

SURVEI DEFORMASI DENGAN METODE GNSS TAHUN 2019 DI SEKITAR JEMBATAN PENGGARON

Bagas S. A. ^{*)}, Andri Suprayogi, L. M Sabri

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

ABSTRAK

Jembatan Penggaron merupakan jembatan yang berada di ruas jalan tol Semarang-Solo kilometer 427. Jembatan Penggaron berada di Desa Susukan, Kabupaten Semarang. Panjang dari Jembatan Penggaron diperkirakan kurang lebih 400 m. Wilayah sekitar jembatan Penggaron teridentifikasi adanya suatu pergerakan tanah yang mengakibatkan jembatan dapat mengalami deformasi. Metode yang digunakan untuk penelitian ini yaitu pengamatan GNSS (*Global Navigation Satellite System*) karena memiliki akurasi yang cukup tinggi dalam pemantauan berbasis *point*. Pengamatan titik di sekitar jembatan diambil 2 kali pengamatan yaitu tahun 2018 dan 2019. Durasi pengamatan kurang lebihnya 8 jam. Data pengamatan diolah menggunakan software GAMIT 10.7 dengan titik 5 ikat regional (CORS BIG) diantaranya: CJPR, CMGL, CPKL, CPWD, dan CSEM. Hasil pengolahan berupa koordinat yang nantinya dapat dianalisis nilai pergeserannya. Pergeseran terbesar terjadi pada titik pengamatan BMDU dengan nilai resultan sebesar 0,051 m ke arah 89,537 derajat. Pergeseran terkecil terjadi pada titik pengamatan CPSA dengan resultan sebesar 0,006 m ke arah 164,251 derajat. Penurunan terbesar terjadi pada titik amat CPSA dengan nilai $du = -0,044$ m. Penurunan terendah terjadi pada titik amat BMSA dengan nilai $du = -0,001$ m. Konsistensi hasil koordinat geosentrik dengan 5 titik ikat dibandingkan dengan 1 titik ikat memiliki selisih kurang dari 5 mm. Perbandingan koordinat geosentrik tahun 2018 selisih rata-rata terbesar terdapat pada titik ikat CJPR. Perbandingan koordinat geosentrik tahun 2019 selisih rata-rata terbesar terdapat pada titik ikat CPWD.

Kata Kunci : CORS, Deformasi, GAMIT, GNSS, Sekitar Jembatan Penggaron

ABSTRACT

The Penggaron Bridge is a bridge on the Kilometer 427 Semarang-Solo toll road. Penggaron Bridge is located in Susukan Village, Semarang Regency. The length of the Penggaron bridge is estimated of around 400 m. The area around the Penggaron Bridge is identified as a land movement that causes the bridge to be deforming. The method used for this research is the GNSS observation (Global Navigation Satellite System) because it has quite high accuracy in point-based monitoring. The point observation around the bridge was taken 2 observations, namely 2018 and 2019. Duration of observation is approximately 8 hours. Observation Data processed using GAMIT 10.7 software with point 5 stations (BIG CORS) include: CJPR, CMGL, CPKL, CPWD, and CSEM. The result of the processing of coordinates can be analyzed by the value of its alignment. The biggest shift occurs at the BMDU observation point with a resultant 0.051 m in direction 89.537 degree. The smallest shift occurs at the CPSA observation point with a value with a resultant 0.006 m in direction 164.251 degree. The biggest decline occurred at CPSA point with a value $du = -0.044$ m. The lowest decrease occurred at the BMSA point with a value $du = -0.001$ m. Consistency of geocentric coordinate results with 5 connective points compared with 1 binding point has a difference of less than 5 mm. The ratio of geocentric coordinates to 2018 the largest average difference is at CJPR's binding point. The ratio of geocentric coordinates in 2019 the largest average difference is at the CPWD connective point.

Key Words : CORS, Deformation, GAMIT, GNSS, The area around the Penggaron Bridge.

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Gerakan tanah merupakan perpindahan massa tanah atau batuan pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula, yang terjadi bila ada gangguan kesetimbangan pada saat waktu yang sama (Suharyadi, 2009). Gerakan tanah biasanya terjadi pada suatu lereng jika ada ketidakseimbangan. Ketidaksetimbangan tersebut menyebabkan suatu proses mekanis. Terjadinya suatu proses mekanis mengakibatkan sebagian dari lereng tersebut bergerak mengikuti arah gravitasi.

Wilayah yang mengalami suatu pergerakan tanah bertempat di sekitar Jembatan Penggaron, Desa Susukan, Kabupaten Semarang. Jembatan Penggaron merupakan jembatan yang berada di ruas jalan tol Semarang-Solo kilometer 427. Panjang dari jembatan ini kurang lebihnya 400 m. Perubahan struktur jembatan terindikasi karena adanya pergerakan tanah, sehingga terjadi erosi dan amblesan di sebelah kiri timur jembatan Penggaron (Sutrisno, 2018).

Salah satu kondisi alam yang menyebabkan kerusakan jembatan adalah pergerakan tanah. Akibat pergerakan tanah tersebut maka struktur jembatan dapat mengalami deformasi. Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996). Deformasi diartikan perubahan kedudukan atau pergerakan titik pada suatu benda baik secara absolut maupun relatif. Pemantauan deformasi dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya, sipat datar, survei GNSS, gravimetri, radar, hidrogeologi dan lain sebagainya.

Metode yang biasa digunakan mengamati deformasi yaitu dengan survey GNSS (*Global Navigation Satellite System*). GNSS memiliki akurasi yang cukup tinggi dalam pemantauan berbasis *point*. GNSS memberikan nilai vektor pada *point* dalam tiga dimensi dan juga suatu sistem koordinat yang tunggal. Nilai vektor pergerakan yang dihasilkan tingkat presisi hingga milimeter baik secara spasial dan temporal. GNSS *dual-frequency* metode statik digunakan untuk memperoleh ketelitian yang tinggi di sekitar Jembatan Penggaron.

Tahun 2018 Fatimah melakukan survey deformasi daerah Jembatan Penggaron. Nilai analisis titik deformasi yang berada dibawah jembatan belum diketahui, sebab tahun 2018 dua titik acuan baru saja di survey oleh Fatimah (2018). Sebanyak dua dari enam titik menjadi acuan untuk survey GNSS berada dibawah Jembatan. Permasalahan yang terpenting dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui deformasi titik-titik yang berada di atas dan dibawah Jembatan Penggaron, guna untuk monitoring deformasi di sekitar jembatan tersebut.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil pengamatan survei GNSS pengukuran di sekitar Jembatan Penggaron pada rentang tahun 2018 sampai 2019 menggunakan stasiun CORS?

