



ANALISIS PLOT TIME SERIES KOMPONEN NORTH, EAST, DAN UP STASIUN GNSS CORS GMU1

Sri Rezki Artini^{1*}, Fadhila Firdausa², Citra Dewi³

^{1,2}Politeknik Negeri Sriwijaya, ³Universitas Lampung

srizekiartini@polsri.ac.id

Naskah diterima : 20 Maret 2022. Disetujui: 25 Agustus 2022. Diterbitkan : 30 September 2022

ABSTRAK

Perkembangan teknologi GNSS di Indonesia begitu pesat seiring dengan perkembangan sistem titik kontrol dasar modern. Dalam perkembangan ini, titik kontrol digunakan untuk acuan dalam penentuan posisi. Sistem tersebut dikenal dengan CORS (Constinuosly Operating Reference System). Di kampus Teknik Geodesi UGM Yogyakarta mengembangkan stasiun aktif CORS yang dimulai pada tahun 2009 hingga sekarang masih terus beroperasi yaitu dengan nama stasiun aktif GMU1. Penelitian ini menggunakan metode pengikatan jaring ke delapan titik ikat regional dengan menggunakan data doy 196 sampai dengan doy202 tahun 2012. Mengingat pentingnya pendefinisian stasiun aktif GMU1 ini sebagai titik kontrol acuan, sehingga perlu dilakukan pendefinisian ulang serta ketelitian harian North, East, dan Up dari stasiun tersebut. Penelitian ini berfokus pada perolehan nilai ketelitian harian dari stasiun tersebut. Nilai wrms untuk komponen North sebesar 1,4 mm, komponen East sebesar 4 mm dan komponen Up sebesar 6,7 mm.

Kata kunci: GNSS CORS, GMU1, GAMIT, GLOBK

ABSTRACT

The development of GNSS technology in Indonesia is so rapid along with the development of modern basic control point systems. In this development, control points are used for reference in positioning. The system is known as the CORS (Constinuosly Operating Reference System). At the UGM Yogyakarta Geodetic Engineering campus, the development of the GNSS CORS station which began in 2009 has continued to operate, namely the GNSS CORS GMU1 station. The method used in this study was the method of binding network to eight regional control points using doy 196 data to doy 202 in 2012. Considering the definition of the GNSS GMU station as a reference control point is very important, it is necessary to redefine and daily accuracy North, East and Up of the station. The purpose of this study was to obtain a daily accuracy value from the station. Wrms value for North component was 1.4 mm, East component was 4 mm and Up component was 6.7 mm.

Key Words : GNSS CORS, GMU1, GAMIT, GLOBK

1. PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi GNSS untuk aplikasi - aplikasi yang memerlukan ketelitian tinggi untuk menentukan posisi yang relative dengan menggunakan stasiun CORS [1]. Aplikasi CORS antara lain dapat digunakan seperti halnya untuk pemodelan geoid [2]. Aplikasi ini juga dapat digunakan untuk keperluan studi geodinamika stasiun pasut Pulau Jawa [3], pemantauan posisi Candi Borobudur yang bertujuan untuk menjaga warisan dunia [4], dan pembangunan kerangka acuan geodetik (lokal, regional, maupun global) yang membutuhkan strategi pengamatan dan pengolahan data yang tepat [5], sebagai contoh dari pembangunan kerangka acuan ini adalah penelitian yang dilakukan oleh [6] yaitu menentukan koordinat definitif stasiun aktif UNDIP dan beracuan dengan kepentingan survei, model matematis geodesi, dan pemrosesan sinyal digital [7]. Strategi pengamatan dan pengolahan berdasar pada penggunaan metode penentuan posisi secara diferensial menggunakan data fase serta [8] durasi pengamatan dalam selang waktu yang relatif panjang [2]. Sedangkan strategi pengolahan data tertumpu pada proses perataan jaring menggunakan perangkat ilmiah [9]. Pada proses perataan jaring GNSS, faktor-faktor seperti: jumlah, distribusi, dan ketelitian titik ikat yang dimanfaatkan pada proses perataan jaring akan mempengaruhi kualitas jaringan [10] dan ketelitian koordinat titik-titik dalam jaring [11]. Dalam penelitian ini aplikasi yang memerlukan ketelitian tinggi yaitu meningkatkan kualitas data dan integritas stasiun CORS untuk kerangka acuan geodetik yakni penggunaan titik ikat yaitu Stasiun aktif GMU1 akan diikatkan terhadap 8 titik ikat GPS regional di Candi Borobudur, Pulau Jawa dan Pulau Bali. Bukan hanya menghasilkan nilai koordinat, pada penelitian ini akan dianalisis nilai *chi-square*, dan ketelitian harian (*North*, *East*, dan *Up*). *GPS Analysis of Massachusset Institute of Technology* (GAMIT) merupakan paket dari analisis data GPS yang komprehensif. MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) mengembangkan GAMIT guna perhitungan posisi tiga dimensi dan orbit satelit [12]. Ketika MIT melakukan pengembangan terhadap alat penerima (*receiver*) GPS yaitu awal tahun 1970-an, kemudian GAMIT bermigrasi melalui *platform* sistem operasi *Unix* tahun 1987. Semakin dimungkinkan untuk mengembangkan skema pengolahan data GPS secara otomatis setelah IGS berdiri pada tahun 1992. Pertengahan tahun 1990, GAMIT menjadi suatu aplikasi *fully automatic processing* yang menyertakan data stasiun-stasiun

