

ANALISIS KETELITIAN TITIK KONTROL HORIZONTAL PADA STUDI DEFORMASI JEMBATAN PENGGARON MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK GAMIT 10.6

Nur Rizal Adhi Nugroho, Bambang Sudarsono, Fauzi Janu Amarrohman^{*)}

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

ABSTRAK

Jembatan merupakan bangunan yang berfungsi sebagai penghubung kedua tepi yang berguna untuk menunjang berbagai kegiatan manusia. Suatu jembatan jika mendapatkan tekanan maka akan mengalami perubahan dimensi ataupun bentuk. Akibat gaya tekanan ini maka jembatan kemungkinan besar akan mengalami deformasi. Deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda atau bangunan secara absolut maupun relatif.

Berkaitan dengan deformasi pada jembatan tersebut, maka pada penelitian tugas akhir ini dilakukan pengamatan pada jembatan dengan menggunakan GPS Geodetik dengan metode statik yang akan menganalisis pergeseran titik kontrol yang dipasang di sekitar jembatan menggunakan titik ikat IGS dan CORS, yang kemudian diolah menggunakan GAMIT 10.6.

Pengamatan dengan metode ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar pergeserannya dan menganalisis ketelitian titik ikat IGS dan CORS. Pada hasil pengolahannya dan telah dilakukan uji statistik titik kontrol mengalami pergeseran pada periode juli 2015-April, Mei, Juni 2016 terbesar N : 0.0450 m, E : 0.1433 m, U : 0.1243 m dan terkecil N : 0.0016 m, E : 0.0084 m, U : 0.0005 m. Serta pada periode April – Agustus 2016 terbesar N : 0.0927 m, E : 0.1290 m, U : 0.0621 m dan terkecil N : 0.0079 m, E : 0.0005 m, U : 0.0014 m. Dari simpangan baku menunjukkan bahwa pengolahan menggunakan titik ikat IGS lebih teliti dalam menghasilkan koordinat apabila dibandingkan dengan CORS saat melakukan pengolahan.

Kata Kunci : CORS, Deformasi, GAMIT 10.6, GPS, Jembatan

ABSTRACT

The bridge is a building that serves as a liaison both edges which are useful to support various human activities. If the bridge got the pressures, it will experience changes in dimension or shape. As a result of this pressure force, the bridge is likely to be deformed. Deformation could be interpreted as a change of the position or movement of a point on an object or building in absolute and relative terms.

In connection with that, then this thesis made to observe the deformation of the bridge by using geodetic GPS with static methods that will analyze the shift of control points which are installed around the bridge using the control point of IGS and CORS, and then processing with GAMIT 10.6.

This observation method has the purpose to know how big the shift and analyze the accuracy of IGS and CORS control point. On the results of the processing and has been performed statistical tests of control points to experience a shift in the period July 2015-April, May, June 2016 The N: 0.0450 m, E: 0.1433 m, U: 0.1243 m and the smallest N: 0.0016 m, E: 0.0084 m, U: 0.0005 m. As well as the periods April - August 2016 The N: 0.0927 m, E: 0.1290 m, U: 0.0621 m and the smallest N: 0.0079 m, E: 0.0005 m, U: 0.0014 m. The results of the standard deviation indicates that processing using IGS control point is more thoroughly than processing with CORS control point to produce the coordinates.

Keyword : Bridge, CORS, Deformation, GAMIT 10.6, GPS

^{*)} Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan bangunan yang membentangi sungai, jalan, saluran air, jurang dan lain sebagainya untuk menghubungkan kedua tepi yang fungsinya agar orang dan kendaraan dapat menyeberang. Suatu bangunan jika mendapatkan tekanan maka akan mengalami perubahan dimensi ataupun bentuk. Seperti halnya yang dialami jembatan, jika tubuh jembatan mendapatkan tekanan dari efek lalu lintas kendaraan atau pergerakan tanah di bawah jembatan. Akibat gaya tekanan ini maka tubuh jembatan kemungkinan akan dapat mengalami deformasi. Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996). 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).

Struktur tanah yang labil di sekitar Jembatan Penggaron menyebabkan jembatan ini telah mengalami deformasi sejak beroperasi pada bulan November 2011 dan lokasi penelitian ini juga masuk zona rawan pergerakan tanah (sesar) di Kab/Kota Semarang maka dari itu perlu dilakukan adanya perawatan dan pemeliharaan guna menghindari adanya kerusakan dan salah satu pemeliharaannya adalah dengan melakukan pengamatan deformasi pada jembatan menggunakan GPS Geodetik.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah ada deformasi atau pergerakan titik kontrol horizontal yang terjadi pada titik kontrol Jembatan Penggaron dalam kurun waktu kurang lebih 1 tahun ?
2. Berapa besar pergerakan yang terjadi pada titik kontrol horizontal Jembatan Penggaron di Jalan Tol Semarang-Ungaran KM 20 dalam kurun waktu kurang lebih 1 tahun ?
3. Bagaimana hasil ketelitian pengolahan titik kontrol menggunakan titik ikat 8 Stasiun IGS dan titik ikat CORS Semarang (CSEM) ?

I.3 Batasan Masalah

1. Daerah penelitian adalah jembatan Penggaron di Jalan Tol Semarang-Ungaran Km 20.
2. Data pengamatan yang digunakan adalah data hasil pengamatan pada bulan April, Mei, Juni dan Agustus 2016.

