

ANALISA HASIL PENGUKURAN GPS MENGGUNAKAN METODE PPP-ONLINE UNTUK STABILITAS TITIK ORDE 0 DAN ORDE 1

Muhammad Ali Ya'lu

Program Studi Teknik Geodesi S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional
Malang, Jalan Bendungan Sigura-gura No. 2 Lowokwaru, Kecamatan Sumber Sari, Kota Malang –
muhammad.ali.yalu95@gmail.com

KATA KUNCI : GPS, JKG, PPP-ONLINE .

Dalam bidang survei dan pemetaan, untuk melakukan akuisisi data yang memiliki ketelitian tinggi salah satunya dengan menggunakan GPS. Dengan banyak metode yang digunakan dalam pengukuran GPS, namun ada metode penentuan posisi dengan survei GPS secara diferensial salah satunya menggunakan metode *Precise Point Positioning* (PPP) dan metode *Real-time Kinematic Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (RTK-NTRIP). Dengan menggunakan metode tersebut memungkinkan untuk menghasilkan data dengan akurasi yang baik dan menghemat waktu survey serta dapat menekan biaya. Perencanaan waktu pengukuran dengan memperhatikan prakiraan DOP, Elevasi, dan Jumlah satelit pada titik JKG (jaring kontrol geodesi) orde 0 N0005 dan pada titik JKG (jaring kontrol geodesi) orde 1 N1.0261. Sedangkan untuk pengkajian data koordinat *realtime* diambil mengikuti waktu dari data rinx yang dibagi dengan interval 5 menit selama pengukuran 3 jam. Selanjutnya data rinx diproses menggunakan PPP online. Hasil koordinat pengamatan di analisis dengan cara uji statistik dan di lihat tingkat presisi dan akurasinya. Kepresisian hasil pengamatan RTK-NTRIP pada titik JKG orde 0 N0005 dengan menggunakan metode RTK-NTRIP mempunyai range kepresisian antara 0.019 m sampai 0.186 m, Sedangkan hasil dari metode PPP *online* mempunyai range kepresisian antara 0.109 m sampai 1.135 m, untuk pengamatan pada JKG (jaring kontrol geodesi) titik orde 1 N1.0261 dengan menggunakan metode RTK-NTRIP mempunyai range kepresisian antara 0.050 m sampai 0.169 m Sedangkan untuk hasil dari metode PPP *online* pada titik orde 1 yang sudah diolah menggunakan software PPP *online* mempunyai range kepresisian antara 0.154 m sampai 0.560 m. Dari hasil pengamatan gps pada JKG titik definitif N1.0261 maupun titik definitif N0005 metode RTK-NTRIP cenderung mendekati dari pada hasil pengukuran PPP-*Online*.

Latar Belakang

Perkembangan dunia survei dan pemetaan semakin pesat terutama di bidang teknologi dan informasi, berbagai lembaga atau perusahaan di Indonesia melakukan akuisisi data dengan mengacu pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor Sembilan Tentang Kebijakan Satu Peta yang menyebutkan bahwa referensi geospasial, satu standar, satu basis data, dan satu geoportal untuk mempercepat pelaksanaan pembangunan nasional. *Global Positioning System* (GPS) merupakan salah satu alat untuk mempercepat kegiatan kebijakan satu peta, *Global Positioning System* (GPS) adalah sistem navigasi yang dapat menentukan posisi sasaran dengan ketepatan tinggi dalam waktu yang singkat (Widodo, 2009). GPS bekerja pada referensi waktu yang sangat teliti dan memancarkan data yang menunjukkan lokasi dan waktu pada saat itu (Puntodewo dkk., 2003). Alat ini mempunyai kemampuan untuk menangkap signal L1 dan L2 atau bisa disebut GNSS (*Global Navigation Satelit System*). Metode penentuan posisi dengan survei GNSS secara diferensial salah satunya menggunakan metode *Precise Point Positioning* (PPP) dan metode *Real-time Kinematic Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (RTK-NTRIP). Metode ini dapat digunakan untuk penentuan posisi baik statik maupun kinematik, namun untuk memperoleh ketelitian pada level sentimeter, seluruh kesalahan pada pengamatan

GNSS harus dimodelkan secara seksama dan dihilangkan dari data pengamatan (Chen et al., 2009). Dengan menggunakan GNSS (*Global Navigation Satelit System*) multi frekuensi memungkinkan untuk menghasilkan data dengan akurasi yang baik dan menghemat waktu survey serta mendapatkan biaya yang sangat jauh lebih murah.

Selain itu banyak metode akuisisi data menggunakan teknologi/perangkat GNSS (*Global Navigation Satelit System*) tetapi jarang melakukan uji akurasi dan efisiensi terhadap metode yang digunakan. Oleh karena itu kajian ini dilakukan untuk uji stabilitas data hasil pengukuran dengan GNSS yang diuji dengan metode yang berbeda yaitu menggunakan metode *Precise Point Positioning* (PPP) dan metode *Real-time Kinematic Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (RTK-NTRIP).

1.1 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana tingkat stabilitas dan efektifitas hasil pengukuran GNSS (*Global Navigation Satelit System*) setelah diolah dengan menggunakan dua metode *Precise Point Positioning* (PPP) dan *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (RTK-NTRIP) ?

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dan manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat stabilitas hasil pengukuran menggunakan *Precise Point Positioning* (PPP) dan *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (RTK-NTRIP) terhadap titik orde 0 dan orde 1?
2. Manfaat dengan diketahui tingkat ketelitian dan efektifitas metode *Precise Point Positioning* (PPP) dan *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (RTK-NTRIP) maka dapat dijadikan sebagai referensi untuk masyarakat umum jika akan menggunakan metode tersebut.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada hipotesa penelitian ini adalah :

