

PERHITUNGAN VELOCITY RATE CORS GNSS DI PULAU SULAWESI

Haris Yusron, Bambang Darmo Yuwono , Moehammad Awaluddin^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp.(024) 76480785, 76480788
 email : harisyusron@gmail.com

ABSTRAK

Pulau Sulawesi terletak pada zona pertemuan diantara tiga pergerakan lempeng besar yaitu pergerakan lempeng Hindia-Australia dari selatan, lempeng Pasifik dari arah timur dan lempeng Asia bergerak *relative* pasif ke tenggara. Data pengamatan stasiun CORS bisa digunakan untuk mempelajari aktivitas tektonik dan karakteristik fenomena alam dan deformasi yang terjadi di suatu daerah. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian mengenai *velocity rate* stasiun CORS di Pulau Sulawesi untuk mengetahui nilai dan vektor arah pergeseran posisi titik CORS.

Penelitian ini menggunakan data pengamatan lima stasiun CORS yang berada di Sulawesi yaitu CBIT, CKEN, CMAK, CTOL dan PALP pada tahun 2013 sampai dengan 2016. Titik IGS yang digunakan yaitu AIRA, ALIC, ANKR, CUSV, DARW, GUAM, IISC, KARR, KIT3, PIMO, POL2, XMIS, dan YARR. Pengolahan data menggunakan software ilmiah GAMIT.

Penelitian ini menghasilkan arah pergeseran dari masing-masing stasiun CORS dan kecepatan pergeseran. CBIT arah pergeserannya ke tenggara dengan kecepatan $-0,00508 \pm 0,00064$ m/tahun untuk komponen utara, $0,02307 \pm 0,00081$ m/tahun untuk komponen timur, dan $-0,00703 \pm 0,00307$ m/tahun untuk komponen vertikal. CKEN arah pergeserannya ke timur laut memiliki kecepatan $0,00739 \pm 0,00045$ m/tahun untuk komponen utara, $0,02569 \pm 0,00054$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,07917 \pm 0,00177$ m/tahun untuk komponen vertikal. CMAK arah pergeserannya ke tenggara dengan kecepatan $-0,00632 \pm 0,00042$ m/tahun untuk komponen utara, $0,02569 \pm 0,00053$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,00238 \pm 0,00166$ m/tahun untuk komponen vertikal. CTOL arah pergeserannya ke timur laut memiliki kecepatan $0,02839 \pm 0,00079$ m/tahun untuk komponen utara, $0,02425 \pm 0,00092$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,00858 \pm 0,00410$ m/tahun untuk komponen vertikal. PALP arah pergeserannya ke timur laut memiliki kecepatan $0,00974 \pm 0,00040$ m/tahun untuk komponen utara, $0,02071 \pm 0,00051$ m/tahun untuk komponen timur, dan $-0,01167 \pm 0,00163$ m/tahun untuk komponen vertikal.

Kata Kunci : CORS, Kecepatan Pergeseran, GAMIT

ABSTRACT

Sulawesi Island is located in the zone of meeting between three large plate movement is the movement of the Indian-Australian plate from the south, the Pacific plate from the east and Asian plate moves relatively passive to the southeast. CORS station observation data can be used to study the tectonic activity and characteristics of natural phenomena and deformations that occur in an area. Therefore conducted this research on the velocity rate CORS station on the island of Sulawesi to know the value and the vector direction of the shift position CORS point.

This study used five observational data CORS stations located in Sulawesi, namely CBIT, CKEN, CMAK, CTOL and PALP in 2013 until 2016. The point IGS used are AIRA, ALIC, ANKR, CUSV, DARW, GUAM, IISC, KARR, KIT3, PIMO, POL2, XMIS, and YARR. Data processing using scientific software GAMIT.

This research resulted in a shift direction of each station CORS and speed the shift. CBIT direction of the shift to the southeast with speeds -0.00508 ± 0.00064 m / year for the northern parts, 0.02307 ± 0.00081 m / year for the eastern component, and -0.00703 ± 0.00307 m / year for components vertical. CKEN direction of the shift to the northeast has a speed of 0.00739 ± 0.00045 m / year for the northern parts, 0.02569 ± 0.00054 m / year for the eastern component, and 0.07917 ± 0.00177 m / year for the vertical component , CMAK direction of the shift to the southeast with speeds -0.00632 ± 0.00042 m / year for the northern parts, 0.02569 ± 0.00053 m / year for the eastern component, and 0.00238 ± 0.00166 m / year for the vertical component , CTOL direction of the shift to the northeast has a speed of 0.02839 ± 0.00079 m / year for the northern parts, 0.02425 ± 0.00092 m / year for the eastern component, and 0.00858 ± 0.00410 m / year for the vertical component , Palp direction of the shift to the northeast has a speed of 0.00974 ± 0.00040 m / year for the northern parts, 0.02071 ± 0.00051 m / year for the eastern component, and -0.01167 ± 0.00163 m / year for components vertical.