secara terus-menerus di seluruh dunia, diantaranya IGS [12]. *Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program* (GLOBK) merupakan suatu paket program yang mampu mengkombinasikan hasil pengolahan data survei terestris maupun data survei ekstra terestris. Menurut [3], komponen utama dari input data pada GLOBK yaitu matriks varian kovarian (dari data koordinat stasiun), parameter rotasi bumi, parameter orbit, dan koordinat hasil pengamatan di lapangan [3]. Hasil pengolahan dengan GAMIT yaitu berupa *h-file* yang diperlukan sebagai input *file* pada GLOBK.

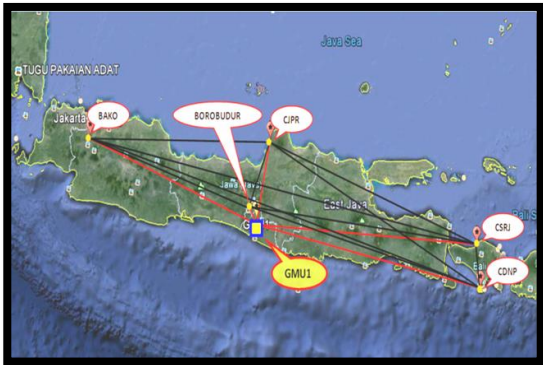
2. METODE PENELITIAN

File hasil unduh merupakan bentuk RINEX (*Receiver Independent EXchange Format*) stasiun aktif GMU1. Data hasil pengamatan GNSS yaitu *doy* 196 sampai dengan *doy* 202 memiliki *sampling rate* 30 detik yang didapatkan melalui pengambilan file dari server stasiun aktif GMU1. Data pengamatan titik ikat GPS regional dari empat titik pengukuran di Candi Borobudur (BORA, BORB, BORC, BORD), 2 stasiun GPS di Pulau Jawa yaitu BAKO dan CJPR dan 2 di Pulau Bali yaitu CDNP dan CSRJ. Data ini diperoleh dari Badan Informasi Geospasial.

Bahan pendukung yang diperlukan untuk mempengaruhi ketelitian hasil pemrosesan data pengamatan dengan GAMIT : *File* pasang surut gelombang laut yaitu *otl_FES2004.grid*, *File* pemodelan cuaca yaitu berupa *file vmflgrid.2011* merupakan fungsi pemetaan hitungan cuaca. Dan *file* atmosfer yaitu *atmdisp_cm.2011*. Perolehan data RINEX dari stasiun GMU1 tiap hari terbagi menjadi 24 sesi dengan format data *gmu1xxxa.rnx.zip, gmu1xxxb.rnx.zip, gmu1xxx.c.rnx.zip, ..., gmu1xxxx.rnx.zip*. Dimana xxx merupakan *day of year*, sedangkan a, b, c, ..., x merupakan sesi pengamatan yaitu masing-masing 1 jam perekaman data. Data tersebut masih dalam bentuk *.zip sehingga perlu diekstrak untuk memperoleh *file* observasi dan *file* navigasinya. Setelah diekstrak, terdapat dua macam format data yaitu *file* navigasi (*.yyn) dan *file* observasi (*.yyo), dimana yy merupakan tahun pengamatan.