3. Titik ikat yang digunakan adalah 8 stasiun IGS yaitu BAKO, COCO, DARW, DGAR, GUAM, IISC, PIMO dan KARR, serta menggunakan 1 stasiun CORS yaitu CORS Semarang (CSEM).
4. Pengolahan data pengamatan GPS menggunakan perangkat lunak GAMIT 10.6 sehingga dihasilkan koordinat titik pengamatan dan simpangan bakunya.
5. Penelitian berfokus pada pergeseran titik kontrol horizontal yang diakibatkan deformasi pada 4 bulan pelaksanaan penelitian.

I.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

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

Maksud dari penelitian ini adalah mencari tahu apakah ada deformasi atau pergerakan titik kontrol horizontal yang terjadi setelah pengukuran deformasi awal pada periode Juli, Agustus dan September Tahun 2015. (Sanches, 2015)

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui berapa besar deformasi atau pergerakan titik kontrol horizontal yang terjadi pada Jembatan Penggaron, di jalan Tol Semarang – Ungaran Km 20 yang pengukurannya menggunakan alat GPS *Dual Frekuensi* pada tahun 2016 dan mengetahui ketelitian CORS Semarang atau CSEM yang digunakan sebagai titik ikat lokal dari penelitian ini.

I. 5 Lokasi Penelitian

Jembatan Penggaron di jalan tol Semarang – Ungaran Km 20, Desa Susukan, Kec. Ungaran, Kab. Semarang.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Jembatan

Jembatan merupakan salah satu prasarana untuk menunjang kelancaran transportasi di darat. Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang memungkinkan rute transportasi melalui sungai, danau, jalan raya, jalan kereta api dan lain-lain. Berdasarkan UU No.38 Tahun 2004 bahwa jalan dan juga termasuk bangunan atas jembatan sebagai bagian dari sistem transportasi nasional yang mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan yang dikembangkan melalui suatu pendekatan pengembangan dari wilayah tertentu agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah.

II.2. Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda. (Kuang dalam Sanches, 1996). 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).

Untuk mengetahui terjadinya deformasi pada suatu tempat diperlukan suatu survei, yaitu survei deformasi dan geodinamika. Survei deformasi dan geodinamika sendiri adalah survei geodetik yang dilakukan untuk mempelajari fenomena-fenomena deformasi dan geodinamika. Fenomena-fenomena tersebut terbagi atas dua, yaitu fenomena alam seperti pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung api, dan lain-lain. Fenomena yang lain adalah fenomena manusia seperti bangunan, jembatan, bendungan, permukaan tanah, dan sebagainya.

II.3. Penentuan Posisi Dengan 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 kontinyu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, dan bagi banyak orang secara simultan. GPS dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian bervariasi dari beberapa millimeter (orde nol) sampai dengan puluhan meter. Ketelitian dari GPS dapat mencapai beberapa mm untuk ketelitian posisinya, beberapa cm/s untuk ketelitian kecepatannya dan beberapa nanodetik untuk ketelitian waktunya. Ketelitian posisi yang diperoleh akan tergantung pada beberapa faktor yaitu metode penentuan posisi, geometri satelit, tingkat ketelitian data, dan metode pengolahan datanya.

II.4. Stasiun titik ikat CORS dan IGS

IGS (*International GNSS Service*) ditetapkan dan diperkenalkan secara formal oleh IAG (*International Association Of Geodesy*) pada tahun 1993 dan mulai dioperasikan pada 1 Januari 1994. IGS merupakan organisasi dan badan multi nasional yang menyediakan data GNSS, informasi orbit GPS, dan data pendukung penelitian geodetik dan geofisik lainnya. IGS terbentuk dari jaringan stasiun GPS permanen global, pusat data dan analisis, kantor pusat, dan pengaturan. Jaringan IGS terdiri dari sekitar 200 stasiun dengan *receivers* GPS dan *dual-frequency* yang beroperasi secara kontinyu.

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaringan kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinyu selama 24 jam perhari, 7 hari per minggu dengan

mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna (*users*) *real time* (sumber: *Guidelines for New and Existing CORS*).

II.5. GAMIT 10.6 dan GLOBK

GAMIT (*GPS Analysis Package Developed at MIT*) adalah sebuah paket perangkat lunak ilmiah yang digunakan untuk pengolahan data pengamatan GPS yang dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) dan SIO (*Scripps Institution of Oceanography*). Perangkat lunak ini dapat menghasilkan posisi *relative* tiga dimensi dari pengamat dengan ketelitian tinggi.

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. GLOBK sendiri merupakan kalman filter yang tujuan utamanya untuk mengkombinasikan solusi dari data yang telah di proses di GAMIT dengan pengamatan *space geodesy*, sehingga didapat estimasi posisi dan kecepatannya.

III. Metodologi Penelitian

III.1. Alat Yang Digunakan

Perangkat Keras terdiri dari :

