

BLUNDER PENGOLAHAN DATA GPS

(Blunder GPS Data Processing)

Agung Syetiawan

Badan Informasi Geospasial

Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Cibinong 16911, Indonesia

E-mail: agung.syetiawan@big.go.id

Diterima (received): 20 Maret 2016; Direvisi (revised): 12 Mei 2016; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 16 Mei 2016

ABSTRAK

Pengamatan satelit menghasilkan koordinat posisi berdasarkan pada perjalanan sinyal dari satelit ke antenna yang ada di Bumi. Pada perjalanannya, sinyal satelit tersebut mengalami berbagai macam hambatan yang menyebabkan data hasil posisi menjadi tidak akurat. Selain kesalahan sistematis dari perangkat dan kesalahan yang sudah dihilangkan menggunakan mekanisme tertentu terdapat kesalahan yang seharusnya tidak muncul. Kesalahan ini akibat kecuranghatian pengolah data saat processing data satelit, penyebabnya mungkin bisa jadi kurang berhati-hati atau bahkan pengolah data kurang memiliki pemahaman terkait dengan metode pengolahan data terutama metode pengukuran tinggi alat (*height of instrument*). Kesalahan ini menyebabkan kualitas posisi yang dihasilkan berkurang, kesalahan yang sering terjadi ini dinamakan dengan *blunder*. Kebanyakan blunder bersumber pada metode yang digunakan untuk mengukur tinggi instrument, perlu diperhatikan juga bahwa pengolahan data sinyal oleh perangkat lunak dilakukan di *Antenna Phase Center* nya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek blunder pengolahan data GPS terhadap hasil data posisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa blunder yang bersumber dari tidak ditentukannya tipe antenna akan mempengaruhi hasil koordinat tinggi sebesar nilai *offset* dari antenna tersebut yaitu pada penelitian ini sebesar 10 cm dari nilai sebenarnya. Kemudian untuk sumber kesalahan pengolahan dari tidak memasukkan nilai koordinat definitif yaitu pada penelitian ini memiliki kesalahan error sebesar 3,113 m untuk komponen tinggi dan 73 cm dan 32 cm untuk komponen horizontalnya. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kesalahan *blunder* pada pengolahan data satelit sangat mempengaruhi kualitas data posisi yang dihasilkan, terutama pada koordinat tingginya.

Kata kunci: *blunder*, pengolahan data satelit, *Antenna Phase Center*, posisi

ABSTRACT

Satellite observations produce coordinate position based on the signals travel from the satellite to the antenna on Earth. On its journey, the satellite signal subjected to various kinds of barriers that cause data to become inaccurate positioning results. In addition to a systematic error of the device and the error has been eliminated using a specific mechanism there is an error that should not appear. This error is due to carelessness of data processor when processing satellite data, the cause might be less cautious or even lack an understanding of data processing associated with data processing methods particularly height measurement methods tool (Height of Instrument). This error causes the quality of the resulting position is reduced, a common mistake is called the error blunder. Most blunder rooted in the methods used to measure the height of the instrument, it should be noted that the data processing by software signal carried on its Antenna Phase Center. This study aimed to determine the effects of blunders on the results of data processing GPS position data. The results showed that the blunder derived from it determines the type of antenna will not affect the outcome of the high amount of the offset coordinates of the antenna is on the study of 10 cm from the actual value. Then to the source of the error of not entering the coordinate value that is definitive in this study had an error of 3.113 m for the vertical components and 73 cm and 32 cm for the horizontal component. From these results it can be concluded that the blunders in satellite data processing greatly affects the quality of the resulting position data, especially at the height coordinates.

Keywords: *blunder*, satellite data processing, *Antenna Phase Center*, positioning

PENDAHULUAN

Penentuan posisi dengan teknologi satelit (GPS, GLONASS, Galileo dan Beidou) pada dasarnya dilakukan dengan prinsip pengikatan ke belakang yaitu dengan mengukur jarak dari

beberapa satelit yang sudah diketahui posisinya (Kaplan & Hegarty, 2005; Leick, Rapoport, & Tarnikov, 2015) sehingga posisi pengamat di Bumi dapat ditentukan. Pada perjalanannya, sinyal satelit tersebut mengalami berbagai macam hambatan yang menyebabkan data hasil posisi

menjadi tidak akurat. Data pengamatan GPS pun tidak lepas dari adanya kesalahan. Satu pengamatan *one way* dapat dirumuskan pada **persamaan 1** dan **persamaan 2** sebagai berikut (Abidin, 2007):

$$P = \rho + d\rho + d_{trop} + d_{ion} + (dt - dT) + MP + vP \dots (1)$$

$$L = \rho + d\rho + d_{trop} + d_{ion} + (dt - dT) + \lambda \cdot N + MC + vC \dots (2)$$

dimana:

- P : Data ukuran *pseudorange*
- L : Data ukuran beda fase
- ρ : Jarak geometrik satelit ke pengamat
- $d\rho$: Efek kesalahan orbit satelit
- d_{trop} : Kesalahan *troposphere*
- d_{ion} : Kesalahan *ionosphere*
- dt : Kesalahan jam *receiver*
- dT : Kesalahan jam satelit
- MP : Efek *multipath pseudorange*
- vP : *Noise* pada *pseudorange*
- λ : Panjang gelombang sinyal GPS
- N : Ambiguitas fase
- MC : Efek *multipath* fase gelombang GPS
- vC : *Noise* pada fase gelombang GPS

Persamaan 1 merupakan persamaan yang menggunakan pengamatan beda waktu (*pseudorange*) sementara **persamaan 2** adalah persamaan yang menggunakan beda fase. Seperti yang dapat dilihat dari persamaan 1 dan 2, pengamatan beda waktu maupun beda fase sangat dipengaruhi oleh kesalahan dan bias seperti kesalahan troposfer, kesalahan ionosfer, kesalahan waktu, efek multipath dan kesalahan ambiguitas fase (Ge, Han, & Rizos, 2000; Williams et al., 2004). Berbagai macam cara pun dilakukan untuk mereduksi kesalahan dan bias tersebut, salah satunya adalah menggunakan teknik pengolahan diferensial maupun dengan cara menggunakan orbit satelit teliti (*precise ephemeris*) atau melakukan pengamatan sinyal dual frekuensi. Teknik integrasi multi-GNSS pun dilakukan untuk mempercepat proses *solve ambiguity phase* (L. Pan, Cai, Santerre, & Zhu, 2014; Z. Pan, Chai, & Kong, 2017; Yu & Gao, 2017).

