

**PENENTUAN POSISI DAN PERGESERAN STASIUN CORS UNDIP
BERDASARKAN PENGAMATAN CORS TERIKAT IGS PADA TAHUN
2015, 2016 DAN 2017**

Mohamad Rizki Ramadhan^{*)}, Bambang Darmo Yuwono, Fauzi Janu Amarrohman

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : m.rizki.ramadhan@student.undip.ac.id

ABSTRAK

Penentuan posisi dengan menggunakan CORS (*Continuously Operating Reference Station*) mulai banyak dimanfaatkan khususnya di Indonesia. Stasiun CORS merupakan stasiun GNSS yang aktif secara kontinu dan pada realisasinya dapat dimanfaatkan secara skala global maupun regional untuk kegiatan survei dan pemetaan, studi geodinamika serta deformasi, dll. Karena sifatnya yang kontinu, diperlukan perhitungan koordinat absolut secara berkala untuk stasiun CORS. Hal ini tidak lepas dari adanya fenomena geodinamika seperti pergerakan lempeng kerak bumi, deformasi, dll. Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan koordinat definitif CORS UNDIP pada tahun 2015 hingga 2017 dengan menggunakan 12 titik ikat IGS (ALIC, BAKO, CNMR, COCO, GUAM, HYDE, LHAZ, PIMO, STR1, VACS, XMIS, dan YARR), penentuan kecepatan posisi, serta mengetahui apakah terdapat pengaruh yang signifikan terhadap variasi jumlah DOY (*Day of Year*) pengamatan yang digunakan terhadap koordinat hasil perhitungan. Hasil dari penelitian ini adalah koordinat stasiun CORS UNDIP dengan ketelitian terbaik dengan nilai koordinat kartesian komponen $X = -2210748.6604 \text{ m} \pm 0.96 \text{ mm}$, $Y = 5931893.1964 \pm 2.15 \text{ mm}$, dan $Z = -777746.1083 \pm 0.59 \text{ mm}$. Kemudian kecepatan posisi stasiun CORS UNDIP dengan nilai pergeseran tahun 2015 ke 2016 dengan nilai $V_n -0.00115 \text{ m/tahun} \pm 2.45 \text{ mm}$, $V_e 0.02975 \text{ m/tahun} \pm 3.21 \text{ mm}$, dan $V_u -0.0063 \text{ m/tahun} \pm 12.03 \text{ mm}$; tahun 2016 ke 2017 dengan nilai $V_n 0.01121 \text{ m/tahun} \pm 2.65 \text{ mm}$, $V_e 0.04084 \text{ m/tahun} \pm 3.27 \text{ mm}$, dan $V_u -0.01219 \text{ m/tahun} \pm 12.56 \text{ mm}$; tahun 2015 ke 2017 dengan nilai $V_n 0.00248 \text{ m/tahun} \pm 0.56 \text{ mm}$, $V_e 0.03407 \text{ m/tahun} \pm 0.75 \text{ mm}$, dan $V_u 0.00072 \text{ m/tahun} \pm 2.71 \text{ mm}$, serta hasil Uji Fisher bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan terhadap variasi DOY yang digunakan dengan hasil perhitungan koordinat.
Kata Kunci : CORS, DOY, GAMIT 10.6, Penentuan Posisi.

ABSTRACT

*Positioning using CORS (Continuously Operating Reference Station) is began to be utilized particularly in Indonesia. CORS station is a continuously active GNSS station and on its realization can be used within global or regional scale in the field of surveying and mapping, geodynamics studies and land subsidence, etc. Because the characteristics of the station that work continuously, it needs to be redefined the absolute coordinate periodically. This is caused by geodynamics phenomenon like plate tectonics, land subsidence, etc. In this research, we redefined the CORS UNDIP absolute coordinate within epoch 2015 till 2017 with using 12 IGS's tie points (ALIC, BAKO, CNMR, COCO, GUAM, HYDE, LHAZ, PIMO, STR1, VACS, XMIS, and YARR), calculating the velocity, and also to find out any significant effect about using any DOY variation to the coordinate accuracy. The results of this research were CORS UNDIP station coordinate with the best accuracy, within the value of cartesian coordinate in $X = -2210748.6604 \text{ m} \pm 0.96 \text{ mm}$, $Y = 5931893.1964 \pm 2.15 \text{ mm}$, dan $Z = -777746.1083 \pm 0.59 \text{ mm}$. The results of CORS UNDIP velocity from 2015 to 2016 with the value of $V_n -0.00115 \text{ m/year} \pm 2.45 \text{ mm}$, $V_e 0.02975 \text{ m/year} \pm 3.21 \text{ mm}$, and $V_u -0.0063 \text{ m/year} \pm 12.03 \text{ mm}$; from 2016 to 2017 with the value of $V_n 0.01121 \text{ m/year} \pm 2.65 \text{ mm}$, $V_e 0.04084 \text{ m/year} \pm 3.27 \text{ mm}$, and $V_u -0.01219 \text{ m/year} \pm 12.56 \text{ mm}$; from 2015 to 2017 with the value of $V_n 0.00248 \text{ m/year} \pm 0.56 \text{ mm}$, $V_e 0.03407 \text{ m/year} \pm 0.75 \text{ mm}$, dan $V_u 0.00072 \text{ m/year} \pm 2.71 \text{ mm}$ as well as the results of Fisher test that there is no significant effect about using any DOY variation to the accuracy of the coordinate.
Keywords : CORS, DOY, GAMIT 10.6, Positioning.*

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) adalah salah satu metode penentuan posisi dengan memanfaatkan teknologi satelit untuk mendapatkan posisi serta nilai koordinat yang memiliki ketelitian tertentu. Teknologi GNSS dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi seperti penentuan posisi akurat, survei dan pemetaan, dan berbagai macam aplikasi lainnya. Industri survei dan pemetaan telah mengalami revolusi dengan penggunaan GNSS yang menggunakan teknologi satelit, dimana sebagai referensi dalam pengukuran, digunakan *receiver* GNSS yang dapat mendukung berbagai macam aplikasi (Kartawijaya, 2018).

Salah satu teknologi penentuan posisi berbasis satelit yang mulai banyak digunakan pada saat ini adalah CORS (*Continuously Operating Reference Stations*). CORS merupakan suatu sistem aktif berbasis GNSS (*Global Navigation Satellite System*) atau sistem satelit yang digunakan untuk menentukan posisi dan beroperasi secara penuh dan kontinu selama 24 jam per hari, setiap harinya.

Stasiun CORS memungkinkan penggunaannya untuk mendapatkan data yang dapat dijadikan sebagai referensi untuk berbagai kegiatan yang menggunakan GNSS berbasis *positioning*, survei dan pemetaan, serta aplikasi lainnya. Namun, karena stasiun CORS merupakan stasiun GNSS yang aktif secara kontinu, diperlukan pembaruan secara berkala dalam pendefinisian koordinat definitifnya. Ada kalanya pendefinisian ulang koordinat definitif perlu dilakukan secara berkala dikarenakan adanya fenomena geodinamika seperti pergerakan kerak bumi ataupun deformasi, sedangkan untuk pengukuran yang membutuhkan tingkat presisi yang tinggi dan lainnya yang membutuhkan informasi kecepatan dan waktu pasti perlu dikaitkan dengan sebuah koordinat yang absolut.

Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro memiliki stasiun CORS GNSS aktif dengan nama CORS UNDIP, dimana stasiun CORS GNSS ini mulai aktif beroperasi pada tahun 2012. Pemasangan stasiun CORS ini dimaksudkan untuk kebutuhan tentang navigasi berbasis satelit, serta dapat digunakan untuk keperluan survei, model matematis, geodesi, dan pemrosesan sinyal digital.

Dalam pengolahan data stasiun GNSS CORS UNDIP, diperlukan perangkat lunak yang memiliki ketelitian tinggi dan salah satu perangkat lunak yang tersedia saat ini adalah GAMIT (*GPS Analysis Package Developed at Michigan Institute of Technology*) / GLOBK (*Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program*). GAMIT/GLOBK sendiri merupakan sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *Department of Earth Atmospheric and Planetary, MIT (Massachusetts Institute of Technology)* yang digunakan untuk melakukan perhitungan koordinat yang teliti. Proses pengolahan data GPS didukung dengan adanya titik-titik ikat global

sebagai parameter acuan dan diperhitungkan pengaruh parameter-parameter pendukung lainnya, seperti atmosfer, orientasi bumi (EOP), pasang surut dan cuaca (Hapsari, 2016).

Pada penelitian ini, akan dilakukan pendefinisian ulang koordinat definitif stasiun GNSS CORS UNDIP pada *epoch* 2015, 2016, dan 2017 dengan membandingkan pengaruh variasi waktu pengamatan terhadap ketelitian hasil akhir penelitian ini. Titik ikat yang digunakan juga dilakukan perbandingan terhadap pengaruh hasil akhir, dengan menggunakan titik ikat IGS sebanyak 12 titik.

I.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah koordinat definitif stasiun CORS UNDIP berdasarkan *epoch* 2015, 2016, dan 2017?
2. Berapakah kecepatan posisi stasiun CORS UNDIP pada tahun 2015, 2016, dan 2017?
3. Apakah dalam *epoch* 2015, 2016, dan 2017 stasiun CORS UNDIP mengalami pergeseran posisi?
4. Bagaimana variasi DOY pengamatan mempengaruhi ketelitian koordinat hasil?

I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mendefinisikan koordinat definitif dengan ketelitian terbaik stasiun CORS UNDIP berdasarkan *epoch* 2015, 2016, dan 2017.
2. Mengetahui nilai kecepatan posisi dengan ketelitian terbaik stasiun CORS UNDIP pada tahun 2015, 2016, dan 2017.
3. Mengetahui terjadinya pergeseran posisi pada *epoch* 2015, 2016, dan 2017.
4. Mengetahui pengaruh variasi DOY pengamatan terhadap ketelitian koordinat hasil.

I.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup pada penelitian ini adalah :

1. Daerah yang menjadi objek penelitian ini adalah Stasiun GNSS CORS UNDIP, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
2. Data pengamatan GNSS CORS UNDIP yang digunakan yaitu sebanyak 9 hari pada bulan Maret, Mei dan Juli tahun 2015, 9 hari pada bulan April, Juni dan Agustus tahun 2016, serta 9 hari pada bulan Agustus, Oktober, dan Desember tahun 2017.
3. Kerangka Referensi stasiun IGS yang digunakan untuk pengikatan adalah ALIC, BAKO, CNMR, COCO, GUAM, HYDE, LHAZ, PIMO, STR1, VACS, XMIS, dan YARR.
4. ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) yang digunakan adalah ITRF 2008.
5. Pengolahan data pengamatan GNSS CORS menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK untuk mendapatkan hasil perhitungan berupa koordinat definitif dan simpangan bakunya.

6. Penelitian ini tidak memperhitungkan pergerakan dan rotasi blok Sunda.
7. Penelitian ini berfokus pada ketelitian koordinat hasil pengolahan menggunakan titik ikat IGS.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. GNSS

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) merupakan suatu metode pengoperasian dan kesesuaian dari gabungan beberapa sistem satelit navigasi seperti GPS, GLONASS, dan Galileo yang disediakan untuk kepentingan *surveying* di seluruh dunia (Abidin, 2000). GNSS merupakan gabungan dari beberapa sistem satelit navigasi, GNSS merupakan suatu sistem yang baru yang memiliki keunggulan dari sistem GPS yang lama. Sistem-sistem tersebut akan terus dikembangkan untuk menjadi lebih baik untuk memenuhi standar keakuratan data yang dihasilkan dan kehandalan dalam memenuhi kebutuhan.

GNSS pada dasarnya terdiri atas tiga segmen utama, dimana ketiga segmen itu terdiri dari segmen pengguna (*user*), segmen sistem kontrol (*control system*), dan segmen angkasa (*space*). Segmen pengguna adalah para *user* yang menggunakan alat GNSS yang didalamnya termasuk alat penerima dan pengolah sinyal serta data GPS (*receiver*). Segmen sistem kontrol adalah sistem yang bekerja sebagai pemonitor dan pengontrol satelit yang fungsinya untuk mengontrol dan memantau kinerja satelit serta memastikan bahwa satelit berfungsi sebagaimana mestinya. Segmen angkasa adalah satelit – satelit GNSS yang digunakan dalam penentuan posisi, dimana satelit – satelit ini memancarkan sinyal dan nantinya akan diterima oleh *receiver* oleh pengguna di dekat permukaan bumi untuk menentukan posisi, kecepatan, maupun waktu

II.2. GLONASS

GLONASS (*Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya Sistema*) adalah sistem satelit berbasis GNSS yang dikembangkan oleh Russia untuk keperluan *positioning*, navigasi, dan penentuan waktu untuk penggunaan secara kontinu secara gratis dan global. Penggunaan GLONASS pada awalnya dibuat untuk navigasi di daerah Russia, namun sekarang penggunaan data GLONASS yang dikombinasikan dengan GPS berguna untuk meningkatkan akurasi ketelitian pengukuran hingga 2 meter dan dapat digunakan di seluruh dunia. Kombinasi GLONASS dan GPS juga memungkinkan untuk mendapatkan data posisi yang akurat, dimana ketika pengguna sedang berada di tempat yang tidak terdeteksi oleh satelit GPS maka satelit GLONASS dapat mendeteksi posisi dengan akurat.

II.3. CORS

CORS (*Continuously Operating Reference System*) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berupa suatu jaring kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan receiver yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang

beroperasi secara kontinu 24 jam per hari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna memanfaatkan data untuk penentuan posisi, baik secara *post-processing* maupun *real-time* (Nugraha, 2017).

II.4. IGS

IGS (*International GNSS Service*) didirikan oleh *International Association of Geodesy* (IAG). IGS adalah organisasi badan multi-nasional yang menyediakan produk berupa data GNSS dengan kualitas data yang bagus dan tidak berbayar. Produk ini memungkinkan akses ke kerangka acuan global yang definitif untuk aplikasi ilmiah, pendidikan dan komersial.

IGS menyediakan data dan produk berkualitas tinggi yang digunakan untuk kepentingan penelitian ilmiah, aplikasi multidisiplin, pendidikan, yang merupakan salah satu komponen kunci penghubung ke ITRF sebagai kerangka realisasi sistem koordinat referensi global. Setiap negara berkontribusi dalam IGS dengan membangun stasiun-stasiun IGS di seluruh dunia dan saat ini IGS menangani dua stasiun GNSS, yaitu GPS dan GLONASS.