Dalam pengolahan data ekstra terestris menggunakan GAMIT, RINEX harus dalam bentuk per-*doy* yaitu pengamatan dimulai pukul 00:00:00 dan pengamatan berakhir pada pukul 23:59:30. Dengan demikian data tersebut perlu digabung menjadi satu *file* observasi dengan waktu pengamatan mulai pukul 00:00:00 sampai dengan 23:59:30. Berikut adalah perintah

penggabungan *file* observasi yang dilaksanakan pada TEQC : `teqc -qc gmu1196a.12o gmu1196b.12o,...., gmu1196x.12o > gmu11960.12o`



Gambar 1. Desain jaring

Gambar 1 memperlihatkan desain jaring empat titik ikat stasiun regional di Candi Borobudur; 2 stasiun GPS Pulau Jawa yaitu : BAKO (Cibinong) dan CJPR (Jejara), dan 2 stasiun GPS Pulau Bali yaitu : CDNP (Denpasar) dan CSRJ (Singaraja).

Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan fasilitas *automatic batch processing* yakni menggunakan perintah proses secara otomatis dengan *sh_gamit*. Dengan menggunakan perintah tersebut, maka program/aplikasi GAMIT bekerja secara otomatis dalam hal melakukan analisis terhadap *input* data yang telah dipersiapkan [11]. Data GPS yang diolah melalui perangkat lunak GAMIT dengan menggunakan *automatic batch processing* dijalankan pada direktori kerja `/home/user/project`. Adapun perintah dasar *sh_gamit* dinyatakan dalam perintah di bawah ini :

`sh_gamit -s <yyyy> <start-doy> <stop-doy> - expt <expt>`

Keterangan :

`yyyy` : data tahun pengamatan yang diolah

`start-doy` : *doy* awal

`stop-doy` : *doy* akhir

`expt` : nama eksperimen yang telah ditentukan pada *file sites.defaults*.

Setelah menjalankan perintah yang tertera di atas, maka dihasilkan *folder* secara otomatis

[12] dengan secara detail dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Produk yang dihasilkan perintah *sh_gamit*

| No. | Produk | Keterangan |
|-----|--|--|
| 1. | <i>Folder doy</i> | terletak pada direktori <i>project</i> yang diproses |
| 2. | <i>g-file</i> | berisi kondisi awal orbit satelit yang merupakan dari data <i>file *.sp3</i> |
| 3. | Proses <i>link</i> | <i>link</i> direktori harian dan <i>file RINEX</i> . |
| 4. | Perintah <i>sh_upd_stnfo</i> | untuk <i>update station.info</i> dari data RINEX yang digunakan |
| 5. | Perintah <i>sh_check_sess</i> | untuk memastikan bahwa semua satelit termasuk data observasi (RINEX) ada dalam <i>file</i> navigasi dan <i>g-file</i> |
| 6. | <i>j-file</i> | berisi parameter jam satelit yang dipancarkan dan diterima <i>receiver</i> yang merupakan estimasi jam satelit dari data <i>file</i> navigasi yaitu dengan perintah <i>sh_makej</i> |
| 7. | <i>File input</i> untuk <i>makex</i> dan <i>fixdrv</i> | dengan menggunakan perintah <i>makexp</i> |
| 8. | <i>k-file</i> | berisi koordinat, <i>broadcast ephemeris</i> , dan <i>pseudo-ranges</i> dari data <i>file</i> observasi RINEX, dan jam satelit dari <i>j-file</i> |
| 9. | <i>x-file</i> | berisi <i>file</i> observasi data yang memuat gelombang L1 dan L2 dan <i>pseudoranges</i> , <i>amplitudo</i> sinyal, inisial koordinat titik pengamatan, dan <i>antena offset</i> , awal dan akhir waktu pengamatan, serta identifikasi satelit yang tersimpan di setiap <i>receiver</i> |
| 10. | <i>q-file</i> | berisi hasil dari proses pengolahan |
| 11. | <i>h-file</i> | berisi matriks varian kovarian dari koordinat titik pengamatan dengan solusi <i>loosely constraint</i> serta parameter-parameter hasil pengolahan. <i>File</i> ini digunakan sebagai masukan pada pemrosesan lanjutan pada GLOBK |