2. Bagaimana Konsistensi koordinat dengan menggunakan 5 titik ikat dan 1 titik ikat?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Maksud penelitian ini adalah untuk melakukan monitoring deformasi di sekitar jembatan Penggaron pada rentang tahun 2018 sampai 2019.
2. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai pergeseran di sekitar jembatan Penggaron dan mengecek konsistensi koordinat menggunakan stasiun CORS untuk analisis deformasi.

I.4 Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah :

1. Lokasi penelitian ini adalah sekitar Jembatan Penggaron pada Jalan Tol Semarang– Solo.
2. Data pengamatan yang digunakan adalah data pengamatan tahun 2018 dan data pengamatan tahun 2019.
3. Titik ikat yang digunakan adalah titik ikat CORS meliputi: CJPR, CMGL, CPKL, CPWD, dan CSEM.
4. Pengolahan data pengamatan GNSS menggunakan *Scientific Software GAMIT 10.7*.
5. Penelitian fokus pada pergeseran titik yang diakibatkan deformasi dalam 2 kali pengamatan.
6. Pengamatan diwakili patok-patok sekitar jembatan diantaranya yaitu BMDU, BMSA, CPDU, CPSA, TK 01, dan TK 02.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Pergerakan Tanah

Pergerakan tanah berupa longsor dari massa batuan/tanah ialah proses perpindahan suatu massa batuan/tanah yang disebabkan gaya gravitasi. Adanya gerakan tanah pada wilayah pemukiman yang dibangun di daerah perbukitan yang tidak memperhatikan kestabilan lereng, struktur batuan, dan proses geologi yang mungkin terjadi menyebabkan kerusakan bangunan, rumah, dan fasilitas umum (Noor,2011 dalam Marani, 2018). Proses-proses geologi baik yang berasal dari dalam bumi (endogen) maupun dari luar bumi (eksogen) dapat berdampak kurang baik bagi masyarakat yang berada di sekitarnya. Dampak tersebut dapat menyebabkan bahaya dan bahkan bencana geologi (*geological hazards*), seperti tanah longsor, letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami, erosi, salinasi, dan banjir. Bencana geologi memiliki dampak buruk bagi aktivitas manusia yaitu dapat menyebabkan korban jiwa dan kerugian material.

II.2 Deformasi

Deformasi ialah perubahan bentuk, posisi dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996). Deformasi dapat juga diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan titik pada suatu benda baik secara tetap maupun bergerak. Pergerakan absolut terjadi bila pergerakan suatu titik dilihat dari segi gerakan titik itu sendiri. Pergerakan relatif terjadi bila pergerakan suatu titik diamati dari referensi titik yang lain. Perubahan kedudukan umumnya

mengacu pada suatu sistem kerangka referensi yang digunakan.

II.3 GNSS

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) ialah suatu sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat (Abidin, 2001). Sistem GNSS dirancang guna memberikan posisi, kecepatan tiga dimensi, dan informasi mengenai waktu secara berkelanjutan di seluruh dunia tanpa ketergantungan dari waktu dan cuaca. GNSS apabila dibandingkan dengan sistem dan metode penentuan posisi yang lain memiliki kelebihan, baik secara posisi yang akurat maupun operasionalisasinya. Sudah banyak orang yang menggunakan sistem GNSS pada era ini. GNSS sudah banyak diaplikasikan dalam menentukan informasi tentang posisi di negara Indonesia..

Komponen-komponen GNSS terdiri dari tiga segmen utama yang perlu diperhatikan, diantaranya segmen angkasa (*space segment*), segmen sistem kontrol (*control system segment*), dan segmen pemakai (*user segment*) (Abidin, 2001).

1. Segmen Angkasa (*Space Segmen*)
Satelit GNSS dapat juga diartikan sebagai stasiun radio di angkasa dengan perlengkapan antena-antena untuk mengirim dan menerima sinyal-sinyal gelombang. Sinyal-sinyal ini langsung diterima oleh receiver
2. Segmen Sistem Kontrol
Segmen sistem kontrol memiliki fungsi guna mengontrol dan memantau operasional satelit. Segmen sistem kontrol ini juga memastikan satelit berfungsi dengan sebagai mestinya.
3. Segmen Pengguna
Segmen pengguna terbagi sebagai pemakai GNSS termasuk alat penerima dan pengolah sinyal serta data GNSS.

II.4 Sistem Koordinat

Sistem koordinat ialah suatu sistem untuk menentukan posisi titik terhadap kerangka koordinat tertentu. Sistem koordinat geodetik, lintang, bujur, dan tinggi ditentukan terhadap ellipsoida referensi menggunakan cara tertentu. Sistem koordinat mempermudah dalam pendeskripsian, perhitungan, dan analisis, baik yang bersifat geometrik maupun dinamik. Suatu sistem koordinat dapat didefinisikan dengan tiga parameter berikut ini :

1. Lokasi Titik Nol dari sistem koordinat posisi di permukaan bumi ditetapkan terhadap suatu sistem koordinat terestris. Titik nol dari sistem koordinat terestris di titik pusat massa bumi (sistem koordinat geosentrik). Titik nol sistem koordinat terestris titik di permukaan bumi (sistem koordinat toposentrik).
2. Sumbu koordinat posisi 3D suatu titik di permukaan bumi dinyatakan dalam sistem koordinat geosentrik. Berdasarkan parameter-parameter pendefinisi koordinat yang digunakan, dikenal dua sistem koordinat. Umumnya digunakan, yaitu

sistem koordinat Kartesian (X, Y, Z) dan sistem koordinat Geodetik (L, B, h). Selain itu koordinat 3D suatu titik juga bisa dinyatakan dalam suatu sistem koordinat toposentrik. Umumnya dalam bentuk sistem koordinat Kartesian (N, E, U).

3. Besaran (kartesian, *curvilinear*) yang digunakan untuk mendefinisikan posisi suatu titik dalam sistem koordinat Posisi titik juga dapat dinyatakan dalam 2D, baik dalam (L, B), ataupun dalam suatu sistem proyeksi tertentu (x, y) seperti Polyeder, *Traverse Mercator* (TM) dan *Universal Traverse Mercator* (UTM).

II.5 ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*)

Satu set koordinat dari beberapa titik terletak dipermukaan bumi disediakan oleh ITRF. ITRF ini biasanya digunakan untuk mengukur lempeng tektonik, *subsidence regional*, rotasi bumi. Rotasi bumi diukur dengan acuan kerangka yang diikatkan ke objek bintang. Objek bintang biasa disebut dengan ICRF (*International Celestial Reference Frame*).

IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) muncul tahun 1988. IERS digunakan untuk membangun dan memonitoring International ICRF dan ITRF. Parameter Orientasi Bumi (*Earth Orientation Parameters, EOPs*) menghubungkan dua kerangka tersebut menjadi satu keutuhan. Frame ini memberi suatu acuan guna pembandingan pengamatan dan hasil dari lokasi yang berbeda. ITRF informasinya dapat diperbaharui *secara real-time*. ITRF yang paling baru dibangun pada tahun 2008 ialah ITRF2008.

