

## **Analisis Metode GPS Kinematik Menggunakan Perangkat Lunak RTKLIB**

**Henri Kuncoro, Irwan Meilano, Dina Anggreni Sarsito**

*Program Studi Teknik Geodesi Dan Geomatika, ITB*

**Abstract.** One of the GPS kinematic processing software that developed in the current is RTKLIB. RTKLIB is the software which people can download free and used free for it. This software can also perform data processing in fast and the data processing can be integrated in post-processing and real-time. In this study, the ability of RTKLIB tested by using GPS observation data with variations of the baseline length when earthquake not occurred and earthquake offset detection from the GPS baseline processing results during earthquake. In this testing the stability of the GPS data processing results are ascertainable and it can be seen also the ability and reliability of the software in detecting earthquake offset. For comparison of the data processing results quality with RTKLIB, in this study selected TTC (Trimble Total Control) to process the GPS baseline of the same observations. From the results of GPS baseline processing with RTKLIB and TTC, it seems that RTKLIB results have better stability than TTC. In short baseline category have standard deviation less than 1 cm, in medium baseline category have standard deviation between 3-6 cm, whereas in long baseline category have standard deviation 3-8 cm. On the offset detection of earthquake, RTKLIB have ability to detect offset in more of baseline length variations than the TTC.

**Kata Kunci:** *GPS Kinematik, Offset Gempa, RTKLIB*

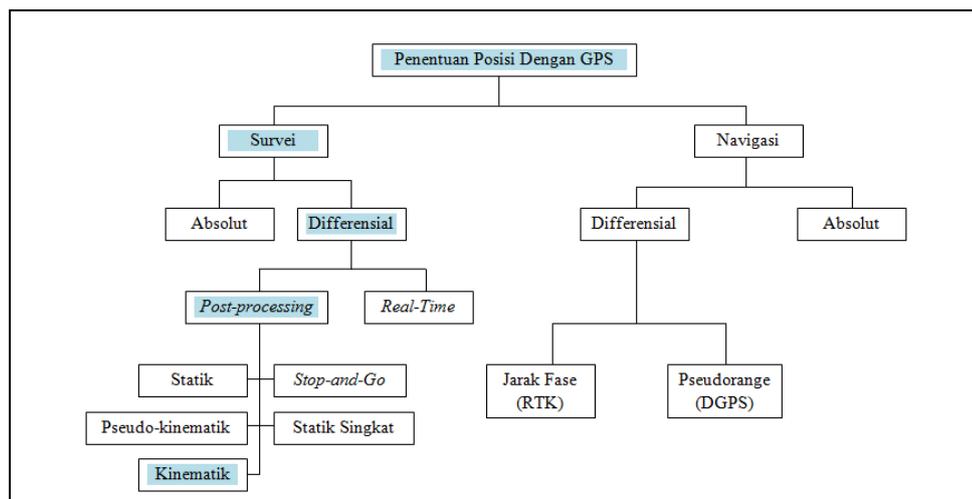
**Abstrak.** Salah satu perangkat lunak pengolah data GPS secara kinematik yang dikembangkan pada saat ini adalah RTKLIB. RTKLIB ini merupakan perangkat lunak yang bebas diunduh dan digunakan oleh siapa saja. Perangkat lunak ini dapat melakukan pemrosesan data secara cepat dan dapat diintegrasikan secara post-processing maupun real-time. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap kemampuan perangkat lunak RTKLIB menggunakan data pengamatan GPS dengan berbagai variasi panjang baseline pada saat tidak terjadi gempa serta pendeteksian offset gempa dari hasil pengolahan baseline pengamatan GPS kontinyu pada saat terjadi gempa. Dalam pengujian ini dapat diketahui kestabilan hasil pengolahan data GPS dengan menggunakan RTKLIB serta dapat diketahui juga kemampuan dan kehandalan perangkat lunak ini dalam mendeteksi offset gempa. Sebagai pembandingan dari kualitas hasil pengolahan data dengan RTKLIB dipilih perangkat lunak TTC (Trimble Total Control) untuk mengolah baseline pengamatan GPS yang sama. Dari hasil pengolahan baseline GPS dengan menggunakan RTKLIB dan TTC nampak bahwa RTKLIB memberikan hasil yang memiliki kestabilan yang lebih baik daripada TTC. Pada kategori baseline pendek nilai standar deviasinya kurang dari 1 cm, pada kategori baseline menengah nilai standar deviasinya antara 3- 6 cm, sedangkan pada kategori baseline sangat panjang memiliki nilai standar deviasi 3-8 cm. Pada pendeteksian offset gempa, RTKLIB mampu mendeteksi offset gempa pada variasi baseline yang lebih beragam daripada TTC.

**Keyword:** *kinematic GPS, RTKLIB, earthquake offset*

### 1. Pendahuluan

Pada saat ini GPS (Global Positioning System) telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi praktis dan keperluan riset. Mengikuti perkembangan kebutuhan GPS dalam kehidupan manusia, telah banyak dikembangkan metode-metode penentuan posisi dengan GPS. Salah satu metode yang telah banyak digunakan dalam hal penentuan posisi objek-objek yang bergerak adalah metode penentuan posisi kinematik (kinematic positioning). Umumnya, data pengamatan GPS yang digunakan dalam metode ini adalah data pengamatan GPS kontinyu. Maksud dari GPS kontinyu di sini tidak sempurna data tersebut kontinyu akan tetapi data tersebut adalah data pengamatan GPS diskrit yang memiliki interval pengamatan yang sangat rapat (5 sekon – 30 sekon). Dengan tersedianya data pengamatan GPS yang sangat rapat tersebut, maka objek yang bergerak dapat ditentukan posisinya setiap interval waktu/epok tersebut [Abidin, 2006]. GPS kinematik banyak digunakan dalam berbagai keperluan riset geodetik. Salah satu dari penerapan metode tersebut adalah untuk pemantauan deformasi lempeng tektonik. Secara umum, metode survei yang digunakan adalah metode penentuan posisi diferensial dengan menggunakan data pengamatan GPS kontinyu. Pada metode ini, posisi titik pantau deformasi ditentukan relatif terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (stasiun referensi).