Keywords : CORS, Velocity Rate, GAMIT

^{*)} Penulis, Penanggungjawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Pulau Sulawesi terletak pada zona pertemuan diantara tiga pergerakan lempeng besar yaitu pergerakan lempeng Hindia-Australia dari selatan kecepatan rata – rata 7 cm/tahun, lempeng Pasifik dari arah timur dengan kecepatan sekitar 6 cm/tahun dan lempeng Asia bergerak *relative* pasif ke tenggara \pm 3 cm/tahun. Interaksi ketiga lempeng tersebut memberikan pengaruh cukup besar terhadap kejadian bencana alam geologi di Sulawesi pada umumnya dalam wujud gempa bumi, tsunami, gerakan tanah, gunungapi dan banjir yang senantiasa terjadi seiring dengan berlangsungnya aktivitas tektonik (Kaharuddin, 2011).

Salah satu perkembangan terbaru dalam studi penentuan posisi adalah kajian mengenai GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Saat ini terdapat empat macam GNSS yang telah ada dan akan beroperasi secara penuh pada beberapa tahun kedepan, seperti GPS (*Global Positioning System*), GLONASS, Beidou, dan Galileo (Abidin, 2007). GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, dan bagi banyak orang secara simultan. Saat ini GPS sudah banyak digunakan orang di seluruh dunia dalam berbagai bidang aplikasi yang menuntut informasi tentang posisi, kecepatan, percepatan ataupun waktu yang teliti. GPS dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian bervariasi dari beberapa millimeter (orde nol) sampai dengan puluhan meter (Abidin, 2001).

Selain itu terdapat pula teknologi CORS (*Continuously Operating Reference Station*) yang juga berbasis GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Teknologi CORS beroperasi secara kontinu selama 24 jam untuk penentuan posisi dengan ketelitian yang tinggi. Data pengamatan stasiun CORS akan diolah untuk mendapatkan koordinat stasiun pengamatan. Data CORS tersebut juga bisa digunakan untuk mempelajari aktivitas tektonik dan karakteristik fenomena alam dan deformasi yang terjadi di suatu daerah.

Keberadaan Sulawesi yang berada pada pertemuan tiga lempeng bumi yaitu lempeng Hindia-Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Asia mengakibatkan pergeseran posisi suatu titik akan berubah setiap waktu. Berdasarkan hal tersebut, perlu diadakannya penelitian mengenai *velocity rate* stasiun CORS di Pulau Sulawesi untuk mengetahui nilai dan vektor arah pergeseran posisi titik CORS.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana koordinat stasiun CORS di Pulau Sulawesi secara *time series* dari tahun 2013 sampai dengan 2016 ?
2. Berapakah *velocity rate* stasiun CORS di Pulau Sulawesi dari data pengamatan tahun 2013 sampai dengan 2016 ?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Stasiun CORS yang akan diteliti adalah 5 Stasiun CORS yang berada di Sulawesi yaitu CBIT (Site Bitung, maesa), CKEN (Site Kendari), CMAK (Site Makassar), CTOL (Site Tolitoli) dan PALP (Site Palu).
2. Data CORS yang akan diamati dari tahun 2013 sampai 2016 masing-masing 12 doy setiap tahunnya.
3. Menggunakan titik ikat global (IGS) berjumlah 13 stasiun yaitu AIRA (Japan), ALIC (Australia), ANKR (Turkey), CUSV (Thailand), DARW (Australia), GUAM (GUAM), IISC (India), KARR (Australia), KIT3 (Uzbekistan), PIMO (Philippines), POL2 (Kyrgyzstan), XMIS (Australia), dan YARR (Australia).
4. Penelitian ini berfokus hanya untuk mengetahui nilai dan vektor arah pergeseran posisi titik CORS Sulawesi.
5. Pengolahan Data CORS menggunakan *Scientific Software* GAMIT 10.6.

I.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun tujuan Penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini, adalah:

1. Menghitung koordinat stasiun CORS di Pulau Sulawesi secara *time series* tahun 2013 sampai dengan 2016.
2. Menghitung *velocity rate* stasiun CORS di Pulau Sulawesi dari data pengamatan tahun 2013 sampai dengan 2016.