| | | |
|-----|---|--|
| 12. | <i>File batch</i> | untuk pengolahan GAMIT dengan menjalankan FIXDRV |
| 13. | Tabular orbital ephemeris (<i>arc</i>), | |
| 14. | model observasi <i>phase</i> (model) | |
| 15. | <i>autcln</i> | |
| 16. | estimasi parameter (<i>solve</i>) | dengan menjalankan <i>batch</i> model observasi <i>phase</i> (model) |

Selain file yang disebutkan, terdapat file yang merangkum hasil automatic batch processing dengan *sh_gamit* yaitu *sh_gamit.summary.*, dan file hasil cleaning data dan pengkoreksian cycle slips oleh modul AUTCLN yaitu *autcln.postfit.summary* [12]. Proses pengolahan data secara otomatis dengan menggunakan automatic batch processing berarti memberikan perintah kepada GAMIT dalam menjalankan proses batch, yaitu seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2. Proses batch dalam GAMIT

| No. | Proses | Keterangan |
|-----|----------------------|---|
| 1. | <i>Arc</i> | program untuk menghasilkan <i>t-file</i> |
| 2. | <i>Yawtab</i> | program untuk menghasilkan tabel nilai <i>yaw</i> untuk tiap satelit pada tiap <i>epoch</i> sebagai input <i>t-file</i> . |
| 3. | Model | program untuk menghitung <i>prefit residuals</i> dan <i>partial derivatives</i> yaitu pengamatan pada tiap <i>x-file</i> yang kemudian membuat <i>c-file</i> dengan menggunakan <i>x-file</i> tersebut |
| 4. | <i>Autcln</i> | program untuk membaca <i>c-file</i> yang dibentuk pada proses model. Proses ini mencari <i>cycle slips</i> , <i>double difference residual</i> dan membuat seri "a" dari <i>c-file</i> dengan format <i>c<nama_project>a.<ddd></i> yang telah dikoreksikan data fase dan <i>prefit residual</i> |
| 5. | <i>Cfmrg</i> | program untuk menentukan dan memilih parameter yang diratakan dan <i>c-file</i> yang dibaca. Keluaran dari program ini berupa <i>m-file</i> |

| | | |
|-----|-------------------------|--|
| 6. | <i>Solve</i> | program yang memberikan hasil hitungan kuadrat terkecil pada koordinat stasiun pengamatan dan parameter orbit yang diberikan perataan. Setelah itu meng- <i>update</i> <i>m-file</i> dengan parameter hasil perataan. Proses ini menghasilkan <i>l-file</i> dan <i>g-file</i> dengan seri "a". <i>m-file</i> dan <i>q-file</i> pada solusi <i>prefit</i> diberi nama dengan karakter keenamnya yaitu "p" |
| 7. | <i>Autcln</i> | program yang membersihkan data dengan menggunakan <i>residu</i> dari koordinat yang telah di- <i>update</i> kemudian menulis ulang <i>c-file</i> seri "b" |
| 8. | <i>Cfmrg</i> | program yang membuat <i>m-file</i> baru dengan seri "a" dari <i>c-file</i> dengan seri "b". |
| 9. | <i>Sh_sigelv</i> | program yang membuat data <i>noise</i> dari <i>file auto.post.sum</i> dan <i>Wide Lane (WL)</i> ambiguitas diselesaikan dalam <i>n-file</i> |
| 10. | <i>Solve</i> | program yang menghitung ulang koordinat stasiun dan parameter orbit dengan hitung kuadrat terkecil serta menghitung ulang <i>ambiguitas fase</i> . Proses ini memperbaharui <i>m-file</i> dengan parameter yang sudah diberi perataan untuk melihat dan mengubah <i>postfit residual</i> . Selain itu juga, proses ini membuat <i>l-file</i> lagi dengan seri "a", <i>g-file</i> dengan seri "b", dan <i>q-file</i> dari hasil solusi dengan nama <i>file</i> yang karakter keenamnya adalah "a" |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