1. Pengamatan dilakukan dengan metode *Precise Point Positioning* (PPP) dan *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (RTK-NTRIP) di titik Jaring Kontrol Nasional orde 0 titik N0005 dan Jaring Kontrol Regional orde 1 titik N1.0261, menggunakan GNSS Multifrekuensi.
2. Waktu pengamatan dilakukan pada siang sampai dengan sore hari dengan lama pengamatan 3 jam untuk metode *Precise Point Positioning* (PPP) dan 40 menit untuk pengamatan *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (RTK-NTRIP).
3. Dalam melakukan pengolahan data menggunakan layanan PPP on-line dari CSRS-PPP (*Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning*) dan menggunakan layanan CORS (*Continuously Operating Reference Station*) Badan Informasi Geospasial untuk pengamatan RTK-NTRIP
4. Metode RTK-NTRIP dilakukan hanya untuk membanding dari stabilitas data yang diperoleh dari pengamatan PPP-Online terhadap orde 0 maupun orde 1.
5. Dalam analisis ketelitian menggunakan acuan jaring kontrol Nasional N0005 yang terletak di Boulevard Yogyakarta dan Jaring Kontrol regional N1.0261 yang terletak di Minggir, Sleman.
6. Pengkajian yang diteliti lebih di fokuskan pada ketelitian titik-titik horisontal.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan skripsi berisi bab-bab sebagai berikut:

Bab I menjelaskan tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian,

3. Komponen gelombang pembawa (*carrier wave*), terdiri dari dua buah gelombang pembawa yaitu L1 ($\lambda=19.05$ cm) dan L2 ($\lambda=24.25$ cm) yang bertugas membawa kode dan pesan navigasi dari satelit ke pengamat. Gelombang L1 membawa kode-P(Y), kode-C/A, dan pesan navigasi sedangkan

dan Sistematika Penulisan tentang Ketelitian Hasil Pengukuran GPS Menggunakan Metode PPP *online* dan RTK NTRIP.

Bab II menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan judul “Analisa Hasil Pengukuran GPS Menggunakan Metode PPP-Online Untuk Stabilitas Titik Orde 0 Dan Orde 1”.

Bab III Menjelaskan tentang lokasi penelitian, alat dan bahan serta penjelasan langkah kerja melakukan kegiatan penelitian.

Bab IV menjelaskan mengenai hasil dari pelaksanaan pengukuran, analisis ketelitian data, uji normalitas serta uji hipotesis.

Bab V menjelaskan tentang kesimpulan dari seluruh kegiatan penelitian serta saran yang sudah diajukan dari proses yang sudah dilaksanakan selama penelitian.

2.1 Prinsip Dasar GPS

GPS (*Global Positioning System*) merupakan sistem satelit untuk melakukan penentuan posisi menggunakan satelit yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat (Abidin, 2007). Sistem yang dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca ini, didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti, dan juga informasi mengenai waktu, secara teliti di seluruh dunia. Informasi-informasi tersebut digunakan untuk menentukan jarak satelit ke pengamat. Pada dasarnya, sinyal GPS dibagi menjadi 3 (tiga) komponen, yaitu (Abidin, 2000):

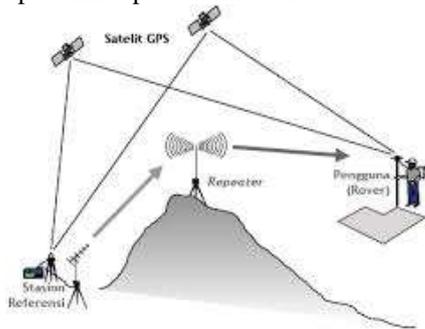
1. Komponen penginformasi jarak (kode), didalamnya terdapat dua kode *Pseudo-Random Noise* (PRN) yang dikirim oleh satelit dan digunakan sebagai penginformasi jarak, yaitu
 - a. Kode-P (P = *Precise* atau *Private*) dan kode-C/A (C/A = *Coarse Acquisition*).
 - b. Kode-P(Y) dengan frekuensi 10.23 Mhz dan kode-C/A dengan frekuensi 1.023 Mhz.

Kode ini terdiri dari rangkaian bilangan biner (1 dan 0) yang mempunyai struktur yang unik dan berbeda untuk setiap satelit GPS, sehingga *receiver* GPS dapat mengamati dan membedakan sinyal-sinyal yang datang dari satelit yang berbeda.

2. Komponen penginformasi posisi satelit (*Navigation message*), memberikan informasi tentang posisi dan kesehatan satelit serta informasi-informasi lainnya seperti koefisien koreksi jam satelit, parameter orbit, almanak satelit, dan parameter koreksi ionosfer. Pesan navigasi tersebut ditentukan oleh segmen sistem kontrol dan dikirimkan ke pengguna menggunakan satelit GPS. gelombang L2 membawa kode-P(Y) dan pesan navigasi.

Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi jarak, yaitu pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit yang koordinatnya diketahui (Abidin, 2007). Gambar

mengenai prinsip penentuan posisi menggunakan GPS dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS (Abidin, 2007)

Ketelitian posisi yang didapat dengan pengamatan GPS secara umum akan tergantung pada empat faktor yaitu: metode penentuan posisi yang digunakan, geometri dan distribusi dari satelit-satelit yang diamati, ketelitian data yang digunakan, dan strategi/ metode pengolahan data yang diterapkan. Masing-masing faktor tersebut mempunyai beberapa parameter yang berpengaruh pada ketelitian posisi yang akan diperoleh dari GPS (Abidin, 2007).

Tabel 2. 1 Faktor dan parameter yang mempengaruhi ketelitian penentuan posisi dengan GPS (Abidin, 2007)

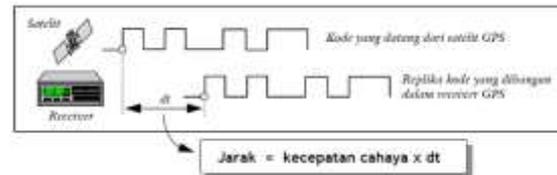
Faktor	Parameter
Ketelitian data	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe data yang digunakan (<i>pseudorange</i>, fase) • Kualitas receiver GPS • Level dari kesalahan bias
Geometri satelit	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah satelit • Lokasi dan distribusi satelit • Lama pengamatan
Metode penentuan posisi	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Absolut & differential positioning</i> • <i>Static, rapid static, pseudo-kinematic, stop-and-go, kinematic</i> • <i>One & multi station referensis</i>
Strategi pemrosesan data	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Real time & post processing</i> • Strategi eliminasi dan pengkoreksian kesalahan dalam bias • Metode estimasi yang digunakan • Pemrosesan <i>baseline</i> dan perataan jaringan

2.2 Metode Penentuan Jarak ke Satelit

Terdapat 2 (dua) jenis jarak yang didapatkan dari sinyal GPS, yaitu *pseudorange* yang disebut jarak semu, dan *carrier phase* yang disebut jarak *phase* (Abidin, 2007).