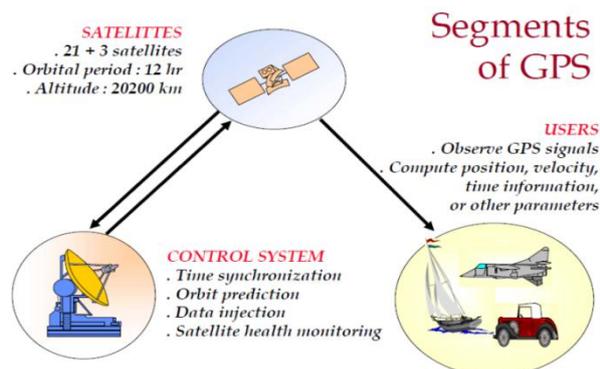
II. Tinjauan Pustaka

II.1. GPS

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, dan bagi banyak orang secara simultan. Saat ini GPS sudah banyak digunakan orang di seluruh dunia dalam berbagai bidang aplikasi yang menuntut informasi tentang posisi, kecepatan, percepatan ataupun waktu yang teliti. GPS dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian bervariasi dari

beberapa millimeter (orde nol) sampai dengan puluhan meter (Abidin, 2001).

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, 2007).



Gambar 1. Segmen GPS (Abidin, 2007)

II.2. CORS

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) merupakan suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaring kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinyu (Abidin, 2001). Aplikasi ini bisa mendapatkan ketelitian tinggi dengan tingkat produktivitas yang tinggi. Pada awalnya, penentuan posisi relatif dengan GNSS hanya bisa dilakukan dengan pengamatan yang lama dengan proses *post processing*. Dalam perkembangannya, penentuan posisi secara *real time* telah banyak menggantikan aplikasi relatif yang sudah ada.

II.3. GAMIT/GLOBK

Gamit / GLOBK adalah paket analisis GPS komprehensif yang dikembangkan di MIT, di Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CFA), Scripps Institution of Oseanografi (SIO), dan Australia National University untuk memperkirakan stasiun koordinat dan kecepatan, *stochastic* atau representasi fungsional pasca gempa deformasi, *atmospheric delays*, orbit satelit, dan parameter orientasi bumi (Herring, 2015).

GLOBK adalah satu paket program yang dapat mengkombinasikan data survei terestris ataupun data survei ekstra terestris. Kunci dari data *input* pada GLOBK adalah matriks kovarian dari koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit dan koordinat hasil pengamatan lapangan (Herring, 2010 dalam Herring, 2015). GLOBK merupakan Kalman filter yang tujuan utamanya untuk mengkombinasikan

solusi dari pengolahan data primer *space geodesy* atau pengamatan terestrial. Ia menerima data, atau perkiraan "*quasi - observations*" dan terkait matriks kovarians untuk stasiun koordinat, rotasi parameter bumi, parameter orbital, dan posisi sumber yang dihasilkan dari analisis pengamatan utama. (Herring, 2015).

II.4. Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu materi atau perubahan kedudukan (Kuang 1996 dalam Andriyani, 2012). Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dikatakan titik bergerak absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri dan dikatakan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik yang lain. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi (absolut atau relatif).

II.5. 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).

Perhitungan *velocity* dalam penelitian ini menggunakan GLOBK. Persiapan yang dilakukan dalam melakukan perhitungan kecepatan posisi dalam penelitian ini adalah dengan membuat direktori pada direktori data nama direktori tersebut dalam penelitian ini adalah /vsoln. Kemudian mengisi direktori /vsoln tersebut dengan *globk_vel.cmd* dan *glogr_vel.cmd* yang berasal dari direktori *gg/tables* dan *file* hasil pengolahan GLRED yang berekstensi *.glx.

File ekstensi *.glx* kemudian di rubah ekstensinya menjadi *.gdl* dengan menggunakan perintah
`ls <input files>.glx > <output files>.gdl`
`ls : perintah untuk membuat link`
`<input files> : file masukan dari direktori glibf`
`<output files>: file keluaran pada direktori vsoln`
 kemudian dilakukan perhitungan kecepatan dengan memasukkan argumen
`globk 6 globk_vel.prt globk_vel.log velo.gdl globk_long.cmd.`

III. Metodologi Penelitian

III.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu bahan utama dan bahan pendukung.

III.1.1. Bahan Utama

Bahan utama adalah bahan yang harus ada dalam penelitian agar penelitian dapat dilakukan. Bahan utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data pengamatan dari 5 buah stasiun CORS GNSS milik BIG (Badan Informasi Geospasial) yang ada di wilayah Sulawesi yaitu CBIT (Site Bitung, maesa), CKEN (Site Kendari), CMAK (Site Makassar), CTOL (Site Tolitoli) dan PALP (Site Palu) selama 24 jam pada masing-masing DOY (Day of Year) pada tahun 2013, 2014, 2015, dan 2016 dengan interval data 30 detik.
2. Data pengamatan dari 13 stasiun IGS yaitu AIRA (Japan), ALIC (Australia), ANKR (Turkey), CUSV (Thailand), DARW (Australia), GUAM (GUAM), IISC (India), KARR (Australia), KIT3 (Uzbekistan), PIMO (Philippines), POL2 (Kyrgyzstan), XMIS (Australia), dan YARR (Australia) selama 24 jam pada masing-masing DOY (Day of Year) dengan interval 30 detik data pengamatan tersebut dapat diunduh melalui website <http://igsceb.jpl.nasa.gov/>. Data yang diunduh harus sesuai dengan hari pengamatan yang digunakan pada titik pengamatan.

