

ANALISIS HASIL PENGOLAHAN TITIK PENGAMATAN CORS BIG MENGGUNAKAN *ULTRA RAPID*, *RAPID* DAN *FINAL EPHEMERIS* UNTUK PENGAMATAN DEFORMASI

Khairuddin^{*)}, Bambang Darmo Yuwono, Moehammad Awaluddin

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
 Email : khairuddin.ctf@gmail.com

ABSTRAK

Survey Global Navigation Satellite System (GNSS) adalah suatu metode penentuan koordinat titik dengan menggunakan teknologi satelit yang memiliki ketelitian tertentu. Selain itu terdapat pula teknologi CORS (Continuously Operating Reference Station) yang juga berbasis GNSS dan berwujud jaring kerangka geodetik yang pada tiap titiknya memiliki *receiver*. Jaringan CORS dibangun dengan tujuan untuk menjaga tingkat akurasi dan presisi dari kerangka dasar geodetik di seluruh wilayah Indonesia dan juga untuk membantu berbagai macam kegiatan ilmiah maupun praktis dilapangan seperti survei deformasi. Pengamatan deformasi menggunakan CORS biasanya membutuhkan *final ephemeris* IGS untuk memperoleh hasil yang akurat, tetapi *latency update final ephemeris* IGS membutuhkan 12 sampai 18 hari dari waktu terakhir pengamatan data. Penelitian ini menggunakan tiga strategi dalam pengolahan data yaitu: Strategi I menggunakan *final ephemeris* (IGF), strategi II menggunakan *rapid ephemeris* (IGR) dan strategi III menggunakan *ultra rapid ephemeris* (IGU). Titik pengamatan dalam penelitian ini menggunakan stasiun CSEM, CPBL, CMGL, CPKL. Titik ikat global menggunakan : XMIS, BAKO, DARW, PIMO, PBRI, HYDE, COCO. Hasil pengolahan koordinat dengan menggunakan *final ephemeris* dan *rapid ephemeris* tidak memiliki perbedaan secara signifikan, hal sama juga berlaku terhadap hasil pengolahan menggunakan *final ephemeris* dan *ultra rapid ephemeris*. Arah pergeseran vektor setiap stasiun CORS BIG di Jawa Tengah bergerak ke arah tenggara pada seluruh strategi yang diterapkan. Resultan kecepatan horizontal masing-masing stasiun pada semua strategi relatif sama. Pada stasiun CSEM nilai resultan kecepatan horizontal berkisar 0,02540 m/tahun sampai 0,02545 m/tahun. Untuk stasiun CMGL nilai resultan kecepatan horizontal berkisar 0,02652 m/tahun sampai 0,02677 m/tahun. Nilai resultan kecepatan horizontal stasiun CPKL berkisar 0,02229 m/tahun sampai 0,02304 m/tahun. Kemudian nilai resultan kecepatan horizontal stasiun CPBL berkisar 0,02582 m/tahun sampai 0,02600 m/tahun.

Kata Kunci : Deformasi, Kecepatan, *Final Ephemeris*, *Rapid ephemeris*, *Ultra Rapid Ephemeris*, Titik Ikat Global

ABSTRACT

Global Navigation Satellite System (GNSS) is a method of determining point coordinates using satellite technology that has certain accuracy. In addition, there is also the technology of CORS (Continuously Operating Reference Station) which is also GNSS-based and has the form of a geodetic framework net that has a receiver at each point. The CORS network was built with the aim of maintaining the level of accuracy and precision of the geodetic basic framework in all regions of Indonesia and also to assist various kinds of scientific and practical activities in the field such as deformation surveys. Deformation observations using CORS usually require IGS final ephemeris to obtain accurate results, but the latency of the IGS final ephemeris update requires 12 to 18 days from the last time the data were observed. This study uses three data processing strategies, namely: Strategy I uses final ephemeris (IGF), strategy II uses rapid ephemeris (IGR) and strategy III uses ultra rapid ephemeris (IGU). The observation points in this study use CSEM, CPBL, CMGL, CPKL stations. Global tie points use XMIS, BAKO, DARW, PIMO, PBRI, HYDE, COCO. The results of coordinate processing use final ephemeris and rapid ephemeris do not differ significantly, the same is true of the results of processing use final ephemeris and ultra rapid ephemeris. The vector shift direction of each CORS BIG station in Central Java moves to the southeast in all strategies implemented. The results of the horizontal velocity approach of each station on all strategies are relatively the same. At CSEM station the resultant value of horizontal velocity ranges from 0.02540 m / year to 0.02545 m / year. For CMGL stations the resultant value of horizontal velocity ranges from 0.02652 m / year to 0.02677 m / year. The resultant value of the horizontal velocity speed of CPKL stations ranges from 0.02229 m / year to 0.02304 m / year. Then the resultant value of the CPBL station's horizontal velocity ranges from 0.02582 m / year to 0.02600 m / year.

Keywords : Deformation, Velocity, *Final Ephemeris*, *Rapid ephemeris*, *Ultra Rapid Ephemeris*, Global Tie Points

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Keberadaan wilayah Indonesia yang terletak pada pertemuan antara tiga lempeng besar yakni lempeng Eurasia, Hindia-Australia, dan Pasifik menjadikan Indonesia memiliki tatanan tektonik yang kompleks. Dampak dari aktifitas seismik ketiga lempeng tersebut menyebabkan timbulnya pergerakan lempeng bumi yang menyebabkan fenomena deformasi. Meskipun deformasi merupakan dinamika bumi skala lokal, namun deformasi dapat ditafsirkan sebagai pergerakan suatu titik pada suatu benda yang bersifat absolut atau relatif (Widjajanti, 1997). Adapun wilayah Indonesia yang memiliki sejarah gempa bumi yang merusak adalah wilayah Jawa Tengah yang ditetapkan sebagai wilayah rawan gempa bumi Indonesia nomor VII (Puslitbang Geologi, 2004 dalam Soehami, 2008). Untuk mengidentifikasi berbagai deformasi yang terjadi akibat zona subduksi dan gempa bumi, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan salah satunya dengan menggunakan metode teknologi berbasis GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

Survei *Global Navigation Satellite System* (GNSS) adalah suatu metode penentuan koordinat titik dengan menggunakan teknologi satelit yang memiliki ketelitian tertentu. Teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS) terus dikembangkan menjadi lebih baik untuk memenuhi standar keakuratan dan penyediaan data yang dihasilkan dalam memenuhi kebutuhan. Selain itu terdapat pula teknologi CORS (*Continuously Operating Reference Station*) yang juga berbasis GNSS dan berwujud jaringan kerangka geodetik yang pada tiap titiknya memiliki *receiver*. *Receiver* tersebut mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinu.