Metode *Carrier phase* adalah penentuan jarak dengan prinsip perbedaan fase antara vektor posisi satelit ke titik pengamat yang merupakan fungsi dari fase sinyal sejak dipancarkan satelit hingga diterima oleh receiver (Sunantyo, 2000). *Carrier phase* merupakan total jumlah gelombang penuh (yang tidak terukur) dan fraksi gelombang (fase) antara receiver -satelit pada suatu waktu (Kleusberg dan Teunissen, 1996).

Penentuan jarak *pseudorange* adalah penentuan jarak dari receiver ke satelit melalui pengukuran selisih waktu (Δt), yaitu waktu yang diperlukan oleh kode untuk menempuh jarak dari satelit ke receiver (Abidin, 20007). Jarak yang diukur pada pengamatan menggunakan data kode bukanlah jarak yang sebenarnya melainkan suatu jarak yang semu yang disebabkan antara lain karena ketidak sinkronan antara jam di satelit dengan jam di receiver, serta adanya bias waktu (δt) yang ada pada osilator satelit maupun receiver terhadap kerangka waktu GPS .

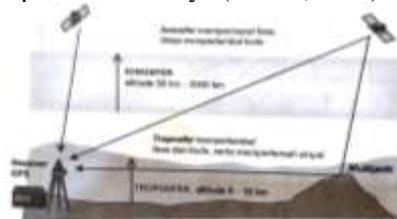


Gambar 2. 2 Prinsip penentuan jarak (*pseudorange*) dengan kode (Abidin, 2007)

2.3 Perjalanan Sinyal GPS

Dalam perjalanannya dari satelit ke pengamat di permukaan bumi, sinyal GPS harus melalui medium-medium ionosfer dan troposfer, dimana dalam kedua lapisan tersebut sinyal GPS akan mengalami refraksi dan sintilasi (*scintillation*) didalamnya. Serta pelemahan (*atmospheric attenuattion*) dalam lapisan troposfer (Abidin, 2007). Disamping itu sinyal GPS juga dapat dipantulkan oleh benda-benda disekitar pengamat sehingga dapat menyebabkan terjadinya *multipath*, yaitu fenomena dimana sinyal GPS yang diterima oleh antenna adalah resultan dari sinyal langsung dan sinyal pantulan (Abidin, 2006).

Kesalahan dan bias tersebut, beserta berbagai jenis kesalahan dan bias lainnya seperti kesalahan orbit dan waktu, akan menyebabkan kesalahan pada jarak ukuran dengan GPS (*pseudorange* serta jarak fase), sehingga harus diperhitungkan dalam pemrosesan sinyal GPS untuk keperluan penentuan posisi ataupun parameter lainnya (Abidin, 2007).



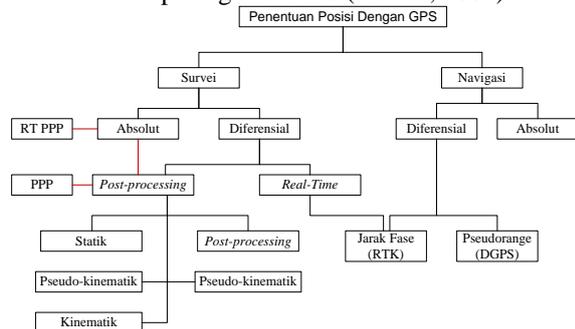
Gambar 2. 3 Perjalanan Sinyal GPS (Abidin, 2007)

2.4 Metode Penentuan Posisi GPS

Berdasarkan mekanisme pengaplikasian metode penentuan posisi dengan GPS dikelompokkan atas beberapa metode yaitu *absolut, differential, static, rapid static, pseudo-kinematic*, dan *stop-go*, seperti di tunjukan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Metode-metode penentuan posisi dengan GPS (Abidin, 2006)

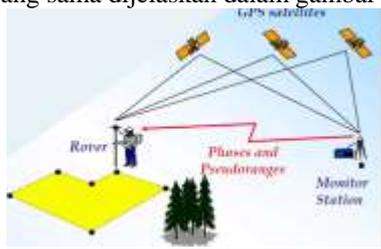
Berdasarkan aplikasinya, metode-metode penentuan posisi dengan GPS juga dibagi atas dua kategori utama, yaitu survei dan navigasi, seperti diilustrasikan pada gambar 2.5 (Abidin, 2007).



Gambar 2. 4 Metode penentuan posisi dengan GPS (Abidin, 2007)

2.5 Metode Penentuan Posisi RTK (*Real Time Kinematic*)

Pengertian RTK menurut Pradityatama (2017) menjelaskan bahwa Metode RTK (*Real Time Kinematic*) dikembangkan oleh Dr. Benjamin Remondi pada pertengahan 1980. Metode RTK memiliki akurasi fraksi centimeter tergantung spesifikasi alat yang digunakan. Sickle (2008) menjelaskan bahwa Metode RTK memiliki akurasi mendekati metode statik namun RTK menghasilkan posisi secara *real-time*. Ketelitian STATIK sendiri mampu menembus fraksi millimeter sedangkan RTK hanya mampu menembus fraksi centimeter. RTK adalah metode GPS yang menggunakan pengamatan fase yang dikoreksi secara *real-time*, dalam hal ini akurasi metode RTK bergantung pada ketepatan mengidentifikasi dalam pembulatan ambiguitas fase gelombang. Sickle (2008) menjelaskan survey RTK menggunakan dua atau lebih *receiver* yang secara simultan mengamati satelit yang sama dijelaskan dalam gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Proses kerja metode RTK (Sickle 2008)

Cara kerja RTK adalah memasang GPS untuk dijadikan *Base* pada titik yang diketahui posisinya. *Base* akan mengirimkan koreksi diferensial pada rover yang bergerak menggunakan gelombang radio. Metode ini memberikan akurasi tinggi dengan waktu yang singkat tanpa melakukan *postprocessed* (Sickle 2008).