III.1.2. Bahan Pendukung

Bahan pendukung yaitu data yang digunakan untuk mendukung jalannya penelitian ini. Bahan pendukung tersebut adalah sebagai berikut:

1. *File* gelombang laut (pasang-surut), diunduh dari situs <ftp://garner.uscd.edu> dalam bentuk (otl_FES2004.grid) merupakan pencerminan dinamika pasang-surut air laut di seluruh dunia.
2. *File* pemodelan cuaca tahun 2013 sampai dengan tahun 2016, dalam bentuk (vmflgrid.2013) yang merupakan fungsi pemetaan cuaca hitungan.
3. *File* atmosfer tahun 2013 sampai dengan tahun 2016 yang dapat diunduh dari situs MIT yaitu www-gpsg.mit.edu dalam bentuk (atmdisp_cm.2013).

III.2. Peralatan Penelitian

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

III.2.1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini :

1. *Personal Computer*, Core TM i7-3770 CPU M330 @ 3.40 GHz, RAM 8 GB
2. USB Flash Disk 8GB untuk sarana pemindahan data.
3. Printer HP Deskjet 1515 yang digunakan untuk mencetak hasil.

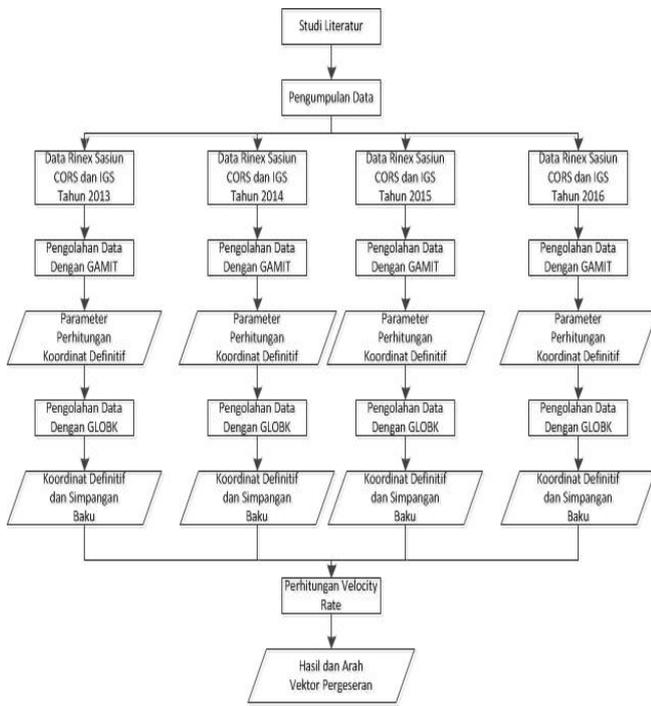
III.2.2. Perangkat lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Sistem Operasi Linux Ubuntu 14.04 LTS
2. Perangkat lunak GAMIT versi 10.6
3. GMT (*Generic Mapping Tools*), digunakan untuk plotting data hasil pengolahan dengan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. Perangkat lunak ini dapat diunduh melalui alamat sebagai berikut <ftp://ftp.soest.hawaii.edu/gmt>.
4. NETCDF (*Network Common Data Form*), perangkat lunak ini adalah *dependencies* yang harus dipenuhi bila menginstal perangkat lunak GMT. Perangkat lunak ini digunakan untuk *interfaces* pada akses (*sharing* dan *transfer*) data yang bersifat *scientific*. Perangkat lunak ini dapat kita diunduh melalui *website* sebagai berikut <http://www.unidata.ucar.edu/downloads/netcdf/ind ex.jsp>.
5. Gfortran, perangkat lunak (*software*) yang digunakan sebagai compiler untuk bahasa fortran pada perangkat lunak GAMIT yang diperlukan pada saat melakukan instalasi. Dapat diunduh melalui <http://gcc.gnu.org/wiki/GfortranBinaries>.
6. *Translation*, *Editing*, dan *Quality Checking* (TEQC) pada file RINEX yang dijadikan sebagai penelitian. Perangkat lunak ini diunduh melalui <http://facility.unavco.org/software/teqc/teqc.html>.
7. Xcode 4, perangkat lunak ini adalah *compiler* GCC (GNU C Compiler) untuk sistem operasi Ubuntu 14.04 LTS yang digunakan untuk compiling perangkat lunak GAMIT, GMT, dan NETCDF. Aplikasi ini bisa diunduh dengan perangkat lunak Ubuntu 14.04 LTS yang sudah terdapat di dalam sistem operasi.
8. Microsoft Word 2010, sebagai pengolah kata.
9. Microsoft Excel 2010, sebagai pengolah angka dalam perhitungan.
10. Microsoft Visio 2010, sebagai pengolah diagram alir.