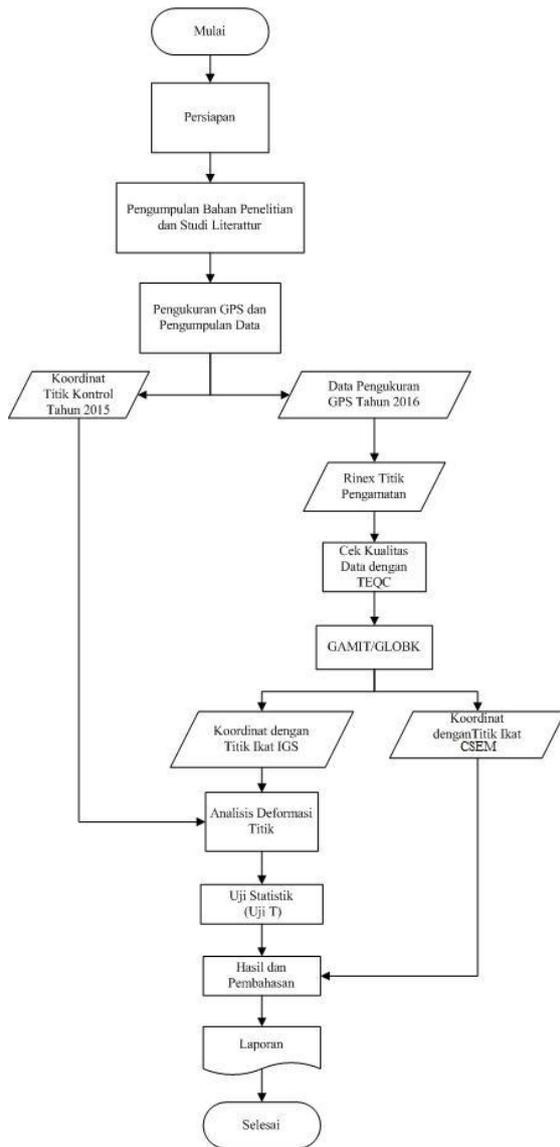
- Laptop dengan spesifikasi Processor Intel inside Core i5 CPU @ 3.60 Ghz, RAM 4.00 GB dan Sistem operasi 64-bit.
- Printer Canon Pixma iP2770
- GPS Topcon Hiper GB, GPS Leica GS-800 dan GPS Javad Triumph.
- Tripod
- Meteran GPS
- Alat Tulis

Perangkat Lunak terdiri dari :

- Sistem Operasi Ubuntu 14.04
- Gamit 10.6/GLOBK
- TEQC
- Microsoft Office 2010*
- Notepad ++

III.2. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode statik dengan menggunakan GPS *Dual Frekuensi* dengan lama pengamatan ± 8 jam.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III.3 Pengolahan Data

Pada penelitian ini dilakukan proses pengolahan data berikut :

1. Data pengamatan terlebih dahulu dilakukan cek kualitas data sebelum diolah dengan *software* GAMIT menggunakan TEQC.
2. Mempersiapkan direktori kerja data pengamatan yang akan diolah yaitu dengan membuat *folder project* dan bagian-bagiannya.
3. Setelah menjalankan direktori kerja maka akan muncul *foldertables* dalam *folderproject*. Dimana *foldertables* tersebut terhubung serta *copy file* dari *folder tables* dari GAMIT 10.6.
4. *Editing files* lalu *run* proses GAMIT 10.6
5. Pengolahan GLOBK

IV. Hasil Dan Analisis

IV.1 Hasil Pengecekan TEQC

Tabel 1. Hasil Pengecekan TEQC Bulan April 2016

Titik	Moving Average	
	mp1 (m)	mp2 (m)
BMSA	0,566526	0,570067
BMDU	0,876793	0,859743
CPSA	1,057311	1,235198
CPDU	0,211056	0,222493
TPSA	0,928291	0,909242
TPDU	0,964000	0,997903
TPTI	0,709184	0,701826
TPEM	0,422371	0,52037

Tabel 2. Hasil Pengecekan TEQC Bulan Mei 2016

Titik	Moving Average	
	mp1 (m)	mp2 (m)
BMSA	0,471344	0,459424
BMDU	0,757882	0,787329
CPSA	1,157652	1,487115
CPDU	0,457852	0,487179
TPSA	0,668071	0,71978
TPDU	0,868371	0,971078
TPTI	0,770607	0,73958
TPEM	0,821959	0,929779

Tabel 3. Hasil Pengecekan TEQC Bulan Juni 2016

Titik	Moving Average	
	mp1 (m)	mp2 (m)
BMSA	0,521194	0,443692
BMDU	0,617127	0,604654
CPSA	1,23576	1,418456
CPDU	0,511127	0,504354

Tabel 4. Hasil Pengecekan TEQC Bulan Agustus 2016

Titik	Moving Average	
	mp1 (m)	mp2 (m)
BMSA	0,501478	0,504575
BMDU	0,858565	0,92015
CPSA	1,520213	1,621464
CPDU	0,647546	0,652771

Hasil pengecekan TEQC untuk data titik-titik pengamatan dapat dilihat pada tabel diatas. Nilai dari mp1 dan mp2 dapat dilihat bahwa ada beberapa titik pengamatan yang berada diluar standar yaitu lebih besar dari 0,5 m, karena hasil perekaman juga tergantung dari obstruksi di sekitar daerah titik pengamatan, namun dalam pengolahan selanjutnya masih dapat digunakan karena dalam perangkat lunak GAMIT terdapat parameter estimasi orbit satelit yang dapat digunakan untuk mengkoreksi data *RINEX* titik pengamatan.

IV.2 Hasil Pengolahan GAMIT 10.6 / GLOBK

Nilai koordinat yang diperoleh berupa koordinat kartesian 3D (X, Y, Z), koordinat kartesian ditransformasikan ke koordinat geodetis (Lintang, Bujur, Tinggi). Dari hasil koordinat setiap periode pengukuran, maka akan diperoleh nilai deformasi yang terjadi pada masing-masing titik pengamatan.