Strategi pengolahan data yang diterapkan pada pengamatan GPS kinematik adalah dengan melakukan proses pengurangan data pengamatan GPS antara titik pantau dengan stasiun referensi pada waktu bersamaan. Diharapkan dengan strategi ini, kesalahan dan bias dari data dapat dieliminasi dan direduksi. Secara otomatis, ketika kesalahan dan bias dapat tereduksi dengan baik dan benar maka didapatkan ketelitian posisi yang memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih baik. Ketelitian posisi yang diberikan oleh teknologi GPS kinematik adalah sekitar 1-5 cm, dengan asumsi bahwa ambiguitas fase dapat ditentukan secara benar [Abidin, 2006].



**Gambar 1.** Metode Penentuan Posisi dengan GPS [Abidin, 1994]  
 (Diagram yang berwarna biru menunjukkan metode penentuan posisi yang digunakan dalam penelitian ini.

Salah satu perangkat lunak pengolah data GPS secara kinematik yang dikembangkan pada saat ini adalah RTKLIB ([www.rtklib.com](http://www.rtklib.com)). RTKLIB ini merupakan perangkat lunak yang bebas diunduh dan digunakan oleh siapa saja. Perangkat lunak ini juga dapat melakukan pemrosesan data secara cepat dan dalam pemrosesan datanya dapat diintegrasikan secara real-time maupun post-processing sehingga kedepannya dengan menggunakan perangkat lunak ini tidak hanya dapat dilakukan pengolahan data GPS

secara post-processing seperti di tugas akhir ini tetapi juga dapat dikembangkan GPS kinematik secara real-time nya. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap kemampuan perangkat lunak RTKLIB menggunakan data pengamatan GPS dengan baseline panjang dan pendek serta data pengamatan GPS pada saat terjadi gempa. Dalam pengujian ini dapat diketahui kestabilan hasil pengolahan data GPS dengan menggunakan RTKLIB serta dapat diketahui juga kemampuan dan kehandalan perangkat lunak ini dalam mendeteksi offset gempa. Sebagai pembanding hasil pengolahan data GPS dengan RTKLIB, digunakan salah satu perangkat lunak komersial pengolah data GPS yaitu TTC (Trimble Total Control). Hasil pengolahan data GPS dengan perangkat lunak komersial ini dijadikan sebagai salah satu parameter perbandingan dalam mengetahui kestabilan hasil pengolahan data GPS dengan perangkat lunak RTKLIB.

Penerapan metode GPS kinematik dalam studi deformasi lempeng tektonik dapat dimanfaatkan dalam melakukan analisis deformasi lempeng tektonik dan menambah pemahaman mengenai karakteristik deformasi lempeng tektonik. Selain itu, hal ini merupakan langkah awal yang baik dalam mempelajari karakteristik fenomena yang ditimbulkan oleh pergerakan lempeng tektonik sehingga untuk keperluan di masa mendatang membuka harapan bahwa gempa dapat diprediksi. Terlebih lagi apabila stasiun pengamatan GPS kontinyu tersebut dapat terintegrasi dengan baik secara real-time dengan perangkat lunak RTKLIB sehingga memungkinkan dilakukan pemantauan deformasi secara real-time. Untuk masa yang akan datang, hal inilah yang menjadi fokus Utama Diadakanya Kegiatan Penelitian ini.

## **2. Prinsip Metode GPS Kinematik**

Penentuan posisi secara kinematik (kinematic positioning) merupakan penentuan posisi dari titik-titik yang bergerak dan receiver GPS tidak dapat atau tidak mempunyai kesempatan untuk berhenti pada titik-titik tersebut [Abidin, 2006]. Penentuan posisi kinematik ini dapat dilakukan secara absolut ataupun diferensial dengan menggunakan data pseudorange dan/atau fase. Hasil penentuan posisi dapat diperlukan saat pengamatan (real-time) ataupun sesudah pengamatan (post processing). Berdasarkan pada jenis data yang digunakan serta metode penentuan posisi yang digunakan, ketelitian posisi kinematik yang diberikan oleh GPS dapat berkisar dari tingkat rendah (penentuan posisi absolut dengan pseudorange) sampai tingkat tinggi (penentuan posisi diferensial dengan fase). [Abidin, 2006].

Penentuan posisi kinematik-diferensial dengan data fase dapat memberikan ketelitian tipikal sekitar 1 – 5 cm dengan asumsi bahwa ambiguitas fase dapat ditentukan secara benar. Untuk mencapai ketelitian tersebut, ambiguitas fase harus ditentukan dengan menggunakan jumlah data yang terbatas dan juga selagi receiver GPS bergerak. Mekanisme penentuan ambiguitas fase yang biasa disebut dengan on-the-fly ambiguity resolution ini bukanlah suatu hal yang mudah dilaksanakan. Untuk dapat menentukan ambiguitas fase secara cepat dan benar umumnya diperlukan penggunaan data fase dan

pseudorange dua frekuensi, geometri satelit yang relatif baik, algoritma *perhitungan yang relatif andal, dan mekanisme eliminasi kesalahan dan bias yang relatif baik dan tepat. Metode ini dapat digunakan untuk penentuan posisi objek-objek yang diam maupun bergerak. [Abidin, 2006].*

Penentuan posisi kinematik-diferensial dengan data fase ini diimplementasikan dengan menggunakan satu atau beberapa stasiun referensi. Penggunaan lebih dari satu referensi akan lebih baik karena dapat memperluas cakupan dari pengamatan. Dengan menggunakan satu stasiun referensi, metode ini hanya bisa digunakan untuk jarak baseline sekitar 10-15 km. Untuk baseline yang lebih panjang umumnya nilai ambiguitas fase akan semakin sukar ditentukan secara benar karena residu dari kesalahan dan bias yang tersisa setelah proses pengurangan data akan relatif semakin signifikan. [Abidin, 2006].

