

**ANALISIS DEFORMASI DI WILAYAH JAWA TIMUR  
DENGAN MENGGUNAKAN CORS BIG**

Renaud Saputra, M. Awaluddin, Bambang Darmo Yuwono <sup>\*)</sup>

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email : renaudsaputra@yahoo.co.id

**ABSTRAK**

Jawa Timur terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar antara lain Eurasia, Hindia-Australia, dan Pasifik. Aktivitas seismik tersebut mengakibatkan terjadinya pergerakan lempeng dan mempengaruhi posisi suatu objek dapat berubah secara dinamis. Perubahan yang terjadi menandakan adanya deformasi. Deformasi merupakan perubahan yang terjadi pada posisi, bentuk dan dimensi dari suatu objek yang berada di bumi. CORS merupakan stasiun pengamatan GNSS bersifat statik yang beroperasi selama 24 jam. Data pengamatan CORS dapat digunakan untuk memantau arah dan kecepatan pergeseran deformasi yang terjadi di suatu daerah.

Penelitian ini berfokus pada penentuan kecepatan pergeseran dan regangan menggunakan data pengamatan tujuh CORS yang berada di wilayah Jawa Timur yaitu CTUL, CNGA, CMJT, CMLG, CMAG, CPAS dan CLUM pada tahun 2013 sampai dengan 2016. Titik IGS yang digunakan yaitu AIRA, ALIC, BAKO, COCO, DARW, LHAZ dan PIMO. Pengolahan data menggunakan software ilmiah GAMIT.

Penelitian ini menghasilkan arah pergeseran menuju ke arah tenggara. Kecepatan pergeseran CORS adalah sebesar -0,00162 m/tahun sampai dengan -0,01463 m/tahun untuk komponen utara, 0,02529 m/tahun sampai dengan 0,03600 m/tahun untuk komponen timur dan -0,00182 m/tahun sampai dengan 0,02810 m/tahun untuk komponen vertikal. Regangan yang terjadi pada titik pengamatan berkisar  $-5,25926458 \times 10^{-9}$  strain/year sampai dengan  $7,03391481 \times 10^{-8}$  strain/year.

**Kata Kunci :** CORS, Deformasi, Kecepatan Pergeseran, Regangan.

**ABSTRACT**

*East Java is located in the zone of meeting between three large plate movement, its are Eurasia plate, Indian-Australian plate and Pasific plate. These seismic activities caused movement and change of object position dynamically. A change that occurs signify the presence of deformation. Deformation is a change that occurs on the position, form and dimensions of an object which is located on the earth. CORS is an observation station that is spatially GNSS static operating for 24 hours .Observation CORS data can be used to monitor the direction and velocity rate of deformation that happened in an area.*

*This research focus on the determination of Velocity and strain that use seven CORS from East Java region, they are CTUL, CNGA, CMJT, CMLG, CMAG, CPAS and CLUM in 2013 up to 2016. The IGS are used AIRA, ALIC, BAKO, COCO, DARW, LHAZ and PIMO. Data processing use scientific software GAMIT.*

*These research produce that CORS shift toward southeast. The Velocity of CORS are -0,00162 m/year up to -0,01463 m/year for north component, 0,02529 m/year up to 0,03600 m/year for east component and -0,00182 m/yaer up to 0,02810 m/year for vertical component. The value of strain from observation is about  $-5,25926458 \times 10^{-9}$  strain/year up to  $7,03391481 \times 10^{-8}$  strain/year.*

**Keywords:** CORS, Deformation, Velocity rate, Strain

<sup>\*)</sup> Penulis, Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### I.1. Latar Belakang

Wilayah Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik besar di dunia membuat wilayah Indonesia sangat rawan akan aktifitas seismik. Lempeng tektonik tersebut antara lain Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Dampak dari aktifitas seismik ketiga lempeng tersebut antara lain timbulnya gempa bumi yang frekuensinya cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Pada zona deformasi kerak bumi akibat interaksi pergerakan lempeng tektonik dan aktivitas seismik mengakibatkan posisi suatu titik dapat berubah secara dinamis.

Jawa Timur merupakan daerah yang banyak terdapat aktifitas seismik di bagian selatannya. Adanya aktivitas lempeng yang aktif di wilayah Jawa Timur dapat memicu gempa. Gempa yang terjadi di Jawa Timur umumnya disebabkan oleh subduksi yang terjadi di selatan Pulau Jawa. Zona aktif subduksi di Pantai Selatan Jawa merupakan zona pertemuan lempeng antara lempeng Hindia Australia dan lempeng Eurasia. Kedua lempeng tersebut saling bertemu di dasar Samudera Hindia dan bergerak ke utara.

CORS merupakan stasiun yang mampu menangkap sinyal-sinyal yang diberikan oleh GNSS (Global Navigation Satellite Sistem). CORS melakukan pengamatan dengan durasi 24 jam tiap harinya secara statik. Penempatan dan pemasangan CORS dilakukan dengan memperhatikan kebebasan terhadap obstruksi di sekitarnya (di ruang terbuka) sehingga efek multipath dari hasil pengamatan yang dilakukan relative kecil. Umumnya, CORS dijadikan sebagai referensi dalam mengontrol jaring jaring kerangka geodesi yang tersebar di seluruh pulau Indonesia. CORS memiliki ketelitian yang tinggi sehingga sering dijadikan base dalam pengikatan dan pemrosesan baseline. Posisi titik yang telah diikatkan dengan CORS, dapat ketahui apakah terjadi perubahan atau tidak dan besar atau tidaknya perubahan posisi yang terjadi.

Bergeraknya lempeng Hindia Australia dan lempeng Eurasia dapat mempengaruhi posisi CORS yang tersebar di Jawa Timur. Dengan diketahuinya perubahan posisi, maka CORS tersebut dapat diketahui besar kecepatan pergeseran dan arah pergerakannya dari tahun ke tahun.

Berdasarkan hasil dari pengamatan dan catatan USGS, ukuran gempa > 5 Magnitude yang terjadi pada tahun 2013-2016 di sekitar wilayah Jawa Timur tidak begitu banyak dan jaraknya tidak begitu dekat dengan wilayah Jawa timur. Namun, bila dilihat pada pengamatan ukuran gempa 4-6 Magnitude di wilayah Jawa Timur pada tahun 2013-2016 terdapat 103 gempa yang terjadi yang didominasi pada bagian selatannya.

Gempa yang terjadi paling banyak pada tahun 2014. Gempa yang terjadi tidak hanya di wilayah laut saja, tetapi di bagian darat juga cukup banyak. Ukuran gempa memang tergolong kecil namun kedalamannya cukup dangkal dengan rata-rata 10 km. Semakin dekat dengan permukaan daratan, semakin besar pula

dampak kerusakan yang terjadi. Semakin sering / intens gempa terjadi meski hanya berukuran sedang, maka semakin besar potensi terjadinya pergeseran.