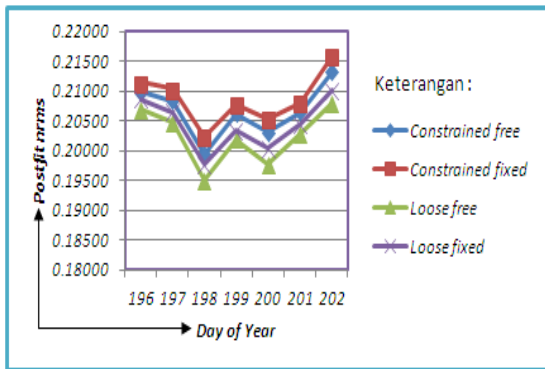
Penelitian ini bertujuan untuk mengikatkan stasiun aktif GNSS CORS GMU1 terhadap delapan buah titik ikat dari stasiun regional BORA, BORB, BORC, BORD, BAKO, CJPR, CDNP, dan CSRJ. Titik ikat tersebut digunakan agar terlihat pengaruh persebaran lokasi titik regional dalam satu Pulau Jawa yang lokasinya menyebar diujung utara, barat, dan timur. Jarak stasiun GMU1 dan titik-titik tersebut kurang lebih ratusan kilometer. Tabel berikut menunjukkan hasil secara keseluruhan.

Tabel 3. Nilai *postfit nrms* dan ambiguitas fase

| doy | Postfit nrms | | | | Ambiguitas fase | |
|-----|--------------|---------|---------|---------|-----------------|--------|
| | Constrained | | Loose | | WL (%) | NL (%) |
| | Free | Fixed | Free | Fixed | | |
| 196 | 0,20981 | 0,21139 | 0,20703 | 0,20865 | 89,8 | 59,1 |
| 197 | 0,20838 | 0,21031 | 0,20469 | 0,20649 | 88,3 | 55,8 |
| 198 | 0,19937 | 0,20237 | 0,19494 | 0,19773 | 97,9 | 79,1 |
| 199 | 0,20616 | 0,20770 | 0,20192 | 0,20332 | 87,8 | 57,8 |
| 200 | 0,20306 | 0,20542 | 0,19776 | 0,20036 | 90,6 | 69,4 |
| 201 | 0,20641 | 0,20799 | 0,20282 | 0,20444 | 90,6 | 77,9 |
| 202 | 0,21325 | 0,21587 | 0,20798 | 0,21016 | 90,8 | 76,9 |

Tabel 3 menunjukkan hasil nilai *postfit nrms* yaitu perbandingan antara nilai akar kuadrat *chi-square* dan nilai *degree of freedom* dan menunjukkan nilai *postfit nrms* untuk masing-masing *doy* yang mempunyai nilai *postfit nrms* yang bervariasi. Dapat dilihat bahwa nilai rata-rata untuk *constrain solution* dan *loose solution* berkisar antara 0,19 sampai dengan 0,22. Nilai *postfit nrms* yang tidak lebih dari 0,25 menerangkan bahwa tidak terdapatnya kesalahan ketika melakukan pemodelan.

Besaran nilai tersebut telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh GAMIT. Perihal ini berarti bahwa data yang digunakan memiliki kualitas yang baik dan kesalahan terdistribusi merata. Selain itu, hasil *postfit nrms* tersebut memperlihatkan bahwa bobot apriori yang diberikan dengan angka yang benar.



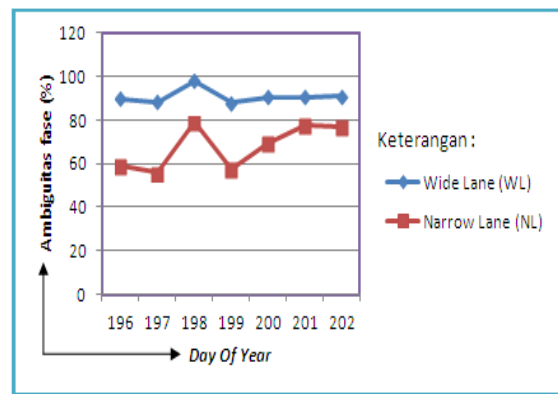
Gambar 2. Nilai *postfit nrms*

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan rentang nilai untuk *postfit nrms*. Nilai kisaran *constrained free* dan *constrained fixed* yaitu antara 0,19937 sampai dengan 0,21587. Nilai *constrained free* mempunyai rata-rata sebesar 0,20663. Sedangkan nilai *constrained fixed* mempunyai rata-rata sebesar 0,20872.