Selain kesalahan sistematik dari perangkat dan kesalahan yang sudah dihilangkan menggunakan teknik pengolahan diferensial terdapat kesalahan yang seharusnya tidak muncul. Kesalahan ini akibat kekuranghatian pengolah data saat *processing* data satelit, penyebabnya mungkin bisa jadi kurang berhati-hati atau bahkan pengolah data kurang memiliki pemahaman terkait dengan metode pengolahan data terutama metode pengukuran tinggi alat (*Height of Instrument*). Kesalahan ini menyebabkan kualitas posisi yang dihasilkan

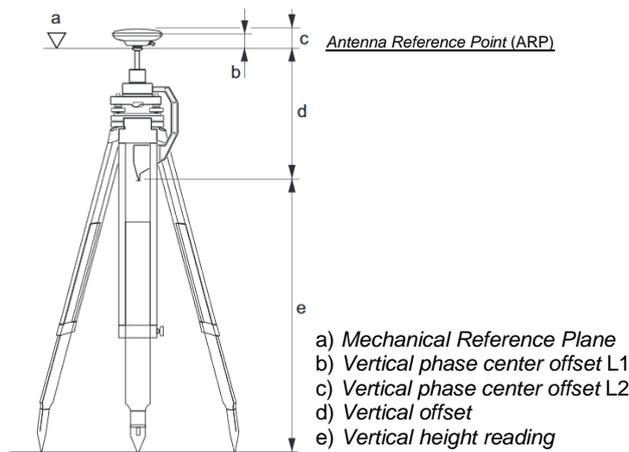
berkurang (Meyer & Hiscox, 2005), kesalahan yang sering terjadi ini dinamakan dengan kesalahan *blunder*.

Dalam pengukuran terestris (menggunakan Total Station ataupun sipat datar) *blunder* dideteksi dengan melihat nilai hasil uji statistika. Oleh karena itu, survei terestris harus dilakukan dengan redundansi (pengulangan pengukuran) yang cukup untuk mencegah kesalahan terjadi. Berbeda dengan pengukuran GPS, semua kesalahan *blunder* harus dihilangkan terlebih dahulu sebelum pengolahan data sehingga posisi dihasilkan lebih baik.

Kesalahan *blunder* yang selama ini sering ditemui antara lain: kesalahan mendefinisikan tipe antenna yang digunakan, kesalahan menyebutkan metode pengukuran tinggi antenna dan kesalahan memasukkan koordinat definitif titik ikat pengukuran (metode pengolahan diferensial). Penelitian ini mengkaji sumber kesalahan yang sering dilakukan pada pengolahan data satelit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek *blunder* pengolahan data GPS terhadap hasil pengolahan data posisi. Dalam penentuan posisi teliti, kesalahan sekecil apapun mutlak harus dihilangkan, sehingga kualitas hasil posisi tetap terjaga. Harapan dari penelitian ini adalah menambah pengetahuan terkait dengan *blunder* pengolahan data GPS, sehingga ke depannya pengolah data mempunyai pemahaman yang memadai tidak melakukan kesalahan *blunder* ini. *Blunder* akan membuat koordinat posisi yang dihasilkan menjadi tidak akurat.

Kesalahan memasukkan tinggi antenna

Kesalahan ini sering ditemukan ketika pengolah data menggunakan perangkat tambahan untuk mengukur tinggi antenna. Seperti contoh ketika menggunakan peralatan Antenna Leica GPS1200. Pengukuran tinggi dilakukan menggunakan meteran yang didesain khusus (*height hook*) mengukur tinggi dari titik pengamatan (*ground mark*) langsung ke ujung dari *height hook*, seperti dapat dilihat pada **Gambar 1**. *Vertical height reading* ini yang nantinya akan dicatat dan dalam pengolahan data harus ditambahkan *vertical offset* untuk mendapatkan nilai tinggi di ARP. Besaran *vertikal offset* adalah 0,360 m seperti dapat ditunjukkan pada **Gambar 1**, sementara nilai *vertical phase center offset* sesuai dengan tipe antenna yang digunakan. Banyak para pengolah data yang mengira hasil *vertical height reading* ini merupakan nilai tinggi yang langsung bisa digunakan, tanpa menambahkan *vertical offset* terlebih dahulu sehingga menyebabkan terjadi kesalahan yang berakibat pada kualitas posisi yang dihasilkan.



Gambar 1. *Antenna Height* pada pengukuran menggunakan tripod.