Tabel 5. Koordinat Kartesian 3D dan Simpangan Baku Periode April 2016

Titik	Koordinat Kartesian 3D			Simpangan Baku		
	X	Y	Z	X (m)	Y (m)	Z (m)
BMSA	-2208344,19135	5931973,91308	-784786,38707	0,00462	0,00861	0,00374
BMDU	-2208442,73421	5931804,41598	-785681,11847	0,00742	0,00937	0,00613
CPSA	-2208501,45336	5931785,57193	-785682,26596	0,00803	0,00965	0,00685
CPDU	-2208427,51874	5931937,83109	-784814,64885	0,00527	0,00878	0,00434
TPSA	-2208372,40060	5931871,75252	-785198,65373	0,00589	0,00871	0,00424
TPDU	-2208430,24019	5931835,93941	-785177,03414	0,00633	0,00879	0,00483
TPTI	-2208375,40411	5931864,23066	-785252,59686	0,00524	0,00816	0,00351
TPEM	-2208449,89810	5931788,85027	-785309,86704	0,00607	0,00880	0,00457

Tabel 6. Koordinat Kartesian 3D dan Simpangan Baku Periode Mei 2016

Titik	Koordinat Kartesian 3D			Simpangan Baku		
	X	Y	Z	X (m)	Y (m)	Z (m)
BMSA	-2208344,14593	5931973,77336	-784786,35943	0,00446	0,00762	0,00309
BMDU	-2208442,76793	5931804,46627	-785681,10802	0,00715	0,00927	0,00567
CPSA	-2208501,63209	5931785,67688	-785682,25855	0,00989	0,00987	0,00762
CPDU	-2208427,58521	5931937,88966	-784814,65978	0,00531	0,00819	0,00387
TPSA	-2208372,32935	5931871,57847	-785198,61452	0,00615	0,00865	0,00423
TPDU	-2208430,31969	5931836,11547	-785177,05306	0,00617	0,00844	0,00436
TPTI	-2208375,35943	5931864,06396	-785252,56437	0,00537	0,00796	0,00335
TPEM	-2208450,11605	5931789,34002	-785309,95211	0,00599	0,00848	0,00388

Tabel 7. Koordinat Kartesian 3D dan Simpangan Baku Periode Juni 2016

Titik	Koordinat Kartesian 3D			Simpangan Baku		
	X	Y	Z	X (m)	Y (m)	Z (m)
BMSA	-2208344,21577	5931973,99695	-784786,38229	0,00571	0,00889	0,00441
BMDU	-2208442,82011	5931804,67005	-785681,14969	0,00975	0,00983	0,00759
CPSA	-2208501,46072	5931785,73659	-785682,27256	0,00990	0,00994	0,00873
CPDU	-2208427,55737	5931937,90949	-784814,66424	0,00618	0,00900	0,00491

Tabel 8. Koordinat Kartesian 3D dan Simpangan Baku Periode Agustus 2016

Titik	Koordinat Kartesian 3D			Simpangan Baku		
	X	Y	Z	X (m)	Y (m)	Z (m)
BMSA	-2208344,22917	5931974,00256	-784786,38986	0,00537	0,00873	0,00396
BMDU	-2208442,87791	5931804,53619	-785681,10596	0,00823	0,00966	0,00739
CPSA	-2208501,35951	5931785,59620	-785682,23204	0,00889	0,00980	0,00921
CPDU	-2208427,54525	5931937,90365	-784814,65050	0,00646	0,00918	0,00525

Hasil koordinat kartesian yang sudah didapat selanjutnya ditransformasikan dalam sistem koordinat geodetis.

Tabel 9. Koordinat Geodetis Periode April 2016

Titik	Koordinat		Tinggi Ellipsoid (m)
	Lintang Selatan (LS)	Bujur Timur (BT)	
BMSA	7° 6' 53.5669729"	110° 25' 9.11488114"	353,3230499
BMDU	7° 7' 22.9684962"	110° 25' 14.0514293"	340,7018003
CPSA	7° 7' 22.9941415"	110° 25' 16.0590044"	343,6510377
CPDU	7° 6' 54.4989434"	110° 25' 12.0698574"	352,1177464
TPSA	7° 7' 7.22950440"	110° 25' 11.137870"	319,1622065
TPDU	7° 7' 6.58517820"	110° 25' 13.3114476"	303,2038242
TPTI	7° 7' 8.99606080"	110° 25' 11.315116"	319,8923102
TPEM	7° 7' 11.0260137"	110° 25' 14.447195"	282,6823485

Tabel 10. Koordinat Geodetis Periode Mei 2016

Titik	Koordinat		Tinggi Ellipsoid (m)
	Lintang Selatan (LS)	Bujur Timur (BT)	
BMSA	7° 6' 53.5666728"	110° 25' 9.11508240"	353,1739696
BMDU	7° 7' 22.9679209"	110° 25' 14.0518873"	340,7589448
CPSA	7° 7' 22.9932563"	110° 25' 16.0632083"	343,8089023
CPDU	7° 6' 54.4989816"	110° 25' 12.0712214"	352,1965797
TPSA	7° 7' 7.22899620"	110° 25' 11.1376729"	318,9708246
TPDU	7° 7' 6.58501195"	110° 25' 13.3118737"	303,3974172
TPTI	7° 7' 8.99570452"	110° 25' 11.3156468"	319,7177948
TPEM	7° 7' 11.0266029"	110° 25' 14.4482826"	283,2237842

Tabel 11. Koordinat Geodetis Periode Juni 2016

Titik	Koordinat		Tinggi Ellipsoid (m)
	Lintang Selatan (LS)	Bujur Timur (BT)	
BMSA	7° 6' 53.56664673"	110° 25' 9.11467339"	353,4089068
BMDU	7° 7' 22.9684225"	110° 25' 14.0511639"	340,9716773
CPSA	7° 7' 22.9937243"	110° 25' 16.0572958"	343,8068326
CPDU	7° 6' 54.4990899"	110° 25' 12.0701457"	352,2059344