Nilai kisaran *loose free* dan *loose fixed* antara 0,19494 sampai dengan 0,21016. Nilai rata-rata *loose free* adalah 0,20245, sedangkan nilai rata-

rata *loose fixed* adalah 0,20445. Nilai rata-rata tersebut adalah rata-rata dari nilai *postfit nrms* ketujuh *doy*. Nilai *loose nrms* selalu lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari *constrained nrms*. Menurut [13], hal itu menunjukkan bahwa tidak ada nilai yang salah dari parameter orbit dan koordinat stasiun pengamat. Parameter evaluasi lainnya yang terdapat pada *file sh_gamit_ddd.summary* adalah nilai *ambiguitas fase*.

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan nilai ambiguitas fase yaitu jenis *Wide Lane* (WL) dan *Narrow Lane* (NL). Nilai ambiguitas fase terbesar jenis WL terdapat pada *doy* 198 sebesar 97,9 %. Sedangkan nilai ambiguitas fase terbesar jenis NL terdapat pada *doy* 198 yaitu sebesar 79,1 %.



Gambar 3. Nilai WL dan NL

Nilai rata-rata ambiguitas fase untuk jenis WL adalah 90,8 %. Nilai WL yang baik adalah lebih dari 90 %. Hal ini berarti bahwa pada pengolahan data tersebut tidak terdapat *noise* pada *pseudorange*. Nilai rata-rata ambiguitas fase untuk jenis NL adalah 68 %. Nilai NL yang baik adalah lebih dari 80%. Apabila kurang dari 80%, maka menandakan bahwa pada pengolahan data tersebut terdapat kesalahan pada ukuran, konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, atau kondisi atmosfer.

Tabel 3 menunjukkan nilai yang tidak baik untuk ambiguitas fase jenis NL dimana semua *doy* memiliki nilai di bawah 80%. Nilai yang kurang baik ini disebabkan karena pemilihan stasiun titik ikat yang berjumlah delapan titik yang merupakan stasiun pengamatan regional dan konfigurasi tidak menyebar di sekitar stasiun aktif GMU1 yaitu hanya pada arah utara saja. Namun demikian tetap digunakan hasil dari proses *penelitian ini* dikarenakan nilai *postfit* masih masuk dalam kriteria. Secara keseluruhan dari *file output*

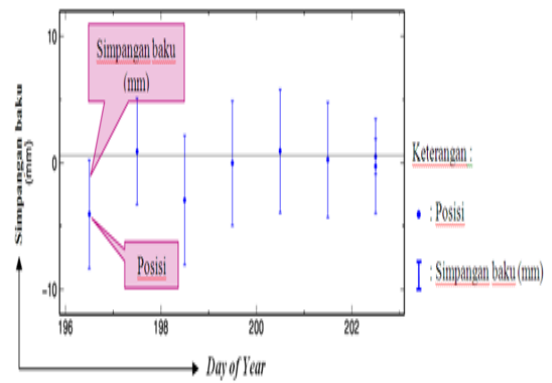
hasil pemrosesan data menggunakan GAMIT, dapat dipakai untuk proses lanjutan dengan menggunakan GLOBK yaitu untuk mengetahui koordinat yang dihasilkan dari penelitian ini [3].

Tahap akhir pengolahan data pada penelitian ini adalah pengolahan data dengan menggunakan GLOBK. Untuk evaluasi hasil pengolahan data dapat dilihat berdasarkan hasil statistik *chi-square increment per degree of freedom* yang diperlukan untuk penentuan konsistensi dari solusi GAMIT parameter *loosely constraint* terhadap GLOBK [14]. Nilai *chi-square per doy* ditampilkan pada Tabel 4. Kecilnya nilai *chi-square* saat awal *file* menunjukkan nilai apriori dan constraint konsisten berkenaan dengan data yang diproses [15]. Jika ditinjau secara keseluruhan, nilai tersebut tidak mengalami perubahan yang signifikan sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat pemodelan data yang buruk.