Kesalahan Mendefinisikan Tipe Antenna GPS

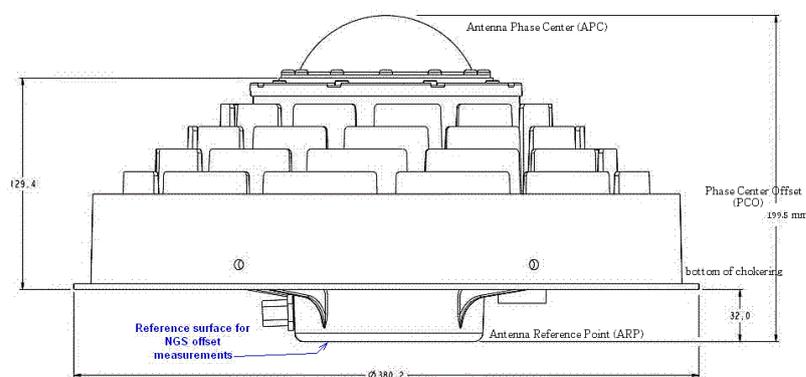
Penentuan posisi menggunakan GPS, posisi dihitung berdasarkan pada perjalanan sinyal satelit yang diterima pada titik yang disebut dengan *Antenna Phase Center-APC* (Bartels, 1997; Geiger, 1990). Data sinyal yang diterima oleh antenna akan diolah oleh perangkat lunak di posisi *Antenna Phase Center* nya. Posisi APC sendiri terletak di suatu tempat di sekitar area bagian atas antenna. Pengukuran tinggi antenna vertikal biasanya dilakukan dari titik pengamatan ke titik di antenna yang sudah ditentukan oleh produsen alat sebagai titik referensi atau sering disebut sebagai *Antenna Reference Point (ARP)*. Konstanta vektor antara APC dan ARP disebut dengan *Phase Center Offset (PCO)*. Ilustrasi posisi ARP dan APC dapat dilihat pada **Gambar 2**. Pada **Gambar 2** tersebut disajikan dimensi dari Antenna merk Leica tipe AR25 *choke ring* antenna beserta dengan offset tinggi antenna dari ARP ke *Antenna Phase Center* nya (PCO). **Gambar 3** pun menyajikan data dimensi beserta offset ketinggian antenna Leica tipe AX1202, tinggi offset dari ARP ke APC bernilai 62 mm. Seperti dapat dilihat pada

Gambar 2 dan **Gambar 3**, nilai *Phase Center Offset* setiap antenna berbeda-beda, untuk itu seorang pengolah data harus secara pasti mengetahui jenis antenna yang digunakan pada waktu proses pengumpulan data di lapangan.

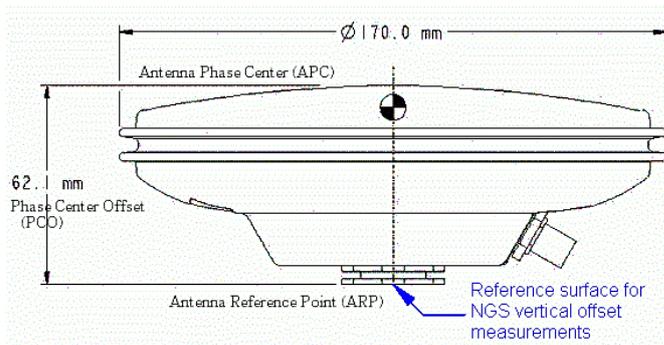
Kesalahan memasukkan tipe antenna berakibat pada pengolahan data tidak pada *Antenna Phase Center (APC)*. Seharusnya tinggi ke *Antenna Phase Center (APC)* dihitung dari pengukuran tinggi dari *Antenna Reference Point (ARP)* ditambahkan dengan *Phase Center Offset (PCO)*. Setiap antenna memiliki nilai PCO yang berbeda-beda bergantung pada bentuk dan dimensi dari antenna tersebut. Jika pengguna memilih NONE atau tidak mengetahui tipe dari antenna yang digunakan maka pada pengolahan, offset antenna bernilai 0,000 dan *Antenna Phase Center* menjadi referensi (ARP=APC). Kesalahan ini mengakibatkan nilai posisi koordinat tidak sesuai dengan nilai sebenarnya.

Meskipun kesalahan ini kecil akan tetapi dalam perhitungan pengukuran teliti, kesalahan ini tidak boleh terjadi dan tidak bisa disepelekan serta harus dihilangkan dalam pengolahan data, karena akan mempengaruhi kualitas hasil pengolahan data terutama pada komponen penentuan nilai tingginya. Akurasi nilai offset APC dan variasi phase center (*phase center variation*) menjadi faktor penting dalam penentuan posisi GPS teliti (El-hattab, 2013). Pengguna cukup memasukkan tipe antenna pada perangkat pengolah data (baik komersial ataupun ilmiah) tanpa harus mengetahui setiap offset dari masing-masing antenna.

Jenis-jenis antenna sendiri mengacu pada penamaan antenna yang dibuat oleh IGS. Informasi lebih lanjut mengenai spesifikasi antenna dapat dilihat pada *Antenna Calibration* (<https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>) website resmi milik *National Geodetic Survey (NGS)*. Ada ratusan jenis tipe antenna yang tersedia dari bermacam-macam produsen alat yang berbeda.



Gambar 2. Posisi *Antenna Phase Center* dan *Antenna Reference Point* Leica tipe AR25 *choke ring*.



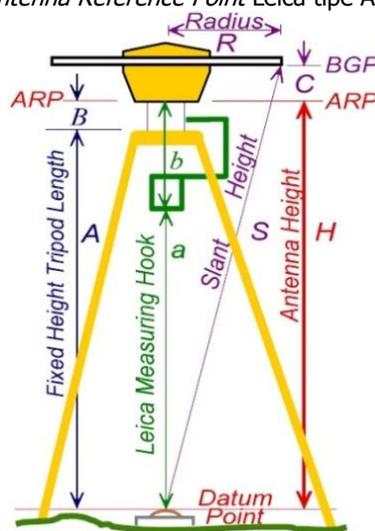
Gambar 3. Posisi Antenna Phase Center dan Antenna Reference Point Leica tipe AX1202.

Kesalahan Menyebutkan Metode Pengukuran Tinggi Antenna

Salah satu kesalahan yang dihindari tetapi sering merusak hasil pengukuran baseline survey GPS adalah tinggi antenna (*Height of Instrument*). Metode pengukuran tinggi antenna pun beragam, ada yang mengukur tinggi antenna secara tegak dari ARP terhadap titik yang akan diukur (*direct height*) dan ada juga yang mengukur tinggi antenna secara miring dari ARP terhadap titik yang akan diukur (*slant height*). Sering kali para pengolah data kurang jeli, memasukkan nilai *direct height* padahal pengukuran tinggi (*Height of Instrument*) dilakukan secara *slant height*, mengakibatkan tinggi yang dihasilkan menjadi tidak sesuai. Setiap alat pun memiliki karakteristik sendiri dalam pengukuran tinggi antenanya, seperti penentuan tinggi antenna menggunakan trimble zephyr GNSS antenna diukur di posisi *bottom of notch*, berbeda ketika menggunakan antenna jenis Leica tipe AX1202 seperti dapat dilihat pada Gambar 1, tinggi didapat dari pengukuran tegak. Permasalahannya dalam pengolahan data sering terjadi kesalahan tertukar menyebutkan metode pengukuran tinggi antenna tersebut.