III.3 Pelaksanaan

Diagram alir penelitian adalah seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

IV. Hasil Dan Pembahasan

IV.1. Hasil Pengolahan GAMIT

Hasil dari pengolahan GAMIT menghasilkan beberapa file diantaranya *h-files*, *q-files* dan *sh_gamit.summary* yang memuat *prefit* dan *postfit nrms* beserta *phase ambiguities*. Nilai ini nantinya digunakan sebagai cek kualitas data hasil hitungan. Hasil dari pengolahan GAMIT *sh_gamit.summary* yang dihasilkan tiap *doy* kemudian dilakukan pengecekan untuk *postfit* kurang dari 0,25 dan *fract* kurang dari 10. Dengan demikian hasil pengolahan tersebut dapat diterima untuk selanjutnya digunakan dalam proses pengolahan menggunakan GLOBK.

Nilai *postfit* dari penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. *Postfit nrms* dan *phase ambiguities*

Tahun	DOY	Postfit nrms				Phase ambiguities	
		WL(%)	NL(%)	WL(%)	NL(%)		
2013	261	0,18245	0,18882	0,18243	0,1888	88,6	80,1
	262	0,1848	0,19179	0,18477	0,19178	88	81,5
	263	0,18279	0,18918	0,18277	0,18917	87,6	80,5
	264	0,18606	0,19203	0,18606	0,19203	88,1	81,7
	265	0,18303	0,18943	0,18302	0,18943	86,7	80,5
	266	0,18578	0,19229	0,18575	0,19227	85,7	79,3
	267	0,1841	0,18918	0,18408	0,18916	82,5	76,4
	268	0,18943	0,19581	0,1894	0,1958	82,8	76,4
	269	0,18675	0,19225	0,18673	0,19224	84,1	78,7
	270	0,18821	0,19441	0,1882	0,1944	87,9	81,4
	271	0,18632	0,19284	0,1863	0,19283	87,9	80,9
	272	0,18621	0,19246	0,1862	0,19245	88,6	79,2
2014	196	0,18443	0,19103	0,18441	0,19102	88,6	74,2
	197	0,18312	0,18928	0,18309	0,18927	88,8	76,1
	198	0,18419	0,19007	0,18417	0,19006	86,8	72
	199	0,1846	0,19109	0,18459	0,19108	87,1	75,5
	200	0,18508	0,19047	0,18507	0,19046	88,6	69,4
	201	0,18609	0,19236	0,18605	0,19235	92,3	74,6
	202	0,18613	0,19203	0,18612	0,19203	90,3	74,9
	203	0,18588	0,19222	0,18587	0,1922	86,7	73,6
	204	0,18441	0,19099	0,1844	0,19099	94	78,7
	205	0,18483	0,19072	0,18482	0,19072	91,3	73,3
	206	0,18692	0,19288	0,18691	0,19287	91,3	80,2
	207	0,18508	0,19216	0,18505	0,19214	89,5	74,2
2015	281	0,18378	0,1912	0,18376	0,19119	95,3	89,6
	282	0,18744	0,19432	0,18741	0,19432	92,2	82,5
	283	0,18755	0,19398	0,18753	0,19397	93,2	86
	284	0,18804	0,19611	0,18802	0,19611	92,6	86,8
	285	0,18635	0,19199	0,18633	0,19196	93,4	84,8
	286	0,18668	0,19345	0,18666	0,19343	92,4	85,7
	287	0,19036	0,19724	0,19034	0,19721	92,6	87,3
	288	0,1877	0,19402	0,1877	0,19401	92,4	85,4
	289	0,18645	0,19346	0,18643	0,19343	87,5	82,2
	290	0,18417	0,19007	0,18414	0,19005	92	85,1
	291	0,18517	0,19208	0,18516	0,19207	87,2	80,6
	292	0,18662	0,19335	0,18659	0,19333	86,5	80,7
2016	111	0,17526	0,18107	0,17522	0,18104	92,1	85,4
	112	0,18285	0,18921	0,18284	0,1892	87,8	79,4
	113	0,17939	0,18761	0,17936	0,18759	94	87,5
	114	0,18186	0,18757	0,18185	0,18755	91,9	84,4
	115	0,1829	0,18941	0,18287	0,18939	88,3	83,4
	116	0,18535	0,19119	0,18531	0,19117	91,7	83,2
	117	0,18457	0,19087	0,18453	0,19083	91,3	84
	118	0,18211	0,18904	0,1821	0,18902	89,8	84,5
	119	0,18419	0,19114	0,18417	0,19111	92,1	85,2
	120	0,18227	0,18879	0,18223	0,18874	87,6	81,9
	121	0,17827	0,18558	0,17824	0,18553	91,3	82,2
	122	0,18564	0,19282	0,18558	0,19272	89,7	81,2