### I.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah arah gerak CORS BIG di wilayah Jawa Timur akibat pergeseran yang terjadi?
2. Berapakah kecepatan pergeseran (*velocity rate*) CORS BIG di Jawa Timur periode 2013 s.d. 2016?
3. Berapakah besar regangan (*strain*) di wilayah Jawa Timur?

### I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud penelitian ini adalah untuk menghitung pergeseran CORS BIG yang ada di Jawa Timur dalam rentang tahun 2013-2016. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui laju dan arah pergeseran CORS BIG serta besar regangan (*strain*) di wilayah Jawa Timur.

### I.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di Jawa Timur yang terletak antara 111,00 BT hingga 114,40 BT dan Garis Lintang 7,120 LS dan 8,480 LS dengan luas wilayah 47.157,72 Km<sup>2</sup>.
2. Stasiun CORS yang digunakan adalah sebanyak 7 stasiun yakni CMAG (Site Magetan), CNGA (Site Nganjuk), CTUL (Site Tulung Agung), CMLG (Malang), CMJT (Site Mojokerto), CPAS (Site Pasuruan) dan CLUM (Site Lumajang). Data Stasiun yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah dari tahun 2013 s.d tahun 2016.
3. Data sekunder yang digunakan adalah data pengamatan stasiun IGS BAKO (Indonesia), ALIC (Australia), DARW (Australia), COCO (Australia), PIMO (Filipina), LHAZ (Australia) dan AIRA (Japan) Data pengamatan CORS BIG yang digunakan adalah data doy (day of years) dengan jumlah masing- masing pengamatan tiap tahunnya adalah 12 doy.
4. Pengolahan data GPS menggunakan software GAMIT dengan menggunakan kerangka ITRF 2008.
5. Perhitungan vektor kecepatan CORS BIG Perhitungan regangan (*strain*) di Wilayah Jawa Timur.

## II. Tinjauan Pustaka

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

GPS (*Global Positioning System*) merupakan salah satu bagian dari GNSS yakni 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, 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.

Secara umum ada tiga segmen dalam sistem GPS yaitu segmen angkasa (satelit), segmen sistem kontrol dan segmen pengguna. Pada segmen angkasa, satelit GPS dapat dianalogikan sebagai stasiun radio angkasa, yang dilengkapi dengan antena-antena untuk mengirim dan menerima sinyal-sinyal gelombang. Sinyal-sinyal ini selanjutnya diterima oleh receiver GPS di/dekat permukaan bumi, dan digunakan untuk menentukan informasi posisi, kecepatan, maupun waktu. Selain itu satelit GPS juga dilengkapi dengan peralatan untuk mengontrol attitude satelit.

Secara umum segmen sistem kontrol berfungsi mengontrol dan memantau operasional satelit dan memastikan bahwa satelit berfungsi sebagaimana mestinya. Segmen pengguna terdiri dari para pengguna satelit GPS di manapun berada. Dalam hal ini alat penerima sinyal GPS (GPS receiver) diperlukan untuk menerima dan memproses sinyal-sinyal dari satelit GPS untuk digunakan dalam penentuan posisi, kecepatan dan waktu. Komponen utama dari suatu receiver GPS secara umum adalah antena dengan pre-amplifier, bagian RF dengan pengidentifikasi sinyal dan pemroses sinyal, pemroses mikro untuk pengontrolan receiver, data sampling dan pemroses data (solusi navigasi), osilator presisi, catu daya, unit perintah dan tampilan, dan memori serta perekam data (Abidin, 2007). GPS memancarkan dua sinyal yaitu frekuensi L1 (1575.42 MHz) dan L2 (1227.60 MHz). Sinyal L1 dimodulasikan dengan dua sinyal pseudo-random yaitu kode P (Protected) dan kode C/A (*coarse/acquisition*). Sinyal L2 hanya membawa kode P. Setiap satelit mentransmisikan kode yang unik sehingga penerima (receiver GPS) dapat mengidentifikasi sinyal dari setiap satelit. Pada saat fitur Anti-Spoofing diaktifkan, maka kode P akan dienkripsi dan selanjutnya dikenal sebagai kode P(Y) atau kode Y.

Ketika sinyal melalui lapisan atmosfer, maka sinyal tersebut akan terganggu oleh konten dari atmosfer tersebut. Besarnya gangguan disebut bias. Bias sinyal yang ada utamanya terdiri dari dua macam yaitu bias ionosfer dan bias troposfer. Bias ini harus diperhitungkan (dimodelkan atau diestimasi atau melakukan teknik differencing untuk metode diferensial dengan jarak baseline yang tidak terlalu panjang) untuk mendapatkan solusi akhir koordinat dengan ketelitian yang baik. Apabila bias diabaikan maka dapat memberikan kesalahan posisi sampai dengan orde meter.

Pada sistem GPS terdapat beberapa kesalahan komponen sistem yang akan mempengaruhi ketelitian hasil posisi yang diperoleh. Kesalahan-kesalahan tersebut contohnya kesalahan orbit satelit, kesalahan jam satelit, kesalahan jam receiver, kesalahan pusat fase antena, dan multipath (Abidin, 2007)

## II.2. CORS

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) adalah 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 kontinu selama 24 jam perhari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna (*users*) memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara *post processing* maupun secara *real time*.

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. CORS menyediakan data pengamatan kode (C/A, P1, dan P2) dan data fase (L1 dan L2), GPS ephemeris, koreksi untuk DGPS, model ionosfir, troposfer, dan lain-lain. Data yang diamati dapat diatur dan disesuaikan dengan keperluan.

Data dapat disimpan per jam atau per hari, dengan selang waktu pengamatan per 1 detik, 5 detik, 10 detik, 15 detik, dan 30 detik, kemudian dikirim melalui jaring telekomunikasi berkecepatan tinggi ke pusat pengendali jaringan untuk selanjutnya disimpan, didistribusikan, atau diolah untuk kepentingan lainnya. Selain menyediakan data-data tersebut, CORS juga menyediakan layanan untuk pengolahan data GPS secara online, transformasi datum, sistem proyeksi, dan penentuan tinggi ortometrik, yang semuanya dapat diakses dalam waktu 15 menit sejak pengguna mengirimkan data yang ingin diolah sampai data selesai diolah dan dikirimkan langsung melalui email kepada pengguna.