Agar resolusi ambiguitas fase tetap dapat dilaksanakan dengan baik untuk jarak baseline yang relatif panjang, maka pengguna harus dibantu dengan data dan informasi yang dapat digunakan untuk mereduksi efek dari residu kesalahan dan bias tersebut. [Abidin, 2006].

### **3. Data Pengamatan GPS Kontinu Yang Digunakan**

Pada kegiatan penelitian ini, yaitu pengujian terhadap perangkat lunak RTKLIB yang nantinya akan dikembangkan menjadi sistem realtime GPS yang terintegrasi, dibutuhkan data pengamatan GPS kontinu yang dapat mendukung suksesnya pengujian ini. Beberapa data pengamatan GPS kontinu yang digunakan mencakup titik GPS kontinu pada zona pantau deformasi lempeng tektonik pada saat terjadi gempa dan sebagian lainnya pada saat tidak terjadi gempa (titik pantau dalam kondisi stabil/secara historis tidak terjadi gempa). Dengan menemukan informasi pergeseran setiap titik pantau maka dapat dilakukan analisis terhadap fenomena fisis yang terjadi yang mana diasumsikan bahwa titik pantau tersebut telah dapat merepresentasikan keadaan yang sebenarnya.

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa data pengamatan GPS kontinu SuGAR (Sumatran GPS Array) pada saat tidak terjadi gempa dan saat terjadi Gempa Mentawai tahun 2010, beberapa data pengamatan GPS kontinu pada jaring IGS (International GNSS Service) di Jepang pada saat tidak terjadi gempa dan saat terjadi Gempa Honshu tahun 2011, dan beberapa data pengamatan GPS kontinu di Jawa Barat saat tidak ada gempa.

#### **3.1 Data Pengamatan GPS Kontinu SuGAR**

SuGAR dibuat dan dioperasikan oleh anggota Penelitian Tektonik Caltech dan Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia (LIPI). Data pengamatan GPS ini memiliki interval waktu pengamatan 15 detik. Data pengamatan GPS ini digunakan untuk mengetahui kestabilan hasil pengolahan data GPS serta untuk mendeteksi informasi pergeseran yang diakibatkan oleh Gempa Mentawai 2010. Berdasarkan informasi dari USGS (U.S. Geological Survey), Gempa Mentawai terjadi pada hari senin 25 oktober 2010 pada jam 14:42:22 UTC atau 09:42:22 PM pada waktu lokal, dengan magnitude 7.7, pada kedalaman 20.6 km, serta episenter berlokasi di 240 km sebelah barat kota Bengkulu. Pada day of year GPS, Gempa Mentawai terjadi pada day of year 298. Pengujian kestabilan hasil pengolahan baseline GPS menggunakan data pengamatan GPS kontinu pada saat tidak terjadi gempa. Dalam hal ini digunakan data pengamatan GPS pada day of year 293.

Secara lebih terperinci, data pengamatan SuGAR yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Data Pengamatan GPS SuGAR

No	Titik GPS Kontinyu	Ketersediaan Data (Day of year)	
		293	298
1	KTET	V	V
2	MSAI	V	V
3	PARY	V	V
4	PSKI	V	V

Pendeteksian offset gempa pada titik-titik pantau GPS saat terjadi Gempa Mentawai 2010 dilakukan dengan pengolahan data GPS baseline per baseline. Dari beberapa titik pengamatan GPS kontinyu di atas kemudian dipilih satu titik sebagai stasiun referensi. Titik yang dipilih sebagai stasiun referensi pada kasus ini adalah titik PSKI. Dengan mengacu kepada metode penentuan posisi secara diferensial, maka koordinat titik-titik pantau yang diperoleh relatif terhadap titik referensi tersebut. Apabila titik pantau memberikan informasi pergeseran, maka pergeseran tersebut adalah pergeseran posisinya relatif terhadap titik referensi.

### 3.2 Data Pengamatan GPS Kontinyu Jaring IGS Jepang

Data pengamatan GPS ini diproses dan disimpan di SOPAC (Scripts Orbit and Permanent Array Center) yang dikelola oleh IGPP (Institut of Geophysics and Planetary) Universitas California dengan tujuan untuk membantu pengukuran geodesi dan geofisika berketelitian tinggi sebagai bagian untuk mempelajari bahaya gempa bumi, pergerakan lempeng tektonik, deformasi lempeng dan proses-proses meteorologi. Titik-titik pengamatan GPS pada jaring IGS ini digunakan untuk mengetahui kestabilan hasil pengolahan data GPS serta untuk mendeteksi informasi pergeseran yang diakibatkan oleh Gempa Honshu 2011. Data pengamatan GPS ini memiliki interval waktu pengamatan 30 detik. Berdasarkan informasi dari USGS (U.S. Geological Survey), Gempa Honshu terjadi pada hari senin 11 maret 2011 pada jam 05:46:24 UTC atau 02:46:24 PM pada waktu lokal, dengan magnitudo 9.0, pada kedalaman 30 km, serta episenter berlokasi di 129 km sebelah timur kota Sendai. Pada day of year GPS, Gempa Honshu terjadi pada day of year 070.

