big.go.id> maupun email ke info@big.go.id.

International Terrestrial Reference Frame (ITRF)

ITRF merupakan suatu kerangka koordinat global realisasi dari ITRS (*International Terrestrial Reference Station*). ITRF dipresentasikan dengan koordinat dan kecepatan yang didapatkan dari sejumlah titik yang tersebar diseluruh permukaan bumi. ITRF diamati menggunakan metode-metode pengamatan *Global Positioning System*, *Very Long Baseline Interferometry*, *Lunar Laser Ranging*, *Solar Laser Ranging*, dan DORIS. Jaring kerangka ITRF dipublikasikan oleh IERS (*International Earth Orientation System*) setiap tahunnya dan diberi nama ITRF-yy, dimana yy menunjukkan tahun terakhir data yang digunakan untuk menentukan kerangka tersebut. Nilai koordinat yang di dapat dari ITRF digunakan sebagai acuan untuk realisasi terbaru ITRF.

Sebaran ITRF dapat dilihat dapat dilihat melalui situs itrf.ensg.ign.fr.

Transformasi datum

Datum merupakan sekumpulan parameter yang mendefinisikan suatu sistem koordinat dan posisinya dinyatakan terhadap permukaan bumi (Permatahati *et al*, 2012). Pada prinsipnya transformasi datum adalah pengamatan pada titik-titik yang sama (titik sekutu). Titik-titik tersebut memiliki koordinat dalam berbagai datum dan dari koordinat tersebut dapat diketahui hubungan matematis antara datum yang bersangkutan sehingga terdapat besaran-besaran yang dapat menggambarkan hubungan tersebut. Besaran-besaran tersebut disebut dengan parameter transformasi. Model transformasi yang sering digunakan adalah model transformasi helmert 14-parameter. Secara matematis model transformasi tersebut dapat dilihat pada persamaan 1 .

$$X(t)_{xx} = T + ds.X(t_o)_{\gamma\gamma} + K . X(t_o)_{\gamma\gamma} + X(t_o)_{\gamma\gamma} + [\bar{T} + \bar{d}s.X(t_o)_{\gamma\gamma} + K . X(t_o)_{\gamma\gamma} + K . X(t_o)_{\gamma\gamma} + \bar{X}(t_o)_{\gamma\gamma}] (t - t_{ox}). \quad (1)$$

Translation, Editing and Quality Checking

TEQC merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu pemrosesan data GNSS (Estey *et al*, 2014), seperti *translation editing quality and checking*. Salah satu fungsi TEQC yang sering digunakan adalah untuk mengonversi format biner tertentu ke *file* RINEX observasi atau navigasi dan pengecekan kualitas data RINEX untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan data observasi seperti waktu pengamatan, jumlah *epoch* dan nilai rata-rata *multipath* (MP1 dan MP2).

Perangkat Lunak GAMIT/GLOBK

GAMIT adalah *software* analisis data GPS yang komperhensif yang dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) yang dapat menjalankan fungsi seperti menyiapkan data untuk diproses, melakukan perhitungan tiga dimensi dan orbit satelit. GLOBK (*Global Kalman Filter VLBI*

and GPS Analysis Program) adalah pemfilter data untuk memperoleh koordinat rata-rata stasiun dengan mengkombinasikan hasil pengolahan harian dari pengamatan yang dilakukan lebih dari satu hari, melakukan perhitungan untuk mendapatkan estimasi koordinat stasiun dari data pengamatan harian atau tahunan untuk mendapatkan data *time series* dan memperoleh koordinat *repeatabilities* untuk evaluasi tingkat ketelitian pengukuran harian.

Uji Signifikansi Beda Dua Parameter

Uji signifikansi beda dua parameter digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan dua parameter. Uji signifikansi dilakukan dengan membandingkan *t* hitungan dengan *t* tabel menggunakan distribusi *student* pada tingkat kepercayaan dan derajat kebebasan tertentu. Perhitungan uji signifikansi perbedaan dilakukan menggunakan persamaan 1.24 dan 1.25 (Widjajanti, 2010 dalam Ulinnuha, 2014).

$$t = \frac{|x_1 - x_2|}{\sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x2}^2}} \quad (2)$$

Dengan penerimaan untuk hipotesis nol (H_0)

$$t \leq t_{\sigma/2, df} \quad (3)$$

Dalam hal ini, t adalah nilai *t*-hitungan, $\bar{x}_1$ adalah parameter transformasi pertama, $\bar{x}_2$ adalah parameter transformasi kedua, σ_{x1}^2 adalah varians parameter pertama, σ_{x2}^2 adalah varians parameter kedua dan *df* adalah derajat kebebasan.