Pada saat ini banyak sekali pemakai teknologi CORS yang ada di Indonesia dikarenakan tingkat ketelitian yang diberikan sangat tinggi. Jaringan CORS di Indonesia adalah jaringan yang dibangun oleh BIG (Badan Informasi Geospasial). Jaringan CORS dibangun dengan tujuan untuk menjaga tingkat akurasi dan presisi dari kerangka dasar geodetik di seluruh wilayah Indonesia dan juga untuk membantu berbagai macam kegiatan ilmiah maupun praktis dilapangan seperti survei deformasi. Pengamatan deformasi menggunakan CORS biasanya membutuhkan *final orbit IGS* untuk memperoleh hasil yang akurat, tetapi *latency update* dari *final orbit IGS* membutuhkan 12 sampai 18 hari dari waktu terakhir pengamatan data. *Latency* tersebut terlalu lama untuk keperluan monitoring deformasi yang membutuhkan waktu secara cepat dari waktu pengamatan data. Untuk mengatasi hal tersebut maka digunakan *ultra-rapid* dan *rapid orbit IGS* yang *latency update* filenya cepat.

Untuk memperoleh posisi ketelitian yang teliti maka perlu diterapkan strategi pengamatan yang bertumpu pada metode pengamatan, waktu pengamatan, lama pengamatan dan pengikatan ke titik tetap yang digunakan, sedangkan strategi pengolahan data bergantung pada proses perataan jaringan dengan

menggunakan perangkat lunak ilmiah (Abidin, 2004). Salah satu faktor penting dalam melakukan perataan jaringan adalah pengikatan ke titik kontrol yang dianggap sebagai titik ikat atau *fixed point* (Panuntun, 2012) titik ikat bisa berasal dari titik ikat stasiun lokal atau titik ikat regional menggunakan CORS lokal dan titik ikat *global* menggunakan stasiun yang dikelola oleh IGS.

Dari latar belakang tersebut saya melakukan penelitian tugas akhir untuk menganalisis hasil pengolahan titik pengamatan GPS berdasarkan *IGS ephemeris* dengan menggunakan data pengamatan dari empat stasiun CORS GNSS milik BIG (Badan Informasi Geospasial) yang terletak di wilayah Jawa Tengah pada masing-masing DOY (*Day of Year*) tahun 2015 - 2016. Empat titik stasiun CORS BIG yang digunakan sebagai titik pengamatan yaitu CSEM, CPBL, CMGL, CPKL. Sedangkan titik ikat yang digunakan adalah titik ikat stasiun IGS yang terdiri dari XMIS, BAKO, DARW, PIMO, PBRI, HYDE, COCO. Data GPS dari stasiun pengamatan CORS dan stasiun IGS diolah dengan menggunakan perangkat lunak ilmiah yaitu GAMIT/GLOBK 10.6.

I.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Adakah perbedaan yang signifikan dari koordinat hasil pengolahan menggunakan *ultra-rapid ephemeris* dan *rapid ephemeris* terhadap *final ephemeris*?
2. Bagaimana pergerakan vektor titik pengamatan (stasiun CORS) di Jawa Tengah menggunakan *final ephemeris*, *rapid ephemeris* dan *ultra-rapid ephemeris*?

I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui signifikansi perbedaan koordinat yang dihasilkan menggunakan *ultra-rapid ephemeris* dan *rapid ephemeris* terhadap *final ephemeris*.
2. Mengetahui pergerakan vektor titik pengamatan (stasiun CORS) di Jawa Tengah menggunakan *final ephemeris*, *rapid ephemeris* dan *ultra-rapid ephemeris*.

I.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Stasiun CORS yang digunakan berjumlah 4 titik yaitu CSEM, CMGL, CPKL, CPBL.
2. Stasiun IGS yang digunakan sebagai titik ikat berjumlah 7 titik yaitu BAKO, COCO, DARW, HYDE, PBRI, PIMO, XMIS.
3. Data yang digunakan pada tahun 2015 – 2016 dengan data stasiun CORS dan IGS masing – masing 10 *day of year* tiap tiga bulan.
4. Strategi pengolahan dengan menggunakan IGF (*final ephemeris IGS*), IGR (*rapid ephemeris*)

IGS) dan IGU (*ultra rapid ephemeris IGS*) yang masing-masing diikatkan ke titik ikat global.

5. Penelitian ini berfokus pada deformasi arah horizontal.
6. Penelitian ini tidak memperhitungkan pergerakan rotasi blok sunda.
7. Pengolahan data menggunakan *software* GAMIT 10.6.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. GPS (*Global Positioning System*)

Global Positioning System (GPS), dengan nama resmi NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System*), merupakan satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca secara kontinu di seluruh dunia, didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti, serta informasi mengenai waktu (Abidin, 2000). GPS dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian bervariasi dari beberapa milimeter (orde nol) sampai dengan puluhan meter (sejak Mei 2000).

Pada dasarnya GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terutama terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS (Abidin, 2000).

II.2. Penentuan Posisi dengan GPS

Konsep dasar penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya diketahui. Dimana posisi satelit diketahui kemudian dihitung posisi pengamat, dengan mengukur jarak antara satelit dan pengamat. Dalam hal ini terdapat tiga parameter posisi pengamat (X_r , Y_r , Z_r). Pengukuran jarak dari satelit ke *receiver* dapat dilakukan melalui pengamatan *Pseudorange* dan *Carrier Phase*.

Penentuan posisi menggunakan teknologi GPS terdiri dari metode absolut dan metode relatif. Dimana penentuan posisi dengan metode absolut, posisi titik pengamatan dapat ditentukan dengan menggunakan *receiver*. Sedangkan pada penentuan posisi menggunakan metode relatif, posisi titik ditentukan terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya dengan menggunakan minimal dua *receiver* GPS.

II.3. CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) biasa disebut juga stasiun referensi permanen

adalah sistem yang terdiri dari receiver GPS dan antena GPS yang diatur secara baik pada lokasi yang aman dengan ketersediaan sumber energi yang handal serta dengan perangkat TIK yang dapat melayani layanan koreksi (Aditya dkk, 2014 dalam Sari, 2014). Aplikasi ini memungkinkan untuk mendapatkan ketelitian yang baik dengan tingkat produktivitas yang tinggi.