Pada pengolahan baseline GPS yang digunakan untuk mengetahui kestabilan hasil pengolahan data, digunakan data pengamatan GPS pada saat tidak terjadi gempa yaitu data pengamatan GPS Jaring IGS Jepang pada day of year 068. Berikut data pengamatan IGS Jepang yang digunakan dalam penelitian ini :

**Tabel 3.2** Data Pengamatan GPS Kontinyu Pada Jaring IGS

No	Titik GPS Kontinyu	Ketersediaan Data (Day of year)	
		068	070
1	USUD	v	V
2	KGNI	v	V
3	MTKA	v	V
4	TSKB	v	v
5	MIZU	v	v
6	TSK2	v	-

Pendeteksian offset gempa pada titik-titik jaring IGS saat terjadi Gempa Honshu 2011 dilakukan dengan pengolahan data GPS baseline per baseline. Dari titik-titik pengamatan GPS kontinyu pada jaring IGS tersebut dipilih dua dari enam titik pengamatan GPS sebagai titik referensi. Kedua titik tersebut adalah titik USUD dan MTKA. Pada dasarnya di sini akan dilakukan pengujian terhadap perangkat lunak RTKLIB dalam mendeteksi informasi pergeseran dari titik pantau pada baseline yang panjang maupun pendek saat terjadi gempa. Ketika titik USUD dijadikan sebagai referensi, maka yang menjadi titik-titik pantau adalah titik KGNI, MTKA, TSKB, dan MIZU (DOY : 070). Sedangkan ketika titik MTKA dijadikan sebagai titik referensi, maka titik-titik yang dijadikan titik pantau adalah titik KGNI, TSKB, dan MIZU (DOY : 070). Titik referensi tersebut dipilih berdasarkan asumsi kestabilan titik referensi dan panjang baseline yang dihasilkan.

### 3.3 Data Pengamatan GPS Kontinyu di Jawa Barat

Dengan menggunakan data pengamatan GPS kontinyu di Jawa Barat dapat dilakukan pengujian kestabilan hasil pengolahan data dengan perangkat lunak RTKLIB. Titik-titik pengamatan GPS kontinyu ini relatif diam (tidak mengalami gempa atau deformasi yang signifikan pada saat itu). Titik-titik pengamatan GPS kontinyu ini pada dasarnya dibangun untuk keperluan riset dalam melakukan pemantauan deformasi Sesar Lembang. Data pengamatan GPS memiliki interval pengamatan 30 detik. Titik-titik pengamatan GPS tersebut meliputi titik ITB, UPI, TNKP, serta BAKO (salah satu titik pengamatan GPS pada jaring IGS). Jarak yang dibentuk titik-titik pengamatan GPS seperti ITB, UPI, dan TNKP merupakan jarak yang relatif pendek yang dalam konsep GPS kinematik panjang baseline yang dibentuk oleh ketiga titik tersebut merupakan panjang baseline ideal untuk mencapai hasil dengan ketelitian optimal (karena diasumsikan kesalahan dan bias dapat tereduksi dengan baik).

Dilakukan pengolahan baseline antara titik-titik pengamatan GPS tersebut (berdasarkan ketersediaan data pada tabel 3.3) di antaranya baseline ITB-UPI, baseline UPI-TNKP, dan baseline BAKO-ITB. Pemilihan titik referensi ini berdasarkan kepada asumsi kestabilan titik referensi dan jarak dari objek pemantauan yang diasumsikan akan mengalami deformasi.

**Tabel 3.3** Data Pengamatan GPS Kontinyu di Jawa Barat

No	Titik GPS Kontinyu	Ketersediaan Data (Day of year)	
		361	010
1	BAKO	v	-
2	ITB	v	-
3	UPI	v	V
4	TNKP	-	V

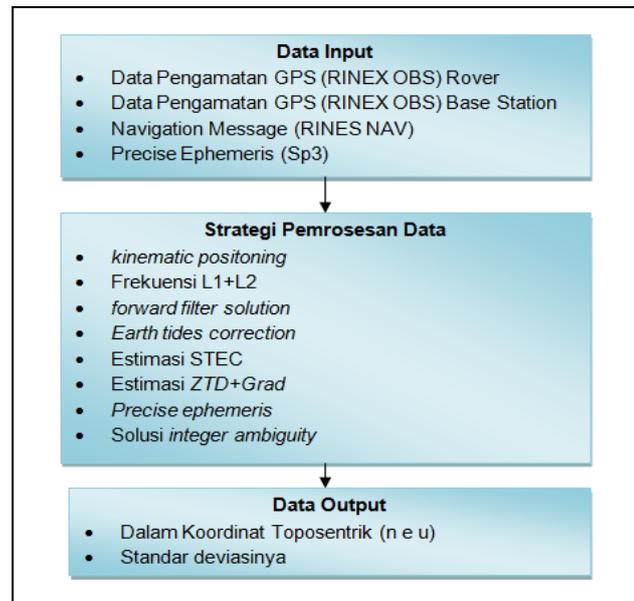
#### 4. RTKLIB

RTKLIB merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data GPS. Di dalamnya terdapat berbagai macam metode penentuan posisi dengan GPS yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan keperluan pengamatan GPS itu sendiri. Salah satu keunggulan yang dimiliki perangkat lunak ini adalah bahwa perangkat lunak ini dapat digunakan dan di-download secara bebas oleh siapapun tanpa syarat apapun. Tentunya dengan realita bahwa kebanyakan perangkat lunak pengolah data GPS adalah perangkat lunak yang cukup mahal, maka perangkat lunak ini cukup menjanjikan solusi yang lebih baik dari segi efisiensi biaya penelitian. Tidak hanya dapat melakukan pengolahan data pengamatan GPS secara post-processing, perangkat lunak RTKLIB ini juga dapat melakukan pengolahan data pengamatan GPS secara realtime yang dikombinasikan dengan sistem komunikasi data yang terpadu.

Pada penelitian ini, perangkat lunak ini secara khusus diperuntukkan untuk pengolahan data GPS kontinyu dengan metode penentuan posisinya secara kinematik. Data pengamatan GPS kontinyu diolah secara post-processing dengan penambahan informasi pendukung lainnya sebagai input data dalam optimalisasi penggunaan perangkat lunak RTKLIB. Output solution dari RTKLIB ini adalah koordinat titik pantau setiap epok pengamatan GPS dan plot grafik vektor pergeseran titik pantau.