II.5. TEQC

TEQC (*Translation, Editing, and Quality Check*) merupakan perangkat lunak berbasis *command prompt* yang berguna untuk evaluasi data GPS yang akan diolah. TEQC dikeluarkan oleh UNAVCO yang mempunyai fungsi sebagai berikut (Panuntun, 2012) :

- a. *Translation*. TEQC dapat digunakan untuk melakukan perubahan/konversi data dari *raw data* GPS menjadi data RINEX.
- b. *Editing and Cut/Splice*. TEQC dapat digunakan untuk melakukan *editing* pada data misalnya mengedit, memotong, dan melakukan koreksi dari RINEX hasil konversi.
- c. *Quality Check*. TEQC dapat digunakan untuk melakukan pengecekan terhadap kualitas data pengukuran GPS dengan atau tanpa data *ephemeris*.

II.6. GAMIT/GLOBK

GAMIT adalah paket program analisis data GPS yang komprehensif yang dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) dan SIO (*Scripps Institution of Oceanography*) untuk melakukan perhitungan 3 dimensi dan satelit orbit. GAMIT sendiri merupakan program yang memasukan algoritma hitung kuadrat terkecil (*least square*) dengan parameter berbobot untuk mengestimasi posisi relatif dari sekumpulan stasiun, parameter orbit, rotasi bumi, *zenith delay* dan ambiguitas fase melalui pengamatan *double difference* tetapi pada saat editing GAMIT menggunakan *triple difference*.

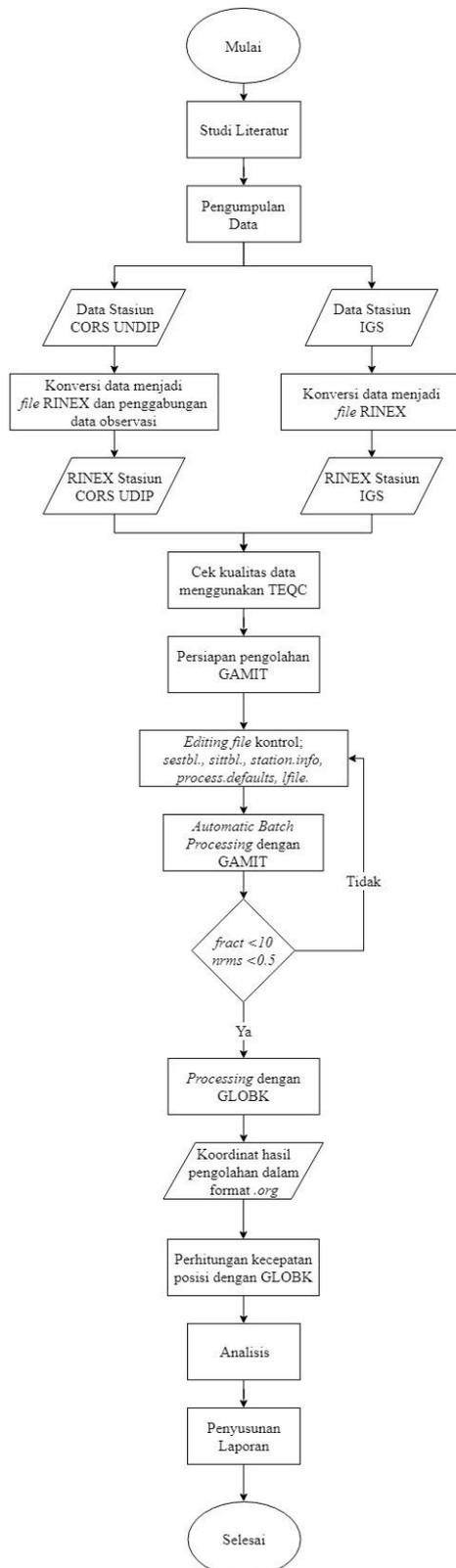
GLOBK adalah satu paket program yang mengkombinasikan hasil pemrosesan data survei terestris atau data survei ekstra terestris. Kunci dari data input pada GLOBK adalah matriks kovarian dari data koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter

orbit, dan hasil pengamatan lapangan (Herring, King, Floyd, & McClusky, 2015).

III. Metodologi Penelitian

III.1. Diagram Alir Penelitian

Berikut pada Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian



Gambar 1 Diagram alir penelitian

III.2. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Hardware*
 - a. Laptop Asus X450CC, Intel Pentium Dual-core 1,8 GHz, 4 GB RAM
 - b. *Printer* HP Deskjet 1110
2. *Software*
 - a. Sistem Operasi Microsoft Windows 8 64-bit & Linux Ubuntu 16.04 LTS.
 - b. RINEX Converter 4.6.10 untuk melakukan konversi raw data pengamatan menjadi RINEX.
 - c. TEQC untuk cek kualitas data RINEX.
 - d. GAMIT 10.6 dan GLOBK untuk melakukan pengolahan data GNSS.
 - e. Microsoft Office 2013 untuk penyusunan laporan.
 - f. NETCDF (*Network Common Data Form*), perangkat lunak yang harus tersedia untuk proses instalasi GMT. Perangkat lunak ini digunakan sebagai antarmuka (*interface*) pada akses *sharing* dan *transfer* data yang bersifat ilmiah.
 - g. GMT (*Generic Mapping Tools*), perangkat lunak yang digunakan untuk *plotting* data hasil pengolahan dengan perangkat lunak GAMIT/GLOBK.
 - h. GFORTTRAN, perangkat lunak yang digunakan sebagai *compiler* untuk bahasa fortran pada perangkat lunak GAMIT yang diperlukan pada saat proses instalasi GAMIT/GLOBK.

III.3. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data stasiun GNSS CORS UNDIP dengan pengamatan selama 24 jam sebanyak 9 hari pada bulan Maret, Mei dan Juli tahun 2015, 9 hari pada bulan April, Juni dan Agustus tahun 2016, serta 9 hari pada bulan Agustus, Oktober, dan Desember tahun 2017.
2. Data stasiun IGS berjumlah 12 titik (ALIC, BAKO, CNMR, COCO, GUAM, HYDE, LHAZ, PIMO, STR1, VACS, XMIS, dan YARR).
3. Data *broadcast ephemeris* dengan tipe *brdc* DDD0.YYn (DDD = DOY; YY = tahun) yang dapat diunduh melalui www.gnsscalendar.com sesuai dengan tanggal pengamatan.
4. Data *precise ephemeris* IGS *Final Orbits*. Data ini memiliki ekstensi *.sp3 dan dapat diunduh melalui www.gnsscalendar.com sesuai dengan tanggal pengamatan.
5. Data *hfiles* global yang dapat diunduh melalui <ftp://garner.ucsd.edu/pub/hfiles/> sesuai dengan tanggal pengamatan.
6. Bahan pendukung seperti :
 - a. *File* gelombang pasang-surut laut (otl_FES2004.grid)

- b. File pemodelan atmosfer (atmdisp_cm.yyyy)
- c. File pemodelan cuaca (vmflgrid.yyy)

III.4. Jaring Strategi Pengolahan

Pada strategi pengolahan menggunakan IGS, stasiun yang dijadikan titik pengikatan berjumlah 12 stasiun, yaitu ALIC (Alice Springs), BAKO (Cibinong), CNMR (Saipan), COCO (Cocos Island), GUAM (Guam), HYDE (Hyderabad), LHAZ (Lhasa), PIMO (Quezon), STR1 (Canberra), VACS (Mauritius), XMIS (Christmas Island), dan YARR (Yarragadee). Gambar 2 merupakan ilustrasi jaring yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2 Ilustrasi jaring IGS

III.5. Tahap Pengolahan Data

III.5.1 Pengolahan dengan TEQC

Sebelum dilakukan pengolahan dengan GAMIT, data RINEX yang masih berupa *raw data* harus diproses terlebih dahulu menggunakan perangkat lunak TEQC. Tahap ini terbagi menjadi 3 langkah, yaitu Konversi *Raw Data* ke RINEX, Konversi data Hatanaka menjadi RINEX, dan *Quality Checking* dengan TEQC. *Quality checking* dilakukan untuk mengetahui kualitas data yang akan digunakan dengan melihat nilai *multipath* (MP12 dan MP21) dengan batas toleransi < 0,5.