Tabel 4. Nilai χ^2/f

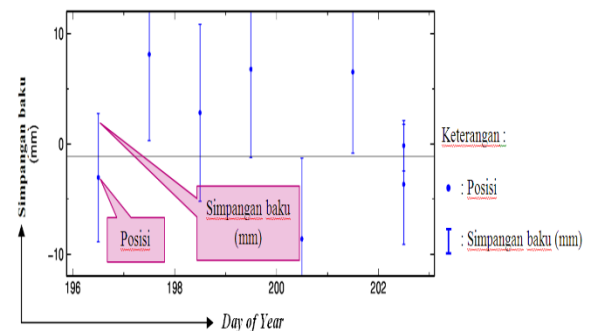
| doy | χ^2/f |
|-----|------------|
| 196 | 0,093 |
| 197 | 0,133 |
| 198 | 0,178 |
| 199 | 0,168 |
| 200 | 0,177 |
| 201 | 0,115 |
| 202 | 0,152 |

Sebelum dihasilkan nilai *chi-square* tiap *doy* seperti yang terlihat pada Tabel 4 di atas, penerapan cek kualitas dari data stokastik per harinya menggunakan GLRED perlu dilakukan. Data stokastik tersebut ditentukan berdasarkan nilai yang telah diplot sebagai *time series* menggunakan program GMT. Perihal ini dilakukan guna diketahuinya data pengolahan per harinya terdapat *outliers* atau tidak [16] dan [17]. Jika adanya temuan *outliers*, maka pengolahan ulang pada GAMIT perlu dilakukan berkenaan dengan data yang terdapat *outliers* atau dengan upaya membuang *h-file* pada data yang terdapat *outliers* agar tidak dimanfaatkan kembali pada proses selanjutnya.



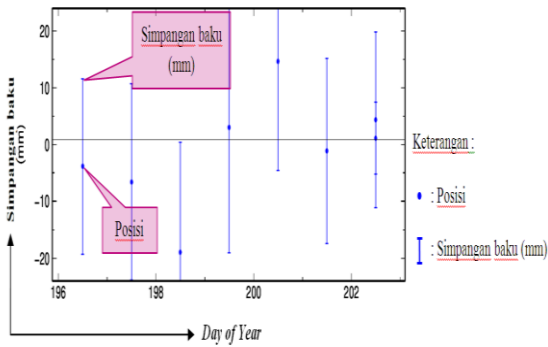
Gambar 4. Hasil plot *time series* komponen North stasiun aktif GNSS CORS GMU1

Gambar 4 memperlihatkan nilai *wrms* komponen North stasiun aktif GMU1 memiliki ketelitian harian sebesar 1,4 mm. Nilai *wrms* yang diijinkan maksimum 10 mm. Variasi nilai *wrms* yang terdapat pada ketelitian harian komponen North berkisar antara -9 mm sampai dengan 6 mm.



Gambar 5. Hasil plot *time series* komponen East stasiun aktif GNSS CORS GMU1

Gambar 5 memperlihatkan nilai *wrms* komponen East stasiun GMU1 memiliki ketelitian harian sebesar 4 mm. Nilai *wrms* yang diijinkan maksimum 10 mm. Variasi nilai *wrms* yang terdapat pada ketelitian harian komponen East berkisar antara lebih kecil dari -10 mm sampai dengan lebih besar dari 10 mm.