II.6 SRGI (*Sistem Referensi Geodesi Indonesia 2013*)

Indonesia mendefinisikan beberapa sistem referensi/datum keperluan survey pemetaan. Datum Indonesia yang selanjutnya diganti dengan DGN95 pada tahun 1996. DGN95 ialah sistem referensi geospasial yang bersifat statis. DGN95 digunakan sebelum adanya SRGI 2013 di Indonesia. SRGI 2013 ialah suatu terminologi modern yang sama dengan terminologi datum Geodesi Nasional (DGN).

SRGI 2013 menentukan lintang, bujur, tinggi, skala, gaya berat, dan orientasinya mencakup seluruh wilayah NKRI. Aspek pergerakan lempeng tektonik dan deformasi kerak bumi juga diperhitungkan oleh SRGI 2013. SRGI 2013 sangat diperlukan untuk mendukung kebijakan satu peta bagi Indonesia. Realisasidari SRGI 2013 dinyatakan dalam bentuk Jaring Kontrol Geodesi Nasional. Setiap titik kontrol geodesi memiliki nilai koordinat yang teliti baik nilai koordinat horizontal, vertikal maupun gaya berat.

II.7 CORS

CORS ialah suatu teknologi berbasis GNSS dengan wujud jaring kerangka geodetik. Jaring kerangka geodetik setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* mampu menangkap sinyal dari satelit. *Receiver* yang beroperasi secara kontinyu 24 jam mengumpulkan, merekam, mengirim data. Pengguna memanfaatkan data untuk

penentuan posisi, baik secara post-processing maupun real-time (Nugraha,2010).

CORS menyediakan data pengamatan antaralain, kode (*C/A*, *P1*, dan *P2*), data fase (*L1* dan *L2*), GPS ephemerides, koreksi DGPS, model ionosfer, dan troposfer. Data bisa diatur dan disesuaikan dengan keperluan. Data bisa disimpan per jam atau per hari, dengan selang waktu pengamatan per 1 detik, 5 detik, 10 detik, 15 detik, dan 30 detik. Data dapat dikirim melalui jaring telekomunikasi berkecepatan tinggi ke pusat pengendali jaringan. Data tersebut untuk disimpan, didistribusikan, atau diolah untuk kepentingan lainnya.

CORS juga menyediakan berbagai layanan antaralain, pengolahan data GPS secara online, transformasi datum, sistem proyeksi, dan penentuan tinggi ortometrik. Data tersebut dapat diakses dalam waktu 15 menit sejak pengguna mengirimkan data. Data yang ingin diolah sampai data selesai diolah dikirimkan langsung melalui email pengguna.

II.8 Perangkat Lunak GAMIT/GLOBK

GAMIT ialah suatu paket analisis data GPS yang komprehensif. Gamit dikembangkan oleh MIT (Massachusetts Institute of Technology) untuk melakukan perhitungan posisi tiga dimensi dan satelit orbit. GAMIT dikembangkan mulai tahun 1970. Pengembangan GAMIT bermigrasi dengan platform sistem operasi *Unix* pada tahun 1987. GAMIT semakin memungkinkan pengembangan skema pengolahan data GPS secara otomatis.

GLOBK ialah 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.

Pengolahan data pengamatan GNSS dengan GAMIT dilaksanakan melalui empat tahapan pengolahan diantaranya, *makexp*, *makex*, *fixdrv* dan *batch processing*. Hasil akhir dari pengolahan data pengamatan GNSS dengan GAMIT berupa *File H*. File ini digunakan untuk proses selanjutnya yaitu pengolahan dengan perangkat lunak GLOBK. *File H* hasil pengolahan dengan GAMIT dan file H global hasil download dari internet (*IGS H-files*) selanjutnya diolah dengan GLOBK. Hasil akhir pengolahan dengan GLOBK berupa file *.prt yang merupakan perhitungan akhir terhadap koordinat dan ketelitian tiap stasiun, panjang *baseline*, ketelitian dan matrik *baseline*-nya.

II.9 Perhitungan Analisis Deformasi

Perhitungan pergeseran dilakukan dengan mentransformasi koordinat menjadi toposentrik. Pengamatan pada tahun pertama digunakan sebagai titik origin. Sehingga menghasilkan pergeseran (n, e, u) dari

tahun pertama ke tahun berikutnya. Berikut rumus yang digunakan untuk transformasi koordinat (Abidin, 2009):

$$\begin{pmatrix} n_A \\ e_A \\ u_A \end{pmatrix} = R(\varphi_0, \lambda_0) \dots \dots \dots (1)$$

$$R(\varphi_0, \lambda_0) = \begin{pmatrix} -\sin \varphi_0 \cos \lambda_0 & -\sin \varphi_0 \sin \lambda_0 & \cos \varphi_0 \\ -\sin \lambda_0 & \cos \lambda_0 & 0 \\ \cos \varphi_0 \cos \lambda_0 & \cos \varphi_0 \sin \lambda_0 & -\sin \varphi_0 \end{pmatrix} \dots \dots \dots (2)$$

$$\begin{pmatrix} \Delta_X \\ \Delta_Y \\ \Delta_Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_A - X_0 \\ Y_A - Y_0 \\ Z_A - Z_0 \end{pmatrix} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- (n_A, e_A, u_A) = koordinat toposentrik titik A
- (φ_0, λ_0) = kooordinat geodetik titik 0 (origin sistem koordinat toposentrik)
- (X_A, Y_A, Z_A) = koordinat geosentrik titik A
- (X_0, Y_0, Z_0) = koordinat geosentrik titik 0 (origin sistem koordinat toposentrik)
- (R) = Matrik Rotasi
- $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ = Selisih Koordinat Tahun 2018 dan tahun 2019

Kecepatan pergeseran pertahun dihitung menggunakan rumus :