Tujuan utama dibangun CORS adalah sebagai titik ikat yang memiliki radius cukup dekat dengan titik pengukuran untuk memperoleh kualitas data yang baik. Dalam hal titik ikat yang mengacu pada satu referensi global dengan cakupan luas dan jarak *baseline* yang panjang. Tidak hanya kerangka CORS yang dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengukuran bidang tanah di Indonesia. Penggunaan CORS sebagai titik acuan untuk berbagai aplikasi yang menuntut ketelitian tinggi, posisi CORS sendiri harus memiliki kualitas yang baik. Posisinya dipantau dan diperbaharui secara rutin terutama jika terjadi pergerakan di bawah tanah tempat stasiun CORS berada. CORS mampu mengakomodir adanya pergerakan lempeng dalam skala lokal maupun global, dan ditentukan dengan mengolah data dari

stasiun-stasiun CORS lain yang merupakan bagian dari jaringan CORS global yang sudah ada, dengan metode double-difference untuk mengeliminir kesalahan jam atom pada satelit GPS.

### II.3. IGS

IGS (*International GNSS Service*) merupakan stasiun-stasiun pengamat GPS yang tersebar di berbagai benua. Pengamatan data GNSS dari stasiun-stasiun ini mempunyai peranan yang sangat penting terutama yang berkaitan dengan ilmu kebumih. Adanya fenomena pergerakan lempeng, memungkinkan terjadinya pergerakan kecepatan stasiun-stasiun IGS. Pergerakan kecepatan tersebut mengakibatkan perubahan posisi stasiun IGS sehingga diperlukan penelitian mengenai pemantauan posisi absolut stasiun-stasiun IGS untuk melakukan analisis perubahan nilai koordinat absolut terhadap nilai standar deviasi penentuan posisi secara absolut.

IGS adalah suatu organisasi internasional yang merupakan kumpulan dari agensi di seluruh dunia yang mengumpulkan sumber dan data permanen dari stasiun GNSS dan memelihara sistem GNSS. 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.

Keberadaan stasiun-stasiun IGS dapat juga dijadikan sebagai referensi dalam pengukuran di Indonesia namun cakupan IGS sangat luas dan bervariasi jika dibandingkan dengan cakupan dari kerangka CORS bisa mencapai beberapa ratus kilometer.

### II.4. Deformasi

Deformasi didefinisikan sebagai perubahan bentuk, posisi dan dimensi dari suatu materi atau perubahan kedudukan (pergerakan) suatu materi baik secara absolut maupun relatif dalam suatu kerangka referensi tertentu akibat suatu gaya yang bekerja pada materi tersebut (Kuang, 1996 dalam Andriyani, 2013). 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).

Bumi merupakan benda yang dapat dikatakan dinamis terutama dibagian permukaannya karena dapat mengalami perubahan seiring berjalannya waktu. Banyak hal yang menjadi sumber gaya-gaya bekerja pada bagian bumi sehingga menyebabkan deformasi terjadi seperti adanya gempa, aktivitas gunung berapi maupun *landslide* (Saputra, 2015).

Untuk mengetahui sifat deformasi yang terjadi dibutuhkan informasi mengenai status geometrik dari materi berupa posisi, bentuk, dan dimensi yang dapat diperoleh melalui analisis geometrik menggunakan data hasil pengamatan geodetik terhadap gaya respon suatu benda terhadap gaya deformasi. Sifat deformasi dapat juga diperoleh dari interpretasi status fisik yang diturunkan dari sifat materi yang terdeformasi, internal stress (tegangan yang terjadi pada materi), hubungan fungsional antara beban dengan deformasi yang terjadi. Melalui penelitian pemantauan deformasi, pengetahuan mengenai sifat benda yang mengalami deformasi akan dapat diketahui.

Status Geometrik deformasi dapat diperoleh dengan Analisis Geometrik yang menggunakan data hasil pengamatan geodetik terhadap efek-efek respon suatu materi terhadap gaya deformasi. Dengan menguraikan hasil pengamatan geodetik menjadi parameter-parameter deformasi, maka disusun model matematika yang mewakili jenis deformasi suatu materi (Chrzanowski et al., 1986 dalam Andriyani, 2013).

### 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. *Velocity* dapat dikategorikan sebagai besaran vektor karena dipengaruhi oleh perpindahan. Perpindahan biasanya memperhitungkan arah pergerakannya misalkan ke arah utara, selatan, timur, dan barat.

Berbeda dengan halnya kelajuan/speed, Speed tidak memperhitungkan arah gerak suatu benda. Kelajuan/speed berfokus pada total jarak yang ditempuh suatu obyek terhadap satuan waktu. Berdasarkan hal itu, kelajuan/speed dikategorikan sebagai besaran Skalar. Pada umumnya terlihat tak ada bedanya antara *Velocity* dan speed karena sama-sama berkaitan dengan cepat gerak suatu obyek. Namun, bila ditelaah secara fisika, kedua kondisi tersebut adalah berbeda.

Dalam studi deformasi, perhitungan yang diperlukan ialah perhitungan *velocity*. Pergerakan lempeng yang ada di Indonesia yaitu pergerakan lempeng di pulau Jawa atau pergerakan lempeng di pulau Sumatra dan pulau-pulau lainnya dapat digambarkan dalam *velocity* ini. Seberapa besar gerak suatu lempeng yang ada di bumi dan bagaimana arah/orientasi pergerakan lempeng tersebut yang

dikaitkan dengan rentang waktu dapat diketahui melalui perhitungan *velocity*.

## II.6. Regangan (*Strain*)

Regangan atau *strain* didefinisikan sebagai perubahan relatif dari posisi parikel-partikel suatu benda yang ditimbulkan karena adanya stress terhadap posisi asalnya (Anggarini, 2013). Regangan merupakan salah satu bentuk dari adanya deformasi. Regangan dapat pula diartikan sebagai gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda yang meregangkan benda tersebut. Perubahan secara fraksional suatu benda yang bersifat elastik baik bentuk maupun dimensinya dinamakan dengan regangan (*strain*). Untuk memonitoring perpindahan pergeseran dari stasiun pengamatan bisa dimungkinkan dengan menggunakan cara pengukuran berulang jaring geodesi pada waktu yang berbeda.

Pengukuran perpindahan horizontal dan vertikal dalam jaring geodetik dilakukan dengan metode yang berbeda dan analisis-analisis tersebut biasanya dilakukan secara terpisah untuk *strain* horizontal dan vertikal. Konsep *strain* untuk deformasi tidak hanya dalam dua dimensi, tapi formulasi tersebut dapat diperluas ke tiga dimensi (Kurt Lambach, 1988 dalam Andriyani, 2013).

Nilai koordinat yang digunakan pada Velocity rate masih dalam bentuk koordinat toposentrik. Untuk dapat menghitung regangan (*strain*), koordinat toposentrik tersebut harus dikonversi menjadi koordinat UTM (*Universal Transver Mercator*).