Gambar 6. Hasil plot time series komponen Up stasiun aktif GNSS CORS GMU1

Gambar 6 memperlihatkan nilai wrms komponen Up stasiun GMU1 memiliki ketelitian harian sebesar 6,7. Nilai wrms yang diijinkan maksimum 10 mm. Variasi nilai wrms yang terdapat pada ketelitian harian komponen Up berkisar antara lebih dari -20 mm sampai lebih besar dari 20 mm.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah nilai wrms komponen North, East, dan Up Stasiun GMU1 memiliki ketelitian harian kurang dari 10mm. Simpulan tersebut terbukti dari nilai wrms komponen North sebesar 1,4 mm, komponen East sebesar 4 mm, dan komponen Up sebesar 6,7 mm. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat data

outliers pada pengamatan tersebut. Posisi spasial titik kontrol geodetik seperti GNSS CORS GMU1 terus menerus berubah menyertai aktivitas kerak bumi [18]. Studi tersebut mengenai pergerakan lempeng Kepulauan Indonesia relatif terhadap lempeng disekitarnya seperti Eurasia, Lempeng Hindia-Australia, Lempeng Pasifik dan sebagainya menunjukkan terdapat pergerakan lempeng secara relatif terhadap lempeng-lempeng di sekitarnya. Satu diantaranya yaitu Lempeng Indochina dan Asia Tenggara bergerak relatif terhadap Lempeng Eurasia dengan kecepatan $6 \text{ cm} \pm 3 \text{ mm}$ per tahun.

Daftar Pustaka

[1] Haasdyk, J., Roberts, C., & Janssen, V. (2010). Automated Monitoring of CORSnet-NSW using Bernese Software. *Proceeding of FIG Congress 2010*.
 [2] Wu, Q., Kang, J., Li, S., Zhen, J., & Li, H. (2015). GNSS Positioning by CORS and EGM2008 in Jilin Province, China.

Sensors, 15, 30419–30428. <https://doi.org/10.3390/s151229806>
 [3] Taftazani, M. I. (2013). *Analisis Geodinamika Lima Stasiun Pasut Pulau Jawa dengan Data Pengamatan Gps Tiga Epok*. Universitas Gadjah Mada.
 [4] Lestari, D. (2020). Analisis Pergeseran Titik Jaring Pemantau Candi Borobudur Mengacu ke ITRF 2008 Berdasarkan Data Pengamatan GPS pada Tahun 2003 dan 2012. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*.
 [5] Rizos, C. (2014). *CORS and its Applications Past, Present, Future*.
 [6] Purba, E. S. (2013). *Penentuan Koordinat Definitif Epoch 2013 Stasiun CORS Geodesi UNDIP dengan Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.04*. Universitas Diponegoro.
 [7] Yuwono, B. D., Awaluddin, M., & Laksana, I. (2014). Peran Surveyor Indonesia Mendukung Pemerintah Baru melalui One Map Policy di Era Globalisasi. *FIT ISI 2014*.
 [8] Rizos, C. (1993). *Principle And Practice of GPS Surveying*. School of Surveying, University of New South Wales.
 [9] Laksana, I. (2014). *Penentuan Posisi Stasiun aktif UNDIP pada Tahun 2013 dan 2014 Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT*. Universitas Diponegoro.
 [10] Herring, T., King, S. W., & McClusky, S. C. (2006). *Introduction to GAMIT/GLOBK*. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
 [11] King, R. W., & Bock, Y. K. (2002). *Documentation for the GAMIT GGPS Analysis Software, Release 10.0*. Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences. Departement of earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology and Scripps Institute of Oceanography, University of California.
 [12] Sunantyo, T. A. (2009). GNSS Infrastructure and Standard in Indonesia. *7th FIG Regional Conference*.
 [13] Tetteyio, I. N. N. (2007). *Analysis of Data from the GPS Reference Station at AAU using GAMIT*. Aalborg University, Denmark.
 [14] Herring, T., King, S. W., & McClusky, S. C. (2010). *GAMIT Reference Manual; GPS Analysis at MIT*. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
 [15] Lestari, D. (2006). *GPS Study for Resolving the Stability of Borobudur Temple Site*. University of New South Wales.

- [16] Widjajanti, N. (2010). *Deformation Analysis of Offshore Platform using GPS Technique and its Application in Structural Integrity Assessment*. Universiti.
- [17] Panuntun, H. (2012). *Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global*. Universitas Gadjah Mada
- [18] Bock, Y., Prawirodirdjo, L., Genrich, J. F., Stevens, C. W., McCaffrey, R., Subarya, C., Puntodewo, S., & Calais, E. (2003). Crustal Motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements. *Journal of Geophysical Research*, 108(B8).