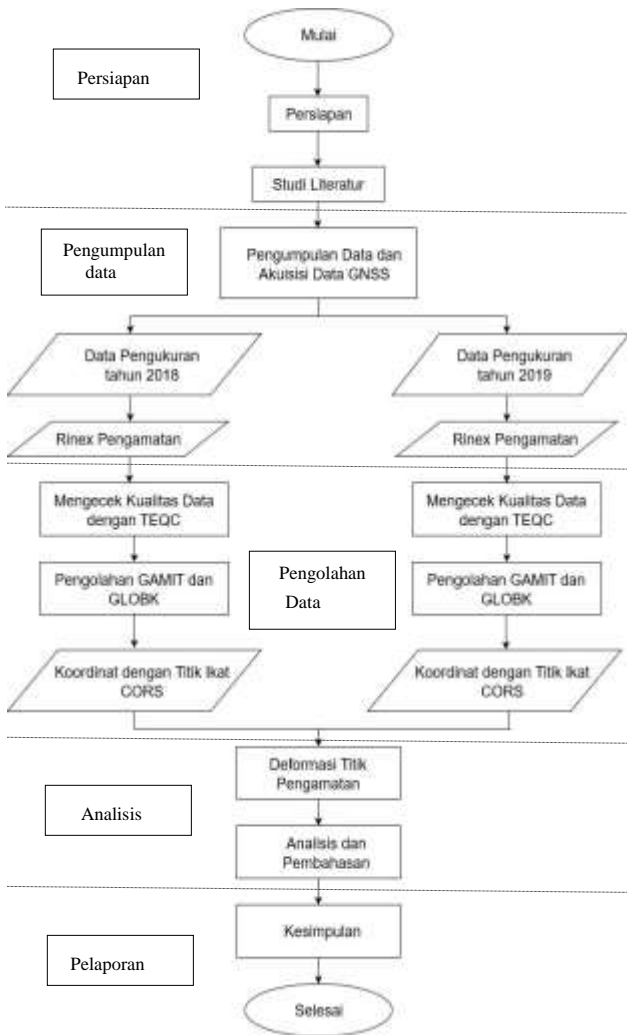
$$V = \frac{365}{(365+doy 2) - doy1} * d \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

- V = Kecepatan pergeseran pertahun
- doy 1 = *day of year* pengukuran pada tahun 2018
- doy 2 = *day of year* pengukuran pada tahun 2019
- d = Pergeseran yang terjadi antara doy 1 dan doy 2

III. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi 5 tahap yaitu persiapan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan pelaporan. Diagram Alir dari penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

III.1 Persiapan

1. Lokasi Penelitian

Lokasi pengamatan dari penelitian berada di sekitar jembatan Penggaron. Jembatan Penggaron berada di ruas jalan tol km 427 desa Susukan Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang. Titik pengamatan yang akan diteliti berjumlah enam buah. Titik-titik yang akan diamati diantaranya BMDU, BMSA, CPDU dan CPSA. Titik-titik tersebut merupakan patok dari PT Transmarga Jawa Tengah.

Empat titik tersebar dua di ujung utara sekitar jembatan arah ke Semarang. Dua titik lainnya berada di ujung selatan jembatan arah ke Solo. Titik TK01 dan TK 02 berada dibawah jembatan. Berikut merupakan peta persebaran titik-titik pengamatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Lokasi Penelitian

2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini di spesifikasikan dalam hardware dan software, sebagai berikut:

1. Hardware

- a. Laptop Acer Aspire E1-471-32342G50
- b. Receiver GNSS Topcon Hiper SR Dual Frequency
- c. Tripod
- d. Meteran

2. Software

- a. Sistem Operasi Linux dan Windows 10
- b. GAMIT 10.7 untuk pengolahan data GNSS
- c. GLOBK untuk pengolahan data koordinat pengamatan
- d. AutoCAD Civil 3d 2018
- e. Topcon Receiver Utility
- f. TEQC
- g. Topcon Link

3. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mengetahui dan memahami hal-hal yang akan dilakukan dalam melakukan penelitian. Studi Literatur dapat juga untuk mengetahui proses-proses yang akan dilakukan dalam penelitian. Studi literatur dilakukan agar penelitian dapat berjalan dengan baik dan bisa dipertanggung jawabkan.

III.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pengamatan GNSS meliputi dua pengamatan yang diambil ditahun 2018 dan 2019. Pengamatan GNSS tahun2018 dan 2019 dilakukan selama

8 jam dengan. DOY (Day of Years) pengamatan dan spesifikasi alat lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Pengamatan Data Lapangan Tahun 2018

Titik	Tanggal	Doy	Tipe Alat	Lama
BMDU	23 Juni 2018	174	Topcon Hiper SR	8 jam
BMSA	23 Juni 2018	174	Topcon Hiper SR	8 jam
CPDU	23 Juni 2018	174	Topcon Hiper GB	8 jam
CPSA	23 Juni 2018	174	Topcon Hiper GB	8 jam
TK 01	22 Juni 2018	173	Topcon Hiper SR	8 jam
TK 02	22 Juni 2018	173	Topcon Hiper SR	8 jam

Tabel 2 Pengamatan Data Lapangan Tahun 2019

Titik	Tanggal	Doy	Tipe Alat	Lama
BMDU	7 September 2019	250	Topcon Hiper SR	8 jam
BMSA	6 Agustus 2019	218	Topcon Hiper SR	8 jam
CPDU	7 September 2019	250	Topcon Hiper SR	8 jam
CPSA	6 Agustus 2019	218	Topcon Hiper SR	8 jam
TK 01	8 September 2019	251	Topcon Hiper SR	8 jam
TK 02	8 September 2019	251	Topcon Hiper SR	8 jam

Data sekunder berisi data titik ikat serta data data lain yang bisa didapatkan dengan cara melakukan *download*. Beberapa data tambahan yang dibutuhkan untuk proses selanjutnya, data tersebut antarlain:

- Data pengamatan stasiun CORS BIG selama 24 jam pada DOY (*Day of Year*) pengamatan. Data pengamatan di dapat dari pengadaan data dari Badan Informasi Geospasial (BIG) terdiri 5 titik ikat yaitu CPJR, CPKL, CPWD, CSEM, dan CMGL.
- File Broadcast ephemeris* (file navigasi satelit) diunduh dari situs <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gnss/data/daily> dengan format `brdc<doy>0.yyn`, diunduh berdasarkan DOY dan tahun pengamatan. Berikut contoh untuk data DOY 218 tahun 2019 dengan nama file `brdc2180.19n`.
- File Precise ephemeris* dengan format `sp3` diunduh dari situs <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gnss/products> dengan format `igs<gpsweek> <dayofweek>.sp3`, diunduh berdasarkan *gps week* dan *day of week* data pengamatan. Berikut contoh untuk data pengamatan *gps week* 2065 *day of week* tahun 2019 dengan nama file `igs20652.sp3`.
- H-files* global dengan format `higs1a.<yy><doy>` 2a, 3a, 4a, 5a, 6a, dan 7a diunduh dari situs <ftp://garner.ucsd.edu/pub/hfiles>. Berikut contoh *h-files* global untuk *doy* pengamatan 218 tahun 2019 dengan nama file `higs1a.19218`, `higs2a.19218`, `higs3a.19218`, `higs4a.19218`, `higs5a.19218`,

`higs6a.19218`, `higs7a.19218`. *H-files* global digunakan untuk tahapan pengolahan GLOBK.