Sistem CORS (*Continuously Operating Reference Station*) memungkinkan untuk mendapatkan akurasi ketelitian posisi yang relatif beberapa sentimeter terhadap *National Spatial Reference System*, baik secara horizontal maupun vertikal. CORS (*Continuously Operating Reference Station*) dari *receiver* GNSS mendukung banyak aplikasi dalam survei, pemetaan, navigasi dan geodesi yang memiliki akurasi yang baik. Pembentukan infrastruktur berupa jaringan CORS semakin meningkat di seluruh dunia yang digunakan dalam waktu jangka panjang untuk studi *geoscientific* serta memberikan dasar *positioning* GNSS-RTK (*Real-Time Kinematic*) dan pembesaran (termasuk *Assisted-GNSS*).

II.4. Data Ephemeris GPS

Setiap satelit GPS secara periodik melakukan transmisi data untuk mendeskripsikan posisi dari satelit tersebut atau data *ephemeris* satelit, kesehatan satelit dan koreksi jam satelit (Widjijanti, 2010 dalam Panuntun 2012). Berdasarkan waktu tersedianya, ada tiga *ephemeris* satelit yaitu: *broadcast ephemeris*, *precise ephemeris* dan *IGS ephemeris*. *IGS ephemeris* sebenarnya juga merupakan *precise ephemeris*, perbedaan dari keduanya adalah *IGS ephemeris* dikeluarkan atau diproduksi oleh IGS sedangkan *precise ephemeris* dihasilkan oleh NGS.

II.4.1. IGS Ephemeris

IGS ephemeris merupakan *ephemeris* teliti yang dihasilkan oleh IGS. IGS mengumpulkan, menyimpan dan mendistribusikan kumpulan data pengamatan GPS dengan ketelitian yang mencukupi untuk memenuhi berbagai macam kebutuhan aplikasi dan penelitian (Muliawan, 2012). IGS (*International GNSS Service*) menyediakan orbit satelit dalam beberapa macam, yaitu: *ultra-rapid*, *rapid* dan *final*. IGS menggabungkan produk orbit/jam yang berbeda dengan variasi waktu *update* dan jangkauan jaringan stasiun yang digunakan untuk perhitungan. Final orbit IGS saat ini merupakan gabungan dari tujuh IGS ACs, dengan menggunakan enam paket perangkat lunak independen, yaitu: BERNESE, GAMIT, GIPSY, NAPEOS, EPOS dan PAGES.

Final orbit IGS biasanya tersedia setelah hari kesebelas dari waktu pengamatan. Untuk *rapid* orbit IGS tersedia setelah 17 jam setelah hari pengamatan berakhir. Lama waktu *update* disebabkan oleh banyaknya variasi data dari stasiun *global* IGS, yang menggunakan berbagai skema akuisisi data dan komunikasi, serta berbagai tingkat kontrol kualitas. Sebelumnya IGS hanya menyediakan data dengan model harian dalam bentuk file, dengan lama waktu

pengiriman data selama 24 jam. Kemudian pada tahun 2000, pusat data diminta untuk mempercepat penyediaan data dengan lama waktu pengiriman per jam. Permintaan tersebut mendasari pembuatan produk ultra-rapid yang memiliki lama waktu *update* selama beberapa jam, untuk memenuhi tuntutan kebutuhan pengguna *real-time* seperti komunitas meteorologi dan LEO (*Low Earth Orbiter missions*) (Kouba, 2009).

II.5. Deformasi

Deformasi adalah perubahan kedudukan, pergerakan secara absolut atau relatif dari posisi suatu materi atau perubahan kedudukan dalam dimensi yang linear (Andreas, 2001 dalam Jamel dkk., 2013). Deformasi dalam konteks pergerakan lempeng adalah perubahan dan pergerakan titik-titik yang diletakkan pada lempeng yang akan diamati pola deformasinya dalam selang waktu tertentu sehingga dapat menunjukkan adanya perubahan dalam besaran tertentu. Salah satu analisis deformasi adalah analisis geometrik yang bertujuan untuk memberikan informasi tentang status geometrik obyek deformasi seperti perubahan posisi obyek (analisis pergerakan) dan perbedaan posisi, bentuk dan dimensi obyek deformasi (analisis regangan) (Taftazani, 2013).

Analisis geometrik ini dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Pergeseran, yaitu analisis yang menunjukkan perubahan posisi suatu benda dengan menggunakan data perbedaan posisi yang didapat dari perataan data pengamatan pada kala berbeda.
2. Regangan, yaitu analisis yang menunjukkan perubahan posisi, bentuk dan ukuran suatu benda dengan menggunakan data pengamatan geodetik langsung atau data regangan yang diperoleh dari data pengamatan geodetik perubahan posisi.

II.6. Velocity

Velocity adalah sebuah laju perpindahan dari sebuah kerangka acuan dan merupakan fungsi dari waktu. *Velocity* mengacu pada tingkat dimana sebuah objek berubah posisi dari posisi awal. Dalam hal ini dapat diartikan bahwa perpindahan posisi adalah perpindahan dari posisi awal menuju posisi berikutnya. Dalam *velocity* ini dapat digambarkan kecepatan objek, misalkan pergerakan lempeng yang ada di Indonesia yaitu pergerakan lempeng di pulau Jawa atau pergerakan lempeng di pulau Sumatra dan pulau-pulau lainnya. Karena bicara tentang *velocity*, maka biasanya disertakan juga arah pergerakannya misalkan ke arah utara, selatan, timur, dan barat (Saputra, 2015).

II.7. GAMIT/GLOBK

GAMIT adalah paket analisis data GPS yang komprehensif yang dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) untuk

melakukan perhitungan posisi tiga dimensi dan satelit orbit. Perangkat lunak GAMIT dikembangkan mulai tahun 1970-an ketika MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) mengembangkan alat penerima (*receiver*) GPS. Setelah pengembangannya, GAMIT bermigrasi dengan platform sistem operasi Unix pada tahun 1987. Dengan berdirinya IGS (*International GPS Service*) pada tahun 1992 semakin memungkinkan pengembangan skema pengolahan data GPS secara otomatis.

GLOBK adalah satu paket program yang dapat mengkombinasikan hasil pemrosesan data survei terestris ataupun data survei ekstra terestris. Kunci dari data input pada GLOBK adalah matriks kovarian dari data koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit, dan koordinat hasil pengamatan lapangan (Herring dkk., 2006 dalam Setyawan, 2014).