Tabel 12. Koordinat Geodetis Periode Agustus 2016

Titik	Koordinat		Tinggi Ellipsoid (m)
	Lintang Selatan (LS)	Bujur Timur (BT)	
BMSA	7° 6' 53.5666718"	110° 25' 9.11501873"	353,4197005
BMDU	7° 7' 22.9674356"	110° 25' 14.0544511"	340,8617864
CPSA	7° 7' 22.9930891"	110° 25' 16.0558012"	343,6362151
CPDU	7° 6' 54.4986852"	110° 25' 12.0698421"	352,1946055

IV.3 Deformasi Titik Pengamatan

Untuk mengetahui besarnya nilai pergeseran titik pengamatan jembatan dilakukan transformasi koordinat geodetis menjadi koordinat toposentrik.

Tabel 13. Koordinat Toposentrik Juli 2015-April 2016

Titik	Koordinat Toposentrik		
	E (m)	N (m)	U (m)
BMSA	0,0226	-0,0195	-0,0146
BMDU	0,0166	-0,0193	0,0219
CPSA	0,0143	-0,0230	0,0229
CPDU	0,0117	-0,0092	0,0020
TPSA	0,0396	-0,0315	0,0591
TPDU	0,0210	-0,0196	0,0352
TPTI	0,0371	-0,0326	-0,0230
TPEM	0,0535	-0,0269	0,1243

Tabel 14. Koordinat Toposentrik Juli 2015-Mei 2016

Titik	Koordinat Toposentrik		
	E (m)	N (m)	U (m)
BMSA	0,0288	-0,0102	0,0214
BMDU	0,0306	-0,0016	0,0175
CPSA	0,1433	0,0042	0,0487
CPDU	0,0536	-0,0104	0,0034
TPSA	0,0336	-0,0159	0,0996
TPDU	0,0341	-0,0144	-0,0005
TPTI	0,0535	-0,0217	0,0232
TPEM	0,0869	-0,0450	0,0196

Tabel 15. Koordinat Toposentrik Juli 2015-Juni 2016

Titik	Koordinat Toposentrik		
	E (m)	N (m)	U (m)
BMSA	0,0162	-0,0040	-0,0346
BMDU	0,0084	-0,0170	-0,0402
CPSA	-0,0381	-0,0102	-0,0331
CPDU	0,0206	-0,0137	-0,0137

Tabel 16. Koordinat Toposentrik April – Mei 2016

Titik	Koordinat Toposentrik		
	E (m)	N (m)	U (m)
BMSA	0,0062	0,0092	0,0361
BMDU	0,0141	0,0177	-0,0044
CPSA	0,1290	0,0272	0,0258
CPDU	0,0419	-0,0012	0,0014

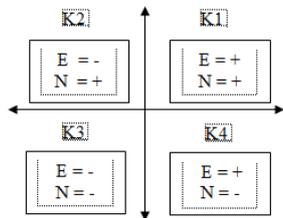
Tabel 17. Koordinat Toposentrik April – Juni 2016

Titik	Koordinat Toposentrik		
	E (m)	N (m)	U (m)
BMSA	-0,0064	0,0155	-0,0200
BMDU	0,0023	-0,0081	-0,0621
CPSA	-0,0524	0,0128	-0,0560
CPDU	0,0088	-0,0045	-0,0157

Tabel 18. Koordinat Toposentrik April – Agustus 2016

Titik	Koordinat Toposentrik		
	E (m)	N (m)	U (m)
BMSA	0,0042	0,0093	-0,0182
BMDU	0,0326	0,0927	0,0097
CPSA	-0,0983	0,0323	-0,0374
CPDU	-0,0005	0,0079	-0,0161

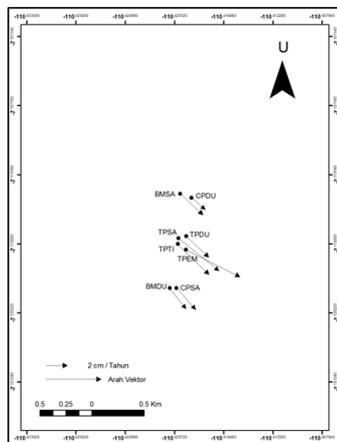
Dalam penelitian ini, arah pergeseran horizontal terfokus pada jarak dari nilai pergeseran yang diolah. Nilai pergeseran tersebut dapat bernilai minus (-) atau plus (+) yang dapat mempengaruhi dari arah pergeseran.



Gambar 2. Arah pergeseran dalam kuadran

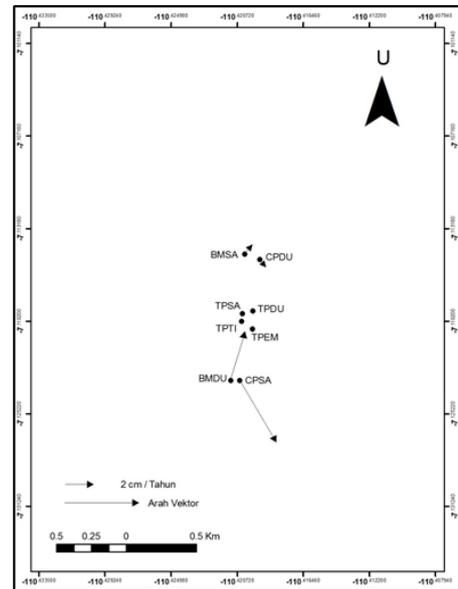
IV.4. Arah Pergeseran Titik Pengamatan

Arah pergeseran yang terjadi pada titik pengamatan periode Juni 2015 sampai dengan April, Mei dan Juni 2016. Rata-rata pergerakan titiknya bergerak ke arah Tenggara dan dapat dilihat pada Gambar IV.1 menunjukkan arah pergeseran titik pengamatan periode Juli 2015 s/d April, Mei, Juni 2016, sebagai berikut :