III.3 Pengolahan Data

1. Mengecek Kualiatas Data (TEQC)

Proses sebelum pengolahan dengan menggunakan *software* GAMIT 10.7 dilakukan pengecekan kualitas data *rinex* pengamatan. Pengecekan data dilakukan menggunakan *software* TEQC (*Translating, Editing and Quality Check*). Tujuan dari proses pengecekan yaitu mengetahui nilai *multipath* dari data pengamatan, waktu mulai dan berakhir data pengamatan, interval perekaman, dan informasi lain mengenai kualitas data pengamatan seperti pengaruh ion terhadap perambatan sinyal. Pengecekan kualitas data dilakukan dengan perintah `command prompt` pada sistem operasi *windows* yang telah ada didalam direktori *file teqc.exe*.

2. Pengolahan GAMIT/GLOBK

Langkah pertama pengolahan data menggunakan *software* GAMIT perlu dilakukan pembuatan direktori kerja sesuai dengan project pengolahan. Proses selanjutnya yaitu editing file kontrol folder `/tables` yang terdapat diinstallan GAMIT. File kontrol harus di *link* ke folder project pengolahan sesuai dengan tahun pengamatan yang akan digunakan. File kontrol yang diedit meliputi *lfile*, *sestbl*, *sites.default*, *sittbl*, dan *station info*. Proses pengolahan GAMIT semua file ditempatkan pada masing-masing folder sesuai penempatannya. Langkah selanjutnya *Automatic Batch Processing* dengan menggunakan *software* GAMIT. Hasil pengolahan data dengan GAMIT salah satunya berupa *h-file*. Isi dari *h-file* berupa koordinat *a priori* dan juga *adjustment* dari setiap koordinat. File *h-file* dari hasil pengolahan dengan GAMIT berupa file ASCII. Tahap perhitungan dengan GLOBK, *h-file* tersebut harus berupa data biner, maka dari itu perlu dilakukan konversi ke data biner. Hasil dari perhitungan GLOBK adalah file dengan ekstensi `*.org`. Hasil koordinat pengolahan data GLOBK dapat dilihat dalam file `globk.org`.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Hasil Pengecekan Data dengan TEQC

Hasil pemeriksaan data pengamatan tahun 2018 dan 2019 dapat dilihat pada tabel Tabel 3 dan Tabel 4. Nilai MP1 dan MP2 tahun 2018 pengamatan lebih besar dari 0,5 m. Nilai MP1 dan MP2 terbesar terdapat pada titik CPSA dengan rata-rata 1.045 m. Nilai MP1 dan MP2 terkecil terdapat pada titik CPDU dengan rata-rata 0.525 m.

Nilai MP1 dan MP2 tahun 2019 pengamatan lebih besar dari 0,5 m. Nilai MP1 dan MP2 terbesar terdapat pada titik CPDU dengan rata-rata 1.463 m. Nilai MP1 dan MP2 terkecil terdapat pada titik TK02 dengan rata-rata 1.379 m.

Besarnya nilai MP1 dan MP2 ini disebabkan obstruksi di sekitar titik. Obstruksi berupa pepohonan yang cukup rimbun dan tiang listrik. Sehingga menghalangi sinyal dari satelit ke *receiver*. Pengolahan *software*

GAMIT terdapat parameter estimasi orbit satelit. Parameter ini untuk mengkoreksi data rinex pengamatan, sehingga kesalahan akibat efek *multipath* dapat dikurangi.

Tabel 3 Hasil Cek Kualitas Data Lapangan tahun 2018

Titik Pengamatan	Moving Average	
	Mp 1 (m)	Mp 2 (m)
BMDU	0,839	0,880
BMSA	0,588	0,585
CPDU	0,532	0,517
CPSA	1,020	1,071
TK 01	0,616	0,579
TK 02	0,728	0,768

Tabel 4 Hasil Cek Kualitas Data Lapangan tahun 2019

Titik Pengamatan	Moving Average	
	Mp 1 (m)	Mp 2 (m)
BMDU	0,875	0,742
BMSA	0,835	0,876
CPDU	1,251	1,676
CPSA	1,306	1,231
TK 01	1,044	1,128
TK 02	0,660	0,719

Hasil pemeriksaan data CORS tahun 2018 dan 2019 dapat dilihat pada tabel Tabel 5 dan Tabel 6. Nilai MP1 dan MP2 tahun 2018 terbesar terdapat pada titik CORS CJPR dengan rata-rata 1.600 m. Nilai MP1 dan MP2 terkecil terdapat pada titik CORS CMGL dengan rata-rata 0.245 m. Nilai MP1 dan MP2 tahun 2019 terbesar terdapat pada titik CORS CJPR dengan rata-rata 1.412 m. Nilai MP1 dan MP2 terkecil terdapat pada titik CORS CPKL dengan rata-rata 0.236 m. Besarnya nilai multipath disebabkan adanya obstruksi disekitar receiver. Obstruksi biasanya berupa pepohonan, bangunan, dan tiang listrik.

Tabel 5 Hasil Cek Kualitas Data Cors tahun 2018

Titik Pengamatan	Moving Average	
	Mp 1 (m)	Mp 2 (m)
CJPR	1,869	1,331
CMGL	0,226	0,264
CPKL	0,207	0,288
CPWD	1,050	1,065
CSEM	0,564	0,585

Tabel 6 Hasil Cek Kualitas Data Cors tahun 2019

Titik Pengamatan	Moving Average	
	Mp 1 (m)	Mp 2 (m)
CJPR	1,193	1,632
CMGL	0,227	0,259
CPKL	0,240	0,233
CPWD	1,022	1,115
CSEM	0,578	0,598

IV.2 Hasil Reduksi Baseline

Pengolahan pada penelitian kali ini memiliki 2 tahapan yaitu reduksi *baseline* dan perataan jaring.

Reduksi *baseline* pada pengolahan menggunakan GNSS menghasilkan komponen vektor ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) dan simpangan bakunya. Hasil reduksi *baseline* dan simpangan baku pada *software* GAMIT ditampilkan dalam *qfile*. Contoh hasil reduksi *baseline* pada jaring dengan doy 218 tahun 2019 ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Reduksi *Baseline Fixed Biasses*

Baseline		Delta X (m)	Std Dev (m)	Delta Y (m)	Std Dev (m)	Delta Z (m)	Std Dev (m)
Titik Awal	Titik Akhir						
BMSA	CJPR	-27913,723	0,010	-3487,987	0,025	56990,348	0,005
BMSA	CMGL	22675,599	0,010	3064,774	0,025	-39600,253	0,005
BMSA	CPKL	76882,104	0,010	30987,595	0,025	25051,079	0,005
BMSA	CPWD	-51152,494	0,010	-19336,556	0,025	2100,134	0,005
BMSA	CSEM	3881,732	0,010	2957,621	0,025	14044,969	0,005

Hasil reduksi *baseline* pada jaring yang memuat titik BMSA dengan doy 218. Reduksi *baseline fix biasses solution* menghasilkan standar deviasi dengan rata-rata $X = 0,010, Y = 0,025, Z = 0,005$.