## II.7. Perangkat Lunak GAMIT

GAMIT adalah paket analisis GPS komprehensif yang dikembangkan di MIT (Massachusetts Institute of Technology) dan SIO (Scripps Institution of Oceanography). GAMIT merupakan program yang memasukkan algoritma hitung kuadrat terkecil dengan parameter berbobot untuk mengestimasi posisi relatif dari sekumpulan stasiun, parameter orbit dan rotasi bumi, zenith delay dan ambiguitas fase melalui pengamatan double difference (Saputra, 2015).

Kelebihan dari perangkat lunak ini adalah bisa memasukkan data koreksi atmosfer, pasang surut laut, dan pemodelan cuaca. Pembobotan stasiun pengamatan, tujuh informasi stasiun, koordinat pendekatan, pengaturan DOY pengamatan dapat dilakukan dengan perangkat lunak ilmiah ini. Hasil keluaran dari perangkat lunak GAMIT berupa estimasi dan matrik kovarian dari posisi stasiun dan parameter orbit dan rotasi bumi yang kemudian dimasukkan pada GLOBK.

## III. Metodologi Penelitian

### III.1. Bahan Penelitian

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

#### 1. Bahan Utama

Bahan utama dalam penelitian ini merupakan bahan yang paling prioritas diperlukan agar penelitian dapat dilaksanakan. Bahan utama yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

- a. Data pengamatan dari 7 buah stasiun CORS GNSS milik BIG (Badan Informasi Spasial) yang ada di wilayah Jawa Timur yaitu CMAG (Site Magetan), CNGA (Site Nganjuk), CTUL (Site Tulung Agung), CMLG (Malang), CMJT (Site Mojokerto), CPAS (Site Pasuruan) dan CLUM (Site Lumajang) selama 24 jam pada masing-masing DOY (Day of Year) pada tahun 2013, 2014, 2015 dan 2016 dengan interval 30 detik
- b. Data pengamatan dari 7 stasiun IGS yaitu data pengamatan stasiun IGS BAKO (Indonesia), ALIC (Australia), DARW (Australia), COCO (Australia), PIMO (Filphina), LHAZ (Australia) dan AIRA (Japan) selama 24 jam pada masing-masing DOY dengan interval 30 detik

#### 2. Bahan Pendukung

Bahan pendukung pada penelitian ini merupakan data yang digunakan untuk mendukung bahan utama demi berjalannya penelitian ini. Bahan pendukung tersebut adalah :

- a. File Atmosfer tahun 2013 sampai dengan tahun 2016 yang dapat diunduh dari situs MIT yaitu [www-gpsg.mit.edu](http://www-gpsg.mit.edu) dalam bentuk (atmdisp\_cm.2013). Berfungsi untuk menganalisis kandungan atmosfer di sekitar daerah pengamatan.
- b. File pemodelan cuaca tahun 2013 sampai dengan tahun 2016, dalam bentuk (vmflgrid.2013) yang merupakan fungsi pemetaan cuaca hitungan. Berfungsi untuk mengestimasi nilai ZTD (Zenith Tropospheric Delay) sebagai faktor koreksi untuk melakukan jarak satelit ke receiver yang bebas pengaruh troposfer dan dapat digunakan menganalisis kondisi troposfer di sekitar daerah pengamatan.
- c. File gelombang laut (pasang-surut), diunduh di situs <ftp://garner.uscd.edu> dalam bentuk (otl\_FES2004.grid) merupakan pencermiran dinamika pasang surut air laut di seluruh dunia. Berfungsi untuk memodelkan dinamika pasang surut air laut.

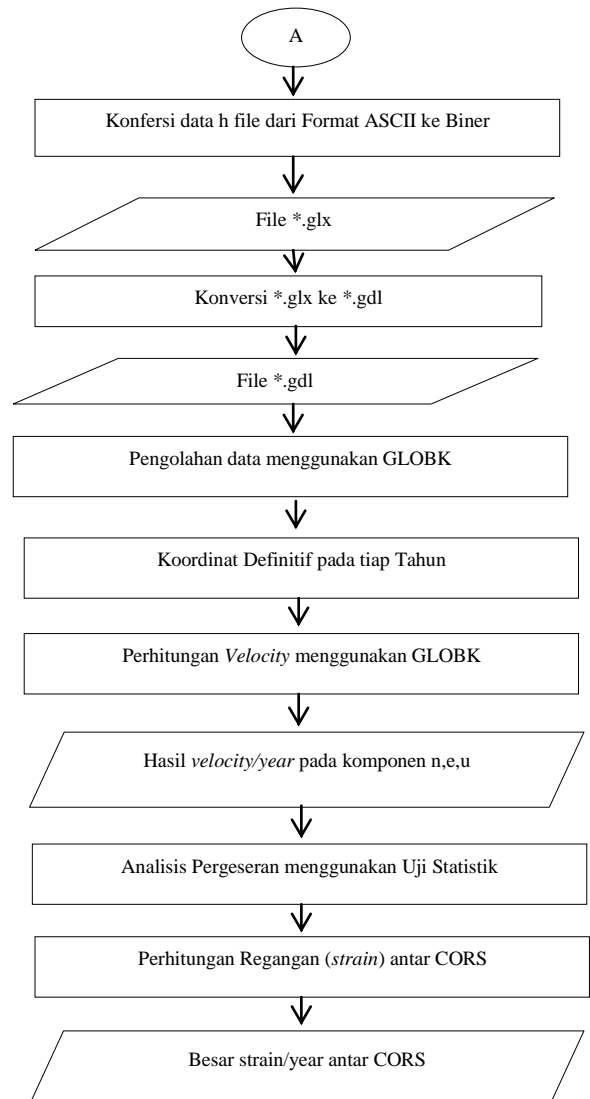
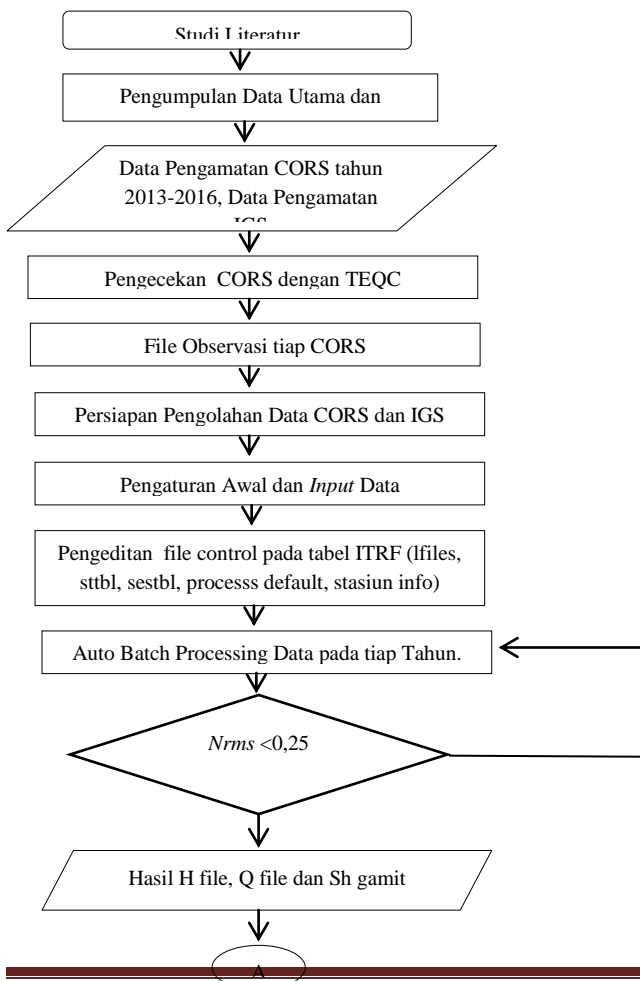
### III.2. Perangkat Penelitian