Berdasarkan SNI Jaring Kontrol Horizontal (Badan Standarisasi Nasional, 2002), setiap titik pengamatan GPS, ketinggian dari antena harus diukur sebelum dan sesudah pengamatan satelit, minimal tiga kali pembacaan untuk setiap pengukurannya. Perbedaan antara data-data ukuran tinggi antena tersebut tidak boleh melebihi 2 mm. Skema tersebut dilakukan untuk menghasilkan data posisi dengan ketelitian tinggi.

Pada Gambar 4 dapat ditunjukkan metode pengukuran tinggi secara miring (*slant height*) harus dilakukan konversi terlebih dahulu menggunakan persamaan 3, sehingga pengukuran tinggi akan mengacu ke *Antenna Reference Point*. **Persamaan 4** berlaku jika menggunakan alat Leica tipe GPS1200, dimana tinggi ke ARP dihitung dari nilai bacaan tinggi (*vertical height reading*) ditambahkan dengan *offset* menggunakan *height hook*.



Sumber: <http://www.ngs.noaa.gov/RSD/forms/obslog.pdf>

Gambar 4. Variasi pengukuran tinggi antenna.

$$\text{Tinggi antenna (H)} = (\sqrt{S^2 - R^2}) - C \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Tinggi antenna (H)} = a + b \dots\dots\dots(4)$$

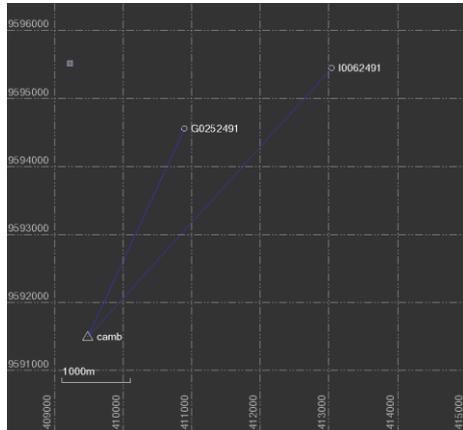
Kesalahan Menentukan Titik Ikat

Kesalahan tidak menentukan titik ikat ini sering terjadi ketika melakukan pengolahan data menggunakan metode differensial. Titik yang tidak diketahui koordinatnya (*measured position*) ditentukan berdasarkan titik definitif yang sudah diketahui koordinat (*fixed coordinate*). Terkadang pengolah data lupa untuk mendefinisikan titik tersebut atau tidak memasukkan koordinat fix titik ikatnya sehingga pengolahan data tidak terikat ke koordinat fix yang sudah diketahui.

METODE

Penelitian dilakukan menggunakan perangkat lunak komersial pengolah data GPS dengan skema pengolahan radial dan relatif terhadap titik yang sudah diketahui. Data yang digunakan untuk uji pengolahan adalah data hasil pengukuran GCP wilayah Kota Ambon dengan titik permanen tetap di stasiun CORS Ambon dan data pengamatan GCP di titik I006 dan G025. Dipilih dua pengamatan ini untuk melihat variansi kesalahan akibat blunder ini. Titik I006 dan G025 berjarak 5,3 km dan 3,3 km dari *base station*, seperti dapat dilihat pada Gambar 5. Pengamatan satelit di lapangan pun

menggunakan interval data setiap 1 detik dengan segment satelit yang digunakan adalah GPS dan GLONASS menggunakan perangkat yang dapat menerima sinyal dual frekuensi (L1 dan L2). Parameter pengolahan data yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 1**.



Gambar 5. Panjang baseline pengukuran.

Tabel 1. Parameter *Processing Data*.

Parameter	Keterangan
Titik Ikat	Stasiun Tetap CORS Ambon (CAMB)
Frequency used	Dual Frequency (L1, L2)
Ephemeris	Broadcast
Interval data	1 second
Satellite Segment	GPS dan GLONASS
Datum	WGS 1984
Zone	52 South
Geoid	EGM 2008 1'

Data titik I006 dan G025 kemudian diolah dengan mekanisme pertama yaitu mengolah dengan memasukkan informasi tinggi antenna dan tipe antenna yang benar, hasil posisi ini yang nantinya akan dijadikan acuan untuk menghitung kesalahan posisi akibat blunder pengolahan data. Jenis antenna yang digunakan menggunakan antenna Leica tipe GS08 dengan mode pengukuran menggunakan *pole setup* dan tinggi dari titik pengamatan ke *top end of the pole (Antenna Reference Point)* sudah ditentukan dengan nilai fix 2,000 m. Metode pengukuran di lapangan seperti dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pengukuran di titik I006.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengolahan dengan mekanisme kedua dengan tanpa memasukkan informasi jenis antenna,

anggapannya disini pengolah data tidak mengetahui tipe antenna yang digunakan. Mekanisme ketiga pengolahan dilakukan dengan memasukkan data tipe antenna yang salah, seharusnya menggunakan antenna Leica GS08, pada mekanisme ketiga ini antenna yang digunakan adalah Leica AR20 yang nilai *vertical phase center offset* nya lebih tinggi. Mekanisme ketiga ini untuk melihat efek kekeliruan memasukkan tipe antenna lain yang berbeda. Mekanisme keempat yaitu mengetes kesalahan akibat tidak mendefinisikan titik referensi yang digunakan sebagai titik ikat, dalam hal ini metode pengolahan data yang digunakan adalah differensial, artinya titik pengamatan (*rover*) harus terikat dengan sebuah referensi titik yang sudah diketahui koordinatnya (*base*). Pada mekanisme keempat ini menggunakan dua titik ikat sebagai acuan pengukuran, yaitu titik ikat stasiun permanen CORS Ambon (CAMB) dan titik tetap pilar Jaring Kontrol Horizontal kode site AMB1. Data koordinat definitif pilar AMB1 didapatkan dari website SRGI milik Badan Informasi Geospasial. Semua mekanisme ini akan diterapkan untuk menghitung koordinat titik I006 dan G025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek salah mendefinisikan tipe antenna yang digunakan