IV.3 Hasil Pengolahan GAMIT

Proses pengolahan GAMIT akan menghasilkan file baru dari hasil pengolahan data sebelumnya. Data yang digunakan untuk mengetahui informasi penting dan proses pengolahan selanjutnya adalah berupa file *h-files*. File *h-files* yaitu file yang memuat nilai *adjustment* dan matriks varian kovarian yang digunakan sebagai input dalam pengolahan GLOBK. File *h-files* hasil pengolahan GAMIT dihasilkan dalam masing-masing DOY dengan format file `h<nama_project>a.<doy>`, misalnya `hr218a.19218`. Hasil file `hr218a.19218` dapat dilihat pada Gambar 3.

label(units)	a priori	adjustment
1*BMSA GEOC LAT rad	-0.1233552531259158	-0.5191530076062948D-09
2*BMSA GEOC LONG rad	1.9271785536116184	-0.1450204315611823D-09
3*BMSA RADIUS km	6378.1649242218891231	0.3890611442629205D-05
10*CPSA GEOC LAT rad	-0.1234969911771661	0.9945163504024445D-09

Gambar 3 Tampilan Nilai *A Priori* dan *Adjustment* di dalam *h-file*

Kolom *a priori* merupakan koordinat *a priori* hasil pengolahan ditampilkan pada kolom *a priori* dalam bentuk radian yang nantinya ditentukan koordinat akhirnya pada GLOBK. Kolom *adjustment* merupakan hasil perataan dari proses GAMIT. Titik ikat mempunyai nilai *adjustment* 0 yang berarti titik ikat tetap. Matriks varian kovarian yang terdapat dalam *hfile* juga berpengaruh terhadap pemrosesan dalam GLOBK dapat dilihat pada Gambar 4.

Covariance matrix:

```

1. 0.8997128378686554D-18
2. 0.1132961410958901D-18 0.6490730494208052D-17
3. 0.9592425732622732D-14 0.05503655726683022D-14 0.08563062864059244D-09
10. 0.2444016496889488D-18 0.09707947279825360D-19 0.2211972093613329D-14
0.05783815204300971D-17
11. 0.2941495317342968D-18 0.1790139890683832D-17 0.04071131351864297D-14
0.05493390866826541D-17 0.07123728153462403D-16
12. 0.1855245949647186D-14 0.03264572969792669D-14 0.02010999316583260D-09
0.4302251320543117D-13 -0.1714301776561077D-12
0.5727012015572450D-08
19. -0.4301092114836598D-11 0.2784077656100601D-11 -0.2289833780869758D-06
0.0524426642346681D-11 -0.1597497596483071D-11
0.8028231841244703D-08 0.1677120338194634D-01
20. 0.6393018029381067D-12 0.2870052447913226D-11 0.7466465703577073D-07
0.4654866235787151D-11 -0.3313367428098202D-12
    
```

Gambar 4 Matrik Kovarian dalam *h-file*

IV.4 Hasil Pengolahan GLOBK

Hasil dari pengolahan menggunakan GLOBK yaitu file yang berekstensi *.org. File tersebut merupakan hasil dari proses pengolahan dengan gred dan globk. Koordinat hasil pengolahan berupa koordinat geosentrik, toposentrik, dan UTM. Penelitian ini juga menghasilkan koordinat geodetik hasil dari transformasi koordinat. Hasil koordinat dengan 5 titik dapat dilihat pada Tabel 8 sampai Tabel 15.

Tabel 8 Koordinat Geosentrik Menggunakan 5 CORS Tahun 2018

Titik	Koordinat Geosentrik			Standar Deviasi		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	std X (m)	std Y (m)	std Z (m)
BMDU	-2208442,671	5931804,592	-785681,065	0,010	0,010	0,008
BMSA	-2208344,162	5931974,207	-784786,355	0,008	0,009	0,007
CPDU	-2208427,462	5931938,027	-784814,619	0,007	0,007	0,007
CPSA	-2208501,444	5931785,798	-785682,208	0,010	0,010	0,008
TK01	-2208376,649	5931865,927	-785194,758	0,008	0,010	0,008
TK02	-2208461,243	5931821,196	-785180,631	0,008	0,010	0,008

Tabel 9 Koordinat Geosentrik Menggunakan 5 CORS Tahun 2019

Titik	Koordinat Geosentrik			Standar Deviasi		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	std X (m)	std Y (m)	std Z (m)
BMDU	-2208442,715	5931804,566	-785681,071	0,008	0,010	0,008
BMSA	-2208344,115	5931974,003	-784786,335	0,009	0,010	0,008
CPDU	-2208427,468	5931937,909	-784814,608	0,008	0,010	0,008
CPSA	-2208501,435	5931785,754	-785682,206	0,009	0,010	0,008
TK01	-2208376,699	5931865,931	-785194,720	0,008	0,010	0,008
TK02	-2208461,299	5931821,168	-785180,621	0,008	0,010	0,008

Tabel 10 Koordinat UTM Menggunakan 5 CORS Tahun 2018

Titik	Koordinat UTM		
	E (m)	N (m)	H (m) Ellipsoid
BMDU	436017,070	9212608,653	340,837
BMSA	435864,501	9213511,350	353,582
CPDU	435955,189	9213482,829	352,277
CPSA	436078,683	9212607,955	343,850
TK01	435933,220	9213095,179	314,733
TK02	436028,051	9213107,774	300,672

Tabel 11 Koordinat UTM Menggunakan 5 CORS Tahun 2019

Titik	Koordinat UTM		
	E (m)	N (m)	H (m) ellipsoid
BMDU	436017,120	9212608,646	340,829
BMSA	435864,529	9213511,344	353,581
CPDU	435955,235	9213482,827	352,167
CPSA	436078,690	9212607,951	343,806
TK01	435933,229	9213095,164	314,721
TK02	436028,085	9213107,752	300,651

Tabel 12 Koordinat Toposentrik Menggunakan 5 CORS Tahun 2018

Titik	Koordinat Toposentrik		
	n (m)	e (m)	u (m)
BMDU	-792933,879	12197119,674	340,837
BMSA	-792024,722	12197196,655	353,582
CPDU	-792053,557	12197211,211	352,277
CPSA	-792934,650	12197181,310	343,850
TK01	-792443,866	12197112,598	314,733
TK02	-792431,300	12197207,468	300,672

Tabel 13 Koordinat Toposentrik Menggunakan 5 CORS Tahun 2019

Titik	Koordinat Toposentrik		
	n (m)	e (m)	u (m)
BMDU	-792933,879	12197119,725	340,829
BMSA	-792024,728	12197196,682	353,581
CPDU	-792053,557	12197211,257	352,269
CPSA	-792934,656	12197181,311	343,806
TK01	-792443,889	12197112,641	314,700
TK02	-792431,333	12197207,484	300,650