##### 4.1 Pengolahan Data GPS Dengan RTKLIB

Dalam melakukan pemrosesan data pengamatan GPS kontinyu untuk keperluan studi deformasi, output yang diinginkan dari suatu perangkat lunak pengolah data GPS yang digunakan adalah koordinat titik-titik pantau dengan ketelitian yang sesuai yang diharapkan. Secara umum, data pengamatan GPS biasanya akan dipengaruhi oleh kesalahan dan bias yang terkait dengan satelit (kesalahan orbit dan kesalahan jam satelit), receiver (kesalahan jam receiver, kesalahan pusat antena dan noise) dan data pengamatan (ambiguitas fase serta kesalahan dan bias lingkungan sekitar pengamatan GPS). Pada RTKLIB, terdapat beberapa opsi yang dapat dilakukan dalam mengolah data pengamatan GPS secara kinematik agar didapatkan hasil yang kesalahan dan biasnya dapat tereduksi dengan baik. Untuk lebih jelasnya, berikut tahapan-tahapan dalam melakukan pengolahan data GPS secara kinematik dengan RTKLIB :



**Gambar 1.** Strategi pengolahan pada RTKLIB

#### 4.2 Pengolahan Data GPS Dengan TTC

Pada penelitian ini, perangkat lunak TTC digunakan sebagai pembanding terhadap hasil pengolahan data GPS yang diperoleh dengan menggunakan RTKLIB. Dengan menerapkan konsep GPS kinematik, perangkat lunak ini dapat dijalankan untuk melakukan pengolahan data GPS kontinu pada beberapa baseline pengamatan GPS yang dipilih. TTC didesain untuk melakukan perhitungan baseline secara otomatis. Hasil dari pengolahan data GPS dengan menggunakan TTC menghasilkan tingkat keakurasian 1 ppm dan bahkan lebih baik dari itu tergantung keakurasian ephemeris yang digunakan. Secara umum, terdapat beberapa perbedaan mendasar pada strategi pengolahan data antara RTKLIB dengan TTC yaitu :

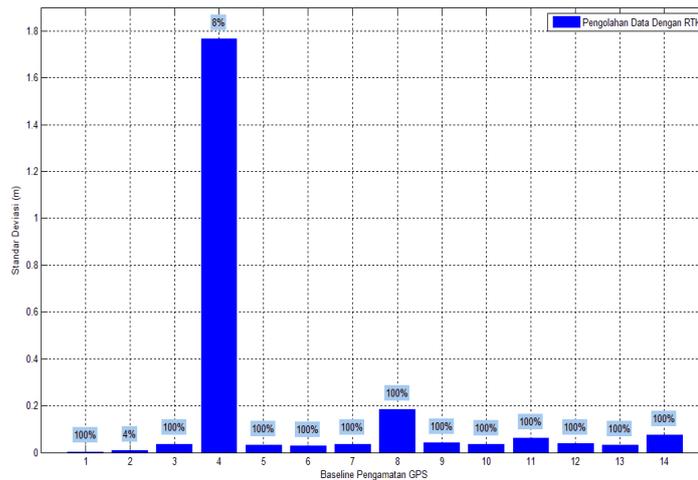
**Tabel 4.1** Perbandingan strategi pengolahan baseline GPS antara RTKLIB dengan TTC

No	Parameter Pengolahan Data	Dengan RTKLIB	Dengan TTC
1	Recursive Least Square	V	-
2	Earth Tide Correction	V	-
3	Input Model Troposfer	V	-
4	Input Model Ionosfer	V	-
5	Input Phase Center Correction	V	-
6	Input DCB Correction	V	-
7	Input koordinat pendekatan	V	-

## 5. Analisis Perbandingan Secara Keseluruhan Antara Pengolahan Baseline Pengamatan GPS Dengan RTKLIB dan TTC

### 5.1 Kualitas Pengolahan Baseline GPS Dengan RTKLIB

Pada pengolahan baseline GPS dengan RTKLIB didapatkan hasil pengolahan sebagai berikut :



**Gambar 1.** Kualitas Pengolahan Baseline GPS Dengan RTKLIB

Keterangan :

- baseline ke-1 : baseline TSKB-TSK2 0.036 km
- baseline ke-2 : baseline ITB-UPI 3.9 km
- baseline ke-3 : baseline MTKA-KGNI 7.5 km
- baseline ke-4 : baseline UPI-TNKP 10.8 km
- baseline ke-5 : baseline PSKI-PARY 41.3 km
- baseline ke-6 : baseline MTKA-TSKB 67.0 km
- baseline ke-7 : baseline BAKO-ITB 95.3 km
- baseline ke-8 : baseline USUD-KGNI 112.0 km
- baseline ke-9 : baseline USUD-MTKA 119.4 km
- baseline ke-10 : baseline PSKI-MSAI 142.4 km
- baseline ke-11 : baseline PSKI-KTET 148.3 km
- baseline ke-12 : baseline USUD-TSKB 155.4 km
- baseline ke-13 : baseline MTKA-MIZU 407.9 km
- baseline ke-14 : baseline USUD-MIZU 413.2 km

Jika dilihat pada gambar 5.1, nilai standar deviasi komponen horizontal dari masing-masing kategori variasi panjang baseline sebagai berikut :

#### a. Baseline < 5 km

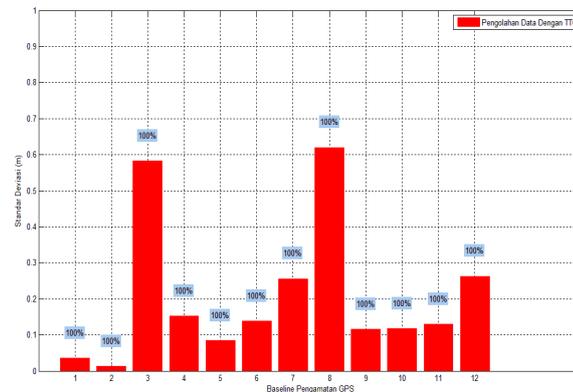
- Standar Deviasi baseline TSKB-TSK2 0.036 km :  $\pm 0.003$  m