Perangkat penelitian yang digunakan, terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Perangkat keras yang digunakan dalam mengerjakan penelitian ini, meliputi:
  - a. Personal Computer, Core 3 TM
  - b. Hard Disk 1 TB untuk sarana pemindahan data
  - c. Printer HP
2. Perangkat Lunak yang Digunakan:
  - a. Sistem Operasi Linux Ubuntu 14.04 LTS
  - b. Perangkat lunak Gamit versi 10.5
  - c. GMT (Generik Mapping Tools), digunakan untuk plotting data hasil pengolahan dengan perangkat lunak GAMIT/GLOBK.
  - d. Command Prompt, perangkat lunak yang berada pada OS windows untuk melakukan pengecekan data dengan TEQC
  - e. Microsoft Word 2010, sebagai pengolah kata
  - f. Microsoft Excel 2010, sebagai pengolah angka
  - g. Microsoft Visio 2010, sebagai pengolah diagram alir

**III.3. Pengolahan Data**

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan, secara garis besar tahapan penelitian



Gambar III.1 Diagram alir penelitian

**IV. Hasil dan Pembahasan**

**IV.1. Hasil Pengolahan GAMIT**

Pengolahan GAMIT yang telah dilakukan menghasilkan beberapa file berupa hfile, qfile dan sh\_gamit.summary yang memuat prefit, postfit nrms dan phase ambiguities. Ketiga file tersebut merupakan file yang dijadikan indikator kualitas hasil perhitungan yang telah dilakukan. Pada file sh\_gamit.summary yang dihasilkan olahan GAMIT, tiap pengolahan DOY akan menunjukkan nilai postfit nrms. Nilai postfit nrms dapat dikatakan baik apabila bernilai kurang dari 0,25. Parameter lainnya untuk pengecekan adalah ambiguitas fase yang dapat diselesaikan untuk jenis wide lane (WL) dan narrow lane (NL). Nilai WL yang baik adalah lebih dari 90%, apabila kurang dari 90% maka menandakan adanya noise pada pseudorange. Nilai NL yang baik adalah lebih 80%, apabila kurang

dari 80% maka menandakan kemungkinan adanya kesalahan pada ukuran, konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, atau kondisi atmosfer (Panuntun, H., 2013). Untuk melihat filenya dapat dilihat pada folder DOY pengolahan dengan nama filenya sh\_gamit<doy>.summary pada masing-masing doy. Salah satu contoh nama file dalam penelitian ini adalah sh\_gamit\_150.summary.

Pada qfile hasil olahan GAMIT akan menunjukkan nilai fract. Nilai fract dapat dikatakan baik bila menunjukkan nilai kurang dari 10 (Heering, 2006 dalam Panuntun, 2013). Format file pada qfile ini adalah q<nama\_experiment>a.doy. Salah satu contoh pada pada penelitian ini adalah qc013a.160. Pada hfile yang dihasilkan menunjukkan nilai postfit nrms dan adjustment serta matriks varian-kovarian keseluruhan stasiun yang masuk dalam pengolahan. Apabila stasiun yang dikelola tidak ada dalam daftar atau tidak memiliki nilai adjustment, maka terdapat stasiun yang belum diolah.

Tabel IV.1 Postfit nrms dan phase ambiguities

Tahun	DOY	Postfit Nrms				WL	NL
2013	150	0,18763	0,19093	0,18746	0,19077	86,50%	65,40%
2013	151	0,18976	0,19409	0,18961	0,19392	92,10%	78,00%
2013	152	0,19218	0,19632	0,19198	0,19614	89,90%	69,50%
2013	153	0,19078	0,19615	0,19065	0,19602	91,60%	82,10%
2013	154	0,19119	0,19597	0,19093	0,19577	88,90%	77,90%
2013	155	0,18930	0,19438	0,18908	0,19421	89,90%	76,40%
2013	156	0,18767	0,19189	0,18740	0,19171	86,80%	67,80%
2013	157	0,18465	0,18928	0,18446	0,18907	95,50%	88,90%
2013	158	0,19583	0,20142	0,19562	0,20135	92,50%	79,90%
2013	159	0,19630	0,20010	0,19588	0,19976	89,00%	77,70%
2013	160	0,19369	0,19972	0,19337	0,19950	90,30%	79,50%
2013	161	0,19289	0,19838	0,19269	0,19818	90,30%	81,60%
2014	150	0,1845	0,1902	0,1844	0,1901	90,80%	83,20%
2014	151	0,1827	0,1876	0,1825	0,1875	86,40%	79,50%
2014	152	0,1834	0,1880	0,1831	0,1878	94,20%	86,70%
2014	153	0,1768	0,1806	0,1765	0,1803	91,50%	84,20%
2014	154	0,1842	0,1889	0,1839	0,1887	92,30%	82,80%
2014	155	0,1846	0,1879	0,1845	0,1877	93,70%	81,40%
2014	156	0,1798	0,1846	0,1797	0,1845	92,90%	85,20%
2014	157	0,1870	0,1917	0,1868	0,1916	93,00%	87,00%
2014	158	0,1866	0,1908	0,1865	0,1907	92,40%	86,10%
2014	159	0,1852	0,1893	0,1850	0,1891	91,70%	84,70%
2014	160	0,1889	0,1938	0,1888	0,1937	89,90%	84,20%
2014	161	0,1841	0,1886	0,1839	0,1883	89,20%	81,10%
2015	150	0,17956	0,18417	0,17944	0,18399	93,40%	87,20%
2015	151	0,17958	0,18506	0,17940	0,18491	97,30%	91,70%
2015	152	0,17599	0,18199	0,17583	0,18186	92,30%	87,20%
2015	153	0,17838	0,18159	0,17812	0,18136	92,00%	81,80%
2015	154	0,17386	0,17960	0,17369	0,17941	95,20%	84,60%
2015	155	0,18064	0,18372	0,18045	0,18358	93,70%	89,30%
2015	156	0,18877	0,19314	0,18864	0,19299	94,60%	92,80%
2015	157	0,18156	0,18538	0,18136	0,18520	91,10%	82,70%
2015	158	0,18879	0,19171	0,18865	0,19154	91,30%	83,30%
2015	159	0,18506	0,18864	0,18487	0,18849	89,80%	85,00%
2015	160	0,17841	0,18220	0,17813	0,18197	88,70%	81,20%
2015	161	0,18477	0,18934	0,18450	0,18911	94,20%	89,70%
2016	150	0,18837	0,19356	0,18785	0,19309	94,10%	90,10%
2016	151	0,18693	0,19242	0,18675	0,1923	96,20%	85,90%
2016	152	0,19222	0,19681	0,19204	0,19667	95,00%	80,30%
2016	153	0,18958	0,19489	0,18946	0,19477	95,00%	90,90%
2016	154	0,18471	0,19027	0,18457	0,19012	93,80%	86,60%
2016	155	0,18816	0,19316	0,18798	0,19295	97,40%	90,20%
2016	156	0,18383	0,19091	0,18359	0,19077	96,40%	89,00%