III.5.2 Pengolahan dengan GAMIT

Persiapan pengolahan dilakukan dengan melakukan *editing* pada *file* kontrol seperti *lfile.*, *sestbl.*, *sittbl.*, *sites.defaults*, *process.defaults*, dan *station.info* untuk kemudian dilakukan tahap *Automatic Batch Processing*.

Strategi pengolahan yang dilakukan pada penelitian ini dibagi menjadi 6 *project*, yaitu :

1. I315 hingga I317 untuk pengolahan dengan titik ikat IGS, dengan data observasi yang digunakan sebanyak 3 DOY tiap bulannya.
2. I915 hingga I917 untuk pengolahan dengan titik ikat IGS, dengan data observasi yang digunakan sebanyak 9 DOY tiap bulannya.

III.5.3 Pengolahan dengan GLOBK

Persiapan pengolahan GLOBK dilakukan dengan menggunakan kombinasi *hfile* hasil pengolahan GAMIT serta *hfile* global dari hasil unduhan. Kemudian

hfile tersebut dikonversi menjadi *file* biner dan dijadikan format *.*gdl* untuk diberikan bobot.

Tahap pengolahan GLOBK dilakukan untuk mengolah koordinat stasiun UNDIP serta kecepatan posisi pada *epoch* 2015, 2016, dan 2017.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1. Hasil *Quality Checking* dengan TEQC

Gambar adalah hasil *quality checking* data observasi stasiun CORS UNDIP menggunakan TEQC pada tahun 2015.

Pada tahun 2015, nilai MP12 terendah ada pada DOY 137 dengan nilai 0.092252 dan tertinggi pada DOY 131 dengan nilai 0.370626. Sedangkan untuk nilai MP21 terendah ada pada DOY 201 dengan nilai 0.105001 dan tertinggi ada pada DOY 131 dengan nilai 0.349016.

Pada tahun 2016, nilai MP12 terendah ada pada DOY 235 dengan nilai 0.213224 dan tertinggi pada DOY 232 dengan nilai 1.504873. Sedangkan untuk nilai MP21 terendah ada pada DOY 235 dengan nilai 0.188379 dan tertinggi ada pada DOY 173 dengan nilai 1.405666.

Pada tahun 2017, nilai MP12 terendah ada pada DOY 357 dengan nilai 0.08898 dan tertinggi pada DOY 292 dengan nilai 0.314048. Sedangkan untuk nilai MP21 terendah ada pada DOY 360 dengan nilai 0.082022 dan tertinggi ada pada DOY 292 dengan nilai 0.233806., karena syarat kualitas data yang baik adalah jika *multipath* < 0.5.

Dengan syarat kualitas data yang baik adalah jika nilai *multipath* < 0.5, maka pada tahun 2015 dan 2017, nilai MP12 dan MP21 dapat dikategorikan baik dan tidak mengindikasikan adanya efek *multipath* yang besar karena masih berada di bawah batas aman, Sedangkan untuk tahun 2016, beberapa nilai MP12 dan MP21 berada di atas batas aman dan menunjukkan bahwa terdapat efek *multipath* yang cukup besar.

IV.2. Hasil Pengolahan GAMIT

Pada tahap pengolahan ini, dihasilkan *summary file* yang terdapat dalam direktori DOY hasil olahan - *sh_gamit*. *File* ini berisikan tentang ringkasan hasil dari *qfile* dan *hfile*, serta informasi hasil pengolahan GAMIT seperti *posfit nrms* dan *prefit nrms*. Untuk kriteria baik, nilai *posfit nrms* berada pada kisaran ± 0.2 dan tidak boleh > 0.5, apabila nilai *posfit nrms* melebihi batas 0.5 maka menunjukkan terjadinya *cycle slip* yang belum dihilangkan pada saat pengolahan GAMIT.

Pada penelitian ini juga didapatkan hasil ambiguitas fase yang dapat dipecahkan. Nilai WL (*Wide Lane*) yang masuk kategori baik adalah > 90%, dan jika kurang dari batas tersebut berarti terindikasi adanya *noise* pada *pseudorange*. Sedangkan nilai NL (*Narrow Lane*) yang masuk kategori baik adalah > 80 %, dan jika kurang dari batas tersebut berarti menandakan adanya kesalahan pada ukuran dan konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, atau kondisi atmosfer (Muliawan, 2012 dalam Hapsari, 2016). Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini merupakan

cuplikan hasil pengolahan GAMIT untuk strategi I315 dan I915.

Tabel 1 Nilai *posfit nrms* dan ambiguitas fase strategi I315

DOY	Constrained		Loose		Ambiguitas Fase	
	fixed	free	fixed	free	NL	WL
076	0.18181	0.18729	0.18178	0.18724	80.50%	86.70%
077	0.17936	0.18531	0.17929	0.18527	89.50%	94.40%
078	0.18309	0.18832	0.18306	0.18830	79.80%	85.80%
131	0.18203	0.18697	0.18198	0.18694	72.70%	83.20%
132	0.18925	0.19406	0.18919	0.19399	68.40%	81.30%
133	0.18076	0.18574	0.18072	0.18571	75.70%	85.70%
194	0.18278	0.18803	0.18269	0.18795	85.80%	91.40%
195	0.17976	0.18447	0.17973	0.18442	84.70%	90.60%
196	0.18095	0.18573	0.18082	0.18565	87.50%	92.80%

Tabel 2 Nilai *posfit nrms* dan ambiguitas fase strategi I915

DOY	Constrained		Loose		Ambiguitas Fase	
	fixed	free	fixed	free	NL	WL
076	0.18181	0.18729	0.18178	0.18724	80.50%	86.70%
077	0.17936	0.18531	0.17929	0.18527	89.50%	94.40%
078	0.18309	0.18832	0.18306	0.18830	79.80%	85.80%
079	0.19076	0.19621	0.19070	0.19616	79.90%	85.40%
080	0.18857	0.19294	0.18854	0.19291	83.30%	88.40%
081	0.18278	0.18888	0.18274	0.18884	83.10%	88.50%
082	0.18223	0.18712	0.18220	0.18704	81.40%	88.50%
083	0.18411	0.18907	0.18398	0.18898	73.00%	83.40%
084	0.18454	0.18991	0.18448	0.18987	80.80%	87.30%
131	0.18203	0.18697	0.18198	0.18694	72.70%	83.20%
132	0.18925	0.19406	0.18919	0.19399	68.40%	81.33%
133	0.18076	0.18574	0.18072	0.18571	75.70%	85.70%
134	0.19000	0.19472	0.18996	0.19468	67.00%	79.10%
135	0.18861	0.19322	0.18853	0.19314	65.90%	82.00%
136	0.18423	0.18945	0.18412	0.18933	79.00%	86.70%
137	0.19232	0.19665	0.19212	0.19648	68.30%	82.00%
138	0.18682	0.19150	0.18678	0.19145	82.10%	88.50%
139	0.18290	0.18690	0.18284	0.18685	87.00%	91.80%
194	0.18278	0.18803	0.18269	0.18795	85.80%	91.40%
195	0.17976	0.18447	0.17973	0.18442	84.70%	90.60%
196	0.18095	0.18573	0.18082	0.18565	87.50%	92.80%
197	0.18536	0.19136	0.18532	0.19133	87.60%	92.40%
198	0.18577	0.19101	0.18575	0.19100	84.80%	90.10%
199	0.18114	0.18600	0.18106	0.18594	88.10%	92.40%
200	0.18860	0.19399	0.18854	0.19394	87.80%	91.20%
201	0.18285	0.18760	0.18282	0.18756	84.70%	93.50%
202	0.18625	0.19179	0.18614	0.19168	88.10%	92.90%