III. Metodologi Penelitian

III.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua bagian yaitu: bahan utama dan bahan pendukung.

1. Bahan utama dalam penelitian ini terdiri dari:
 - a. Data pengamatan dari empat stasiun CORS GNSS milik BIG (Badan Informasi Geospasial) yang ada di wilayah Jawa Tengah, dengan selang waktu pengamatan selama 24 jam dan interval waktu 30 detik pada masing-masing DOY (*Day Of Year*) pada tahun 2015 sampai dengan 2016. Empat stasiun CORS GNSS yang digunakan adalah: CMGL, CPBL, CPKL dan CSEM.
 - b. Data pengamatan dari tujuh stasiun IGS selama 24 jam dan interval waktu 30 detik pada masing-masing DOY (*Day Of Year*), stasiun yang digunakan yaitu: BAKO, COCO, DARW, HYDE, PBRI, PIMO dan XMIS.
 - c. Data *broadcast ephemeris* dengan tipe *brdc* DDD0.YYn (DDD: doy, YY: tahun) dapat diunduh sesuai dengan waktu pengamatan.
 - d. Data *h-files global* dapat diunduh sesuai dengan waktu pengamatan.
 - e. Data *precise ephemeris file* dari IGS, yang terdiri dari *final ephemeris*, *rapid ephemeris* dan *ultra-rapid ephemeris* dalam bentuk *.sp3.
2. Bahan pendukung adalah data yang digunakan untuk mendukung berjalannya penelitian tugas akhir ini. Bahan pendukung yang digunakan adalah sebagai berikut:
 - a. File gelombang laut (pasang-surut) dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2016, dalam bentuk (otl_FES2004.grid), merupakan pencerminan dinamika pasang-surut air laut di seluruh dunia.

- b. File atmosfer dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2016, dalam bentuk (atmdisp_cm.yyyy).
- c. File pemodelan cuaca dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2016, dalam bentuk (vmflgrd.yyyy) yang merupakan fungsi pemetaan cuaca hitungan

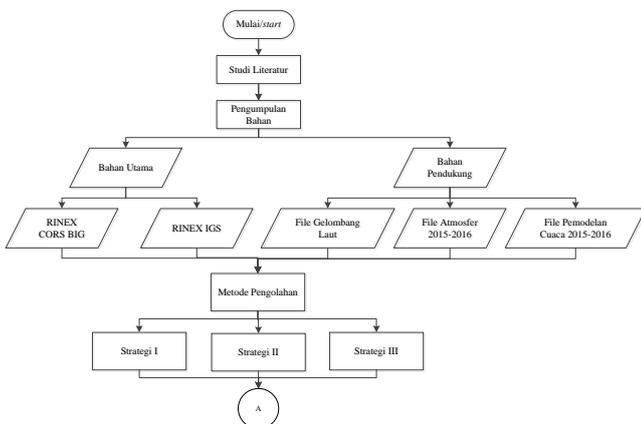
III.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat yang digunakan adalah:

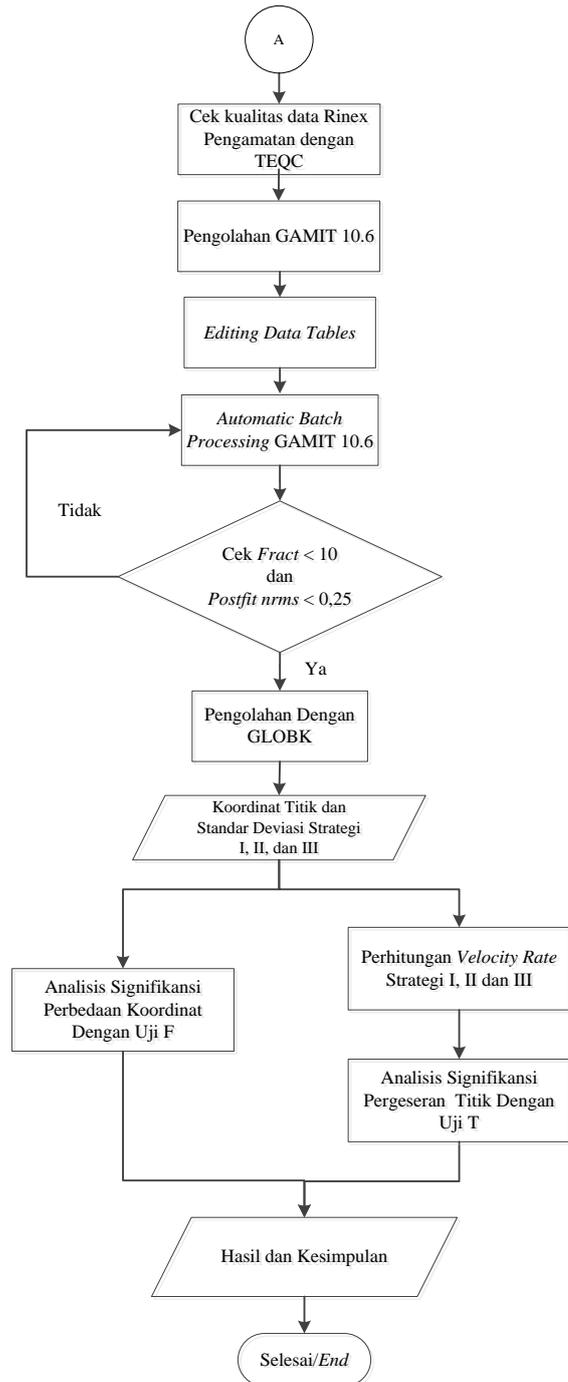
1. *DELL Latitude E4310*, Intel(R) Core(TM) i5 M540 @2.53GHz (4 CPUs), ~2.5GHz.
2. *USB Flash Disk* 16GB untuk sara pemindahan data
3. *Hardisk Eksternal* 1TB sebagai tempat membackup data.
4. Sistem Operasi Linux mint 17.3 mate 64bit.
5. *Scientic Software GAMIT* versi 10.6.
6. *GMT (Generic Mapping Tools)*, digunakan untuk plotting data hasil pengolahan dengan perangkat lunak GAMIT/GLOBK dan vektor pergeseran.
7. *NETCDF (Network Common Data Form)*, perangkat lunak NETCDF adlaah *dependencies* yang harus dipenuhi bila menginstal perangkat lunak GMT. Perangkat lunak ini digunakan untuk *interfaces* pada akses (*sharing* dan *transfer*) data yang bersifat *scienfic*.
8. Microsoft Word 2010 sebagai pengolah teks.
9. Microsoft Excel 2010 sebagai pengolah angka dalam perhitungan.
10. Microsoft visio 2010 sebagai pengolah diagram alir.