Hasil perhitungan posisi di titik I006 dengan menggunakan mekanisme 1 sampai 3 dapat dilihat pada **Tabel 2**. Solusi ambiguitas fase dari ketiga mekanisme pengolahan adalah *fixed* dengan nilai presisi horizontal yang sama yaitu 0,004 m. Nilai presisi vertikal pun menunjukkan angka yang sama untuk seluruh mekanisme yaitu 0,013 m dengan nilai RMS 0,008 m.

Selisih hasil koordinat *Easting* dan *Northing* mekanisme 2 (tanpa memasukkan tipe antenna) dan mekanisme 1 bernilai sama yaitu 0,001 m. Selisih koordinat elevasi mekanisme 2 dengan mekanisme 1 yaitu 0,105 m. Perbedaan nilai *Easting* dan *Northing* 1 mm akibat pembulatan hasil pengolahan. Efek tidak dimasukkannya jenis antenna sangat berimbas pada nilai elevasi yang dihasilkan, terlihat deviasi elevasi memiliki perbedaan 105 mm. Kondisi ini akibat *Phase Center Offset* antenna tidak dimasukkan dalam pengolahan. Leica GS08 pun memiliki nilai *Phase Center Offset* sebesar 70,8 mm, akibat tidak dimasukkan tipe antenna, kesalahan sebesar nilai PCO tersebut mutlak terjadi. Jika pengguna memilih NONE pada saat proses pengolahan atau tidak mengetahui tipe dari antenna yang digunakan maka offset antenna bernilai 0,000 m dan *Antenna Phase Center* menjadi referensi, letak titik *Antenna Reference Point* sama dengan letak *Antenna Phase Center* (ARP=APC). Kesalahan ini

fatal dan akan mempengaruhi koordinat yang akan dihasilkan.

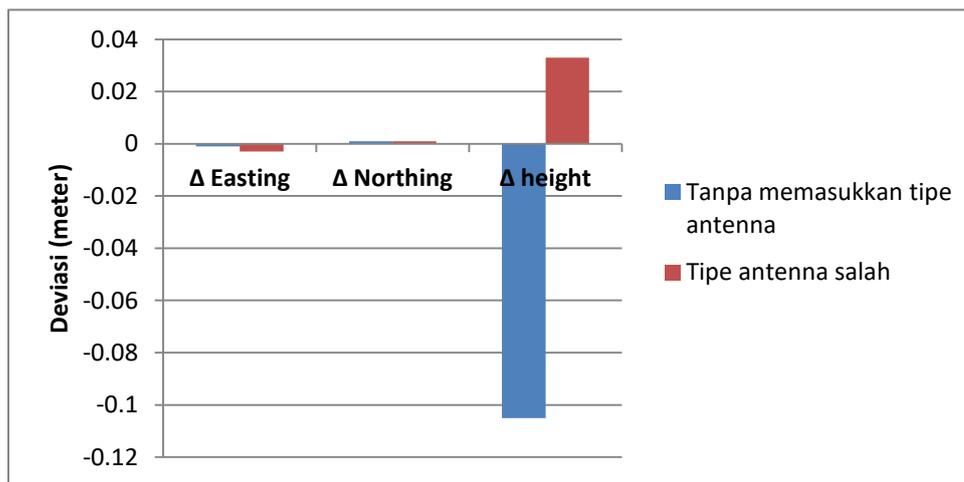
Sementara selisih hasil koordinat mekanisme 3 (tipe antenna Leica AR20) dengan mekanisme 1 untuk koordinat *Easting* dan *Northing* secara berturut-turut adalah 0,003 m dan 0,001 m. Selisih koordinat elevasinya yaitu 0,033 m. Nilai selisih ini lebih kecil dibandingkan dengan tidak memasukkan jenis antenna yang digunakan seperti dapat dilihat pada mekanisme 2, karena nilai PCO antenna Leica AR20 sebesar 0,161 m ikut dimasukkan dalam perhitungan data. Seperti dapat dilihat pada **Gambar 7**, deviasi nilai koordinat horizontal juga berpengaruh akibat *blunder* salah input atau tidak memasukkan jenis antenna, hal ini diakibatkan lokasi *phase center* setiap antenna yang berbeda-beda letaknya. Dalam perhitungan teliti, nilai variasi dari phase center (*Phase Center Variation*) dimasukkan sebagai koreksi kesalahan akibat bias *phase center* nya (Dawidowicz, 2014).

Sementara untuk hasil pada titik G025 dapat dilihat pada **Tabel 3**. Solusi ambiguitas fase dari ketiga mekanisme pengolahan adalah *fixed* dengan nilai horizontal presisi yang sama yaitu 0,003 m.

Nilai vertikal presisi juga menunjukkan angka yang sama untuk seluruh mekanisme yaitu 0,006 m dengan nilai RMS 0,007 m untuk hasil mekanisme 1 dan 0,006 m untuk hasil mekanisme 2 dan 3. Selisih hasil koordinat *Easting* dan *Northing* mekanisme 2 (tanpa memasukkan tipe antenna) dan mekanisme 1 bernilai sama yaitu 0,002 m.