Berdasarkan hasil pengolahan yang telah dilakukan, nilai postfit nrms yang dihasilkan pada pengolahan berkisar 0,17369 hingga 0,20142. Nilai

tersebut tidak melebihi 0,25 sehingga hasil pengolahan GAMIT yang dilakukan tidak ada kesalahan dalam pemodelan layak untuk dilanjutkan ke pengolahan berikutnya (Iqbal, 2013 dalam Saputra, 2015). Sementara pada ambiguitas fasenya, nilai wide line (WL) berkisar 86,40% hingga 97,40% dengan rata-rata 92,58%. Hal ini menandakan bahwa tidak terdapat noise pada data pseudo range. Pada ambiguitas narrow line (NL) berkisar 65,40% hingga 92,80% dengan rata-rata 83,77%. Hal tersebut menandakan tidak terdapat kesalahan pada ukuran, konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori atau kondisi atmosfer. Untuk nilai *fract* diperoleh melalui pengolahan data yang dilakukan adalah

Tabel IV.2 Nilai Fract

Tahun	DOY	fract		Tahun	DOY	fract	
		min	max			min	max
2013	150	-1,8	1,2	2015	150	-1,4	1,4
	151	-1,7	1,2		151	-1,8	1,1
	152	-1,2	1,2		152	-2,0	0,9
	153	-1,7	1,6		153	-2,1	0,7
	154	-1,4	1,0		154	-1,4	1,1
	155	-1,6	1,2		155	-1,6	1,0
	156	-2,0	1,3		156	-1,4	1,0
	157	-1,3	0,7		157	-2,2	1,3
	158	-1,8	1,3		158	-1,8	0,7
	159	-2,0	1,7		159	-2,2	0,8
	160	-1,4	2,1		160	-2,3	1,5
2014	161	-1,6	1,3	161	-1,8	1,4	
	150	-1,2	1,4	162	-1,7	1,0	
	151	-1,8	1,1	150	-1,6	1,5	
	152	-1,6	1,4	151	-1,7	1,7	
	153	-1,8	1,3	152	-1,7	1,4	
	154	-1,0	1,4	153	-1,4	1,9	
	155	-1,1	0,9	154	-1,6	1,4	
	156	-1,6	1,1	155	-1,6	1,5	
	157	-1,8	1,3	156	-1,6	2,1	
	158	-1,5	1,1	157	-1,6	1,8	
	159	-1,5	1,6	158	-1,8	1,5	
2016	160	-1,5	1,3	159	-1,9	1,7	
	161	-1,6	1,7	160	-1,8	1,5	
				161	-1,8	1,3	

Berdasarkan Tabel IV.2 dapat diketahui nilai fract terendah dan tertinggi untuk masing-masing DOY pada tiap tahunnya. Pada hasil pengolahan tahun tahun 2013, nilai fract terendah adalah -2,0 dan tertinggi adalah 2,1. Pada hasil pengolahan tahun tahun 2014, nilai fract terendah adalah -1,8 dan tertinggi adalah

1,7. Pada hasil pengolahan tahun tahun 2015, nilai fract terendah adalah -2,3 dan tertinggi adalah 1,5. Pada hasil pengolahan tahun tahun 2016, nilai fract terendah adalah -1,9 dan tertinggi adalah 2,1. Secara keseluruhan, nilai fract berkisar -2,3 hingga 2,1. Nilai fract yang dihasilkan tidak ada yang melebihi 10. Nilai fract bernilai kurang dari 10 menandakan bahwa tidak ada kesalahan kasar dan sistematik pada pengolahan tersebut (Laksana, 2014 dalam Yusron, 2015).

**IV.2. Hasil Pengolahan GLOBK**

Untuk mendapatkan koordinat stasiun SuGAR dilakukan proses pengolahan terakhir yaitu menggunakan GLOBK, dimana hasil pengolahan GLOBK berupa file dengan format \*.org. Dalam file ini berisikan koordinat stasiun pengamatan tiap DOY dengan format nama file globk\_<nama project>\_<dua digit terakhir tahun><DOY>. Pada file ini hasil koordinat yang ditampilkan adalah koordinat geosentrik (X, Y, Z) dan koordinat toposentrik global (N, E, U) beserta simpangan bakunya.

Gambar IV.1 Tampilan file \*. org.