III.3. Diagram Alir

Secara umum, prosedur pelaksanaan penelitian ini dilakukan sesuai dengan *Gambar 1*



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Lanjutan **Gambar 1.** Diagram alir penelitian

IV. Hasil dan Pembahasan

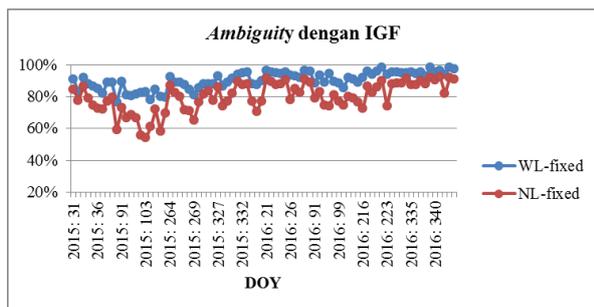
IV.1. Hasil Pengolahan GAMIT

Pengolahan menggunakan *software* GAMIT menghasilkan tiga *file* penting yang digunakan untuk analisis dan pengolahan selanjutnya. *File* hasil pengolahan GAMIT tersebut diantaranya: *h-files*, *q-files* dan *sh_GAMIT.summary-file* yang memuat *prefit* dan *postfit nrms* beserta *phase ambiguities*.

H-files versi “a” dengan format *file h<nama project>a.(yy)(doy)* adalah hasil dari pengolahan GAMIT untuk masing-masing *doy*, *h-files* ini berisi hasil *adjustment* dan matriks varian-kovarian yang digunakan sebagai *input* dalam pengolahan

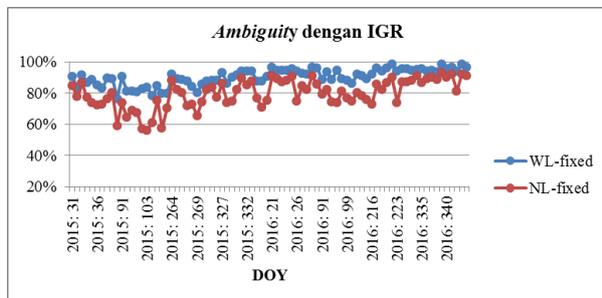
menggunakan GLOBK. Q-files merupakan file output solusi dari proses solve yang memuat nilai *fract*, dimana dalam pengolahan GLOBK nilai *fract* yang diizinkan < 10. Pada penelitian ini tidak ditemukan nilai *fract* lebih dari 10 sehingga dapat dikatakan tidak terdapat kesalahan kasar dan sistematik pada saat pengolahan. *sh_GAMIT.summary* memuat *prefit* dan *postfit nrms* beserta *phase ambiguities* hasil pengolahan GAMIT. Pada pengolahan GAMIT kriteria yang baik untuk nilai *postfit nrms* adalah kurang dari 0,25. Pada penelitian ini tidak ditemukan nilai *postfit nrms* melebihi 0,25 menunjukkan bahwa tidak terdapat kesalahan dalam pemodelan.

Hal lain yang perlu diperhatikan sebagai parameter evaluasi adalah nilai WL (*Wide Line*) dan NL (*Narrow Line*). Nilai WL yang baik adalah lebih dari 90%, bila kurang menandakan adanya noise pada pseudorange. Nilai NL yang baik adalah lebih 80%, bila kurang menandakan adanya kesalahan pada ukuran dan konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, atau kondisi atmosfer. Hasil *phase ambiguities* pada penelitian ini ditampilkan dalam Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 2. Phase Ambiguities menggunakan IGF

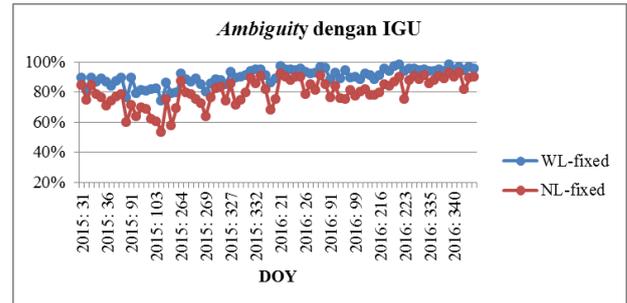
Gambar 2 menunjukkan bahwa ambiguitas fase (*fixed*) yang dapat dicapai rentang nilainya berada pada kisaran 76,40% sampai dengan 98,30% untuk nilai WL (*Wide Lane*) dan 54,30% sampai dengan 92,30% untuk NL (*Narrow Lane*). Pada strategi 1 terdapat nilai NL sebesar 54,30% menunjukkan adanya kesalahan pada ukuran dan konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, atau kondisi atmosfer.



Gambar 3. Phase Ambiguities menggunakan IGR

Gambar 3 menunjukkan bahwa ambiguitas fase (*fixed*) yang dicapai rentang nilainya berada pada kisaran 76,40% sampai dengan 98,30% untuk nilai WL (*Wide Lane*) dan 56,10% sampai dengan 93,00% untuk NL (*Narrow Lane*). Hasil pengolahan GAMIT pada strategi 2 dapat digunakan untuk pengolahan dengan

GLOBK, dikarenakan secara keseluruhan rata-rata nilai *postfit nrms*, WL (*Wide Lane*) dan nilai NL (*Narrow Lane*) telah memenuhi kriteria.



Gambar 4. Phase Ambiguities menggunakan IGU

Gambar 4 menunjukkan bahwa ambiguitas fase (*fixed*) yang dapat dicapai menggunakan strategi 3 rentang nilainya berada pada kisaran 74,30% sampai dengan 98,30% untuk nilai WL (*Wide Lane*) dan 53,50% sampai dengan 93,00% untuk NL (*Narrow Lane*). Hasil pengolahan GAMIT pada strategi 3 dapat digunakan untuk pengolahan dengan GLOBK, dikarenakan secara keseluruhan nilai *postfit nrms* dan WL (*Wide Lane*) serta sebagian besar nilai NL (*Narrow Lane*) telah memenuhi kriteria yang ditentukan.