Metode Penelitian

Peralatan dan bahan penelitian

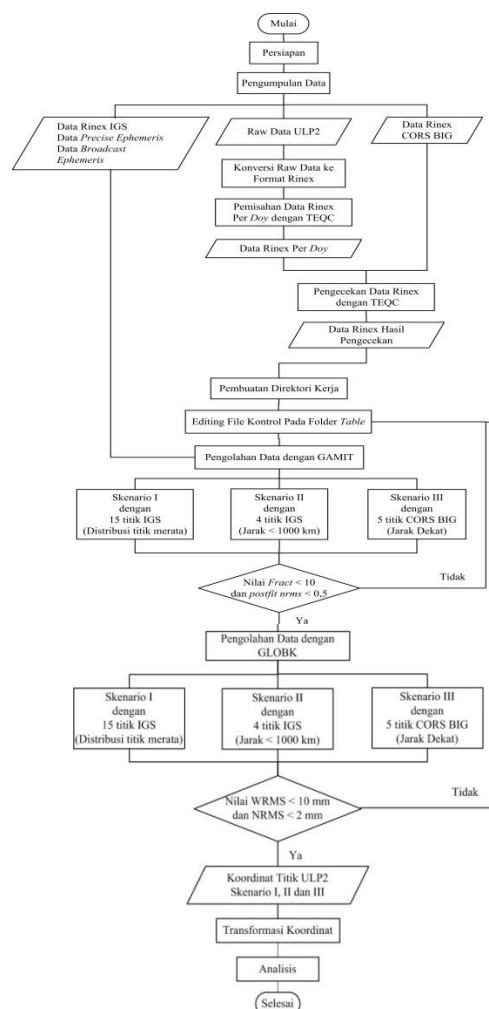
Peralatan yang digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan, yaitu seperangkat *receiver* Hemisphere S321 dan Hi-Target V30, laptop ASUS A455L, akumulator. Perangkat Lunak yang digunakan, yaitu sistem operasi Linux Ubuntu 16.04, TEQC, GAMIT/GLOBK 10.7, RINEXDesktop, Hi-Target Geomatics Office, Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010, Microsoft Office Visio 2010.

Bahan yang digunakan dalam penelitian, yaitu data RINEX titik ULP2 *day* 303, 304, 305, dan 306, RINEX stasiun CORS

BIG (CBJY, CGON, CKRI, CPRI dan CWJP), RINEX stasiun IGS (BAKO, COCO, CUSV, DARW, GUUG, HKSL, HKWS, HYDE, IISC, KARR, KAT1, LHAZ, JOG2, NTUS POHN, XMIS, YAR3), *precise ephemeris*, *broadcast ephemeris*.

Tahapan penelitian

Tahapan dalam penelitian meliputi:



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Konversi raw data pengamatan ULP2

Konversi raw data pengamatan ULP2 ke format RINEX dilakukan menggunakan 2 *software*, yaitu RINEXDesktop dan Hi-Target Geomatics Office (HGO). *Software* RINEXDesktop digunakan untuk konversi data dari *receiver* Hemisphere sedangkan

HGO digunakan untuk konversi data dari *receiver* Hi-Target.

Pemisahan data per *doy* dengan TEQC

Pemisahan data bertujuan untuk membagi keseluruhan data pengamatan menjadi beberapa *doy*. Pemisahan data dibagi sesuai tanggal pengamatan menurut kalender GPS.

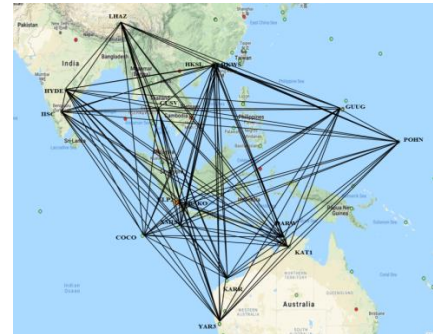
Pengecekan data rinex dengan TEQC

Pengecekan data RINEX dengan TEQC digunakan untuk mengetahui informasi data RINEX seperti tipe *receiver* dan tipe *antenna*, waktu pengamatan, interval observasi serta informasi lain yang berkaitan dengan data pengamatan. Pada penelitian ini, pengecekan data RINEX dilakukan untuk mengetahui kualitas data RINEX dengan melihat nilai *multipath* (MP1 dan MP2).