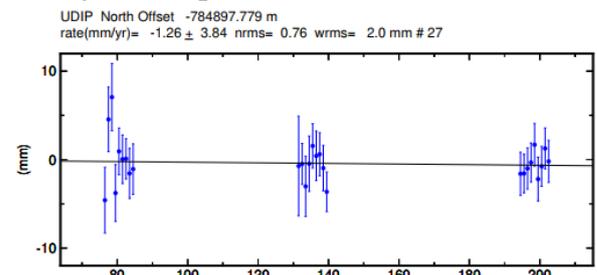
IV.3. Hasil Pengolahan GLOBK

Pada tahap ini, dihasilkan *file* dengan ekstensi *.org yang berisikan mengenai informasi seperti koordinat definitif, panjang *baseline* beserta *adjust* dan simpangan baku yang bisa dijadikan sebagai bahan untuk analisis. Hasil dari pengolahan GLOBK secara keseluruhan meliputi : hasil pengolahan, hasil *plotting time series* dari GLRED, nilai koordinat serta nilai *velocity rate*-nya saat tahap menghitung kecepatan posisi.

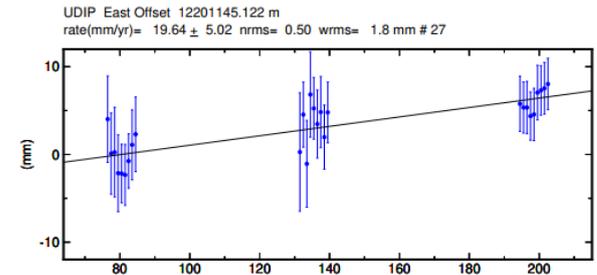
IV.3.1. Hasil Pengolahan GLRED

Proses GLRED merupakan proses yang dilakukan oleh *software* sebelum pengolahan GLOBK. Proses ini menghasilkan data harian yang dapat dilakukan *plotting* menjadi *time series* untuk dapat dilakukan evaluasi dari kualitas hasil hitungan dengan ketentuan batas nilai *wrms* < 10 mm dan nilai *nrms* < 2 mm.

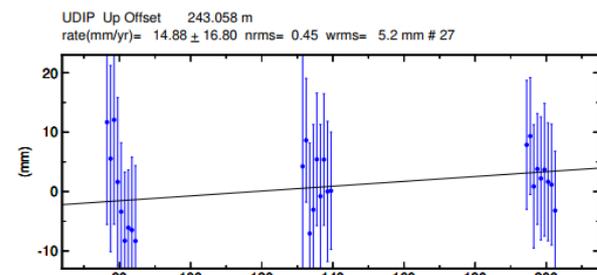
Berikut merupakan cuplikan hasil *plotting time series* pada strategi I915



Gambar 3 *Time series* komponen North strategi I915



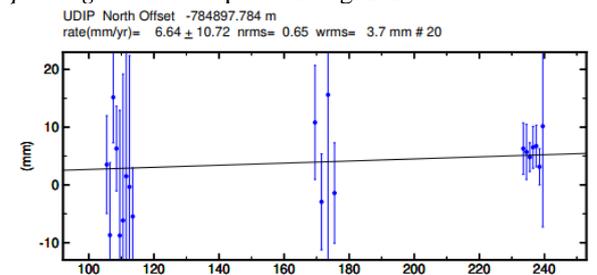
Gambar 4 *Time series* komponen East strategi I915



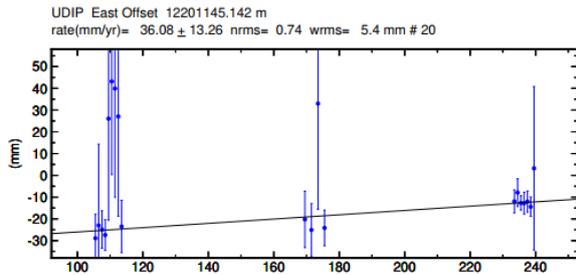
Gambar 5 *Time series* komponen Up strategi I915

Pada Gambar 3 hingga 5 menunjukkan hasil *time series* komponen North, East, dan Up dengan nilai *wrms* dan *nrms* masing – masing komponen sebesar 2 dan 0.76 mm pada komponen North, 1.8 dan 0.5 mm pada komponen East, serta 5.2 dan 0.45 mm untuk komponen Up. Dengan ketentuan batas nilai yang ada, maka nilai *wrms* dan *nrms* pada masing – masing komponen masih berada di dalam batas toleransi yang diizinkan. Ketelitian harian masing – masing komponen bervariasi, mulai dari kisaran -10 mm hingga 20 mm.

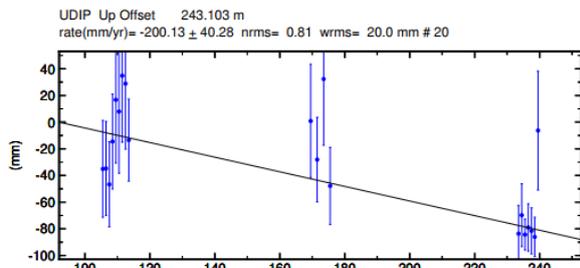
Pada pengolahan tahun 2016, *time series* yang ter-plot terdapat *gap data* yang menyebabkan tidak semua DOY dapat di-plot dan diolah lebih lanjut dengan GLOBK. Berikut merupakan cuplikan hasil *plotting time series* pada strategi I916



Gambar 6 *Time series* komponen North strategi I916



Gambar 7 Time series komponen East strategi I916



Gambar 8 Time series komponen Up strategi I916

Pada Gambar 6 hingga 8 menunjukkan hasil *time series* komponen *North*, *East*, dan *Up* dengan nilai *wrms* dan *nrms* masing – masing komponen sebesar 3.7 dan 0.65 mm pada komponen *North*, 5.4 dan 0.74 mm pada komponen *East*, serta 20 dan 0.81 mm untuk komponen *Up*. Dengan ketentuan batas nilai yang ada, maka nilai *wrms* komponen *Up* berada di luar batas toleransi yang diizinkan, namun nilai *nrms*-nya masih di dalam batas toleransi, sehingga data yang ada masih bisa digunakan dalam tahap pengolahan GLOBK. Komponen *North* dan *East* memiliki nilai *wrms* dan *nrms* masih berada di dalam batas toleransi yang diizinkan. Ketelitian harian masing – masing komponen bervariasi, mulai dari kisaran -60 mm hingga 60 mm.