Metode RTK dapat dilakukan untuk survei jika kondisi: survei dengan pengambilan titik secara rapat (kisaran 10-15 KM) dari *base* tergantung spesifikasi alat yang digunakan. Survei ini

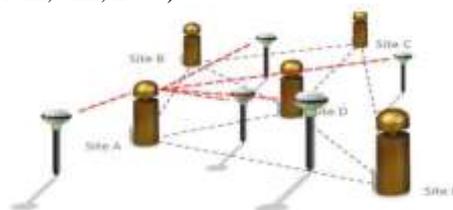
membutuhkan koordinat secara *real time* dan titik yang akan disurvei pada kondisi tidak terhalang (tidak terdapat obstruksi) (Rabbani 2002). Jika terdapat obstruksi akan mempengaruhi akurasi data yang dihasilkan

1. *Single RTK*

Pengamatan GPS menggunakan metode single RTK adalah pengamatan secara diferensial dengan menggunakan minimal dua receiver GPS yang bekerja secara simultan menggunakan data fase (Hafiz, Awaluddin, & Yuwono, 2014). Koreksi data dikirimkan secara satu arah dari base station kepada rover melalui transmisi radio atau melalui jaringan internet.

2. *Network RTK (NRTK)*

Network RTK (NRTK) merupakan pengembangan dari metode single base RTK. NRTK dibangun dari konstelasi beberapa jaringan CORS dan *server* yang memiliki algoritma tertentu untuk menghasilkan posisi teliti dalam waktu yang relatif singkat seperti yang disajikan pada Gambar I.3. NRTK menawarkan keuntungan yang signifikan dibandingkan dengan menggunakan single RTK dalam hal meningkatkan akurasi dan redundansi (Nordin, dkk, 2009).



Gambar 2. 6 Proses kerja Network RTK (Sumber: Leica Geosystem)

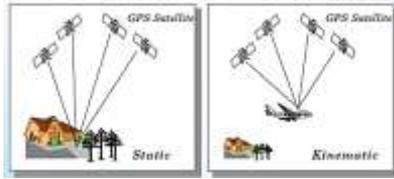
3. NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*)

Menurut Ega Gumilar Hafiz (2014), NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) adalah sebuah metode untuk mengirim koreksi data GPS/GLONASS (dalam format RTCM) melalui internet. RTCM sendiri adalah kependekan dari *Radio Technical Commission for Maritime Services* yang merupakan komite khusus yang menentukan standard radio navigasi dan radio komunikasi maritim internasional.

Data format RINEX disediakan untuk pengolahan data secara *post-processing*, sedangkan data NTRIP untuk pengamatan posisi secara *real-time*. Untuk klasifikasi RTK-NTRIP sendiri sebenarnya sama dengan RTK pada umumnya yaitu dibedakan antara *Single RTK* dan *Network RTK*.

2.6 Metode Penentuan Posisi Absolut Teliti (*Precise Point Positioning*)

Penentuan posisi secara absolut adalah metode penentuan posisi yang paling mendasar dari GPS (Abidin, 2007). Metode penentuan posisi ini, dalam moda statik dan kinematik digambarkan pada ilustrasi berikut :



Gambar 2. 7 Metode penentuan posisi moda statik dan kinematik (Abidin, 2007)

Berkaitan dengan penentuan posisi secara absolut, ada beberapa catatan yang perlu diperhatikan yaitu (Abidin, 2007):

1. Metode ini kadang dinamakan juga metode *point positioning*, karena penentuan posisi dapat dilakukan per titik tanpa tergantung pada titik lainnya.
2. Posisi ditentukan dalam sistem WGS-84 terhadap pusat massa bumi.
3. Untuk penentuan posisi hanya memerlukan satu *receiver* GPS, dan tipe *receiver* yang umum digunakan untuk keperluan ini adalah tipe navigasi atau kadang dinamakan tipe genggam (*hand held*).
4. Titik yang ditentukan posisi bisa dalam keadaan diam (moda statik) maupun dalam keadaan bergerak (moda kinematik) seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.
5. Biasanya menggunakan data *pseudorange*. Perlu juga dicatat bahwa dalam moda statik, meskipun jarang sekali digunakan, data fase sebenarnya juga bisa digunakan yaitu dengan mengestimasi ambiguitas fase bersama-sama dengan posisi.
6. Ketelitian posisi yang diperoleh sangat terganggu pada tingkat ketelitian data serta geometri satelit.
7. Metode ini tidak dimaksudkan untuk penentuan posisi yang teliti.
8. Aplikasi utama dari metode ini adalah untuk keperluan navigasi atau aplikasi-aplikasi lain yang memerlukan informasi posisi yang tidak perlu terlalu teliti tapi tersedia secara instan (*real-time*), seperti untuk keperluan *reconnaissance* dan *ground truthing*.

3.1 Lokasi Penelitian

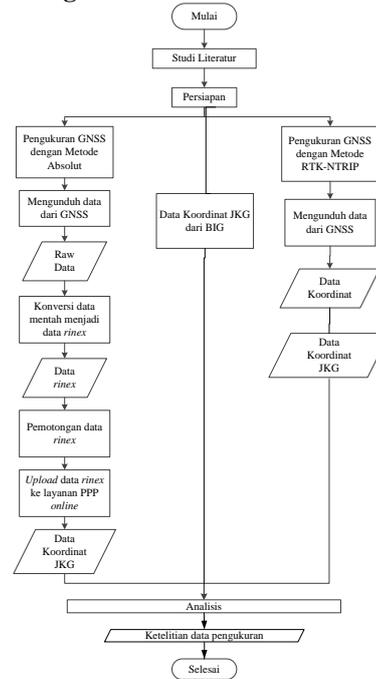
Kegiatan penelitian ini mengambil lokasi di titik jaring kontrol horisontal orde 0 dan orde 1. Jaring kontrol orde 0 terletak di Boulevard Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta sedangkan jaring kontrol orde 1 terletak di jalan Balangan-Minggir km.23 Yogyakarta. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.

Koordinat GPS titik kontrol nasional N0005 dan titik kontrol regional N1.0261 digunakan untuk melakukan analisis koordinat hasil pengukuran dan pengolahan yang dilakukan dengan metode PPP dan metode RTK-NTRIP. Adapun koordinat titik N0005, N1.0261, dan CORS BIG sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Koordinat titik kontrol SRGI BIG

Titik kontrol N0005, N1.0261 tersebut sudah terintegrasi dengan jaring kontrol geodesi nasional, koordinat tersebut di keluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) (<http://srgi.big.go.id/peta/jkg.jsp>). Sedangkan data informasi prakiraan Elevasi, jumlah satelit dan DOP digunakan untuk melakukan perencanaan waktu pengukuran yang tepat (www.gnssplanning.com, 2019)

3.2 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir

4.1 Uji Normalitas hasil pengukuran dengan metode PPP-Online dan metode RTK-NTRIP dengan tingkat kepercayaan 95%

Uji normalitas data dilakukan Chi kuadrat (χ^2) untuk uji standar deviasi apakah data tersebut terdistribusi normal atau tidak.