**IV.3. Perhitungan Velocity Rate**

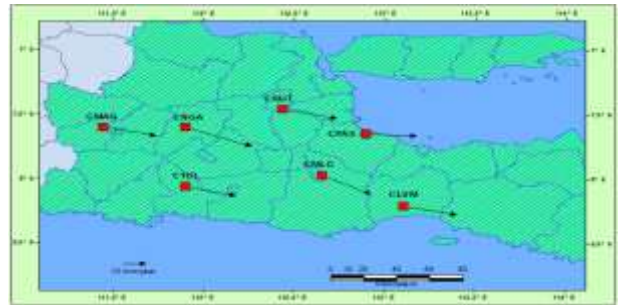
Hasil dari perhitungan Velocity Rate beserta simpangan bakunya pada masing-masing stasiun CORS GNSS yang diteliti dengan menggunakan GAMIT pada tahun 2013 sampai dengan tahun 2016 dapat dilihat pada table berikut

Tabel IV.3 Hasil Perhitungan Velocity Rate menggunakan GAMIT

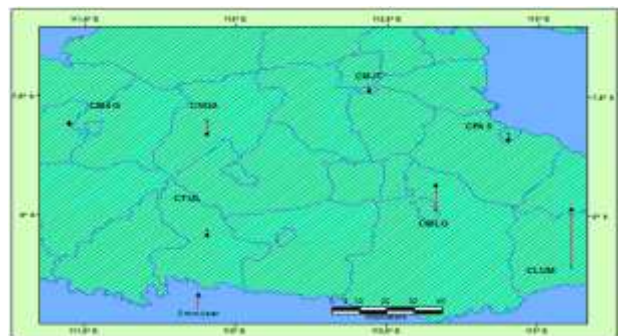
CORS	Vn (meter/ta hun)	Ve (meter/ta hun)	Vu (meter/ta hun)	Sdn (meter)	Sde (meter)	Sdu (meter)
clum	-0,00625	0,02887	0,02810	0,00064	0,00078	0,00307
cmag	-0,00562	0,02727	-0,00183	0,00032	0,00043	0,00125
cmjt	-0,00650	0,02856	-0,00182	0,00061	0,00084	0,00274
cmlg	-0,00656	0,03025	0,01318	0,00050	0,00063	0,00234
cnga	-0,01463	0,03600	-0,00675	0,00042	0,00056	0,00172
cpas	-0,00162	0,02529	-0,00472	0,00049	0,00064	0,00205

ctul	-0,00669	0,02861	-0,00271	0,00037	0,00049	0,00148
------	----------	---------	----------	---------	---------	---------

Hasil perhitungan kecepatan pergeseran (*velocity rate*) pada masing-masing stasiun CORS GNSS tersebut tahun 2013 sampai dengan tahun 2016 kemudian di plotting sesuai dengan posisi CORS masing-masing. Arah dan kecepatan pergeserannya diwakili dengan tanda panah yang terdapat pada gambar berikut.



Gambar IV.2 Plotting kecepatan pergeseran CORS penelitian pada komponen horizontal



Gambar IV.3 Plotting kecepatan pergeseran CORS penelitian pada komponen vertikal

**IV.4. Uji Statistik**

Untuk mengetahui apakah CORS GNSS penelitian tersebut benar-benar bergerak atau tidak, perlu dilakukannya uji statistik terhadap kecepatan pergeseran yang diperoleh dan simpangan bakunya. Uji statistik yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan Tabel distribusi dengan tingkat kepercayaan 95% (T-tabel = 1,96). Apabila T hitungan < dari T-tabel maka dianggap tidak bergeser. Namun bila nilai T hitungan > T-tabel maka dianggap terjadi pergeseran.



Tabel IV.4 Uji statistik pegeseran komponen horizontal

CORS	Vn	Ve	Sdn	Sde	Std P	T hitungan	Pegeseran
clum	-0,00625	0,02887	0,00064	0,00078	0,00101	29,276465	Ya
cmag	-0,00562	0,02727	0,00032	0,00043	0,00054	51,945690	Ya
cmjt	-0,00650	0,02856	0,00061	0,00084	0,00104	28,214695	Ya
cmlg	-0,00656	0,03025	0,00050	0,00063	0,00080	38,484510	Ya
cnga	-0,01463	0,03600	0,00042	0,00056	0,00070	55,513133	Ya
cpas	-0,00162	0,02529	0,00049	0,00064	0,00081	31,439932	Ya
ctul	-0,00669	0,02861	0,00037	0,00049	0,00061	47,852786	Ya

Dari hasil uji statistik yang dilakukan terhadap komponen horizontal, dimasing-masing CORS memiliki nilai T hitungan > 1,96. Hal tersebut mengartikan bahwa pada komponen horizontal di semua stasiun terjadi pegeseran.

Tabel IV.5 Uji statistik pegeseran komponen vertikal

CORS	Vu	Sdu	T hitungan	Pegeseran
clum	0,02810	0,00307	9,15309	Ya
cmag	-0,00183	0,00125	1,46400	Tidak
cmjt	-0,00182	0,00274	0,66423	Tidak
cmlg	0,01318	0,00234	5,63248	Ya
cnga	-0,00675	0,00172	3,92442	Ya
cpas	-0,00472	0,00205	2,30244	Ya
ctul	-0,00271	0,00148	1,83108	Tidak

Sementara, dari hasil uji statistik yang dilakukan terhadap komponen vertikal, terdapat empat CORS memiliki nilai T hitungan > 1,96 yaitu CLUM, CMLG, CNGA dan CPAS. Hal tersebut mengartikan bahwa pada komponen vertikal di keempat stasiun tersebut terjadi pegeseran. Selain itu, terdapat tiga CORS memiliki nilai T hitungan < 1,96 yaitu CMAG, CMJT dan CTUL, sehingga ketiga CORS tersebut dianggap tidak bergeser terhadap komponen vertikal.

**IV.5.Perhitungan Rotasi Blok Sunda**

Pegeseran yang terjadi pada pulau Jawa tidak terlepas dari adanya pergerakan blok sunda. Adapun hasil perhitungan pergerakan blok sunda pada masing-masing stasiun dengan menggunakan ITRF 2008 adalah seperti pada table berikut.

Tabel IV.6 Kecepatan pergerakan blok sunda

CORS	Kecepatan (m/year)		
	Vn	Ve	Vu
cmlg	-0,00731	0,02080	0,00000
ctul	-0,00702	0,02075	0,00000
cnga	-0,00702	0,02095	0,00000
cmag	-0,00685	0,02095	0,00000
cmjt	-0,00723	0,02102	0,00000
cpas	-0,0074	0,02095	0,00000
clum	-0,00748	0,02071	0,00000

Nilai pegeseran pada masing-masing stasiun dapat direduksi dengan mengurangi besar pegeseran stasiun terhadap pergerakan blok sunda. Pegerakan Blok Sunda yang dimuat dalam perhitungan ialah pada komponen horizontal. Pada komponen vertikal, kecepatan pergerakannya tidak dimasukkan ke dalam perhitungan karena nilai ketinggian yang diperoleh merupakan dari data GPS yang masih mengacu pada tinggi elipsoid dan tidak begitu teliti untuk mengukur ketinggian CORS yang sebenarnya. Adapun hasil pengurangan besar kecepatan pegeseran pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada table berikut.