IV.3.2. Analisis Hasil Pengolahan GLRED

Pada cuplikan *time series* strategi I915, dengan DOY pengamatan sebanyak 3 hari tiap bulannya dapat disimpulkan bahwa jumlah data pengamatan masih bisa digunakan dalam tahap selanjutnya, yaitu tahap pengolahan GLOBK untuk menghasilkan koordinat. Namun, pada strategi I916 dengan DOY pengamatan yang sama (3 hari tiap bulannya) terdapat beberapa DOY yang tidak ter-plot pada grafik tersebut. Hal ini disebabkan karena pada DOY 168, 170, 172, 174, 176, 231 dan 232 terdapat *gap data* pada data pengamatan. *Gap* tersebut dapat dilihat pada *file sh_summary* dan *autcln.sum* di dalam direktori masing – masing DOY.

Sehingga dapat dikatakan bahwa pada DOY tersebut, data CORS UNDIP terdapat *gap data* yang sangat banyak dan besar sehingga mempengaruhi kualitas data yang terekam pada saat itu. *Gap data* biasanya disebabkan oleh adanya kesalahan maupun bias yang terjadi pada saat perekaman dilakukan, atau kurangnya metadata pada RINEX yang digunakan saat pengolahan. Hal ini juga terjadi pada strategi I316. Akibatnya, pada strategi tersebut data perekaman CORS UNDIP tidak dapat diproses secara utuh dan tidak dapat digunakan semuanya untuk dilanjutkan ke

tahap GLOBK sehingga dapat mempengaruhi hasil pengolahan koordinat akhir.

IV.3.3. Analisis Strategi Pengolahan Data Tahunan

Pengolahan koordinat definitif tahunan pada tahun 2015, 2016, dan 2017 dilakukan berdasarkan penyusunan strategi pengolahan data. Tabel 3 di bawah ini merupakan hasil pengolahan GLOBK untuk koordinat tahunan masing – masing strategi.

Tabel 3 Koordinat Kartesian 3D CORS UNDIP

Project	Koordinat UNDIP (meter)			Simpangan Baku (milimeter)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
I315	-2210748.6624	5931893.2014	-777746.1091	1.84	4.18	1.14
I316	-2210748.6853	5931893.1699	-777746.1127	5.39	13.00	3.21
I317	-2210748.7370	5931893.1716	-777746.1020	1.94	4.59	1.15
I915	-2210748.6604	5931893.1964	-777746.1083	0.96	2.15	0.59
I916	-2210748.6897	5931893.1801	-777746.1154	2.45	5.95	1.48
I917	-2210748.7367	5931893.1698	-777746.1016	1.14	2.69	0.67

Tabel 3 menunjukkan hasil sistem koordinat kartesian 3D hasil pengolahan strategi tahunan, dengan simpangan baku yang dihasilkan untuk komponen X berada di kisaran 0.96 mm pada strategi I915 hingga 5.39 mm pada strategi I316; komponen Y berada di kisaran 2.15 mm pada strategi I915 hingga 13 mm pada strategi I316; serta komponen Z berada pada kisaran 0.59 mm pada strategi I915 hingga 3.21 mm pada strategi I316. Standar deviasi terkecil terdapat pada strategi I915 dengan komponen X 0.96 mm; komponen Y 2.15 m; dan komponen Z 0.59 mm. Sedangkan untuk standar deviasi terbesar terdapat pada strategi I316 dengan komponen X 5.39 mm; komponen Y 13 mm; dan komponen Z 3.21 mm..

IV.3.4. Analisis Hasil Perhitungan Kecepatan Posisi

Hasil perhitungan kecepatan posisi dapat dilihat pada *file* hasil pengolahan *velocity* di dalam direktori /*velo*. Pada tahap ini, dilakukan perhitungan nilai kecepatan posisi antar tahun dengan skema pengolahan sebagai berikut :

Tabel 4 Skema pengolahan untuk perhitungan kecepatan posisi

Skema	Dari		Ke	
	Bulan	Tahun	Bulan	Tahun
1	Maret	2015	April	2016
2	Mei	2015	Juni	2016
3	Juli	2015	Agustus	2016
4	April	2016	Agustus	2017
5	Juni	2016	Oktober	2017
6	Agustus	2016	Desember	2017
7	Maret	2015	Agustus	2017
8	Mei	2015	Oktober	2017
9	Juli	2015	Desember	2017

Skema pengolahan ini dilakukan untuk menghitung kecepatan posisi antar tahun dan kecepatan dari tahun pertama ke tahun terakhir pengolahan, sehingga bisa didapatkan hasil dan analisis yang teliti mengenai pergerakan kecepatan pada masing – masing tahunnya selama 3 tahun pengolahan. Kecepatan posisi dihitung dengan menggunakan *software* GLOBK dengan sistem koordinat Toposentrik.

Tabel 5 di bawah merupakan hasil perhitungan kecepatan posisi dengan penggunaan DOY per bulan sebanyak 3 hari.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Kecepatan Posisi (3 hari)

Skema	Kecepatan Posisi (m/tahun)			Simpangan Baku (m)		
	Vn	Ve	Vu	n	e	u
1	0.00176	0.03256	-0.00108	0.00105	0.00138	0.00498
2	0.00210	0.03550	-0.00027	0.00108	0.00153	0.00531
3	-0.00731	0.02119	-0.01755	0.00522	0.00672	0.02579
4	-0.00296	0.02703	0.00158	0.00935	0.01275	0.07482
5	0.00900	0.04244	0.01920	0.00398	0.00511	0.01782
6	0.00684	0.04489	0.02902	0.00751	0.00987	0.03261
7	0.00279	0.03408	-0.00377	0.00097	0.00125	0.00480
8	-0.00645	0.03299	-0.01532	0.00316	0.00399	0.01687
9	0.01032	0.03524	0.00931	0.00283	0.00358	0.01458

Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan kecepatan posisi dengan penggunaan DOY per bulan sebanyak 3 hari dan didapatkan hasil dengan kisaran - 0.00731 hingga 0.01032 m/tahun dengan rata – rata 0.00179 m/tahun untuk komponen Vn; 0.02119 hingga 0.04489 m/tahun dengan rata – rata 0.03399 m/tahun untuk komponen Ve; dan -0.01755 hingga 0.02902 m/tahun dengan rata – rata 0.00235 m/tahun untuk komponen Vu. Simpangan baku yang didapatkan dari hasil perhitungan untuk komponen n berada di kisaran 0.97 hingga 9.35 mm dengan rata – rata simpangan baku 3.91 mm; komponen e berada di kisaran 1.25 hingga 12.75 mm dengan rata – rata simpangan baku 5.13 mm; dan komponen u berada di kisaran 4.8 hingga 74.82 mm dengan rata – rata simpangan baku 21.95 mm.