A. Uji Normalitas untuk standar deviasi

1. Uji Normalitas hasil pengukuran pada titik orde 0

Uji normalitas dilakukan pada koordinat hasil pengukuran menggunakan metode PPP-Online dan metode RTK-NTRIP. Jika nilai standar deviasi tidak berada pada rentang nilai *upper* dan *lower* hasil hitungan dengan rumus Chi kuadrat, maka data ukuran tidak terdistribusi normal dan mengandung kesalahan blunder.

a. Uji Normalitas data hasil pengukuran gps yang telah diolah dengan metode RTK-NTRIP

Standar deviasi (S) : 0,035

$$\chi^2_{\alpha/2, v} = \chi^2_{0,05/2, 35} = 53,2$$

$$\chi^2_{1-\alpha/2, v} = \chi^2_{1-0,05/2, 35} = 20,57$$

$$0,028 < \sigma < 0,046$$

Dari perhitungan tersebut nilai *lower* didapatkan 0,028 sedangkan nilai *upper* adalah 0,406. Standar deviasi pada data hasil olahan RTK adalah 0,035,

maka angka tersebut terletak di antara angka *lower* dan *upper*. Jadi data tersebut terdistribusi normal.

b. Uji Normalitas data hasil pengukuran gps yang telah diolah dengan PPP *online*

Standar deviasi (S) : 0,217

$$\chi^2_{\alpha/2, v} = \chi^2_{0,05/2, 35} = 53,2$$

$$\chi^2_{1-\alpha/2, v} = \chi^2_{1-0,05/2, 35} = 20,57$$

$$0,176 < \sigma < 0,284$$

Dari perhitungan tersebut nilai *lower* didapatkan 0,176, sedangkan nilai *upper* adalah 0,284. Standar deviasi pada data hasil olahan PPP adalah 0,217, maka angka tersebut terletak di antara angka *lower* dan *upper*. Jadi data tersebut terdistribusi normal.

2. Uji Normalitas hasil pengukuran pada titik orde 1

Uji normalitas dilakukan pada koordinat hasil pengukuran menggunakan metode PPP-*Online* dan metode RTK-NTRIP. Jika nilai standar deviasi tidak berada pada rentang nilai *upper* dan *lower* hasil hitungan dengan rumus chikueadrat, maka data ukuran tidak terdistribusi normal dan mengandung kesalahan blunder.

a. Uji Normalitas data hasil pengukuran metode RTK-NTRIP

Standar deviasi (S) : 0,027

$$\chi^2_{\alpha/2, v} = \chi^2_{0,05/2, 35} = 53,2$$

$$\chi^2_{1-\alpha/2, v} = \chi^2_{1-0,05/2, 35} = 20,57$$

$$0,022 < \sigma < 0,035$$

Dari perhitungan tersebut nilai *lower* didapatkan 0,022, sedangkan nilai *upper* adalah 0,035. Standar deviasi pada data hasil olahan RTK adalah 0,027, maka angka tersebut terletak di antara angka *lower* dan *upper*. Jadi data tersebut terdistribusi normal.

b. Uji Normalitas data hasil pengukuran gps yang telah diolah dengan PPP *online*

Standar deviasi (S) : 0,094

$$\chi^2_{\alpha/2, v} = \chi^2_{0,05/2, 35} = 53,2$$

$$\chi^2_{1-\alpha/2, v} = \chi^2_{1-0,05/2, 35} = 20,57$$

$$0,076 < \sigma < 0,122$$

Dari perhitungan tersebut nilai *lower* didapatkan 0,176, sedangkan nilai *upper* adalah 0,122. Standar deviasi pada data hasil olahan PPP adalah 0,094, maka angka tersebut terletak di antara angka *lower* dan *upper*. Jadi data tersebut terdistribusi normal.

B. Uji Normalitas untuk rata-rata

1. Uji Normalitas hasil pengukuran pada titik orde 0

Uji normalitas dilakukan pada koordinat hasil pengukuran menggunakan metode PPP-*Online* dan metode RTK-NTRIP. Jika nilai standar deviasi tidak berada pada rentang nilai *upper* dan *lower* hasil hitungan dengan rumus chikueadrat, maka data ukuran tidak terdistribusi normal dan mengandung kesalahan blunder.

a. Uji Normalitas data hasil pengukuran GPS yang telah diolah dengan metode RTK-NTRIP

Rata-rata (μ) : 0,088

Standar deviasi (S) : 0,035

$$t_{\alpha/2, v} = t_{0,05/2, v} = 1,689$$

$$0,074 < \mu < 0,103$$

Dari perhitungan tersebut nilai *lower* didapatkan 0,074, sedangkan nilai *upper* adalah 0,103. Rata-rata (μ) pada data hasil olahan RTK adalah 0,088, maka angka tersebut terletak di antara angka *lower* dan *upper*. Jadi data tersebut terdistribusi normal.

b. Uji Normalitas data hasil pengukuran metode PPP yang telah diolah dengan PPP *online*

Rata-rata (μ) : 0,294

Standar deviasi (S) : 0,217

$$t_{\alpha/2, v} = t_{0,05/2, v} = 2,438$$

$$0,206 < \mu < 0,383$$

Dari perhitungan tersebut nilai *lower* didapatkan 0,206, sedangkan nilai *upper* adalah 0,383. Rata-rata (μ) pada data hasil olahan PPP adalah 0,294, maka angka tersebut terletak di antara angka *lower* dan *upper*. Jadi data tersebut terdistribusi normal.