Dari Tabel 1. dapat diketahui nilai *postfit nrms* untuk masing-masing DOY dan masing-masing tahun Secara keseluruhan nilai *postfit nrms* berkisar antara 0,17522 hingga 0,19724 dimana nilai *postfit nrms* tersebut kurang dari 0,25. Hasil *postfit nrms* tersebut menunjukkan bahwa bobot *a priori* yang diberikan telah benar. Nilai *postfit nrms* yang tidak melebihi 0,25 menunjukkan bahwa tidak ada kesalahan dalam pemodelan (Iqbal, 2013 dalam Saputra, 2015).

Pada Tabel 1. juga diperoleh informasi mengenai ambiguitas fase masing-masing DOY dan masing-masing tahun. Secara keseluruhan nilai rata-rata ambiguitas fase pada semua DOY untuk jenis *wide lane* adalah 89,56%. Hal tersebut menandakan bahwa dalam pengolahan tersebut terdapat sedikit *noise* pada data *pseudorange*. Sedangkan nilai rata-rata ambiguitas fase pada semua DOY untuk jenis *narrow lane* adalah 80,67%. Hal tersebut menandakan bahwa tidak terdapat kesalahan pada ukuran, konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat *apriori*, atau kondisi atmosfer.

Nilai rentang nilai minimal dan maksimal *fract* dari penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai rentang nilai minimal dan maksimal *fract*

Tahun	DOY	Fract		Tahun	DOY	Fract	
		Min	Max			Min	Max
2013	261	-1.7	1.4	2015	281	-1.7	2.2
	262	-2.1	1.4		282	-1.8	1.2
	263	-1.0	1.4		283	-1.5	2.1
	264	-1.2	2.0		284	-1.4	1.4
	265	-0.9	1.6		285	-1.7	1.3
	266	-1.7	1.3		286	-1.8	2.1
	267	-1.5	1.3		287	-2.0	2.1
	268	-1.7	1.8		288	-1.4	1.4
	269	-1.2	1.5		289	-1.7	1.7
	270	-1.6	1.3		290	-1.3	1.8
271	-1.5	1.5	291	-2.0	1.1		
272	-1.3	1.6	292	-2.5	1.7		
2014	196	-1.7	1.2	2016	111	-2.1	2.1
	197	-1.5	1.8		112	-2.9	1.8
	198	-1.5	2.3		113	-2.3	1.5
	199	-1.3	1.8		114	-3.0	1.5
	200	-1.2	1.7		115	-2.6	1.8
	201	-1.0	2.7		116	-2.8	0.9
	202	-1.2	1.3		117	-3.1	1.0
	203	-0.9	1.4		118	-3.1	2.1
	204	-1.3	1.6		119	-3.7	1.3
	205	-1.8	1.6		120	-3.5	1.5
206	-1.1	1.7	121	-4.0	1.7		
207	-1.4	1.9	122	-3.7	1.7		

Dari Tabel 2. dapat diketahui nilai rentang nilai minimal dan maksimal *fract* untuk masing-masing DOY dan masing-masing tahun. Secara keseluruhan nilai *fract* berkisar antara -4,0 hingga 2,7 dimana nilai *fract* tersebut kurang dari 10. Hasil *fract* tersebut menunjukkan bahwa tidak ada kesalahan kasar dan sistematis pada pengolahan data tersebut.

Setelah dilakukan pengecekan hasil dari GAMIT maka dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan hasil *output* yang telah diperoleh dari pengolahan GAMIT dapat digunakan untuk proses GLOBK, karena hasil pengolahan tersebut masih memenuhi syarat hasil pengolahan GAMIT.

IV.2. Hasil Pengolahan GLOBK

Hasil pengolahan pada GLOBK merupakan proses untuk mendapatkan nilai koordinat. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada *file* dengan ekstensi *.org yang berisikan koordinat beserta simpangan bakunya. dalam *file* yang berekstensi *.org ini akan ditampilkan solusi koordinat harian sesuai nama *file*. Contoh nama *file* pada penelitian ini misalnya globk.org. Berikut ini adalah hasil dari pengolahan GLOBK yang ditampilkan pada Tabel 3. dalam koordinat kartesian 3D .