Sementara selisih koordinat elevasinya adalah 0,104 m, tidak jauh berbeda dengan selisih mekanisme 2 dan mekanisme 1 pada titik I006. Hasil yang serupa juga didapatkan untuk mekanisme 3 (tipe antenna Leica AR20), selisih untuk koordinat *Easting* dan *Northing* secara berturut-turut adalah 0,003 m dan 0,002 m. Selisih koordinat elevasinya yaitu 0,036 m seperti dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Hasil ini membuktikan bahwa pengolahan data di titik mana saja dengan tanpa memasukkan jenis antenna akan menghasilkan error sebesar nilai PCO nya. Sementara memasukkan jenis antenna yang tidak sesuai dengan sebenarnya akan menimbulkan kesalahan khususnya pada komponen vertikalnya, karena setiap antenna



Gambar 6. Deviasi nilai koordinat di titik I006.

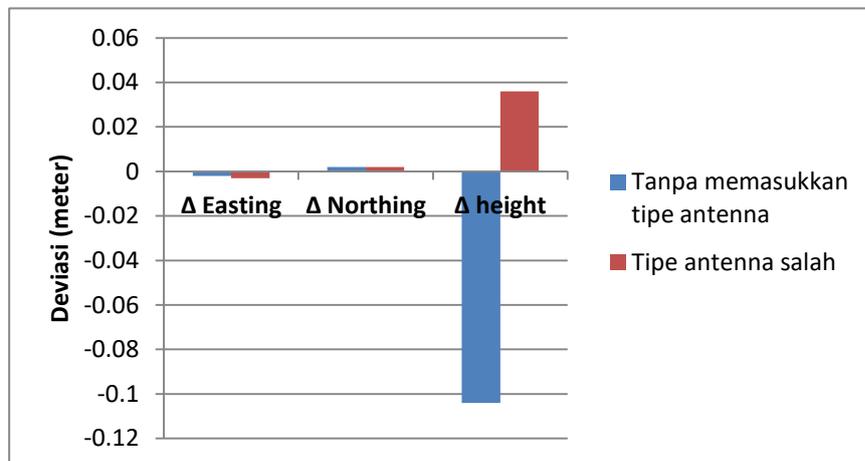
Tabel 2. Hasil perhitungan posisi pada titik I006.

Observasi	Mekanisme 1	Mekanisme 2	Mekanisme 3
Tipe Antenna	Leica GS08	Unknown	Leica AR20
Metode Pengukuran Antenna	<i>Bottom of Antenna Mount</i>	<i>Bottom of Antenna Mount</i>	<i>Bottom of Antenna Mount</i>
<i>Height reading</i> (m)	2,000	2,000	2,000
Solusi tipe	<i>Fixed</i>	<i>Fixed</i>	<i>Fixed</i>
Horizontal presisi (m)	0,004	0,004	0,004
Vertikal Presisi (m)	0,013	0,013	0,013
RMS	0,008	0,008	0,008
<i>Ellipsoid distance</i> (m)	5.321,113	5.321,113	5.321,114
<i>Easting</i> (m)	413.039,813	413.039,814	413.039,816
<i>Northing</i> (m)	9.595.438,122	9.595.438,121	9.595.438,121
Elevasi (m)	45,623	45,728	45,590

memiliki PCO yang berbeda dan tidak bisa di sama ratakan, bergantung pada dimensi antenna yang dibuat oleh pabrik. Menurut website Auspos (Geoscience Australia, n.d.), untuk memperoleh hasil pengolahan dengan kualitas yang baik, perlu diperhatikan untuk memasukkan jenis antenna yang digunakan dengan benar. Penggunaan tipe antenna yang salah dapat menimbulkan bias yang signifikan (lebih dari 10 cm pada komponen vertikal) dan noise.

Pernyataan Geoscience Australia secara tidak langsung hampir sama dengan hasil penelitian ini, dimana nilai kesalahan akibat tidak memasukkan jenis antenna yang benar berkisar pada nilai 10 cm untuk komponen vertikalnya. Artinya mengetahui jenis antenna yang digunakan dan memasukkan informasi yang benar terkait dengan peralatan yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas data posisi yang dihasilkan.

Sumber kesalahan penentuan tinggi ini sangat sering terjadi dalam pengolahan data GPS. Pengolah data harus teliti dan tahu jenis alat apa yang mereka gunakan dalam pengambilan data di lapangan. Seperti menggunakan perangkat LEICA GPS1200, bacaan tinggi hasil pengukuran menggunakan *height hook* harus ditambahkan terlebih dahulu dengan *offset* sebesar 0,360 m. Jika tidak, akan ada *blunder* sebesar nilai *offset* tersebut pada komponen vertikal. Sama halnya dengan kesalahan tidak mengetahui jenis antenna yang digunakan. Kesalahan menyebutkan metode pengukuran tinggi antenna (*slant* atau *direct height*) akan mempengaruhi komponen tinggi sebesar nilai konversi tinggi antenna seperti yang dapat ditunjukkan pada **persamaan 3**. Efek kesalahan hingga centimeter level ini akan merusak kualitas koordinat yang dihasilkan.



Gambar 7. Deviasi nilai koordinat di titik G025.

Tabel 3. Hasil perhitungan posisi pada titik G025.

Observasi	Mekanisme 1	Mekanisme 2	Mekanisme 3
Tipe Antenna	Leica GS08	Unknown	Leica AR20
Metode Pengukuran Antenna	<i>Bottom of Antenna Mount</i>	<i>Bottom of Antenna Mount</i>	<i>Bottom of Antenna Mount</i>
Height reading (m)	2,000	2,000	2,000
Solusi tipe	<i>Fixed</i>	<i>Fixed</i>	<i>Fixed</i>
Horizontal presisi (m)	0,003	0,003	0,003
Vertikal Presisi (m)	0,006	0,006	0,006
RMS	0,007	0,006	0,006
Ellipsoid distance (m)	3.374,748	3.374,747	3.374,748
Eastings (m)	410.895,957	410.895,959	410.895,960
Northing (m)	9.594.545,968	9.594.545,966	9.594.545,966
Elevasi (m)	3,511	3,615	3,475