2. Uji Normalitas hasil pengukuran pada titik orde 1

a. Uji Normalitas data hasil pengukuran GPS yang telah diolah dengan metode RTK-NTRIP

Rata-rata (μ) : 0,091

Standar deviasi (S) : 0,027

$$t_{\alpha/2, v} = t_{0,05/2, v} = 1,689$$

$$0,080 < \mu < 0,102$$

Dari perhitungan tersebut nilai *lower* didapatkan 0,296, sedangkan nilai *upper* adalah 0,399. Rata-rata (μ) pada data hasil olahan RTK adalah 0,348, maka angka tersebut terletak di antara angka *lower* dan *upper*. Jadi data tersebut terdistribusi normal.

b. Uji Normalitas data hasil pengukuran metode PPP-*Online* .

Rata-rata (μ) : 0,309

Standar deviasi (S) : 0,094

$$t_{\alpha/2, v} = t_{0,05/2, v} = 2,438 \rightarrow 0,271 < \mu < 0,347$$

Dari perhitungan tersebut nilai *lower* didapatkan 0,271, sedangkan nilai *upper* adalah 0,347. Rata-rata (μ) pada data hasil olahan PPP adalah 0,309, maka angka tersebut terletak di antara angka *lower* dan *upper*. Jadi data tersebut terdistribusi normal.

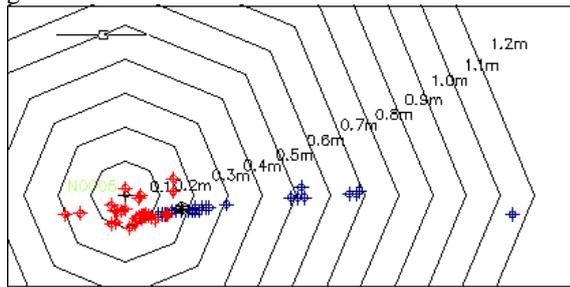
4.2 Uji Hipotesis Presisi dan Akurasi koordinat hasil pengukuran yang telah di proses dengan metode PPP-*Online* dan metode RTK-NTRIP

Untuk melihat sebaran horisontal koordinat hasil hasil pengukuran metode PPP-*Online* dan metode RTK-NTRIP, semua koordinat yang di ukur selama 3 jam dipakai sehingga dapat terlihat bagaimana pergerakan data selama selang waktu tertentu serta konsisten atau tidaknya hasil pengukuran.

1. Analisis presisi horisontal

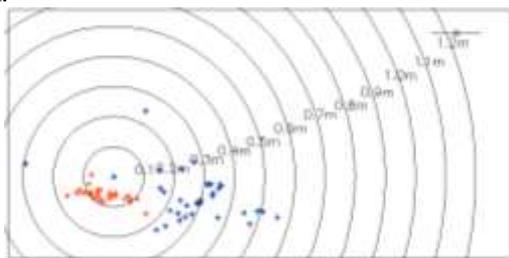
Presisi pengukuran dinyatakan dalam seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai rata-ratanya. Untuk mengetahui nilai presisi antara metode PPP-*Online* dan metode RTK-NTRIP, hasil diplot

menggunakan Autocad. Hasil plot ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 1 Plotting kepresisian horisontal hasil pengukuran menggunakan metode PPP-Online dan metode RTK-NTRIP pada titik orde 0

Persebaran titik-titik hasil pengukuran menggunakan metode PPP-Online yang diolah dan metode RTK-NTRIP pada titik orde 0. Terlihat untuk RTK persebaran titiknya mendekati koordinat definitif N0005 dengan range radius antara 0,081 m sampai 0,789 m dan hasil persebarannya cenderung kearah timur. Sedangkan untuk metode PPP-Online persebaran titiknya menunjukkan kearah barat daya hingga timur dengan dari titik definitif N0005. Untuk persebaran titik mendekati titik definitif tersebut dengan range antara 0,109 m sampai 1,135 m.



Gambar 4. 2 Plotting kepresisian horisontal hasil pengukuran menggunakan metode PPP-Online dan metode RTK-NTRIP pada titik orde 1

Kerangan :

 : Titik hasil pengukuran menggunakan metode PPP-Online

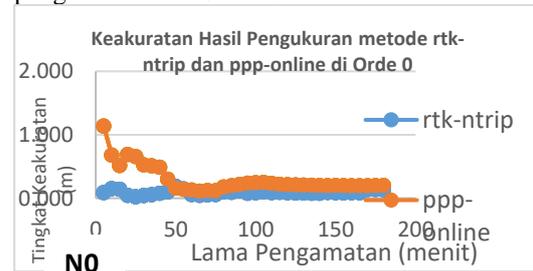
 : Titik hasil pengukuran menggunakan metode RTK-NTRIP

Terlihat untuk GPS RTK persebaran titiknya mendekati koordinat definitif N1.0261 dengan range radius antara 0,076 m sampai 0,600 m dan hasil persebarannya cenderung kearah timur. Sedangkan untuk PPP persebaran titiknya hampir merata dengan dari titik definitif N1.0261. Untuk persebaran titik mendekati titik definitif N1.0261 dengan range antara 0,154 m sampai 0,560 m.

2. Analisis keakurasian horisontal

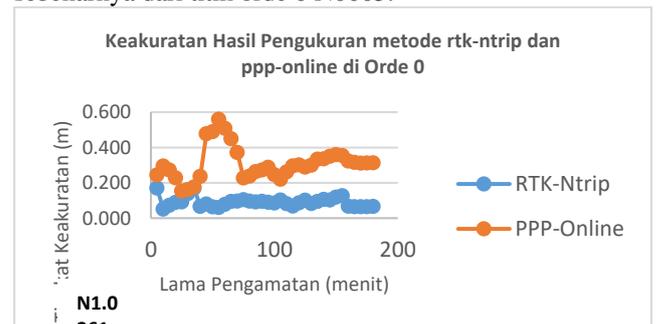
Tingkat keakurasian horisontal dinilai dengan keterdekatan hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya. Dari hasil tabulasi koordinat pengukuran yang di tunjukkan pada tabel 4.1 dan 4.2 untuk hasil pengukuran titik orde 0 serta tabel 4.3 dan 4.4 untuk hasil pengukuran titik orde 1 dapat diketahui jarak atau radius titik dengan nilai

sebenarnya, kemudian hasilnya diplot dengan Autocad dan dibandingkan data satu dengan lainnya. Berikut hasil plotting keakurasian data pada titik pengukuran orde 0 dan orde 1.