Pengolahan data dengan GAMIT

Tahapan pengolahan dengan gamit meliputi:

1. Pembuatan direktori kerja.
Direktori kerja digunakan sebagai tempat penyimpanan data pengolahan.
2. *Editing file* kontrol pada folder tables.
Editing file dilakukan pada *file process.default*, *site.default*, *lfile* dan *sittbl*. Editing yang dilakukan berkaitan dengan waktu pengunduhan data pengamatan, input stasiun titik ikat dan titik pengamatan serta memberikan input koordinat apriori.
3. Proses pengolahan data menggunakan GAMIT (*Automatic batch processing*).
Terdapat tiga skenario pengolahan pada proses ini, yaitu:
 - 1) Skenario 1 adalah pengolahan dengan memperhatikan distribusi titik ikat tanpa memperhatikan jarak. Dalam hal ini, skenario I menggunakan 15 titik ikat dari stasiun IGS yang terdistribusi secara merata di empat kuadran.



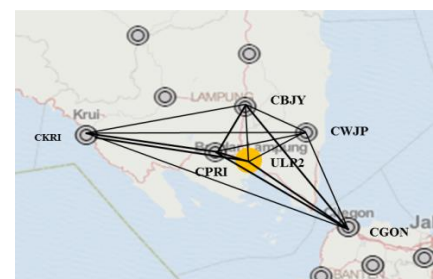
Gambar 2. Visualisasi skenario I.

- 2) Skenario II adalah pengolahan titik ikat dengan memperhatikan jarak (kurang dari 1000 km). Skenario ini menggunakan 4 titik ikat dari stasiun IGS dan terdistribusi secara tidak merata.



Gambar 3. Visualisasi skenario II.

- 3) Skenario III adalah pengolahan titik ikat dengan jarak dekat (berada disekitar lokasi penelitian), yaitu menggunakan 5 titik dari stasiun CORS BIG.



Gambar 4. Visualisasi skenario III.

4. Evaluasi nilai *fract* dan *postfit nrms*
 Analisis hasil pengolahan dengan GAMIT digunakan untuk mengetahui kualitas data hasil hitungan. Nilai *fract* merupakan perbandingan dari nilai *adjust* dan nilai *formal* yang besarnya harus kurang dari 10. Nilai *postfit nrms* yang baik dan bebas dari *cycle slip* adalah $< 0,5$ (Herring, 2015).
5. Pengolahan data dengan GLOBK
 Hasil pengolahan dengan GLOBK adalah koordinat fiks yang tersimpan di dalam file *globk.org*. Tahap pengolahan menggunakan GLOBK meliputi *editing file .cmd* dan perhitungan posisi dengan GLRED. *Editing file .cmd* dilakukan dengan menambah opsi BLEN dan UTM untuk mendapatkan output seperti informasi mengenai panjang baseline dan koordinat UTM.
6. Evaluasi data *outlier*
 Evaluasi data *outlier* menggunakan nilai *wrms* (*weight root mean square*) dan *nrms* (*normalized root mean square*) pada hasil keluaran *plot time series*. Nilai *plot time series* dapat dikatakan baik jika nilai *wrms* < 10 mm dan *nrms* < 2 mm (Herring, et al. 2018).
7. Transformasi koordinat
 Transformasi koordinat dilakukan untuk mendapatkan koordinat titik ULP2 yang mengacu kepada Sistem Referensi Geospasial Indonesia menggunakan 14 parameter transformasi. Parameter transformasi diperoleh melalui situs http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php.
8. Analisis hasil koordinat
 Analisis hasil koordinat dilakukan dengan menghitung perbedaan koordinat dan uji-t untuk mengetahui signifikansi perbedaan koordinat yang dihasilkan dari tiga skenario pengolahan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengecekan data rinex dengan TEQC

Hasil pengecekan data rinex menggunakan TEQC memberikan informasi mengenai kualitas data rinex beserta jumlah satelit yang teramat pada saat pengambilan data. Kualitas data pengamatan dapat diketahui dengan melihat nilai MP1 dan MP2. Berikut hasil pengecekan data rinex dengan TEQC.