Dari hasil tersebut dapat dianalisis bahwa dari tahun 2015 ke 2016, rata – rata kecepatan posisi CORS UNDIP sebesar -0.00115 m/tahun ± 2.45 mm untuk komponen Vn; 0.02975 m/tahun ± 3.21 mm untuk komponen Ve; dan -0.0063 m/tahun ± 12.03 mm untuk komponen Vu. Pada tahun 2016 ke 2017, rata – rata kecepatan posisi CORS UNDIP sebesar 0.00429 m/tahun ± 6.95 mm untuk komponen Vn; 0.03812 m/tahun ± 9.24 mm untuk komponen Ve; dan 0.01660 m/tahun ± 41.75 mm untuk komponen Vu. Pada tahun 2015 ke 2017, rata – rata kecepatan posisi CORS UNDIP sebesar 0.00222 m/tahun ± 2.32 mm untuk komponen Vn; 0.0341 m/tahun ± 2.94 mm untuk komponen Ve; dan -0.00326 m/tahun ± 12.08 mm untuk komponen Vu.

Tabel 6 di bawah merupakan hasil perhitungan kecepatan posisi dengan penggunaan DOY per bulan sebanyak 9 hari.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Kecepatan Posisi (9 hari)

Skema	Kecepatan Posisi (m/tahun)			Simpangan Baku (m)		
	Vn	Ve	Vu	n	e	u
1	-0.00790	0.02359	0.00952	0.00351	0.00434	0.01839
2	-0.01046	0.02324	0.00947	0.00470	0.00474	0.02328
3	-0.00736	0.03072	-0.00588	0.00142	0.00189	0.00704
4	0.01153	0.04156	-0.01457	0.00273	0.00336	0.01348
5	0.01241	0.04437	-0.02206	0.00386	0.00467	0.01736
6	0.00970	0.03660	0.00005	0.00135	0.00178	0.00683
7	0.00314	0.03350	0.00242	0.00053	0.00070	0.00245
8	0.00228	0.03478	0.00138	0.00057	0.00081	0.00284
9	0.00202	0.03392	-0.00163	0.00057	0.00073	0.00283

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan kecepatan posisi dengan penggunaan DOY per bulan sebanyak 9 hari dan didapatkan hasil dengan kisaran - 0.01046 hingga 0.01241 m/tahun dengan rata – rata 0.00171 m/tahun untuk komponen Vn; 0.02324 hingga 0.04437 m/tahun dengan rata – rata 0.03359 m/tahun untuk komponen Ve; dan -0.02206 hingga 0.00952 m/tahun dengan rata – rata 0.00237 m/tahun untuk komponen Vu. Simpangan baku yang didapatkan dari hasil perhitungan untuk komponen n berada di kisaran 0.53 hingga 9.52 mm dengan rata – rata simpangan baku 2.14 mm; komponen e berada di kisaran 0.7 hingga 4.74 mm dengan rata – rata simpangan baku 2.56 mm; dan komponen u berada di kisaran 2.45 hingga 23.28 mm dengan rata – rata simpangan baku 10.5 mm.

Dari hasil tersebut dapat dianalisis bahwa dari tahun 2015 ke 2016, rata – rata kecepatan posisi CORS UNDIP sebesar -0.00857 m/tahun ± 3.21 mm untuk komponen Vn; 0.02585 m/tahun ± 3.66 mm untuk komponen Ve; dan 0.00437 m/tahun ± 16.24 mm untuk komponen Vu. Pada tahun 2016 ke 2017, rata – rata kecepatan posisi CORS UNDIP sebesar 0.1121 m/tahun ± 2.65 mm untuk komponen Vn; 0.04084 m/tahun ± 3.27 mm untuk komponen Ve; dan -0.01219 m/tahun ± 12.56 mm untuk komponen Vu. Pada tahun 2015 ke 2017, rata – rata kecepatan posisi CORS UNDIP sebesar 0.00248 m/tahun ± 0.56 mm untuk komponen Vn; 0.03407 m/tahun ± 0.75 mm untuk komponen Ve; dan 0.00072 m/tahun ± 2.71 mm untuk komponen Vu.

IV.4. Analisis Hasil Uji Statistik T

Pada penelitian ini, digunakan selang kepercayaan 95% dan derajat kebebasan (*degree of freedom*; df) diasumsikan ∞ sehingga nilai T tabel adalah 1.96. Uji T dilakukan dengan menggunakan nilai komponen dan standar deviasi hasil pengolahan bulanan pada tiap strateginya. Hipotesa awal (H0) diterima jika nilai T hitung < T tabel, yaitu terjadi pergeseran pada titik pengamatan.

Tabel 7 Hasil Uji T

Project	Periode	Pij	Std Pij	T hitung	Ket.
I315	Maret-Mei	0.0040	0.0004	10.49	H0 Ditolak
	Mei-Juli	0.0032	0.0011	2.99	H0 Ditolak
I316	April-Juni	0.0048	0.0021	2.25	H0 Ditolak
	Juni-Agustus	0.0129	0.0056	2.30	H0 Ditolak
I317	Agustus-Oktober	0.0093	0.0010	9.42	H0 Ditolak
	Oktober-Desember	0.0034	0.0001	29.54	H0 Ditolak
I915	Maret-Mei	0.0041	0.0001	48.15	H0 Ditolak
	Mei-Juli	0.0026	0.0004	6.87	H0 Ditolak
I916	April-Juni	0.0069	0.0021	3.23	H0 Ditolak
	Juni-Agustus	0.0135	0.0056	2.42	H0 Ditolak
I917	Agustus-Oktober	0.0084	0.0005	18.34	H0 Ditolak
	Oktober-Desember	0.0019	0.0001	23.31	H0 Ditolak
IGS3	2015-2016	0.0330	0.0027	12.38	H0 Ditolak
	2016-2017	0.0497	0.0026	18.92	H0 Ditolak
IGS9	2015-2016	0.0341	0.0012	27.91	H0 Ditolak
	2016-2017	0.0499	0.0011	45.32	H0 Ditolak

IV.5. Analisis Hasil Uji Statistik F

Pada penelitian ini dilakukan uji statistik F (Fisher) untuk mengetahui signifikansi presisi horizontal dari koordinat yang dihasilkan dari *project* pengolahan yang sudah dilakukan. Derajat kepercayaan yang digunakan adalah 95%. Strategi yang diuji adalah sampel dari masing – masing variasi *project* dengan ketelitian terbaik, yaitu strategi I317 dengan I915 untuk sampel dari strategi pengikatan dengan variasi DOY pengamatan yang berbeda. H0 adalah jika F hitung lebih kecil daripada F tabel, maka tidak adanya perbedaan secara signifikan terhadap hasil pengolahan yang disebabkan oleh pengaruh variasi jumlah DOY pengamatan yang digunakan dan juga penggunaan titik ikat.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan strategi I317 dengan *horizontal precision* sebesar 0.005281104 (jumlah data; n=9) dan I915 dengan *horizontal precision* sebesar 0.004728531 (n= 27). Nilai F tabel adalah 2.6309, dan F hitung adalah 1.2474 sehingga H0 diterima, yaitu pengaruh variasi DOY pada pengamatan menggunakan titik ikat IGS tidak terdapat perbedaan secara signifikan terhadap nilai presisi horizontal koordinat titik pengamatan.

IV.6. Analisis Komparasi Strategi Pengolahan

Pada hasil pengolahan masing-masing strategi dilakukan analisis komparasi untuk mengetahui perbandingan rata – rata koordinat yang dihasilkan dengan menggunakan masing – masing tipe strategi dan juga kecepatan posisinya

IV.6.1. Analisis Komparasi Hasil Koordinat

Pada hasil pengolahan masing-masing strategi dilakukan analisis komparasi untuk mengetahui perbandingan rata – rata koordinat yang dihasilkan dengan menggunakan masing – masing tipe strategi dan juga kecepatan posisinya.