Gambar 4. 3 Grafik tingkat keakurasian posisi horisontal hasil pengukuran dengan metode PPP-Online warna merah dan metode RTK-NTRIP warna biru pada titik orde 0

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa hasil pengukuran dengan metode PPP-Online dan metode RTK-NTRIP pada titik orde 0 yang telah diproses dengan metode PPP-Online dan metode RTK-NTRIP keduanya menunjukkan keakuratan yang hampir sama, namun cenderung lebih akurat yang RTK dibandingkan dengan metode PPP-Online. Hal ini ditunjukkan dengan keterdekatan hasil dengan nilai sebenarnya dari titik orde 0 N0005.



Gambar 4. 4 Grafik tingkat keakurasian posisi horisontal hasil pengukuran dengan metode PPP-Online warna merah dan metode RTK-NTRIP warna biru pada titik orde 1

Dari gambar 4.5 terlihat bahwa hasil pengukuran dengan metode PPP-Online dan metode RTK-NTRIP keduanya menunjukkan grafik yang fluktuatif. Nilai keterdekatan hasil proses RTK untuk nilai sebenarnya dari titik orde 1 N1.0261 antara range 0,076 meter hingga 0,600 meter. Tingkat keakuratan dari RTK paling akurat didapat pada pengukuran. Untuk pengukuran pada PPP-Online GNSS data pengukuran menunjukkan keakuratan yang paling akurat dengan akurasi 0,154.

4.2.1 Uji Hipotesis untuk nilai standar deviasi hasil pengamatan

Perhitungan menggunakan uji *chisquare* χ^2 untuk mengetahui hasil hipotesa nol diterima atau ditolak seperti yang dijelaskan di bab 3 mengenai hipotesis.

a) Uji hipotesis untuk data pengukuran di titik orde 0

$S_{rtk-NTRIP}$: 0,035 m

$S_{PPP-online}$: 0,217 m

σ : 0,075 m

v : 35
Tingkat kepercayaan 95%

i. Uji χ^2 RTK-NTRIP

$$\chi^2_{hitung} = 7,663$$

$$\chi^2_{0,05,35} = 49,8$$

$$\chi^2_{hitung} > \chi^2_{Tabel}$$
$$7,663 < 49,8$$

Maka Hipotesis 0 diterima. Data hasil pengukuran menggunakan metode ini bisa digunakan untuk pengukuran titik setara orde 0.

ii. Uji χ^2 PPP-Online

$$\chi^2_{hitung} = 294,191$$

$$\chi^2_{0,05,35} = 49,8$$

$$\chi^2_{hitung} > \chi^2_{Tabel}$$
$$294,19 > 49,8$$

Maka Hipotesis 0 ditolak, Data hasil pengukuran menggunakan metode ini tidak bisa digunakan untuk pengukuran titik setara orde 1 pengamatan dengan jika pengolahannya menggunakan metode PPP *online*

b) Uji hipotesis untuk data pengukuran di titik orde 1

$$S_{rtk-ntrip} : 0,027 \text{ m}$$

$$S_{ppp-online} : 0,093 \text{ m}$$

$$\sigma : 0,075 \text{ m}$$

v : 35

i. Uji χ^2 RTK-NTRIP

Tingkat kepercayaan 95%

$$\chi^2_{hitung} = 4,639$$

$$\chi^2_{0,05,35} = 49,8$$

$$\chi^2_{hitung} > \chi^2_{Tabel}$$
$$4,639 > 49,8$$

Maka Hipotesis 0 diterima. Data hasil pengukuran menggunakan metode ini bisa digunakan untuk pengukuran titik setara orde 1 .

ii. Uji χ^2 ppp-online

$$\chi^2_{hitung} = 54,684$$

$$\chi^2_{0,05,35} = 49,8$$

$$\chi^2_{hitung} > \chi^2_{Tabel}$$
$$54,684 > 49,8$$

Maka Hipotesis 0 ditolak, Data hasil pengukuran menggunakan alat tidak bisa digunakan untuk pengukuran titik setara orde 1 pengamatan dengan jika pengolahannya menggunakan metode PPP *online*.

4.2.2 Uji F (Distribusi Fisher) metode PPP-Online dan metode RTK-NTRIP

1. Uji hipotesis untuk data pengukuran di titik orde 0 dengan menggunakan uji F tabel.

$$S_{2rtk} : 0,035 \text{ m}$$

$$S_{1ppp} : 0,217 \text{ m}$$

$$\sigma : 0,075 \text{ m}$$

$$V_2 \text{ rtk-ntrip} : 35$$

$$V_1 \text{ ppp-online} : 35$$

Tingkat kepercayaan 95%

$$F_{hitung} = 0,026$$

$$F_{0,025,35,35} = 1,96$$

$$F_{hitung} < F_{tabel}$$

$$0,026 < 1,96$$

Maka Hipotesis 0 diterima, tidak ada perbedaan yang signifikan tingkat ketelitian data dengan metode PPP-*Online* dan metode RTK-NTRIP .

2. Uji hipotesis untuk data pengukuran di titik orde 1 dengan menggunakan uji F tabel

$$S_1 \text{ rtk-ntrip} : 0,027 \text{ m}$$

$$S_2 \text{ ppp-online} : 0,093 \text{ m}$$

$$\sigma : 0,075 \text{ m}$$

$$V_1 \text{ GPS Geodetik} : 35$$

$$V_2 \text{ LowCostGNSS} : 35$$

Tingkat kepercayaan 95%

$$F_{hitung} = 0,084$$

$$F_{0,025,35,35} = 1,96$$

$$F_{hitung} < F_{tabel}$$

$$0,084 < 1,96$$

Maka Hipotesis 0 diterima, tidak ada perbedaan yang signifikan tingkat ketelitian metode PPP-*Online* dan metode RTK-NTRIP apabila diolah menggunakan metode PPP *online*.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang sudah dilaksanakan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengamatan NTRIP pada titik orde 0 N0005 dengan menggunakan metode RTK- mempunyai range kepresisian antara 0.019 m sampai 0.186 m, Sedangkan untuk hasil dari metode PPP *online* mempunyai range kepresisian antara 0.109 m sampai 1.135 m.

2. Hasil pengamatan pada titik orde 1 N1.0261 dengan menggunakan metode RTK-NTRIP mempunyai range kepresisian antara 0.050 m sampai 0.169 m Sedangkan untuk hasil dari metode PPP *online* pada titik orde 1 yang sudah diolah menggunakan software PPP *online* mempunyai range kepresisian antara 0.154 m sampai 0.560 m.