Tabel 14 Koordinat Geodetik Menggunakan 5 CORS Tahun 2018

Titik	Koordinat Geodetik		
	L (m)	B (m)	H (m) Ellipsoid
BMDU	-7,123	110,421	340,837
BMSA	-7,115	110,419	353,582
CPDU	-7,115	110,420	352,277
CPSA	-7,123	110,421	343,850
TK01	-7,119	110,420	314,733
TK02	-7,119	110,421	300,672

Tabel 15 Koordinat Geodetik Menggunakan 5 CORS Tahun 2019

Titik	Koordinat Geodetik		
	L (m)	B (m)	H (m) Ellipsoid
BMDU	-7,123	110,421	340,829
BMSA	-7,115	110,419	353,581
CPDU	-7,115	110,420	352,168
CPSA	-7,123	110,421	343,806
TK01	-7,119	110,420	314,721
TK02	-7,119	110,421	300,650

Hasil koordinat dengan 5 titik ikat akan diuji kekonsistennannya dengan membandingkan pengolahan menggunakan 1 titik. Penelitian ini yang dibandingkan hanya koordinat geosentrik karena koordinat geosentrik sebagai data masukan transformasi ke koordinat toposentrik permukaan. Titik ikat yang digunakan antara lain CJPR (Jepara), CMGL (Magelang), CPKL (Pekalongan), CPWD (Purwodadi), dan CSEM (Semarang). Nilai perbandingan dapat dilihat pada Tabel 16 dan Tabel 17.

Perbandingan koordinat tahun 2018 antara titik ikat 5 cors dan 1 cors mempunyai nilai yang berbeda. Selisih rata-rata terbesar terdapat pada titik ikat CJPR dengan nilai X= 2,3 mm, sumbu Y= 3 mm, dan sumbu Z= 1 mm. Selisih rata-rata terkecil terdapat pada titik ikat CMGL dengan nilai sumbu X= 0,5 mm, sumbu Y= 0,5 mm, dan sumbu Z= 0,8 mm.

Perbandingan koordinat tahun 2019 antara titik ikat 5 cors dan 1 cors mempunyai nilai yang berbeda. Selisih rata-rata terbesar terdapat pada titik ikat CPWD dengan nilai X= 4,2 mm, sumbu Y= 2,1 mm, dan sumbu Z= 0,8 mm. Selisih rata-rata terkecil terdapat pada titik ikat CPKL dengan nilai sumbu X= 1,7 mm, sumbu Y= 1,5 mm, dan sumbu Z= 0,7 mm.

Tabel 16 Tabel Perbandingan Koordinat 5 CORS dan 1 CORS 2018

Titik	5 cors	Koordinat (m)	Selisih Koordinat				
			CJPR (m)	CMGL (m)	CPKL (m)	CPWD (m)	CSEM (m)
BMDU	X	-2208442,671	0,002	0,001	0,002	0,004	0,002
	Y	5931804,592	-0,002	0,000	0,001	0,001	0,000
	Z	-785681,065	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
BMSA	X	-2208344,162	-0,004	-0,002	-0,001	-0,003	-0,001
	Y	5931974,207	-0,004	-0,001	-0,002	-0,002	-0,002
	Z	-784786,355	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	-0,001
CPDU	X	-2208427,462	-0,001	0,000	-0,001	-0,002	-0,002
	Y	5931938,027	0,005	0,000	0,001	0,001	0,001
	Z	-784814,619	-0,002	0,000	-0,001	-0,001	-0,001
CPSA	X	-2208501,444	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000
	Y	5931785,798	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
	Z	-785682,208	0,002	0,000	-0,003	0,000	0,000
TK01	X	-2208376,649	-0,002	0,000	0,001	0,004	0,004
	Y	5931865,927	-0,003	-0,001	-0,001	-0,003	-0,003
	Z	-785194,758	0,000	-0,004	0,000	-0,001	-0,001
TK02	X	-2208461,243	0,002	0,000	-0,001	-0,001	-0,001
	Y	5931821,196	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001
	Z	-785180,631	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001

Tabel 17 Tabel Perbandingan Koordinat 5 CORS dan 1 CORS 2019

Titik	5 Cors	Koordinat (m)	Selisih Koordinat				
			CJPR (m)	CMGL (m)	CPKL (m)	CPWD (m)	CSEM (m)
BMDU	X	-2208442,715	0,005	0,002	0,001	-0,004	-0,003
	Y	5931804,566	0,001	0,002	0,001	-0,002	-0,002
	Z	-785681,071	-0,002	0,001	0,000	0,003	0,001
BMSA	X	-2208344,115	-0,004	-0,003	-0,003	-0,005	-0,003
	Y	5931974,003	-0,001	-0,001	0,000	0,001	0,000
	Z	-784786,335	0,000	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002
CPDU	X	-2208427,468	-0,005	-0,002	-0,001	0,004	0,004
	Y	5931937,909	-0,001	-0,002	-0,001	0,002	0,004
	Z	-784814,608	0,002	-0,001	0,000	-0,003	-0,002
CPSA	X	-2208501,435	0,004	0,003	0,003	0,005	0,004
	Y	5931785,754	0,001	0,001	0,000	-0,001	0,000
	Z	-785682,206	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002
TK01	X	-2208376,699	0,000	0,000	-0,001	-0,004	-0,003
	Y	5931865,931	-0,006	-0,002	-0,004	0,002	0,004
	Z	-785194,720	0,007	0,003	0,002	0,004	0,005
TK02	X	-2208461,299	-0,003	0,001	0,001	0,004	-0,002
	Y	5931821,168	-0,001	0,001	0,003	0,005	0,003
	Z	-785180,621	0,000	0,000	0,000	0,004	0,001

IV.5 Analisis Deformasi Titik Pengamatan

Deformasi disekitar Jembatan Penggaron dapat dilihat dari pergeseran 6 titik pengamatan. Koordinat digunakan yaitu koordinat Toposentrik dengan menggunakan 5 titik ikat. Penelitian ini titik origin yang dijadikan sebagai acuan penentuan koordinat Toposentrik tahun 2018. Koordinat pembandingnya yaitu koordinat Toposentrik tahun 2019. Berikut ini merupakan pergeseran masing-masing titik dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18 Pergeseran Koordinat Toposentrik Menggunakan 5 CORS

Titik	Vektor Pergeseran			Resultan (m)	Azimut (°)
	dn (m)	de (m)	du (m)		
BMDU	0,000	0,051	-0,008	0,051	89,537
BMSA	-0,006	0,027	-0,001	0,028	101,769
CPDU	0,000	0,046	-0,008	0,046	90,174
CPSA	-0,006	0,002	-0,044	0,006	164,251
TK01	-0,024	0,043	-0,033	0,049	118,584
TK02	-0,033	0,016	-0,022	0,036	154,59

Pergeseran terbesar terjadi pada titik pengamatan BMDU dengan nilai resultan sebesar 0,051 m ke arah 89,537 derajat. Pergeseran terkecil terjadi pada titik pengamatan CPSA dengan resultan sebesar 0,006 m ke arah 164,251 derajat. Penurunan terbesar terjadi pada titik amat CPSA dengan nilai u=-0,044 m. Penurunan terendah terjadi pada titik amat CPSA dengan nilai u = -0,001 m.