Tabel 8 Perbandingan koordinat kartesian 3D

Project	Koordinat Kartesian 3D (meter)		
	X	Y	Z
(I3...)	-2210748.6949	5931893.1810	-777746.1079
(I9...)	-2210748.6956	5931893.1821	-777746.1084
Project	Simpangan Baku (milimeter)		
	x	y	z
(I3...)	3.06	7.26	1.83
(I9...)	1.52	3.60	0.91

Pada Tabel 8 diketahui bahwa masing – masing tipe strategi menghasilkan perhitungan koordinat yang berbeda. Tipe strategi dengan rata – rata simpangan baku terkecil adalah tipe (I9...), yaitu tipe strategi dengan 9 DOY dengan nilai X -2210748.6956 m ± 1.52 mm, Y 5931893.1821 m ± 3.6 mm, Z - 777746.1084 m ± 0.91 mm.

IV.6.2. Analisis Kecepatan Posisi

Tabel 9 di bawah ini adalah perbandingan rata – rata hasil perhitungan kecepatan posisi CORS UNDIP dari masing – masing tipe strategi.

Tabel 9 Perbandingan kecepatan posisi

Project	Kecepatan Posisi (meter/tahun)		
	Vn	Ve	Vu
(I3...)	0.00179	0.03399	0.00235
(I9...)	0.00171	0.03359	-0.00237
Project	Simpangan Baku (milimeter/tahun)		
	n	n	n
(I3...)	3.91	5.13	21.95
(I9...)	2.14	2.56	10.50

Pada Tabel 9 dapat diketahui bahwa masing – masing strategi menghasilkan perhitungan kecepatan posisi tahunan yang berbeda. Tipe strategi dengan rata – rata simpangan baku terkecil adalah tipe (I9...), yaitu tipe strategi dengan 9 DOY dengan nilai Vn 0.00171 m ± 2.14 mm, Ve 0.03359 m ± 2.56 mm, dan Vu -0.00237 m ± 10.5 mm.

Rate kecepatan posisi pada masing – masing tipe strategi berkisar antara 1.71 hingga 1.79 mm/tahun untuk Vn, 33.59 hingga 33.99 mm/tahun untuk Ve, dan -2.37 hingga 2.35 mm/tahun untuk Vu. Perubahan tersebut masih masuk dalam kategori normal (wajar) karena Indonesia berada pada wilayah dengan aktifitas seismik paling dinamis di dunia, sehingga lempeng kerak bumi di wilayah Indonesia senantiasa bergerak. Pergerakan lempeng kerak bumi adalah sebesar 5 cm hingga 5 meter dan kecepatan pergerakan lempeng tektoniknya sebesar 65 mm/tahun (Subarya, 2009 dalam Muliawan, 2012 dalam Hapsari, 2016).

V. Kesimpulan dan Saran

V.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Dalam penelitian ini, dihasilkan koordinat dengan ketelitian terbaik pada strategi I915 (pengamatan dengan 9 DOY menggunakan titik ikat stasiun IGS pada tahun 2015) dengan rincian sebagai berikut :
 - a. Koordinat Kartesian 3D, dengan nilai X - 2210748.6604 m ± 0.96 mm; Y 5931893.1964 ± 2.15 mm; dan Z - 777746.1083 ± 0.59 mm.
 - b. Koordinat Toposentrik, dengan nilai N - 784897.7745 m ± 0.5 mm; E 12201145.1221 m ± 0.67 mm; dan U 243.0477 m ± 2.28 mm.
 - c. Koordinat Geodetis, dengan Lintang 7°3'3.084" Selatan dan Bujur 110°26'23.454" Bujur Timur.
2. Dalam hasil perhitungan kecepatan posisi, didapatkan nilai pergeseran dengan ketelitian terbaik yaitu :
 - a. Tahun 2015 ke 2016; dengan nilai Vn - 0.00115 m/tahun ± 2.45 mm; Ve 0.02975 m/tahun ± 3.21 mm; dan Vu -0.0063 m/tahun ± 12.03 mm
 - b. Tahun 2016 ke 2017; dengan nilai Vn 0.01121 m/tahun ± 2.65 mm; Ve 0.04084 m/tahun ± 3.27 mm; dan Vu -0.01219 m/tahun ± 12.56 mm

- c. Tahun 2015 ke 2017; dengan nilai V_n 0.00248 m/tahun \pm 0.56 mm; V_e 0.03407 m/tahun \pm 0.75 mm; dan V_u 0.00072 m/tahun \pm 2.71 mm
3. Berdasarkan hasil Uji T (Uji Statistik Pergeseran) dengan selang kepercayaan 95% dan *degree of freedom* ∞ , dapat disimpulkan bahwa terjadi pergeseran pada semua *epoch* dan strategi pengolahan.
 4. Berdasarkan Uji F yang dilakukan pada tiap strategi sampel, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan terhadap variasi DOY yang digunakan dengan hasil perhitungan koordinat.

V.2. Saran

Pada penelitian ini, terdapat beberapa saran yang mungkin bisa digunakan untuk penelitian selanjutnya :

1. Perlunya dilakukan pendefinisian ulang secara berkala koordinat definitif stasiun GNSS CORS UNDIP karena mengingat sifat stasiun CORS GNSS yang dinamis.
2. Melakukan pengecekan untuk ketersediaan dan keadaan data titik ikat yang ingin digunakan untuk penelitian.
3. Menggunakan *software* pengolahan terbaru dengan *file* konfigurasi yang sudah dilakukan update terlebih dahulu.
4. Menggunakan rentang variasi yang lebih lebar (> 15 DOY) untuk mengetahui signifikansi hasil koordinat yang lebih baik.
5. Perlunya penguasaan perangkat lunak GAMIT/GLOBK dengan berbagai *plugins*-nya dan Sistem Operasi LINUX guna mempermudah dalam melakukan instalasi serta melakukan pengolahan data penelitian.
6. Melakukan penelitian untuk membandingkan tipe eksperimen pengolahan GAMIT dan ketelitian hasil akhirnya dengan opsi yang berbeda pada *file sestbl*. (BASELINE/RELAX/ORBIT).

Daftar Pustaka

- Abidin, H. Z. (2000). *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya* (Edisi Ke 2). Jakarta: Pradnya Paramita.
- Hapsari, W. (2016). *Penentuan Posisi Stasiun GNSS CORS UNDIP Epoch 2015 Dan Epoch 2016 Berdasarkan Stasiun IGS Dan SRGI Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.6* (Skripsi). Diponegoro, Semarang.
- Herring, T. A., King, R. ., Floyd, M. A., & McClusky, S. C. (2015). *GLOBK Reference Manual: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program*. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology.

Panuntun, H. (2012). *Pengaruh Penggunaan Titik Ikat GPS untuk Penentuan Posisi Offshore Platform*. Gadjah Mada, Yogyakarta.

Daftar Pustaka dari Internet

- Kartawijaya, H. (2018). BAB 2 DASAR TEORI 2.1 SISTEM SATELIT NAVIGASI GLOBAL. Retrieved September 20, 2018, from <https://anzdoc.com/bab-2-dasar-teori-21-sistem-satelit-navigasi-global.html>
- Nugraha, A. P. (2017). CORS (Continuously Operating Reference Stations). Retrieved September 25, 2017, from <http://arryprasetya.blogspot.com/2010/12/continuously-operating-reference.html>