IV.2. Hasil Pengolahan GLOBK

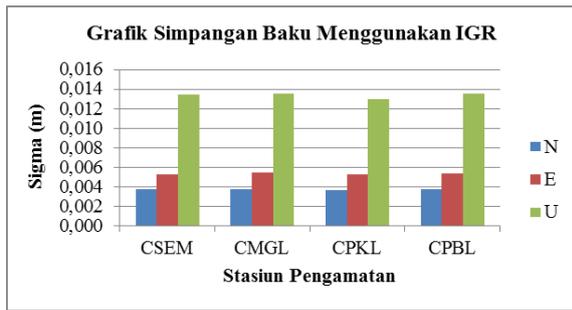
Proses selanjutnya untuk mendapatkan koordinat hasil pengolahan GNSS setelah melakukan pengolahan GAMIT adalah proses pengolahan dengan GLOBK. Pengolahan dengan GLOBK akan menghasilkan file berekstensi *.org yang berisi koordinat masing-masing titik pengamatan yang dicari beserta simpangan bakunya.

IV.2.1. Hasil Pengolahan Koordinat Harian

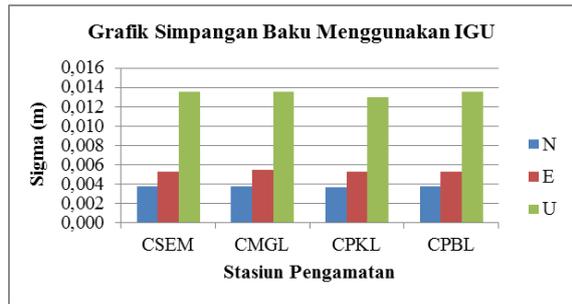
Pengolahan dengan menggunakan GLOBK akan menghasilkan koordinat yang terdapat pada file dengan ekstensi *.org. Hasil koordinat yang didapatkan diantaranya berupa koordinat toposentrik (N, E, U), berikut ditampilkan grafik simpangan baku rata-rata stasiun pengamatan dari setiap strategi yang ditampilkan pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7 berikut ini.



Gambar 5. Grafik rata-rata simpangan baku stasiun pengamatan strategi 1



Gambar 6. Grafik rata-rata simpangan baku stasiun pengamatan strategi 2



Gambar 7. Grafik rata-rata simpangan baku stasiun pengamatan strategi 3

Ketiga grafik tersebut menunjukkan nilai rata-rata simpangan baku pada setiap stasiun pengamatan untuk komponen N sekitar 0,004 m, pada komponen E rata-rata simpangan baku sekitar 0,005 m dan untuk komponen U rata-rata simpangan baku sekitar 0,013 m. Secara keseluruhan pengamatan simpangan baku terkecil terdapat pada komponen N dan terbesar pada komponen U.

IV.3. Hasil Perhitungan Kecepatan Pergeseran (Velocity Rate) dengan GLOBK

Hasil perhitungan kecepatan pergeseran pada pengolahan GLOBK beserta simpangan baku di setiap stasiun pada tahun 2015-2016 dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 1. Pergerakan Stasiun CORS menggunakan IGF

CORS	Kecepatan (m/tahun)			Simapang baku (m/tahun)		
	vn	ve	vu	vn	ve	vu
CSEM	-0,00997	0,02342	-0,00333	0,00067	0,00091	0,00262
CMGL	-0,00781	0,02537	0,00143	0,00069	0,00097	0,00272
CPKL	-0,00910	0,02100	-0,13020	0,00067	0,00093	0,00261
CPBL	-0,00964	0,02394	0,00542	0,00069	0,00095	0,00273

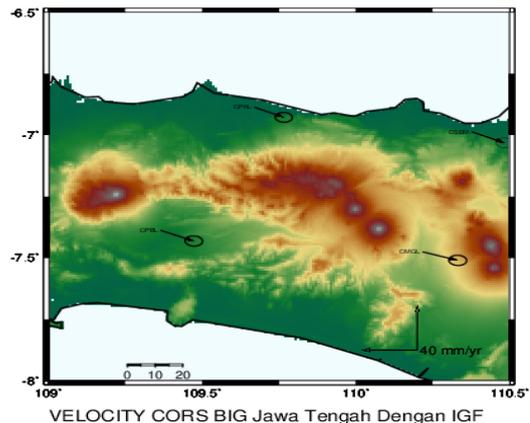
Tabel 2. Pergerakan Stasiun CORS menggunakan IGR

CORS	Kecepatan (m/tahun)			Simapang baku (m/tahun)		
	vn	ve	vu	vn	ve	vu
CSEM	-0,01012	0,02334	-0,00269	0,00070	0,00095	0,00277
CMGL	-0,00802	0,02554	0,00141	0,00072	0,00101	0,00285
CPKL	-0,00904	0,02092	-0,13067	0,00069	0,00097	0,00271
CPBL	-0,00976	0,02410	0,00606	0,00072	0,00099	0,00286

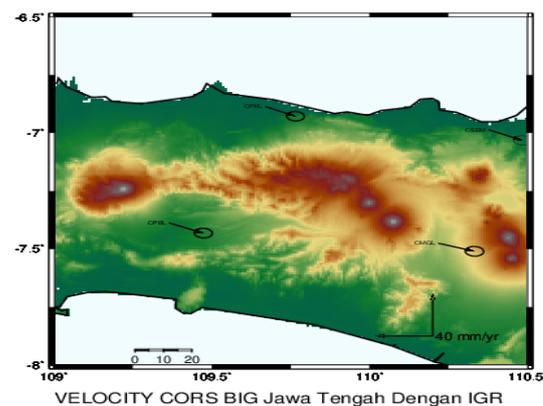
Tabel 3. Pergerakan Stasiun CORS menggunakan IGU

CORS	Kecepatan (m/tahun)			Simapang baku (m/tahun)		
	vn	ve	vu	vn	ve	vu
CSEM	-0,01002	0,02337	-0,00352	0,00067	0,00092	0,00267
CMGL	-0,00772	0,02537	0,00138	0,00069	0,00098	0,00277
CPKL	-0,00922	0,02112	-0,13091	0,00067	0,00094	0,00265
CPBL	-0,00978	0,02403	0,00539	0,00069	0,00095	0,00276

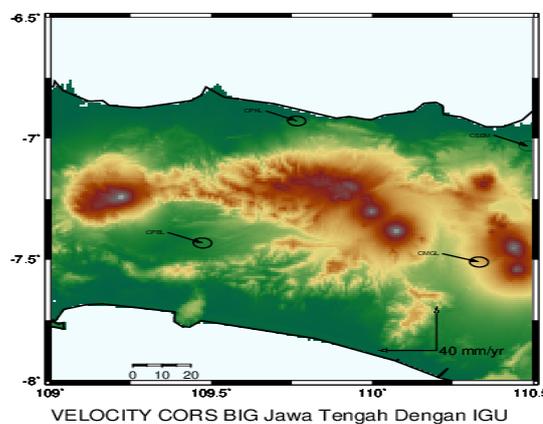
Selanjutnya hasil pergerakan stasiun di plotting menggunakan software GMT untuk mengetahui arah vektor dari komponen horizontal.