Nilai pergeseran di sekitar Jembatan Penggaron yang didapat dari hasil pengamatan diharuskan melalui suatu uji statistik. Proses uji statistik berguna untuk memastikan kebenaran hasil perhitungan. Hasil uji statistik menyatakan bahwa terdapat pergeseran pada titik BMDU, BMSA, CPDU, TK01 dan TK02. Titik CPSA terjadi pergeseran, namun secara statistik dianggap tidak mengalami penurunan yang dapat dilihat pada tabel 19.

Tabel 19 Uji Statistik Pergeseran

Titik	Pij (m)	Std Pij (m)	t Hitung	T tabel	h0	Pergeseran
BMDU	0,051	0,014	3,674051	1,96	ditolak	Ya
BMSA	0,028	0,012	2,296921	1,96	ditolak	Ya
CPDU	0,046	0,009	4,889433	1,96	ditolak	Ya
CPSA	0,006	0,014	0,427427	1,96	diterima	tidak
TK 01	0,049	0,013	3,887276	1,96	ditolak	Ya
TK 02	0,036	0,013	2,877087	1,96	ditolak	Ya

Pergeseran yang terjadi menggunakan 5 titik ikat dapat dihitung kecepatan pergeseran per tahunnya. Tabel 20 menunjukkan hasil kecepatan pergeseran titik pertahun. Perhungan kecepatan pergeseran diperoleh selama 1 tahun terhitung dari bulan Maret 2018 sampai Maret 2019. Pergeseran terbesar terdapat pada titik BMDU dengan nilai resultan 0,042 m/tahun ke arah 89,537°. Pergeseran terkecil terdapat pada titik CPSA dengan nilai resultan 0,005 m/tahun ke arah 164,251°. Vektor pergeseran dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 20 Kecepatan Pergeseran Titik per Tahun

Titik	Kecepatan pergeseran			Resultan (m)	Azimut (°)
	Vn (m)	Ve (m)	Vu (m)		
BMDU	0,000	0,042	-0,007	0,042	89,537
BMSA	-0,005	0,024	-0,001	0,025	101,769
CPDU	0,000	0,038	-0,007	0,038	90,174
CPSA	-0,005	0,001	-0,039	0,005	164,251
TK01	-0,019	0,036	-0,027	0,040	118,584
TK02	-0,027	0,013	-0,018	0,030	154,59



Gambar 5 Visualisasi Vektor Pergeseran

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengamatan GNSS dengan rentang waktu Maret tahun 2018 sampai September tahun 2019 mendeteksi adanya pergeseran di sekitar jembatan Penggaron. Pergeseran terbesar terjadi pada titik pengamatan BMDU dengan nilai resultan sebesar 0,051 m ke arah 89,537 derajat. Pergeseran terkecil terjadi pada titik pengamatan CPSA dengan resultan sebesar 0,006 m ke arah 164,251 derajat. Penurunan terbesar terjadi pada titik amat CPSA dengan nilai du=-0,044 m. Penurunan terendah terjadi pada titik amat BMSA dengan nilai du= -0,001 m.
2. Konsistensi hasil koordinat geosentrik dengan 5 titik ikat dibandingkan dengan 1 titik ikat memiliki selisih kurang dari 5 mm. Perbandingan koordinat geosentrik tahun 2018 selisih rata-rata terbesar terdapat pada titik ikat CJPR dengan nilai X= 2,3 mm, sumbu Y= 3 mm, dan sumbu Z= 1 mm. Perbandingan koordinat geosentrik tahun 2019 selisih rata-rata terbesar terdapat pada titik ikat CPWD dengan nilai X= 4,2 mm, sumbu Y= 2,1 mm, dan sumbu Z= 0,8 mm.

V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya. Berikut beberapa saran yang dapat disampaikan:

1. Perencanaan yang matang guna memperoleh data yang baik. Seperti membersihkan ranting pohon disekitar titik pengamatan agar efek multipath dapat diminimalisir.
2. Penambahan titik pengamatan ditubuh Jembatan Penggaron guna keperluan memonitoring pergerakan jembatan.
3. Pengamatan GNSS di sekitar Jembatan Penggaron harus dilakukan setiap tahun untuk keperluan monitoring pergerakan tanah.
4. Memilih strategi pengolahan GAMIT dengan titik ikat Stasiun CORS, karena masih dalam lingkup regional dan jarak dari titik pengamatn tidsk terlalu jauh.

Daftar Pustaka

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

Abidin, H. Z., 2006. *Materi ajar survei satelit-modul 3: GNSS positioning*. Teknik Geodesi. Intitut Teknologi Bandung. Bandung.

Fatimah, Siti. 2019. *Survey Deformasi Daerah Jembatan Penggaron Dengan Metode GPS Tahun 2018*. Teknik Geodesi. Universitas Diponegoro. Semarang.

Kuang, S. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concept and Application*. Michigan: Ann Harbour Press, Inc.

Hajri, A., Yuwono B.D, Sasmito B. (2017). Kajian Penentuan Posisi Jaring Kontrol Horizontal dari Sistem Tetap (DGN-95) ke SRGI (Studi Kasus : Sulawesi Barat). Semarang. Jurnal Geodesi UNDIP Volume 6, Nomor 1, Tahun 2017

Herreing, T. A., R. W. King, M. A. Floyd, S. C. McClusky. 2015. *Globk Reference Manual Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology*. Cambridge, MA 02139. Amerika Serikat.

Herreing, T. A., R. W. King, M. A. Floyd, S. C. McClusky. 2015. *Introduction to GAMIT/GLOBK Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology*. Cambridge, MA 02139. Amerika Serikat.

Marani, M. I. R. (2018). *Penentuan Zona Gerakan Tanah dan Analisis Kemantapan Lereng di Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Teknik Geologi. UNDIP. Semarang.*

Suharyadi. 2009. *Pengantar Geologi Teknik*. Biro Penerbit UGM. Yogyakarta

Pustaka dari Internet

ESDM, 2019. *Pengenalan Gerakan Tanah* <https://www.esdm.go.id> Di akses pada tanggal 08 Februari 2020.

Nugraha, Arry Prasetya. 2010. *CORS (Continuously Operating Reference Stations)*. <http://arryprasetya.blogspot.co.id/2010/12/continuously-operating-reference.html>. Diakses pada tanggal 19 November 2019.

Sutrisno. 2018. *Dampak Sosial Pemeliharaan Jalan Tol Semarang Bawen KM21-22(Jembatan Penggaron)*. www.antonsutrisno.com. Diakses pada tanggal 19 November 2019.