- b. Baseline 1-5 km**
  - Standar Deviasi baseline ITB-UPI 3.9 km :  $\pm 0.007$  m
- c. Baseline 5-10 km**
  - Standar Deviasi baseline MTKA-KGNI 7.5 km :  $\pm 0.036$  m
- d. Baseline 10-15 km**
  - Standar Deviasi baseline UPI-TNKP 10.8 km :  $\pm 1.767$  m
- e. Baseline 15-50 km**
  - Standar Deviasi baseline PSKI-PARY 41.3 km :  $\pm 0.030$  m
- f. Baseline 50-100 km**
  - Standar Deviasi baseline MTKA-TSKB 67.0 km :  $\pm 0.028$  m
  - Standar Deviasi baseline BAKO-ITB 95.3 km :  $\pm 0.036$  m
- g. Baseline 100-150 km**
  - Standar Deviasi baseline USUD-KGNI 112.0 km :  $\pm 0.184$  m
  - Standar Deviasi baseline USUD-MTKA 119.4 km :  $\pm 0.042$  m
  - Standar Deviasi baseline PSKI-MSAI 142.4 km :  $\pm 0.034$  m
  - Standar Deviasi baseline PSKI-KTET 148.3 km :  $\pm 0.062$  m
- h. Baseline 150-200 km**
  - Standar Deviasi baseline USUD-TSKB 155.4 km :  $\pm 0.038$  m
- i. Baseline > 400 km**
  - Standar Deviasi baseline MTKA-MIZU 407.9 km :  $\pm 0.030$  m
  - Standar Deviasi baseline USUD-MIZU 413.2 km :  $\pm 0.074$  m

Secara keseluruhan, standar deviasi yang diperoleh dari hasil pengolahan baseline GPS dengan RTKLIB cukup konsisten pada level di bawah 8 cm . Hanya pada baseline UPI-TNKP dan baseline USUD-KGNI saja yang memiliki standar deviasi di atas 8 cm. Hal ini disebabkan oleh kualitas receiver yang kurang baik dan obstruksi yang terdapat pada area sekitar titik pengamatan GPS. Pada pengolahan data GPS dengan RTKLIB ini teridentifikasi baseline pengamatan yang melibatkan titik TNKP dan titik KGNI menghasilkan standar deviasi yang kurang baik. Hal ini ditunjukkan oleh kurang stabilnya grafik timeseries pada baseline pengamatan GPS tersebut dan kegagalan RTKLIB dalam menyelesaikan solusi hingga akhir waktu pengamatan. Dari hasil pengolahan baseline GPS dengan RTKLIB tersebut diperoleh standar deviasi pada baseline yang relatif pendek (< 15 km) memiliki nilai standar deviasi di bawah 1 cm, pada baseline yang panjangnya berkategori menengah (20 – 200 km) memiliki nilai standar deviasi konsisten pada level 3 – 6 cm. Sedangkan baseline yang sangat panjang (> 400 km) memiliki nilai standar deviasi antara 3 – 8 cm.

## 5.2 Kualitas Pengolahan Baseline GPS Dengan TTC

Pada pengolahan baseline GPS dengan TTC didapatkan hasil pengolahan sebagai berikut:



**Gambar 2.** Kualitas Pengolahan Baseline GPS Dengan TTC

Keterangan :

baseline ke-1 : baseline TSKB-TSK2 0.036 km

baseline ke-2 : baseline ITB-UPI 3.9 km

baseline ke-3 : baseline MTKA-KGNI 7.5 km

baseline ke-4 : baseline UPI-TNKP 10.8 km

baseline ke-5 : baseline PSKI-PARY 41.3 km

baseline ke-6 : baseline MTKA-TSKB 67.0 km

baseline ke-7 : baseline BAKO-ITB 95.3 km

baseline ke-8 : baseline USUD-KGNI 112.0 km

baseline ke-9 : baseline USUD-MTKA 119.4 km

baseline ke-10 : baseline PSKI-MSAI 142.4 km

baseline ke-11 : baseline PSKI-KTET 148.3 km

baseline ke-12 : baseline USUD-TSKB 155.4 km

Jika dilihat pada gambar 5.2, nilai standar deviasi komponen horizontal dari masing-masing kategori variasi panjang baseline sebagai berikut :

**a. Baseline < 5 km**

- Standar Deviasi baseline TSKB-TSK2 0.036 km :  $\pm 0.035$  m

**b. Baseline 1-5 km**

- Standar Deviasi baseline ITB-UPI 3.9 km :  $\pm 0.013$  m

**c. Baseline 5-10 km**

- Standar Deviasi baseline MTKA-KGNI 7.5 km :  $\pm 0.583$ m

**d. Baseline 10-15 km**

- Standar Deviasi baseline UPI-TNKP 10.8 km :  $\pm 0.142$  m

**e. Baseline 15-50 km**

- Standar Deviasi baseline PSKI-PARY 41.3 km :  $\pm 0.084$  m

**f. Baseline 50-100 km**

- Standar Deviasi baseline MTKA-TSKB 67.0 km :  $\pm 0.139$  m
- Standar Deviasi baseline BAKO-ITB 95.3 km :  $\pm 0.256$  m