Gambar 8. Arah kecepatan pergeseran horizontal menggunakan IGF



Gambar 9. Arah kecepatan pergeseran horizontal menggunakan IGR



Gambar 10. Arah kecepatan pergeseran horizontal menggunakan IGU

Arah kecepatan pergeseran horizontal dalam Gambar 8, 9 dan 10 pada setiap strategi ditunjukkan dengan garis berwarna hitam menggunakan skala 40 mm/tahun, arah pergeseran masing-masing stasiun secara keseluruhan bergerak ke arah tenggara.

IV.4. Uji Statistik Komponen Horizontal

Untuk menguji perbedaan koordinat yang dihasilkan menggunakan strategi 1, strategi 2 dan strategi 3 maka dilakukan pengecekan menggunakan uji statistik dengan uji F pada selang kepercayaan 95%. Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan perbedaan secara signifikan dari koordinat yang dihasilkan pada masing-masing *project*.

IV.4.1. Uji-F Komponen Horizontal Pada Strategi 1 - Strategi 2

Uji F (Distribusi *Fisher*) digunakan untuk mengetahui perbedaan secara signifikan atau tidak dari hasil pengolahan dengan menggunakan IGF dan hasil pengolahan dengan menggunakan IGR. Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan varian dari hasil pengolahan dengan IGF dan IGR. Nilai varian didapatkan dari kuadrat simpangan baku, pada uji F kali ini nilai komponen yang diperhitungkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai presisi horizontal pada mengamatan menggunakan IGF dan IGR

CORS	IGF			IGR			n	
	Std N (m)	Std E (m)	Hz Precision (m)	Std N (m)	Std E (m)	Hz Precision (m)		
CSEM	0,00410	0,00573	0,00705	0,00375	0,00524	0,00645	80	
CMGL	0,00413	0,00593	0,00723	0,00377	0,00541	0,00659	80	
CPKL	0,00403	0,00577	0,00704	0,00366	0,00524	0,00640	80	
CPBL	0,00413	0,00584	0,00715	0,00376	0,00533	0,00652	80	
jumlah			0,02846	jumlah			0,02596	320
rata-rata			0,00712	rata-rata			0,00649	

Perhitungan uji F untuk mengetahui hasil dari hipotesa nol diterima atau ditolak dengan menggunakan Rumus berikut:

Hasil dengan IGF : $S1 = 0,00712$, $V = 320$

Hasil dengan IGR : $S2 = 0,00649$, $V = 320$

Tingkat Kepercayaan : 95 %

Hipotesa 0 : F hitungan < F table diterima, tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara hasil dengan IGF dan hasil dengan IGR.

$$F_{hitung} = \frac{S1^2}{S2^2} = \frac{0,00712^2}{0,00649^2} = 1,20219$$

$$F_{Tabel} = F_{\alpha/2, v1, v2} = F_{0,025, 320, 320} = 1,24548$$

Maka,

$$F_{hitung} < F_{tabel}$$

$1,20219 < 1,24548$ hipotesa 0 diterima, sehingga dapat dikatakan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengolahan menggunakan IGF pada strategi 1 dengan hasil pengolahan menggunakan IGR pada strategi 2.

IV.4.2. Uji-F Komponen Horizontal Pada Strategi 1 - Strategi 3

Uji F (Distribusi *Fisher*) digunakan untuk mengetahui perbedaan secara signifikan atau tidak dari hasil pengolahan dengan menggunakan IGF dan hasil pengolahan dengan menggunakan IGU. Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan varian dari hasil pengolahan dengan IGF dan IGU. Nilai varian didapatkan dari kuadrat simpangan baku, pada uji F kali ini nilai komponen yang diperhitungkan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai presisi horizontal pada mengamatan menggunakan IGF dan IGU

CORS	IGF			IGU			n	
	Std N (m)	Std E (m)	Hz Precision (m)	Std N (m)	Std E (m)	Hz Precision (m)		
CSEM	0,004101	0,00573	0,00705	0,003751	0,00524	0,00644	80	
CMGL	0,004135	0,00593	0,00723	0,00377	0,005412	0,00660	80	
CPKL	0,004033	0,00577	0,00704	0,003659	0,005229	0,00638	80	
CPBL	0,004126	0,00584	0,00715	0,003745	0,005295	0,00649	80	
jumlah			0,02846	jumlah			0,02591	320
rata-rata			0,00712	rata-rata			0,00648	

Perhitungan uji F untuk mengetahui hasil dari hipotesa nol diterima atau ditolak dengan menggunakan Rumus berikut:

Hasil dengan IGF : $S1 = 0,00712$, $V = 320$

Hasil dengan IGR : $S2 = 0,00648$, $V = 320$

Tingkat Kepercayaan : 95 %

Hipotesa 0 : F hitungan < F table diterima, tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara hasil dengan IGF dan hasil dengan IGU.

$$F_{hitung} = \frac{S1^2}{S2^2} = \frac{0,00712^2}{0,00648^2} = 1,20709$$

$$F_{Tabel} = F_{\alpha/2, v1, v2} = F_{0,025, 320, 320} = 1,24548$$

Maka,

$$F_{hitung} < F_{tabel}$$

$1,20709 < 1,24548$ hipotesa 0 diterima, sehingga dapat dikatakan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengolahan menggunakan IGF pada strategi 1 dengan hasil pengolahan menggunakan IGU pada strategi 3.

IV.5. Analisis Uji Pergeseran Komponen Horizontal Dengan Uji Statistik

Untuk mengetahui apakah CORS GNSS yang digunakan pada penelitian ini benar-benar bergerak atau tidak, perlu dilakukan uji statistik terhadap kecepatan pergeseran yang diperoleh dan simpangan bakunya. Uji statistik pergeseran yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan tabel distribusi dengan tingkat kepercayaan 95% (T-tabel=1,96). Untuk mengambil kesimpulan adanya pergeseran atau tidak, dapat dilakukan pencarian T-hitungan yang apabila T-hitungan < dari T-tabel maka dianggap tidak terjadi pergeseran dan bila T-hitungan > T-tabel maka dianggap terjadi pergeseran.