Gambar 3. Arah Pergeseran Titik Pengamatan Periode Juli 2015 s/d April, Mei Juni 2016

Arah pergeseran yang terjadi pada titik pengamatan periode April, Mei, Juni dan Agustus 2016 sangat bervariasi dan dapat dilihat pada Gambar IV.2 menunjukkan arah pergeseran periode April 2016 s/d Mei, Juni, Agustus 2016, sebagai berikut :



Gambar 4. Arah Pergeseran Titik Pengamatan Periode April 2016 s/d Mei, Juni, Agustus 2016

IV.5. Analisis Pergeseran

Vektor pergeseran yang telah dihitung selama beberapa waktu pengamatan perlu dilakukan uji statistik agar secara kualitatif mengindikasikan baik atau tidaknya hasil pengolahan. Uji statistik ini dilakukan dengan cara menguji variabel pergeseran titik (Pij) dari sesi pengamatan i ke sesi j yang nilainya dapat dihitung.

Dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$) dan $df \infty$ maka nilai t adalah 1,960 (Abidin, 2006). Apabila t-hitungan lebih besar dari nilai t-tabel (nilai $t_{df,\alpha/2}$) 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.

Hasil Uji Pergeseran Titik Periode Juli 2015-April 2016 :

Tabel 19. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode Juli 2015 s/d April 2016

Titik	Pij	Std Pij	t Hitungan	t Tabel	h0	Pergeseran
BMSA	0,029854	0,005298	5,635366491	1,96	Ditolak	Ya
BMDU	0,025413	0,009253	2,74644500	1,96	Ditolak	Ya
CPSA	0,027078	0,010275	2,635221432	1,96	Ditolak	Ya
CPDU	0,014943	0,006182	2,417076794	1,96	Ditolak	Ya
TPSA	0,050635	0,006485	7,807894612	1,96	Ditolak	Ya
TPDU	0,028713	0,007100	4,044008406	1,96	Ditolak	Ya
TPPI	0,049462	0,005497	8,997145455	1,96	Ditolak	Ya
TPPEM	0,059883	0,006846	8,74768720	1,96	Ditolak	Ya

Tabel 20. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode Juli 2015 s/d Mei 2016

Titik	Pij	Std Pij	t Hitungan	t Tabel	h0	Pergeseran
BMSA	0,030565	0,008749	3,493534849	1,96	Ditolak	Ya
BMDU	0,030654	0,004891	6,268060094	1,96	Ditolak	Ya
CPSA	0,143407	0,012437	11,53080366	1,96	Ditolak	Ya
CPDU	0,054630	0,005977	9,140348466	1,96	Ditolak	Ya
TPSA	0,037152	0,006774	5,48412716	1,96	Ditolak	Ya
TPDU	0,037034	0,006427	5,762512926	1,96	Ditolak	Ya
TPTI	0,057698	0,005466	10,5551600	1,96	Ditolak	Ya
TPEM	0,097840	0,006163	15,87627915	1,96	Ditolak	Ya

Tabel 21. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode Juli 2015 s/d Juni 2016

Titik	Pij	Std Pij	t Hitungan	t Tabel	h0	Pergeseran
BMSA	0,016717	0,007433	2,249145582	1,96	Ditolak	Ya
BMDU	0,018983	0,012310	3,26599219	1,96	Ditolak	Ya
CPSA	0,039419	0,013185	2,989607815	1,96	Ditolak	Ya
CPDU	0,024761	0,006793	3,645336036	1,96	Ditolak	Ya

Tabel 22. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode April s/d Mei 2016

Titik	Pij	Std Pij	t Hitungan	t Tabel	h0	Pergeseran
BMSA	0,011122	0,008749	2,78542319	1,96	Ditolak	Ya
BMDU	0,022580	0,004891	4,617019247	1,96	Ditolak	Ya
CPSA	0,131840	0,012437	10,60069266	1,96	Ditolak	Ya
CPDU	0,041874	0,005977	7,006200881	1,96	Ditolak	Ya

Tabel 23. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode April s/d Juni 2016

Titik	Pij	Std Pij	t Hitungan	t Tabel	h0	Pergeseran
BMSA	0,016791	0,007433	2,259146332	1,96	Ditolak	Ya
BMDU	0,008454	0,012310	0,686716616	1,96	Diterima	Tidak
CPSA	0,053974	0,013185	4,093492879	1,96	Ditolak	Ya
CPDU	0,009928	0,006793	1,461588469	1,96	Diterima	Tidak

Tabel 24. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode April s/d Agustus 2016

Titik	Pij	Std Pij	t Hitungan	t Tabel	h0	Pergeseran
BMSA	0,010171	0,006171	1,648373232	1,96	Diterima	Tidak
BMDU	0,098291	0,010856	9,054157787	1,96	Ditolak	Ya
CPSA	0,103475	0,012682	8,158948047	1,96	Ditolak	Tidak
CPDU	0,007945	0,007877	1,00867860	1,96	Ditolak	Ya

Berdasarkan hasil perhitungan pada uji statistik menunjukkan hasil yang bervariasi dari nilai t_α yang telah ditentukan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa koordinat toposentrik hasil hitungan pada setiap titik terdapat pergeseran dan ada juga yang tidak mengalami pergeseran secara statistik. Jadi, secara statistik titik-titik pengamatan tersebut mengalami pergeseran yang cukup signifikan.