**g. Baseline 100-150 km**

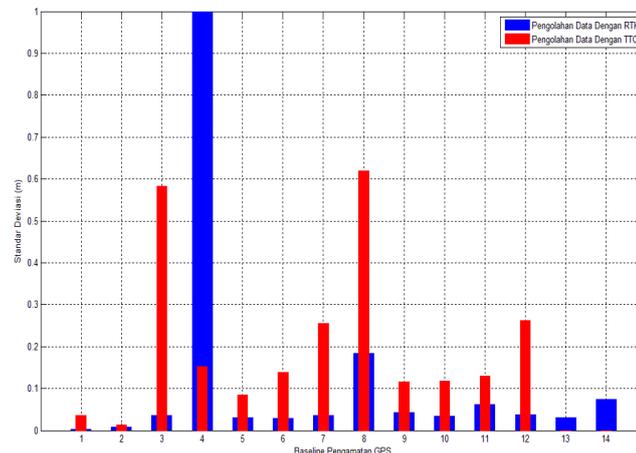
- Standar Deviasi baseline USUD-KGNI 112.0 km :  $\pm 0.620$  m
- Standar Deviasi baseline USUD-MTKA 119.4 km :  $\pm 0.116$  m
- Standar Deviasi baseline PSKI-MSAI 142.4 km :  $\pm 0.118$  m
- Standar Deviasi baseline PSKI-KTET 148.3 km :  $\pm 0.129$  m

**h. Baseline 150-200 km**

- Standar Deviasi baseline USUD-TSKB 155.4 km :  $\pm 0.263$  m

Pada hasil pengolahan baseline dengan TTC dapat dilihat pada gambar 4.2 bahwa standar deviasi yang dihasilkan rata-rata nilainya di atas 8 cm. Hanya pada baseline TSKB-TSK2 dan baseline ITB-UPI saja yang memiliki standar deviasi yang relatif kecil yaitu di bawah 4 cm. Kedua baseline tersebut termasuk dalam kategori baseline yang relatif pendek ( $< 15$  km). Dari keseluruhan pengujian pengolahan baseline dengan TTC tidak dijumpai kekonsistenan dari nilai standar deviasi yang dihasilkan terhadap panjang baseline yang diolah (yang diharapkan adalah adanya trend yang linier antara standar deviasi dan panjang baseline). Pada hasil pengujian dapat dilihat bahwa ada baseline pengamatan yang jauh lebih panjang memiliki standar deviasi yang lebih baik daripada baseline pengamatan yang relatif pendek. Hal ini bukan disebabkan oleh kualitas receiver yang digunakan melainkan ketidakkonsistenan TTC dalam menentukan parameter posisi yang fixed. Karena pada data numerik hasil pengolahan baseline GPS dengan TTC dijumpai beberapa parameter posisi ditentukan dengan DGPS (Differential GPS). Hal ini disebabkan oleh ketidaksuksesan dalam menentukan kebulatan nilai dari ambiguitas fase. Pengolahan dengan TTC ini hanya optimal hingga panjang baseline  $\pm 40$  km.

### 5.3 Perbandingan Antara Kualitas Pengolahan Baseline GPS Dengan RTKLIB dan TTC



**Gambar 3.** Perbandingan Kualitas Pengolahan Baseline GPS Dengan RTKLIB dan TTC (Komponen horizontal)

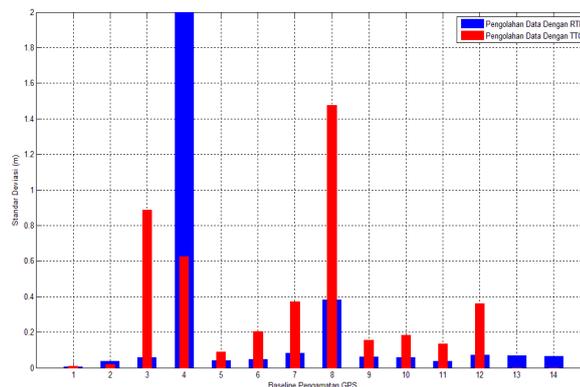
Keterangan :

baseline ke-1 : baseline TSKB-TSK2 0.036 km

baseline ke-2 : baseline ITB-UPI 3.9 km

baseline ke-3 : baseline MTKA-KGNI 7.5 km  
 baseline ke-4 : baseline UPI-TNKP 10.8 km  
 baseline ke-5 : baseline PSKI-PARY 41.3 km  
 baseline ke-6 : baseline MTKA-TSKB 67.0 km  
 baseline ke-7 : baseline BAKO-ITB 95.3 km  
 baseline ke-8 : baseline USUD-KGNI 112.0 km  
 baseline ke-9 : baseline USUD-MTKA 119.4 km  
 baseline ke-10 : baseline PSKI-MSAI 142.4 km  
 baseline ke-11 : baseline PSKI-KTET 148.3 km  
 baseline ke-12 : baseline USUD-TSKB 155.4 km  
 baseline ke-13 : baseline MTKA-MIZU 407.9 km  
 baseline ke-14 : baseline USUD-MIZU 413.2 km

Secara keseluruhan, nilai standar deviasi dari hasil pengolahan dengan RTKLIB lebih baik daripada hasil pengolahan dengan TTC (lihat gambar 5.3). Hanya pada baseline UPI-TNKP saja TTC lebih unggul dari RTKLIB. Keunggulan ini disebabkan oleh ketidaksuksesan RTKLIB dalam menentukan solusi parameter posisi hingga akhir pengamatan. Pada beberapa epok pengamatan baseline ini dihasilkan solusi parameter posisi dengan metode absolute positioning sehingga kualitas hasil pengolahan dengan RTKLIB pada baseline ini tidak baik.



**Gambar 4.** Perbandingan Kualitas Pengolahan Baseline GPS Dengan RTKLIB dan TTC (Komponen Vertikal)

Pada standar deviasi komponen vertikal hasil pengolahan baseline dengan RTKLIB dan TTC seperti yang terlihat pada gambar 5.4 menunjukkan bahwa kualitas dari pengolahan dengan RTKLIB lebih baik daripada kualitas pengolahan dengan TTC. Hanya pada baseline UPI-TNKP saja TTC lebih unggul dari RTKLIB. Hal ini disebabkan oleh ketidaksuksesan RTKLIB dalam menyelesaikan pengolahan baseline hingga akhir waktu pengamatan. Jika dilihat dari kualitas standar deviasi baik horizontal maupun vertikal hasil pengolahan baseline GPS dengan RTKLIB dapat ditemukan bahwa pengolahan baseline GPS dengan RTKLIB sensitif terhadap kualitas jam receiver dan obstruksi di sekitar titik pengamatan GPS.