Tabel 3. Koordinat Kartesian 3D

Tahun	CORS	Koordinat (m)			Simpangan Baku (mm)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
2013	CBIT	-3674246,41026	5211133,62310	159558,07863	3,42	4,41	1,21
	CKEN	-3423050,53624	5363896,09938	-437851,81148	2,28	3,06	0,98
	CMAK	-3119381,95052	5534200,65716	-567039,49699	1,92	2,79	0,93
	CTOL	-3267040,02765	5476735,21683	115220,11112	4,52	6,75	1,66
	PALP	-3179627,52798	5528295,02735	-101263,44463	2,07	3,15	0,86
2014	CBIT	-3674246,42611	5211133,61678	159558,07403	3,79	5,28	1,28
	CKEN	-3423050,55087	5363896,09117	-437851,80511	2,49	3,37	0,96
	CMAK	-3119381,96557	5534200,64903	-567039,49978	1,87	2,82	0,86
	CTOL	-3267040,04419	5476735,20795	115220,13088	5,68	8,54	1,91
	PALP	-3179627,54336	5528295,02355	-101263,43633	1,87	2,82	0,75
2015	CBIT	-3674246,44207	5211133,58331	159558,06896	3,71	5,11	1,3
	CKEN	-3423050,69196	5363896,24494	-437851,80953	2,05	2,87	0,88
	CMAK	-3119381,99623	5534200,63546	-567039,50874	1,79	2,76	0,84
	CTOL	-3267040,07762	5476735,20482	115220,16588	4,61	6,74	1,58
	PALP	-3179627,56760	5528295,00977	-101263,42403	1,75	2,78	0,79
2016	CBIT	-3674246,45063	5211133,58015	159558,06517	4,44	6,62	1,48
	CKEN	-3423050,67503	5363896,19568	-437851,80192	2,08	2,99	0,91
	CMAK	-3119382,01104	5534200,62892	-567039,51235	2,1	3,21	0,99
	CTOL	-3267040,09245	5476735,20200	115220,18687	5,14	7,36	1,63
	PALP	-3179627,55598	5528294,96978	-101263,41773	1,75	2,7	0,8

IV.3. Perhitungan Velocity Rate

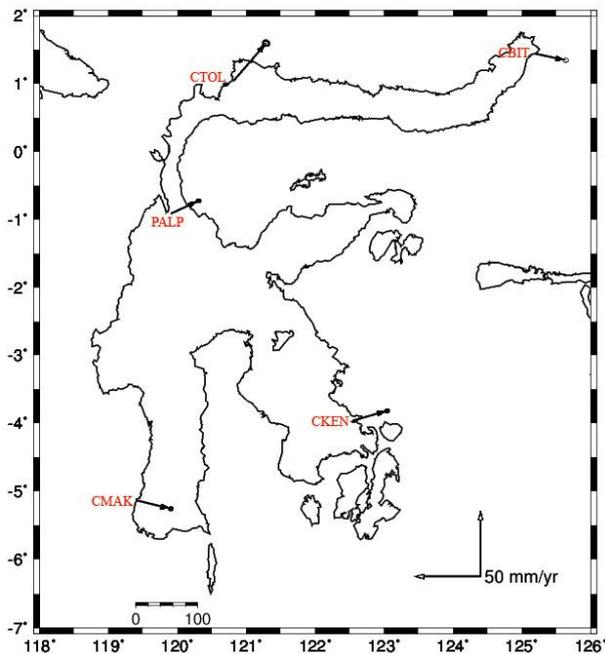
Hasil dari kecepatan pergeseran titik-titik pengamatan CORS GNSS pada tahun 2013 sampai dengan 2016 ditunjukkan pada Tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil kecepatan pergeseran titik-titik CORS GNSS

CORS	Kecepatan (m/yr)			Simpangan Baku (m)		
	Vn	Ve	Vu	Vn	Ve	Vu
CBIT	-0,00508	0,02307	-0,00703	0,00064	0,00081	0,00307
CKEN	0,00739	0,02569	0,07917	0,00045	0,00054	0,00177
CMAK	-0,00632	0,02569	0,00238	0,00042	0,00053	0,00166
CTOL	0,02839	0,02425	0,00858	0,00079	0,00092	0,00410
PALP	0,00974	0,02071	-0,01167	0,0004	0,00051	0,00163

Berikut ini, Gambar 3. merupakan hasil *plotting* kecepatan pergeseran (*velocity*) stasiun pengamatan berdasarkan data GNSS CORS tahun 2013 sampai dengan 2016 pada *software* GMT (*Generic Mapping Tools*). Garis berwarna hitam menunjukkan besar kecepatan pergeseran yang terjadi dengan skala 50 mm/tahun. Arah kecepatan pergeseran ditunjukkan

dengan arah vektor dengan garis berwarna hitam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kecepatan pergeseran pada stasiun pengamatan

IV.3. Uji Statistik

Dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% maka nilai T-tabel adalah 1,960. Apabila T-hitungan lebih besar dari nilai T-tabel (nilai $t_{df, \alpha/2}$) maka menunjukkan bahwa parameter mempunyai perbedaan yang signifikan. Akan tetapi apabila nilai T-hitungan lebih kecil dari T-tabel (nilai $t_{df, \alpha/2}$) berarti parameter yang diuji tidak mempunyai perbedaan yang signifikan. Tabel 5. menunjukkan terjadi pergeseran signifikan di semua stasiun pengamatan.