Tabel 2. Nilai *multipath* data pengamatan ULP2

No	Stasiun	Doy	Nilai <i>Multipath</i>	
			MP1	MP2
1.	ULP2	303	0.39	0.49
		304	0.42	0.50
		305	0.48	0.48
		306	0.47	0.47

Tabel 2 menunjukkan nilai *multipath* data pengamatan per *doy*. Rata-rata nilai MP1 dan MP2 berkisar antara 0,39 sampai dengan 0,5 (tidak lebih dari 0,5 m), artinya efek *multipath* yang terdapat dalam data pengamatan kecil atau sedikit. Selain itu, jumlah satelit yang terdapat dalam data rinex pada *doy* 303 sebanyak 8 satelit, *doy* 304 sebanyak 13 satelit, *doy* 305 sebanyak 22 satelit dan *doy* 306 sebanyak 25 satelit.

Tabel 3. Nilai *multipath* data pengamatan CORS BIG.

No	Stasiun	Doy	Nilai <i>Multipath</i>	
			MP1	MP2
1.	CBJY	303	0,37	0,41
		304	0,37	0,43
		305	0,38	0,45
		306	0,35	0,42
2.	CGON	303	0,60	0,70
		304	0,56	0,65
		305	0,64	0,64
		306	0,65	0,56
3.	CKRI	303	0,50	0,62
		304	0,59	0,74
		305	0,52	0,50
		306	0,47	0,62
4.	CPRI	303	2,03	2,69
		304	1,83	2,92
		305	2,01	2,52
		306	1,81	2,68
5.	CWJP	303	1,15	1,33
		304	1,02	1,26
		305	1,02	1,26
		306	1,06	1,33

Tabel 3 menunjukkan nilai *multipath* pada data pengamatan stasiun CORS BIG. Stasiun CPRI dan CWJP memiliki nilai *multipath* yang besar sedangkan stasiun pengamatan yang lain memiliki nilai *multipath* yang berkisar antara 0,35 sampai dengan 0,74. Berikut jumlah satelit yang terdapat dalam data rinx CORS BIG.

Table 4. Jumlah satelit CORS BIG

No.	Stasiun	Jumlah satelit			
		Doy 303	Doy 304	Doy 305	Doy 306
1.	CBJY	80	80	80	81
2.	CGON	55	55	55	55
3.	CKRI	55	55	55	55
4.	CPRI	80	80	80	80
5.	CWJP	80	80	80	80

Hasil pengolahan dengan GAMIT

Pengolahan dengan GAMIT menghasilkan *file h* (matriks kovarian) yang digunakan dalam pengolahan menggunakan GLOBK. Evaluasi hasil pengolahan dengan GAMIT dapat dilihat melalui nilai *fract*, *postfit nrms* dan ambiguitas fase.

Nilai *fract*

Nilai *fract* adalah perbandingan nilai *adjust* (koreksi koordinat saat hitungan perataan) dan nilai *formal* (nilai ketidakpastian pemberian bobot) dimana nilai tersebut harus kurang dari 10.

Tabel 5. Kisaran nilai *fract* tiga skenario

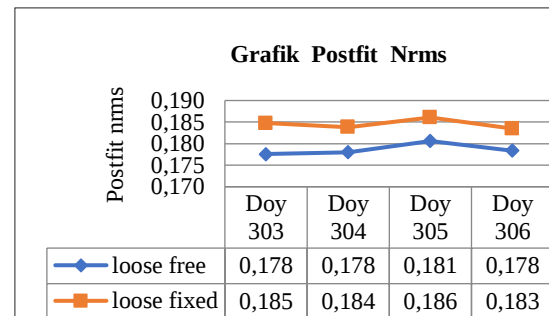
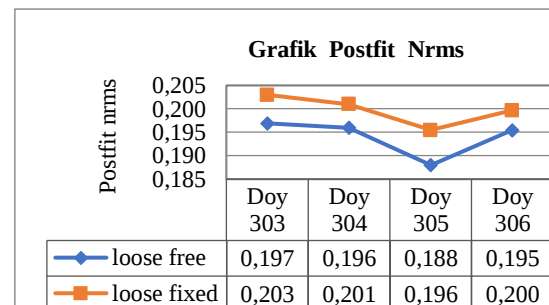
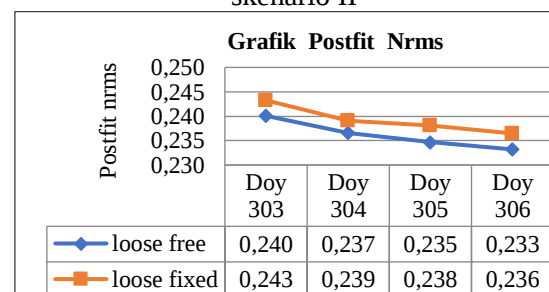
Skena rio	Nilai <i>Fract</i>	Doy 303	Doy 304	Doy 305	Doy 306
I	Terkecil	-2,1	-2,2	-2,3	-2,3
	Terbesar	0,9	2,0	5,2	4,1
II	Terkecil	-2,3	-2,6	-2,6	-2,8
	Terbesar	1,3	1,4	4,3	3,4
III	Terkecil	-1,6	-3,0	-0,5	-0,6
	Terbesar	0,7	0,8	1,7	0,7