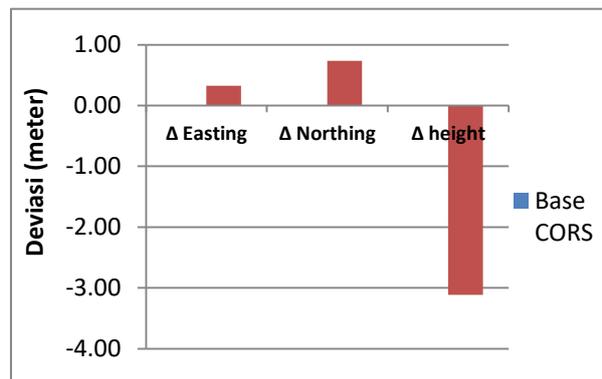
Efek salah menentukan referensi yang digunakan

Terkadang pengolah data lupa memasukkan koordinat definitif atau bahkan lupa menentukan sebuah titik sebagai referensi pengukurannya. Titik I006 ini diolah menggunakan mekanisme 4 tanpa memasukkan koordinat fix (titik *base* bebas tanpa ikatan). **Tabel 4** menunjukkan hasil pengolahan data dengan tidak memasukkan koordinat fix titik referensinya. *Base* CORS disini artinya pengolahan diikatkan dengan titik tetap CORS Ambon (CAMB), sementara *base* pilar JKH (Jaring Kontrol Horizontal) disini berarti bahwa pengolahan terikat dengan titik yang sebelumnya sudah diamati diatas pilar AMB1 (pilar orde 1).

Solusi ambiguitas fase dari kedua mekanisme perhitungan adalah *fixed* dengan nilai horizontal presisi yaitu 0,004 m untuk *base* CORS dan 0,007 m untuk *base* pilar JKH. Nilai vertikal presisinya menunjukkan nilai 0,013 m untuk *base* CORS dan 0,018 m untuk *base* pilar JKH. Nilai RMS dari *base* CORS dan pilar JKH berturut-turut yaitu 0,008 m dan 0,014 m. Selisih koordinat *base* pilar JKH dengan ukuran sebenarnya adalah 0,324 m untuk Easting dan 0,735 m untuk koordinat Northingnya seperti dapat dilihat pada **Gambar 8**. Sementara kesalahan terbesar dihasilkan pada komponen tingginya yaitu bernilai 3,100 m dari nilai sebenarnya. Untuk pengolahan menggunakan *base* CORS, selisih yang dihasilkan untuk komponen horizontal dan tingginya adalah 0,007 m. Hasil CORS ini sangat mendekati dengan nilai sebenarnya karena RINEX data CORS didalamnya menggunakan koordinat pendekatan yang sudah diisikan dengan koordinat fix di titik tersebut. Tanpa memasukkan koordinat fix titik CORS pun (input manual di perangkat lunak pengolah data GPS), pengolah data akan mendapatkan hasil yang benar, karena isi *header* RINEX berisi koordinat fix titik tersebut. Sementara hasil pengolahan menggunakan mekanisme terikat pilar JKH (tanpa didefinisikan sebagai titik ikat) sangat besar nilai

kesalahannya dikarenakan pada saat pengolahan, titik AMB1 atau titik *base* menggunakan koordinat pendekatan hasil pengamatan absolut satelit atau disebut dengan koordinat waktu itu (*broadcast coordinate*) sebagai titik referensi pengolahan. Padahal titik ini masih sangat jauh ketelitiannya, karena didapatkan langsung dari satelit tanpa melakukan mekanisme koreksi terlebih dahulu sehingga hasil deviasinya sangat besar hingga ketelitian sub meter. Perambatan kesalahan titik *base* ini akan merambat ke titik-titik rover yang terikat terhadap *base* tersebut, sehingga hasil koordinatnya memiliki kualitas rendah.

Ketika pengolahan data tidak memasukkan informasi posisi yang benar dari titik tersebut, maka titik *rover* akan dihitung dari titik *base*. Titik *base* akan mengambil koordinat acuan yang berasal dari koordinat pendekatan hasil penentuan posisi absolut langsung dari satelit. Koordinat pendekatan ini masih memiliki kesalahan yang tinggi, berkisar sampai ketelitian meter. Oleh karena itu input koordinat fix menjadi hal yang penting dilakukan. Blunder ini masih sering terjadi, pengolah data menganggap titik tersebut sebagai acuan dan mengunci titik dengan cara set *Control Point* akan tetapi pengolah data lupa memasukkan koordinat fix titik tersebut.



Gambar 8. Deviasi koordinat di titik I006 akibat salah titik referensi.

Tabel 4. Perbandingan hasil perhitungan posisi titik I006 tanpa titik ikat.

Observasi	Mekanisme 1	Base CORS	Base pilar JKH
Tipe Antenna	Leica GS08	Leica GS08	Leica GS08
Metode Pengukuran Antenna	<i>Bottom of Antenna Mount</i>	<i>Bottom of Antenna Mount</i>	<i>Bottom of Antenna Mount</i>
Height reading (m)	2,000	2,000	2,000
Solusi tipe	<i>Fixed</i>	<i>Fixed</i>	<i>Fixed</i>
Horizontal presisi (m)	0,004	0,004	0,007
Vertikal Presisi (m)	0,013	0,013	0,018
RMS	0,008	0,008	0,014
Ellipsoid distance (m)	5.321,113	5.321,113	15.726,034
Easting (m)	413.039,813	413.039,813	413.039,489
Northing (m)	9.595.438,122	9.595.438,122	9.595.437,387
Elevasi (m)	45,623	45,623	48,723

Kesalahan tidak memasukkan nilai koordinat definitif ini akan mempengaruhi hasil koordinat sesuai dengan koordinat pendekatan yang ada pada *header* RINEX datanya. Hasil tersebut seperti dapat dilihat pada **Gambar 8**, hasil titik ikat CORS memiliki deviasi rendah dikarenakan koordinat pendekatan *file* rinex CORS sudah berisi koordinat fix. Hasil berbeda dengan titik ikat dari pilar JKH, koordinat pendekatan dihasilkan melalui pengamatan satelit pada waktu itu. Koordinat belum dikoreksi sehingga kesalahan posisi yang dihasilkan memiliki kualitas yang rendah.