Tabel 5. Hasil uji statistik kecepatan pergeseran

CORS	dE	dN	sd dE	sd dN	P	std P	T hitungan	Pergeseran
CBIT	0,02307	-0,00508	0,00081	0,00064	0,02362	0,00103	22,88294	Ya
CKEN	0,02569	0,00739	0,00054	0,00045	0,02673	0,00070	38,02949	Ya
CMAK	0,02569	-0,00632	0,00053	0,00042	0,02646	0,00068	39,12219	Ya
CTOL	0,02425	0,02839	0,00092	0,00079	0,03734	0,00121	30,78984	Ya
PALP	0,02071	0,00974	0,00051	0,00040	0,02289	0,00065	35,30975	Ya

V. Penutup

V.1. Kesimpulan

- 1) Koordinat stasiun CORS dari tahun 2013 sampai dengan 2016 memiliki ketelitian untuk sumbu X mempunyai rentang nilai antara 1,75 mm hingga 5,68 mm. Pada sumbu Y mempunyai rentang nilai antara 2,70 mm hingga 8,54 mm. Pada sumbu Z mempunyai rentang nilai antara 0,75 mm hingga 1,91 mm.

- 2) Arah pergeseran dari masing-masing stasiun CORS dan kecepatan pergeseran pada penelitian ini (*velocity*) sebagai berikut:

- a. CBIT arah pergeserannya ke tenggara dengan kecepatan $-0,00508 \pm 0,00064$ m/tahun untuk komponen utara, $0,02307 \pm 0,00081$ m/tahun untuk komponen timur, dan $-0,00703 \pm 0,00307$ m/tahun untuk komponen vertikal.
- b. CKEN arah pergeserannya ke timur laut memiliki kecepatan $0,00739 \pm 0,00045$ m/tahun untuk komponen utara, $0,02569 \pm 0,00054$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,07917 \pm 0,00177$ m/tahun untuk komponen vertikal.
- c. CMAK arah pergeserannya ke tenggara dengan kecepatan $-0,00632 \pm 0,00042$ m/tahun untuk komponen utara, $0,02569 \pm 0,00053$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,00238 \pm 0,00166$ m/tahun untuk komponen vertikal.
- d. CTOL arah pergeserannya ke timur laut memiliki kecepatan $0,02839 \pm 0,00079$ m/tahun untuk komponen utara, $0,02425 \pm 0,00092$ m/tahun untuk komponen timur, dan $0,00858 \pm 0,00410$ m/tahun untuk komponen vertikal.
- e. PALP arah pergeserannya ke timur laut memiliki kecepatan $0,00974 \pm 0,00040$ m/tahun untuk komponen utara, $0,02071 \pm 0,00051$ m/tahun untuk komponen timur, dan $-0,01167 \pm 0,00163$ m/tahun untuk komponen vertikal.

V.2. Saran

1. Perlu koordinasi dengan BIG dalam kelengkapan ketersediaan data CORS yang akan diolah.
2. Sebelum melakukan pengolahan data dengan *software* GAMIT, sebaiknya membaca *manual book* serta referensi-referensi yang berhubungan sehingga kesulitan saat proses pengolahan dapat cepat diatasi.

VI. Daftar Pustaka

Abidin, H.Z., 2001. Geodesi Satelit. Jakarta : PT. Pradnya Paramitha.

Abidin, H.Z. 2007. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. PT Pradnya Paramita. Jakarta.

Andriyani, Gina. 2012. Kajian Regangan Selat Bali Berdasarkan Data GNSS Kontinu Tahun 2009-2011. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.

Herring, T.A., R. W. King, M. A. Floyd, S. C. McClusky. 2015. *Introduction to GAMIT/GLOBK Release 10.6*. Department of Earth, Atmospheric, and

- Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology. Australian National University 2015.
- Kaharuddin, MS., Hutagalung, Ronald dan Nurhamdan. 2011. Perkembangan Tektonik Dan Implikasinya Terhadap Potensi Gempa Dan Tsunami Di Kawasan Pulau Sulawesi. Paper presented at The 36th HAGI and 40th IAGI Annual Convention and Exhibition . Makassar, 26-29 November 2011.
- Saputra, Rizky. 2015. Perhitungan *Velocity Rate* CORS GNSS Di Wilayah Pantai Utara Jawa Tengah. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.