Tabel 5 menunjukkan hasil pengolahan ketiga skenario memiliki nilai *fract* kurang dari 10 pada masing-masing *doy*. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai *fract* ketiga skenario dianggap telah memenuhi kriteria yang ditentukan, tidak terdapat kesalahan kasar pada proses pengolahan, nilai apriori

dan *constraint* yang diberikan sudah benar sehingga tidak perlu dilakukan iterasi ulang.

Postfit nrms

Postfit nrms adalah nilai perbandingan antara nilai akar kuadrat *chi-square* dan nilai *degree of freedom*. Nilai *postfit nrms* dapat dilihat pada gambar 5, 6, dan 7.

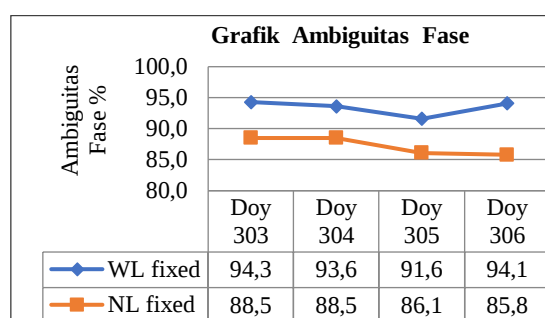
Gambar 5. Grafik nilai *postfit nrms* skenario I.Gambar 6. Grafik nilai *postfit nrms* skenario IIGambar 7. Grafik nilai *postfit nrms* skenario III

Gambar 5, 6, dan 7 menunjukkan nilai *postfit nrms* dimana pada skenario I nilai *postfit nrms* berkisar antara 0,178 sampai dengan 0,186, skenario II berkisar antara 0,188 sampai dengan 2,03 dan skenario III nilai *postfit nrms* berada pada kisaran 0,233

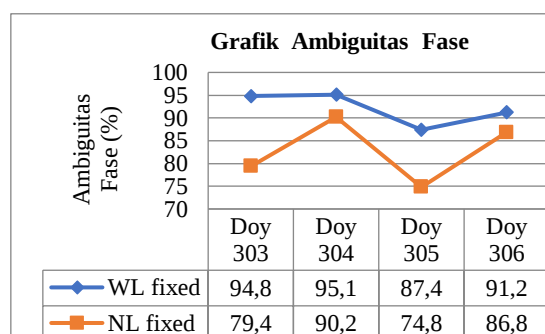
sampai dengan 0,243. Jika dilihat, nilai *postfit* skenario III memiliki kisaran yang lebih tinggi daripada skenario lainnya namun masih berada dalam toleransi parameter evaluasi ($< 0,25$). Hal ini menunjukkan tidak adanya masalah seperti *cycle slip* atau stasiun *fixed* dengan koordinat yang jelek, kesalahan dalam melakukan pemodelan dan data yang digunakan mempunyai kualitas yang baik.

Ambiguitas fase

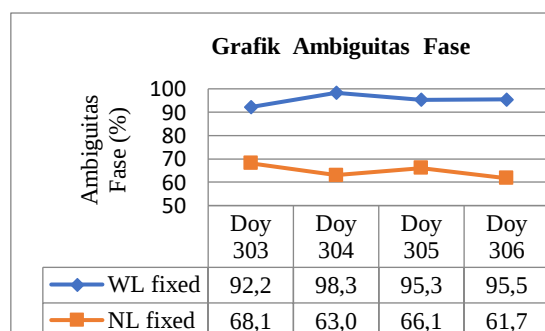
Evaluasi hasil dengan ambiguitas fase dapat dilihat melalui nilai *wide lane* (WL) dan *narrow lane* (NL). Berikut nilai ambiguitas fase yang dihasilkan.



Gambar 8. Grafik nilai ambiguitas fase skenario I.



Gambar 9. Grafik nilai ambiguitas fase skenario II.