3. Dari hasil pengukuran tersebut nilai PPP-Online relative tidak stabil titik definitif N1.0261 maupun definitif N0005 dari pada hasil pengukuran RTK-NTRIP

4. Data hasil pengukuran langsung koordinat (RTK-NTRIP), apabila ada kesalahan tidak dapat dilakukan pengolahan data lebih lanjut (misal kesalahan memasukkan koordinat *base*, solusi pengukuran ada yang *float*, susah mendapat solusi *fixed* dan sebagainya. Sedangkan untuk data hasil ukuran ada tingkat ketelitian data antara metode PPP *online* maupun RTK-NTRIP.

5.2 Saran

1. Perlu ada kajian lebih lanjut lagi mengenai metode tersebut dengan alat dan kondisi yang berbeda.

2. Data metode PPP *online* maupun yang tidak disarankan jika untuk pengukuran dengan ketelitian tinggi.

DAFTAR PUSATAKA

- Abidin, H. Z. 2000. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Abidin, H. 2001. *Geodesi Satelit*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Abidin, H. Z. 2006. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Abidin, H. Z. 2007. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, Cetakan ke-3, PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Anggara, Andri. 2016. *Kajian Ketelitian Metode Real Time Precise Point Positioning*. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi dan Geoinformatika Institut Teknologi Nasional Malang
- Bisnath, S. and R.B. Langley (2002). High-precision platform-independent positioning with a single GPS receiver. *Navigation*, Vol. 29, No. 3, pp. 161-169.
- Djawahir. 1992. *Penentuan Posisi dengan GPS. PT Petrakonsultindo*. Yogyakarta
- El-Rabbany, A., 2002, "Introduction to GPS: the global positioning system", Artech House, Norwood.
- Ekawati, Sri. 2010. Pengaruh Geometri Satelit dan Ionosfer Dalam Kesalahan Penentuan Posisi, *Berita Dirgantara*, Vol. 11, No. 2 Juni 2010:59-65
- Ghilani, C.D. 2010. *Adjustment Computations Spatial Data Analysis*, 5nd Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken. New Jersey.
- Gao Y and Shen X. 2002. A New Method for Carrier Phase Based Precise Point Positioning, *Navigation, Journal of the institute of Navigation*, Vol. 49, No. 2.
- Gao Y and Shen X. 2004. Performance of Analysis of Precise Point Positioning Using Real Time Orbit and Clock Products, *Journal of Global Positioning Systems*, Vol. 3, No. 1-2: 95-100.
- Harvey, Bruce., R.1990. *Practical Least Square and Statistics for Surveyors*. School of Surveying University of New South Wales. Australia
- IGS. 2005. Website of the *International of GNSS Service (formerly International GPS Service)*. Site address: <http://igsceb.jpl.nasa.gov/>
- Hadi, I.W., 2019, Kajian Ketelitian Hasil Pengukuran Menggunakan *Low-Cost GNSS* dan GPS Geodetik Menggunakan Metode PPP-online.
- Klobuchar, J.A. 1991. Ionospheric Effects on GPS. *GPS World*, 2, 48-51.
- Kouba J and Heroux P. 2001. GPS Precise Point Positioning Using IGS Orbit Products, *Navigation, GPS Solution*, Vol. 5, No. 2, pp. 12-28.
- Leandro R., Landau H. and Nitschke M., 2011, "RTX Positioning: The Next Generation of cm- accurate Real-Time GNSS Positioning", Proc. of the Int. Tech. Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation, 1460 – 1475, 2011.
- Michael, E, Gordon, 1981, *Analysis Adjustment of Survey Measurement*, Van Nostrand Reinhold Company, New York
- Panuntun, H. 2012. *Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global*. Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Potret Udara, 2018, Low-Cost-GPS-GIS, URL : <https://www.potretudara.com/low-cost-gps-gis/>
- Prakoso, Sutopo., Yuda. 2016. *Pengaruh Aktivitas Ionosfer Terhadap Tingkat Ketelitian GPS Dengan Metode Precise Point Positioning*. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Gadjah Mada.
- Putra, Adi. 2012. *Studi Kinerja Software PPP online (Precise Point Positioning) Dalam Pengolahan Data Survey GPS*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung
- Rokhmana, C.A., 2017, *Low-Cost GPS GIS*, <http://www.potretudara.com/low-cost-gps-gis/>, diakses tanggal 26 Desember 2017.
- Sugiyono. 2010. Statistik Untuk Penelitian, Cetakan ke-17, PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sunantyo, T.A. 2000. *Diktat Pengantar Survey Pengamatan Satelit Global Positioning System*. Jurusan teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjahmada. Yogyakarta.
- Takasu, Tomoji. 2005. Evaluation of GPS Precise Point Positioning (PPP) Accuracy. *IEIC Technical Report* vol 105. hal 31-35.
- Tranquilla, J. M., J. P. Carr, R. Basset, B. Colpitts, and S. Best (1987). *Field experiments in NAVTAR signal multipath, imaging, and phase centre errors*. Final report to Department of Fisheries and Oceans, Canada, february.
- Wibowo, Yohanes., Seto., Ari. 2015. Kajian Hasil Pengukuran Menggunakan GNSS CORS RTK NTRIP Dengan Single Base dan Network Base. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang.

- Witchayangkoon, Boonsap. 2000, Elemen of GPS Precise Point Positioning. Thesis. The Graduate School. University of Maine. 2000
- Takasu, T., dan Yasuda, A., 2008, "Evaluation of RTK-GPS Performance with Low-Cost Single-frequency GPS Receivers," Journal of Tokyo University of Marine Science and Technology, Tokyo.
- Syetiawan, A., dkk, 2016, *Uji Akurasi Penentuan Posisi Metode GPS-RTK Menggunakan CHC X91+*, Jurnal SEMNAS BIG, Bogor.
- Yusron, H., dkk, 2017, *Perhitungan Velocity Rate Cors Gns Di Pulau Sulawesi*, Jurnal Teknik Geodesi Undip, Semarang.
- Nordin, Z., dkk, 2009, "*Investigation on VRS-RTK Accuracy and Integrity for Survey Application*", International Symposium and Exhibition on Geoinformation.
- Van Sickle, J., 2008, "GPS for land surveyors", CRC Press, Boca Raton.