Tabel IV.7 Selisih Kecepatan CORS dan Blok Sunda

CORS	Selisih Kecepatan (m/year)		
	Vn	Ve	Vu
cmlg	0,00075	0,00945	0,01318
ctul	0,00033	0,00786	-0,00271
cnga	-0,00761	0,01505	-0,00675
cmag	0,00123	0,00632	-0,00183
cmjt	0,00073	0,00754	-0,00182
cpas	0,00578	0,00434	-0,00472
clum	0,00123	0,00816	0,02810

Dari hasil pengurangan besar pegeseran stasiun terhadap pergerakan blok sunda dapat diketahui bahwa kecepatan pegeseran stasiun semakin kecil. Hal ini menyatakan bahwa pergerakan blok sunda memiliki pengaruh yang besar terhadap pegeseran CORS di Jawa Timur.

Tabel IV.8 Kecepatan pergeseran CORS setelah direduksi terhadap Blok Sunda

CORS	Kecepatan (m/year)
cmlg	0,00948
ctul	0,00787
cnga	0,01686
cmag	0,00644
cmjt	0,00757
cpas	0,00723
clum	0,00825

**IV.6. Perhitungan Regangan (Strain)**

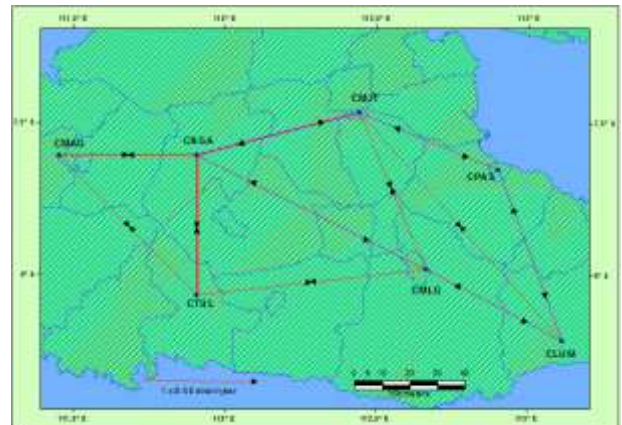
Besar regangan dihitung berdasarkan panjang perubahan garis antara stasiun atau dinamakan baseline. Perhitungan ini dilakukan dengan menghitung panjang baseline mula-mula dengan menggunakan koordinat DOY pertama awal tahun untuk posisi stasiun mula-mula (Xo,Yo). Koordinat tersebut ditambahkan dengan kecepatan pergeseran yang telah dihitung pada masing-masing komponen (Vn,Ve). Setelah ditambahkan maka akan diperoleh perubahan posisi akibat kecepatan pergeseran tersebut (Xa, Ya).

Setelah diperoleh koordinat akibat kecepatan pergeseran, maka dapat panjang baseline mula-mula (Lo) dan sesudah penambahan kecepatan pergeseran (L). Kedua pang tersebut dihitung selisihnya (L-Lo) dan selisih tersebut dibagi terhadap panjang mula-mula sehingga diperoleh nilai strain/year. Apabila strain bernilai negative maka mengartikan adanya compression atau kompresi. Apabila strain bernilai positif mengartikan adanya extension atau ekstensi

Tabel IV.9 Besar strain/year antar stasiun CORS

NO.	Segmen Garis	Regangan	
		Strain/year	ppm
1	CMAG-CTUL	-1,26079788E-08	-0,012607979
2	CTUL-CNGA	-1,37673229E-08	-0,0137673229
3	CNGA-CMLG	1,97407237E-08	0,019740724
4	CMLG-CMJT	-5,01154791E-08	-0,050115479
5	CMJT-CLUM	-5,25926458E-09	-0,005259265
6	CLUM-CPAS	2,03472243E-08	0,020347224
7	CTUL-CMLG	-1,88976570E-08	-0,018897657
8	CMLG-CLUM	2,16629125E-08	0,021662913
9	CMAG-CNGA	-9,54561881E-08	-0,095456188
10	CNGA-CMJT	7,03391481E-08	0,070339148
11	CMJT-CPAS	1,62823962E-08	0,016282396

Berdasarkan hasil perhitungan, kompresi terjadi pada baseline CMAG-CTUL, CTUL-CNGA, CMLG-CMJT, CTUL-CMLG dan CMAG-CNGA. Kompresi terbesar terjadi pada CMAG-CNGA yaitu sebesar -9,54561881E-08 dan yang terkecil sebesar -5,25926458E-09 pada CMJT-CLUM. Ekstensi terjadi pada baseline CNGA-CMLG, CLUM-CPAS, CMLG-CLUM, CNGA-CMJT dan CMJT-CPAS. Ekstensi terbesar terjadi pada CNGA-CMJT sebesar 7,03391481E-08 dan yang terkecil pada CMJT-CPAS sebesar 1,62823962E-08.



Gambar IV.4 Plotting besar regangan antar CORS

**V. Kesimpulan dan Saran**

**V.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya :

1. Arah pergeseran dari masing-masing CORS pada penelitian ini adalah ke arah tenggara dengan kecepatan pergeseran (velocity) -0,00162 m/tahun sampai dengan -0,01463 m/tahun untuk komponen utara, 0,02529 m/tahun sampai dengan 0,03600 m/tahun untuk komponen timur dan -0,00182 m/tahun sampai dengan 0,02810 m/tahun untuk komponen vertikal.
2. Regangan (strain) yang terjadi di wilayah Jawa Timur terdapat pola kompresi dan pola ekstensi. Pola kompresi terjadi dengan rentang nilai regangan sebesar -5,25926458E-09 sampai dengan -9,54561881E-08 strain/year. Sementara pola ekstensi terjadi dengan rentang nilai regangan sebesar 1,97407237E-08 strain/year sampai dengan 7,03391481E-08 strain/year.

**V.2 Saran**

Dari penelitian ini terdapat saran yang dapat diberikan untuk kemajuan penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Kelengkapan dan ketersediaan data CORS perlu dikoordinasikan dengan BIG.

2. Editing file pada pengolahan data, dilakukan dengan teliti agar tidak terjadi kesalahan saat proses pengolahan.
3. Proses GAMIT batch processing sebaiknya dilakukan per DOY agar proses pengolahan data lebih ringan dan lebih mudah menemukan kesalahan proses pengolahan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 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". Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Anggarini, NH. 2012. "Perhitungan Kecepatan Pergeseran Dan Regangan Stasiun *Sumatran GPS Array* (Sugar) Tahun 2011-2013". Jurnal Teknik Geodesi dan Geomatika UGM, Yogyakarta.
- Panuntun, H. 2012. "Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global". Thesis Program Studi Teknik Geomatika, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta.
- Saputra, Rizky. 2015. "Perhitungan *Velocity Rate* Cors GNSS Di Wilayah Pantai Utara Jawa Tengah ". Jurnal Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Yusron, Haris. 2016. "Perhitungan *Velocity Rate* CORS GNSS di Pulau Sulawesi". Jurnal Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.