Gambar 10. Grafik nilai ambiguitas fase skenario III.

Presentase nilai WL ketiga skenario berada diatas 90%, hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya *noisy pseudorange* pada data pengamatan. Presentase nilai NL skenario I memiliki nilai diatas 80% pada semua *doy*. Hal tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat kesalahan pada konfigurasi jaringan dan pengaruh kondisi atmosfer karena sebaran lokasi titik yang berbeda. Presentase nilai NL skenario II memiliki berada dibawah 80% pada *doy* 303 dan 305 dan pada skenario III semua *doy* memiliki presentase nilai NL dibawah 80%. Nilai NL yang kurang dari 80% dapat berarti bahwa terdapat kesalahan pada konfigurasi jaringan dan pengaruh kondisi atmosfer karena sebaran lokasi titik yang berbeda.

Hasil Pengolahan GLOBK

Pengolahan dengan GLOBK menghasilkan koordinat. Evaluasi hasil pengolahan dapat dilihat dari nilai *wrms* dan *nrms*. Selain itu, hasil pengolahan dengan GLOBK juga dapat memberikan informasi mengenai panjang *baseline*.

Nilai *wrms* dan *nrms*

Nilai *wrms* dan *nrms* hasil pengolahan GLOBK dapat dilihat dalam *file plotting time series*. Nilai tersebut digunakan untuk melihat *outlier* data pengamatan. Berikut nilai *wrms* dan *nrms* hasil pengolahan.

Tabel 6. Nilai *wrms* dan *nrms* tiga skenario

Skenario	Nilai <i>wrms</i> (mm)		
	E	N	H
I	0,13	0,59	12,75
II	0,50	0,25	8,76
III	1,23	0,88	5,57
Skenario	Nilai <i>nrms</i> (mm)		
	E	E	E
I	0,04	0,04	0,04
II	0,11	0,11	0,11
III	0,41	0,41	0,41

Pada tabel 6, nilai *wrms* ketiga skenario hasil *plotting time series* berkisar antara 0,13 sampai dengan 12,75 pada arah E, N dan h. Nilai *nrms* ketiga skenario berkisar antara 0,04 sampai dengan 0,84 pada arah E, N, dan h. Jika dilihat secara keseluruhan rata-rata

nilai wrms mempunyai nilai kurang dari 10 mm dan nilai nrms kurang dari 2 mm. Hal ini dapat berarti bahwa secara keseluruhan tidak ada *outlier* pada data pengamatan

Panjang *baseline* dan simpangan baku

Penelitian ini juga menyampaikan pembahasan mengenai panjang *baseline* beserta ketelitiannya.

Tabel 7. Panjang *baseline* skenario I

No	Stasiun IGS	Panjang <i>Baseline</i> dari ULP2 ke stasiun IGS (Km)	Simpangan Baku (mm)		
			σE	σN	σh
1	BAKO	218	2,5	1,9	10,3
2	COCO	1,192	2,4	1,8	10,0
3	CUSV	2,165	2,4	1,9	10,2
4	DARW	2,935	2,6	1,9	10,4
5	GUUG	4,726	2,6	2,0	10,5
6	HKSL	3,808	2,4	1,9	10,0
7	HKWS	3,176	2,4	1,9	10,0
8	HYDE	3,196	2,4	1,9	9,9
9	IISC	3,623	2,5	1,9	10,1
10	KARR	2,141	2,4	1,8	9,9
11	KAT1	3,081	2,6	1,9	10,3
12	LHAZ	4,086	2,4	1,9	10,0
13	POHN	5,817	2,7	2,1	10,5
14	XMIS	565	2,4	1,8	9,9
15	YAR3	2,806	2,4	1,8	9,9

Tabel 8. Panjang *baseline* skenario II

No.	Stasiun IGS	Panjang <i>Baseline</i> dari ULP2 ke stasiun IGS (Km)	Simpangan Baku (mm)		
			σE	σN	σh
1	BAKO	218	2,4	1,7	9,6

2	JOG2	626	3,0	1,9	8,9
2	NTUS	761	2,3	2,9	9,1
4	XMIS	565	2,3	2,4	8,9

Tabel 10. Panjang *baseline* skenario III

No.	Stasiun IGS	Panjang <i>Baseline</i> dari ULP2 ke stasiun IGS (Km)	Simpangan Baku (mm)		
			σE	σN	σh
1	CBJY	46	2,4	2,1	9,8
2	CGON	116	3,1	2,4	9,6
2	CKRI	146	4,6	2,0	10,1
4	CPRI	30	6,6	5,6	47,2
5	CWJP	56	3,0	2,1	10,6