Tabel 6. Uji statistik pergeseran horizontal strategi 1

CORS	Komponen Horizontal				
	P	std P	T Hitungan	T-tabel	Pergeseran
CSEM	0,02545	0,00113	22,52463	1,960	Ya
CMGL	0,02654	0,00119	22,29957	1,960	Ya
CPKL	0,02289	0,00115	19,96743	1,960	Ya
CPBL	0,02581	0,00117	21,98039	1,960	Ya

Tabel 7. Uji statistik pergeseran horizontal strategi 2

CORS	Komponen Horizontal				
	P	std P	T Hitungan	T-tabel	Pergeseran
CSEM	0,02544	0,00118	21,55815	1,960	Ya
CMGL	0,02677	0,00124	21,58208	1,960	Ya
CPKL	0,02279	0,00119	19,14488	1,960	Ya
CPBL	0,02600	0,00122	21,24060	1,960	Ya

Tabel 8. Uji statistik pergeseran horizontal strategi 3

CORS	Komponen Horizontal				
	P	std P	T Hitungan	T-tabel	Pergeseran
CSEM	0,02543	0,00114	22,34181	1,960	Ya
CMGL	0,02652	0,00120	22,12573	1,960	Ya
CPKL	0,02304	0,00115	19,96362	1,960	Ya
CPBL	0,02594	0,00117	22,09618	1,960	Ya

Tabel 6, 7 dan 8 menunjukkan hasil uji statistik kecepatan pergeseran komponen horizontal strategi 1, strategi 2 dan strategi 3 pada setiap stasiun dengan hasil nilai T-hitungan lebih besar dari nilai 1,960. Hal ini menunjukkan bahwa komponen horizontal strategi 1, strategi 2 dan strategi 3 mengalami pergeseran yang signifikan dengan rentang kepercayaan 95%.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah :

1. Dari hasil pengujian dengan menggunakan uji F diperoleh kesimpulan bahwa secara statistik tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari koordinat hasil pengolahan menggunakan *ultra-rapid ephemeris* terhadap *final ephemeris* dan *rapid ephemeris* terhadap *final ephemeris*.
2. Arah pergeseran vektor dari stasiun CORS BIG di Jawa Tengah strategi 1 dengan menggunakan *final ephemeris* setiap stasiun ke arah tenggara dengan resultan kecepatan horizontal pada stasiun CSEM sebesar $0,02545 \pm 0,00113$ m pertahun, CMGL sebesar $0,02654 \pm 0,00119$ m pertahun, CPKL sebesar $0,02289 \pm 0,00115$ m pertahun dan CPBL sebesar $0,02582 \pm 0,00117$ m pertahun. Untuk arah pergeseran vektor strategi 2 menggunakan *rapid ephemeris* pada setiap stasiun arah pergeseran vektornya bergerak ke arah tenggara dengan resultan kecepatan

horizontal pada stasiun CSEM sebesar $0,02544 \pm 0,00118$ m pertahun, CMGL sebesar $0,02677 \pm 0,00124$ m pertahun, CPKL sebesar $0,02279 \pm 0,00119$ m pertahun dan CPBL sebesar $0,02600 \pm 0,00122$ m pertahun. Untuk arah pergeseran vektor strategi 3 menggunakan *ultra-rapid ephemeris* pada setiap stasiun arah pergeseran vektornya bergerak ke arah tenggara juga seperti dua strategi sebelumnya dengan resultan kecepatan horizontal pada stasiun CSEM sebesar $0,02543 \pm 0,00114$ m pertahun, CMGL sebesar $0,02652 \pm 0,00120$ m pertahun, CPKL sebesar $0,02304 \pm 0,00115$ m pertahun dan CPBL sebesar $0,02594 \pm 0,00117$ m pertahun.

V.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan dari penelitian ini adalah :

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh titik ikat global dan titik ikat regional terhadap penggunaan *rapid ephemeris* dan *ultra-rapid ephemeris*.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai panjang *baseline* dan *strength of figure* dari jaringan yang digunakan untuk mengetahui tingkat ketelitian suatu titik yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z. 2000. "Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya", PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Abidin, H.Z. 2004. Modul 8 : Perencanaan dan Persiapan Survei GPS, Jurusan Teknik Geodesi . Institut Teknologi Bandung.

Jamel, I. dkk. 2013. Analisis Deformasi Gunung Api Papandayan Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2002 – 2011. Indonesian Journal Of Geospatial Vol. 2 No. 3.

Kouba, J. 2009. A Guide To Using International Gns Service (Igs) Products. Geodetic Survey Division: Natural Resources Canada. 615 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0E9.

Muliawan, L.A. 2012. Penentuan Koordinat Stasiun GNSS CORS GMU1 Bulan Mei Tahun 2011. Skripsi: Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Panuntun, H. 2012. Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai dengan Titik Ikat GPS Regional dan *Global*. Thesis. Program Studi S-2 Teknik Geomatika Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.

Saputra, R. 2015. Perhitungan Velocity Rate CORS GNSS di Wilayah Pantai Utara Jawa Tengah. Skripsi: Teknik Geodesi Universitas Diponegoro. Semarang.

- Sari A., dan Khosim. 2014. Analisa Perbandingan Ketelitian Penentuan Posisi Dengan Gps Rtk-Ntrip Dengan Base Gps Cors Big Dari Berbagai Macam Mobile Provider Didasarkan Pada Pergeseran Linear (Studi Kasus : Surabaya). Skripsi: Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Setyawan, A.A. 2014. Analisis Pergerakan Lima Stasiun Pasut Pulau Jawa Berdasarkan Data Pengamatan Gnss Tahun 2012 Dan 2013. Skripsi: Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Soehaimi, A. 2008. Seismotektonik dan Potensi Kegempaan Wilayah Jawa. Jurnal Geologi Indonesia. Vol. 3 No. 4 Desember 2008: 227-240
- Taftazani, M. I. 2013. Analisis Geodinamika Lima Stasiun Pasut Pulau Jawa dengan Data Pengamatan GPS Tiga Epok. Thesis, Jurusan Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Widjajanti, N. 1997. Analisis Geometrik Deformasi Pada Kerangka Dasar Relatif. Jurnal Media Teknik No 1 Tahun XXII edisi Februari 2000 No.ISSN 0216-3012
- Yunazwardi, M. 2010. Analisis Deformasi Gunung api talang Berdasarkan Data Pengamatan GPS tahun 2005-2009. Skripsi: Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung. Bandung.