IV.6 Analisis Perbandingan Ketelitian Titik Ikat Stasiun IGS dengan Stasiun CORS Semarang (CSEM)

Berdasarkan hasil pengolahan data pengamatan GPS yang dilakukan dengan menggunakan GAMIT 10.6 dan menggunakan variasi stasiun titik ikat yaitu Stasiun IGS dengan Stasiun CORS Semarang dihasilkan koordinat dan simpangan baku yang berbeda juga karena jarak letak stasiun CORS Semarang yang dekat dengan lokasi pengamatan mengakibatkan adanya perbedaan hasil dan simpangan baku hasil pengolahan dengan software GAMIT 10.6. Berikut tabel analisis perbandingan

simpangan baku antara pengolahan data GPS menggunakan Stasiun IGS dengan pengolahan data GPS menggunakan Stasiun CORS Semarang (CSEM).

Tabel 25. Analisis Perbandingan Simpangan Baku IGS dan CSEM Bulan April 2016

Titik	Simpangan Baku					
	IGS			CSEM		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
BMSA	0,00462	0,00861	0,00374	0,00766	0,01743	0,00465
BMDU	0,00742	0,00937	0,00613	0,01500	0,02957	0,00837
CPSA	0,00803	0,00965	0,00685	0,01918	0,04178	0,01124
CPDU	0,00527	0,00878	0,00434	0,00896	0,02122	0,00524
TPSA	0,00589	0,00871	0,00424	0,01061	0,02126	0,00535
TPDU	0,00633	0,00879	0,00483	0,01286	0,02419	0,00702
TPTI	0,00524	0,00816	0,00351	0,00793	0,01507	0,00396
TPEM	0,00607	0,00880	0,00457	0,01076	0,02051	0,00478

Dapat dilihat pada Tabel IV.25 perbandingan simpangan baku di atas bahwa pada Bulan April 2016 simpangan baku terbesar pada stasiun titik ikat IGS adalah X : 0.00803 m, Y : 0.00965 m dan Z : 0.00685 m, sedangkan simpangan baku terbesar pada stasiun titik ikat CSEM adalah X : 0.01918 m, Y : 0.04178 m dan Z : 0.01124 m.

Tabel 26. Analisis Perbandingan Simpangan Baku IGS dan CSEM Bulan Mei 2016

Titik	Simpangan Baku					
	IGS			CSEM		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
BMSA	0,00446	0,00762	0,00309	0,01368	0,02772	0,00722
BMDU	0,00715	0,00927	0,00567	0,00649	0,01361	0,00375
CPSA	0,00989	0,00987	0,00762	0,01935	0,03873	0,01064
CPDU	0,00531	0,00819	0,00387	0,00750	0,01470	0,00442
TPSA	0,00615	0,00865	0,00423	0,01053	0,02009	0,00526
TPDU	0,00617	0,00844	0,00436	0,01216	0,02111	0,00658
TPTI	0,00537	0,00796	0,00335	0,00832	0,01490	0,00398
TPEM	0,00599	0,00848	0,00388	0,01186	0,02060	0,00482

Dapat dilihat pada Tabel IV.26 perbandingan simpangan baku di atas bahwa pada Bulan Mei 2016 simpangan baku terbesar pada stasiun titik ikat IGS adalah X : 0.00989 m, Y : 0.00987 m dan Z : 0.00762 m, sedangkan simpangan baku terbesar pada stasiun titik ikat CSEM adalah X : 0.01935 m, Y : 0.03873 m dan Z : 0.01064 m.

Tabel 27. Analisis Perbandingan Simpangan Baku IGS dan CSEM Bulan Juni 2016

Titik	Simpangan Baku					
	IGS			CSEM		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
BMSA	0,00571	0,00889	0,00441	0,00965	0,02212	0,00557
BMDU	0,00975	0,00983	0,00759	0,01907	0,03557	0,00977
CPSA	0,00990	0,00994	0,00873	0,02302	0,04390	0,01387
CPDU	0,00618	0,00900	0,00491	0,01144	0,02592	0,00682

Dapat dilihat pada Tabel IV.27 perbandingan simpangan baku di atas bahwa pada Bulan Juni 2016 simpangan baku terbesar pada stasiun titik ikat IGS adalah X : 0.00990 m, Y : 0.00994 m dan Z : 0.00873, sedangkan simpangan baku terbesar pada stasiun titik

ikat CSEM adalah X : 0.02302 m, Y : 0.04390 m dan Z : 0.01387 m.

Tabel 28. Analisis Perbandingan Simpangan Baku IGS dan CSEM Bulan Agustus 2016

Titik	Simpangan Baku					
	IGS			CSEM		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
BMSA	0,00537	0,00873	0,00396	0,01007	0,02011	0,00524
BMDU	0,00823	0,00966	0,00739	0,03298	0,03982	0,01335
CPSA	0,00889	0,00980	0,00921	0,04665	0,04598	0,02499
CPDU	0,00646	0,00918	0,00525	0,01278	0,02656	0,00736

Dapat dilihat pada Tabel IV.28 perbandingan simpangan baku di atas bahwa pada Bulan Agustus 2016 simpangan baku terbesar pada stasiun titik ikat IGS adalah X : 0.00889 m, Y : 0.00980 m dan Z : 0.00921 m, sedangkan simpangan baku terbesar pada stasiun titik ikat CSEM adalah X : 0.04665 m, Y : 0.04598 m dan Z : 0.02499 m.