Dari ketiga skenario tersebut *baseline* dengan ketelitian paling baik diperoleh dari stasiun yang memiliki panjang 218 km sampai 565 km dengan distribusi titik yang merata (skenario I). *Baseline* dengan ketelitian paling rendah terbentuk dari stasiun yang memiliki panjang *baseline* terpendek yaitu 30 km (skenario III). Dengan demikian dapat diketahui bahwa semakin panjang *baseine*, maka ketelitian yang dihasilkan semakin rendah, namun terdapat juga *baseline* yang panjang dan memiliki ketelitian yang relatif tinggi.

Koordinat titik ULP2

Hasil Koordinat titik ULP2 beserta nilai simpangan baku dari tiga skenario pengolahan terhadap ITRF 2014 *epoch* 2010.

Tabel 11. Koordinat 303-306 doy titik ULP2

Skenario	Koordinat UTM Zona 48S (m)		
	E	N	H
I	526596,3360	9407310,9954	130,6185
II	526596,3544	9407311,0126	130,6156
III	526596,3359	9407310,9963	130,6053
Skenario	Koordinat Geodetis		
	Longitude (derajat)	Latitude (derajat)	h (m)
I	105.2400573469	-5.3620393213	130,6185
II	105.2400575125	-5.3620391656	130,6156
III	105.2400573456	-5.3620393125	130,6053
Skenario	Koordinat Kartesian 3D (m)		
	X	Y	Z
I	-1669327,67933	6127212,73483	-592068,04474
II	-1669327,69668	6127212,72869	-592068,02731
III	-1669327,67575	6127212,72227	-592068,04253

Skenario	Simpangan Baku (m)		
	X	Y	Z
I	0,00232	0,00173	0,00984
II	0,00233	0,00170	0,00900
III	0,00237	0,00172	0,00959

Tabel 11 menunjukkan nilai simpangan baku koordinat rata-rata pada sumbu X, Y, dan Z tiga skenario. Nilai simpangan baku paling kecil dapat berarti bahwa hasil pengolahan mempunyai ketelitian posisi yang lebih baik. Skenario I memiliki koordinat dengan ketelitian pada sumbu X sebesar 0,00232 m, Y sebesar 0,00173 m, dan Z 0,00984 m. Skenario II memiliki koordinat dengan ketelitian pada sumbu X sebesar 0,00233 m, Y sebesar 0,00170 m dan Z sebesar 0,00900 m. Skenario III menghasilkan

ketelitian paling rendah pada sumbu X sebesar 0,00237. Pada sumbu Y dan Z, skenario III memiliki ketelitian yang lebih baik daripada skenario I, yaitu dengan Y sebesar 0,00172 dan Z sebesar 0,00959. Hasil pengolahan tersebut menunjukkan bahwa skenario I memiliki ketelitian yang teliti pada sumbu X dan skenario II memiliki ketelitian yang lebih teliti pada sumbu Y dan Z.

Tabel 12. Koordinat kartesian titik ULP2 terhadap ITRF 2008 *epoch* 2012

Skenario	Koordinat Kartesian (m)		
	X	Y	Z
I	-1669327,6775	6127213,7354	-592068,0420
II	-1669327,6948	6127213,7293	-592068,0246
III	-1669327,6738	6127213,7228	-592068,0398

Uji signifikansi beda dua parameter

Uji signifikansi dilakukan menggunakan uji-t dengan tingkat kepercayaan 95%

dan derajat kebebasan ∞ sehingga nilai $t_{\alpha} = 1,960$. Berikut nilai t-hitungan hasil uji signifikansi.

Tabel 13. Hasil uji signifikansi perbedaan koordinat

Skenario	Parameter	t-hitung	t-tabel	Hasil Uji
SK I dan SK II	X	0,254	1,96	Tidak Signifikan
	Y	0,105	1,96	Tidak Signifikan
	Z	0,127	1,96	Tidak Signifikan
SK I dan SK III	X	0,052	1,96	Tidak Signifikan
	Y	0,214	1,96	Tidak Signifikan
	Z	0,016	1,96	Tidak Signifikan
SK II dan SK III	X	0,305	1,96	Tidak Signifikan
	Y	0,110	1,96	Tidak Signifikan
	Z	0,112	1,96	Tidak Signifikan