KESIMPULAN

Blunder merupakan kesalahan akibat kekuranghatian atau bahkan kekurangpahaman pengolah data terkait dengan metode penentuan tinggi pada peralatan penerima satelit. Kebanyakan blunder terjadi dalam hal penentuan tinggi instrumen (*Height of Instrument*) yang sebenarnya setiap alat sudah diberikan petunjuk cara menentukan tinggi alat. Kesalahan ini mutlak harus dihindari dan harus dihilangkan dalam pengolahan data.

Seorang pengolah data harus tahu pasti jenis antenna yang digunakan pada saat pengukuran di lapangan. Kesalahan tidak mengetahui jenis antenna berakibat pada kesalahan posisi yang dihasilkan. Kesalahan tidak mengetahui jenis antenna akan berakibat nilai komponen tinggi salah sebesar *Phase Center Offset* antenna GPS yang digunakan, pada penelitian ini ditunjukkan dengan nilai deviasinya sampai ketelitian centimeter. Begitu pula ketika salah memasukkan antenna yang digunakan, akan menimbulkan kesalahan khususnya pada komponen vertikalnya hingga beberapa centimeter, karena setiap antenna memiliki nilai *Phase Center Offset* yang berbeda dan tidak bisa disamaratakan, bergantung pada dimensi antenna yang dibuat oleh pabrik. Meskipun pengukuran dilakukan dengan menggunakan interval data 1 detik dan lama pengamatan yang berjam-jam, kesalahan kecil ini akan merusak hasil pengukuran. Memasukkan informasi jenis antenna yang digunakan sangat penting, terlebih ketika kita menginginkan hasil pengukuran dengan kualitas data yang baik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa blunder yang bersumber dari tidak ditentukannya tipe antenna akan mempengaruhi hasil koordinat tinggi sebesar nilai offset dari antenna tersebut yaitu 10 cm dari nilai sebenarnya. Sumber kesalahan pengolahan dari tidak memasukkan nilai koordinat definitif memiliki kesalahan error sebesar 3,113 m untuk komponen tinggi dan 73 cm dan 32 cm untuk komponen horizontalnya. Kesalahan tidak memasukkan koordinat definitif akan menghasilkan koordinat sesuai dengan

koordinat pendekatan file RINEX titik ikatnya. Ketika pengolahan data tidak memasukkan informasi posisi yang benar dari titik *base* tersebut, maka seluruh titik *rover* yang terikat dengan *base* tersebut akan salah. Pengolah data harus memastikan bahwa titik *base* sudah di set *Control Point* (pada perangkat lunak pengolah data satelit) baik horizontal, vertikal maupun keduanya. Pengolah data juga harus memastikan bahwa koordinat *Control Point* sudah diinputkan dengan koordinat fix titik tersebut.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kesalahan blunder pada pengolahan data satelit sangat mempengaruhi kualitas data posisi yang dihasilkan, terutama pada koordinat tingginya. Diperlukan ketelitian dan pemahaman yang memadai dari seorang pengolah data, sehingga kesalahan-kesalahan blunder ini dapat dihindari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim GCP Ambon yang sudah bersedia memberikan datanya untuk uji pengolahan pada penelitian ini. Penulis juga tak lupa mengucapkan terima kasih kepada Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika Badan Informasi Geospasial yang sudah memberikan data CORS Ambon beserta koordinat definitif titik AMB1, dua titik ikat yang digunakan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (2007). *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya* (1st ed.). Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Bartels, G. A. (1997). *GPS-Antenna Phase Center Measurements Performed in an Anechoic Chamber*. Delft: Delft University Press.
- Dawidowicz, K. (2014). Phase center variations problem in GPS / GLONASS observations processing. In *The 9th International Conference Environmental Engineering*. Vilnius: VGTU Press.
- El-hattab, A. I. (2013). Influence of GPS antenna phase center variation on precise positioning. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 2(2), 272–277.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.nrjag.2013.11.002>
- Ge, L., Han, S., & Rizos, C. (2000). Multipath Mitigation of Continuous GPS Measurements Using an Adaptive Filter. *GPS Solutions*, 4(2), 19–30.
- Geiger, A. (1990). Influence of phase centre variations on the combination of different antenna types. In *proceedings of the Second International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System* (pp. 3–7). Ottawa.
- Geoscience Australia. (n.d.). AUSPOS GPS Antenna.

- Kaplan, E., & Hegarty, C. (2005). *Understanding GPS: Principles and Applications* (Second). Artech house.
- Leick, A., Rapoport, L., & Tatarnikov, D. (2015). *GPS Satellite Surveying*. Canada: John Wiley & Sons Inc.
- Meyer, T. H., & Hiscox, A. (2005). POSITION ERRORS CAUSED BY GPS HEIGHT OF INSTRUMENT BLUNDERS. *Survey Review*, 38(298).
- Pan, L., Cai, C., Santerre, R., & Zhu, J. (2014). Combined GPS/GLONASS Precise Point Positioning with Fixed GPS Ambiguities. *Sensors*, 14, 17530–17547. <https://doi.org/10.3390/s140917530>
- Pan, Z., Chai, H., & Kong, Y. (2017). Integrating multi-GNSS to improve the performance of precise point positioning. *Advances in Space Research*. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2017.01.014>
- Williams, S. D. P., Bock, Y., Fang, P., Jamason, P., Nikolaidis, R. M., Prawirodirdjo, L., ... Johnson, D. J. (2004). Error analysis of continuous GPS position time series. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109.
- Yu, X., & Gao, J. (2017). Kinematic Precise Point Positioning Using Multi-Constellation Global Navigation Satellite System (GNSS) Observations. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6. <https://doi.org/10.3390/ijgi6010006>