V. Penutup

V.I Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis hasil data penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian yang dilakukan dan telah di uji statistik dengan tingkat kepercayaan 95% kedelapan titik mengalami pergeseran yang cukup signifikan pada periode Juli 2015 sampai dengan Juni 2016, begitu juga dengan hasil dari uji statistik pada periode April 2016 sampai dengan Agustus 2016 kedelapan titik tersebut juga mengalami pergeseran yang cukup signifikan.
2. Dari hasil survei GPS pada bulan April, Mei, Juni dan Agustus tahun 2016 teramati bahwa titik-titik pengamatan mengalami perubahan koordinat setiap bulannya. Nilai perubahan koordinat dalam sistem koordinat kartesian tiga dimensi terbesar pada periode Juli 2015 sampai dengan Juni 2016 adalah sebagai berikut N = 0,0450 m, E = 0,1433 m dan U = 0,1243 m. Nilai perubahan koordinat terkecil pada periode juli 2015 sampai dengan juni 2016 adalah sebagai berikut N = 0,0016 m, E = 0,0084 m dan U = 0,0005 m. Nilai perubahan koordinat dalam sistem koordinat kartesian tiga dimensi terbesar pada periode April 2016 sampai dengan Agustus 2016 adalah sebagai berikut N = 0,0927 m, E = 0,1290 m dan U = 0,0621 m. Nilai perubahan koordinat terkecil pada periode juli 2015 sampai dengan juni 2016 adalah sebagai berikut N = 0,0079 m, E = 0,0005 m dan U = 0,0014 m.
3. Dilihat dari analisis perbandingan yang dirangkum pada tabel analisis perbandingan simpangan baku, menunjukkan bahwa pengolahan pada data GPS menggunakan titik ikat stasiun IGS lebih lebih teliti dalam menghasilkan koordinat dibandingkan dengan penambahan CORS Semarang (CSEM)

pada saat mengolah. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa menggunakan CORS Semarang menghasilkan simpangan baku yang lebih besar dari Stasiun IGS.

V.2 Saran

Beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Dengan metode survei GPS *dual frequency* yang memiliki kemampuan untuk monitoring deformasi pada tingkat ketelitian yang cukup tinggi tersebut, maka metode survei GPS untuk monitoring deformasi perlu dilanjutkan pada tahun-tahun berikutnya.
2. Dalam Pengamatan deformasi baiknya dilakukan secara kontinu atau berlanjut agar dapat mengetahui kondisi deformasi yang terjadi pada lokasi pengamatan.
3. Penelitian selanjutnya hendaknya juga mengamati pergerakan pada badan jembatan (lendutan jembatan) dan melakukan pengukuran terhadap tiang pancang jembatan menggunakan Total Station atau Waterpass.
4. Untuk memperoleh data yang lebih baik, perlu dilakukan perencanaan survei dan strategi pengamatan yang lebih cermat. Misalnya dengan durasi pengamatan yang lebih lama serta lebih memperhatikan saat *centering* alat dan pengukuran ketinggian alat.

IV. Daftar Pustaka

Abidin, H.Z. 2006. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Pradnya Paramita: Jakarta

Abidin, H.Z., 2007, *Modul-1 : Introduction to GPS*. Bahan Ajar Kuliah. Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Abidin, H.Z., 2007, *Modul-5 : Kesalahan dan Bias GPS*. Bahan Ajar Kuliah. Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Abidin, H.Z., 2007, *Modul-3 : GPS Positioning*. Bahan Ajar Kuliah. Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Abidin, H.Z. 2007. *GPS Positioning*. Bandung : Modul Perkuliahan Survei Satelit.

Bambang, S. & Agus, S.M., 2007, *Jembatan*, CV.BETA OFFSET.

Budi Waluyo, Sanches. 2016. *Analisis Ketelitian Titik Kontrol Horizontal Pada Pengukuran Deformasi Jembatan Penggaron Dengan Menggunakan Software Gamit 10.6*. Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

Herring, T.A., King, R.W., & McClusky, S.C. 2010. *GAMIT Reference Manual*. Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences. Massachusetts Institute of Technology.

Kuang,Shanlong. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design : Concepts and Applications*. Michigan : Ann Arbor Press. Inc

Team Bakosurtanal. 2005.*Panduan Teknis Datum dan Sistem Koordinat Peta Rupabumi Indonesia*. BADAN KOORDINASI SURVEI DAN PEMETAAN NASIONAL.

_____. <http://blogs.itb.ac.id/dadanramdani/2011/09/17/referensi-geodesi/>. Diakses pada tanggal 29 September 2016.

_____. <http://digilib.itb.ac.id>. Diakses pada tanggal 29 September 2016.

_____. <http://gis-course.com/utm-zone/>. Diakses pada tanggal 8 Oktober 2016.

_____. <https://igsb.jpl.nasa.gov/network/netindex.html>. Diakses pada tanggal 8 Oktober 2016

_____. <https://tomyherlambang.wordpress.com/2012/05/06/spesifikasi-jembatan/> Diakses 8 oktober 2016

_____. http://arryprasetya.blogspot.co.id/2010_08_01_archive.html. Diakses 8 Oktober 2016