Tabel 13 menunjukkan bahwa nilai t-hitung skenario I dan II kurang dari 1,96, yaitu pada sumbu X = 0,254, Y = 0,105 dan Z = 0,127. Nilai t-hitung skenario I dan III kurang dari 1,96, yaitu pada sumbu X = 0,052, Y = 0,214 dan Z = 0,016. Nilai t-hitung skenario II dan III kurang dari 1,96, yaitu pada sumbu X = 0,305, Y = 0,110 dan Z = 0,112. Nilai

tersebut secara statistik menunjukkan bahwa penggunaan 15 titik ikat IGS dengan distribusi titik yang merata (skenario I), 4 titik ikat IGS dengan memperhatikan jarak yaitu kurang dari 1000 km (skenario II) dan 5 titik ikat CORS BIG jarak dekat (skenario III) tidak memiliki perbedaan koordinat yang signifikan.

4. Kesimpulan

Koordinat definitif titik ULP2 dalam UTM zona 48S arah E = 526596,336 m, N = 9407310,9954 m, dan h = 130,6185 m. Koordinat geodetis 5.3620393213° LS dan 105.240057347° BT. Koordinat kartesian 3D sumbu X = $-1669327,67933 \text{ m} \pm 0,00232 \text{ m}$, Y = $6127212,73483 \text{ m} \pm 0,00173 \text{ m}$, dan Z = $-592068,04474 \text{ m} \pm 0,00984 \text{ m}$. Hasil uji-t menunjukkan bahwa skenario I, II, dan III tidak memiliki perbedaan koordinat yang signifikan.

Titik ikat yang paling optimal dihasilkan dari penggunaan titik ikat IGS dengan distribusi titik yang merata. Selain itu, penggunaan titik ikat dengan distribusi titik yang merata dapat menghasilkan konfigurasi jaringan yang baik. Panjang *baseline* yang optimal berkisar antara 565 km sampai dengan 2.806 km dengan nilai simpangan baku yang kecil pada arah E = 2,4 mm, N = 1,8 mm, dan h = 9,9 mm.

Daftar Pustaka

- _____. 2018. *Inacors big satu referensi pemetaan indonesia*. Badan Informasi Geospasial.
- _____. *ITRF solutions* 2014. http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2014/tp_14-08.php. Di akses pada 27 Oktober 2019.
- _____. 2002. *Jaring kontrol horisontal*. Badan Standarisasi Nasional.
- Abidin, H. Z. 2002. *Penentuan posisi dengan gps dan aplikasinya*. Pradnya Paramita : Jakarta.
- Artini, S.R. 2013. Penggunaan kombinasi titik ikat stasiun global igs dan titik ikat stasiun gps regional yang diikatkan pada itrf-2008 dalam pendefinisian stasiun gnss cors gmu1. *Jurnal*
- Fakultas Teknik UIGM. Tekno Global*. 2(1): 72-80.
- Azmi, M. 2012. Sistem cors (*continuously operating reference station*) di indonesia dan di beberapa negara, *Artikel*. <http://digital.itb.ac.id>. Diakses pada 13 Maret 2019.
- Estey, Lou and Stuart Wier. 2014. *Teqc Tutorial : Basic of Teqc Use and Teqc Products*. <https://www.unavco.org>. Diakses pada 22 Februari 2019.
- Herring, T.A., King, R.W., Floyd, M. A., McClusky, S.C. 2006. *Introduction to gamit/globk*. Departemen of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, T.A., King, R.W., Floyd, M. A., McClusky, S.C. 2018. *Introduction to gamit/globk*. Departemen of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Palupi, F. J. 2015. Evaluasi ketelitian koordinat hasil pengamatan gnss stasiun tgd dan sgy pada pemantauan sesar opak dengan titik ikat global dan lokal. *Jurnal Universitas Gadjah Mada*. 1-25.
- Permatahati, D.A., Kahar, S., dan Sabri, M.L. 2012. Transformasi Koordinat pada Peta Lingkungan Laut Nasional dari Datum ID74 Ke WGS84 untuk Keperluan Penentuan Batas Wilayah Laut Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Barat. *Jurnal Geodesi UNDIP* 1(1):1-10.
- Ulinnuha, H. 2014. *Perbandingan 7 parameter transformasi datum dari itrf 2005 metode molodensky-badekas dengan parameter global iers (studi kasus : cors bpn diy)*. Skripsi. Etd.repository.ugm.ac.id. Diakses pada 11 April 2019.