## 6. Hasil Pendeteksian Offset Gempa Dengan RTKLIB dan TTC

Pada pengujian dalam mendeteksi offset gempa, didapatkan hasil pengolahan baseline GPS dengan RTKLIB dan TTC sebagai berikut :

**Table 6.1** Hasil pendeteksian offset gempa dengan RTKLIB dan TTC

No	Titik Pantau GPS		Deteksi Gempa RTKLIB	Offset Dengan	Deteksi Gempa Dengan TTC	Offset
<b>Gempa Mentawai 2010</b>						
1	Titik Pantau KTET					
	1.1	Baseline PSKI – KTET (148.3 km)	Ada pergeseran	anomali	Ada pergeseran	anomali
2	Titik Pantau MSAI					
	2.1	Baseline PSKI – MSAI (142.4 km)	Ada pergeseran	anomali	Ada pergeseran	anomali
3	Titik Pantau PARY					
	3.1	Baseline PSKI – PARY (41.3 km)	Tidak terdeteksi		Tidak terdeteksi	
<b>Gempa Honshu 2011</b>						
4	Titik Pantau KGNI					
	4.1	Baseline USUD – KGNI (112 km )	Ada pergeseran	anomali	Tidak terdeteksi	
	4.2	Baseline MTKA – KGNI (7.5 km)	Ada pergeseran	anomali	Tidak terdeteksi	
5	Titik Pantau MTKA					
	5.1	Baseline USUD – MTKA (119.4 km)	Offset Terdeteksi	Gempa	Offset Terdeteksi	Gempa
6	Titik Pantau TSKB					
	6.1	Baseline USUD – TSKB (155.4 km)	Offset Terdeteksi	Gempa	Offset Terdeteksi	Gempa
	6.2	Baseline MTKA – TSKB (67 km)	Offset Terdeteksi	Gempa	Offset Terdeteksi	Gempa
7	Titik Pantau MIZU					
	7.1	Baseline USUD – MIZU (413.3 km)	Offset Terdeteksi	Gempa	Tidak ada hasil pengolahan data	
	7.2	Baseline MTKA – MIZU (407.9 km)	Offset Terdeteksi	Gempa	Tidak ada hasil pengolahan data	

Pada tabel 6.1 terlihat bahwa RTKLIB memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mendeteksi offset gempa dibandingkan dengan TTC. Hanya pada baseline PSKI – PARY saja RTKLIB tidak mampu mendeteksi suatu anomali pergeseran atau offset gempa. Sedangkan pada TTC beberapa baseline tidak dapat dideteksi anomali pergeserannya atau offset gempanya. Bahkan pada baseline USUD – MIZU dan baseline MTKA – MIZU, TTC tidak mampu melakukan pengolahan karena panjang baseline yang terlalu panjang. Sedangkan pada RTKLIB kedua baseline tersebut dapat dideteksi dengan baik offset gempanya. Pada baseline USUD – KGNI dan baseline MTKA – KGNI, TTC dapat melakukan pengolahan baseline akan tetapi tidak dapat mendeteksi adanya anomali pergeseran atau offset gempa sesaat setelah terjadinya gempa. Pada RTKLIB kedua baseline tersebut dapat dideteksi anomali pergeserannya.

## 7. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari analisis GPS kinematik menggunakan RTKLIB ini adalah :

1. Dari hasil pengolahan baseline GPS dengan menggunakan RTKLIB dan TTC nampak bahwa RTKLIB memberikan hasil yang memiliki kestabilan yang lebih baik daripada TTC. Pada kategori baseline pendek nilai standar deviasinya kurang dari 1 cm, pada kategori baseline menengah nilai standar deviasinya antara 3- 6 cm, sedangkan pada kategori baseline sangat panjang memiliki nilai standar deviasi 3-8 cm.
2. Pada hasil pengolahan baseline GPS dengan RTKLIB cenderung hasil tidak stabil pada awal waktu pengamatan, sedangkan pada hasil pengolahan dengan TTC cenderung tidak stabil di pertengahan waktu pengamatan. Hal ini terkait dengan perbedaan pada strategi pengolahan baseline GPS yaitu metode filtering yang digunakan serta model koreksi yang digunakan.
3. Pada pendeteksian offset gempa, RTKLIB mampu mendeteksi offset gempa pada variasi panjang baseline yang lebih banyak daripada TTC.
4. Hal yang paling mempengaruhi pada ketelitian posisi yang dihasilkan dari pengolahan baseline GPS kinematik dengan RTKLIB adalah pemilihan model koreksi troposfer dan ionosfer yang digunakan, serta kesuksesan RTKLIB dalam menentukan kebulatan ambiguitas fasenya. Hal ini dapat diketahui bahwa hanya model-model troposfer dan ionosfer tertentu yang cocok digunakan dalam pengolahan baseline GPS pada tugas akhir ini serta hasil estimasi posisi yang kebulatan ambiguitas fasenya berhasil ditentukan dengan benar menghasilkan nilai standar deviasi yang baik.

## 8. Referensi

Abidin, H.Z. *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. PT Pradnya Paramita, Jakarta, ISBN 978-979-408-377-2, (2006).

Abidin, H.Z., Jones, A., and Kahar, J. (2002). *Suvei dengan GPS*. PT Pradnya Paramita, Jakarta, ISBN 979-408-380-1.

Cai ,Y., Cheng, P., et.al. *Using Network RTK Corrections and Low-cost GPS Receiver for Precise Mass Market Positioning and Navigation Applications*, IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Baden, Germany, June 5-9, 2011.

Chang, X., Yang,X., et.al. *A Modified LAMBDA Method for Integer Ambiguity*

*Determination*, The MITRE Cooperation & Draper Laboratory, Cambridge, June 27-29, 2005.

[Hardipurba.com/2009/06/30/akurasi-dan-presisi.html](http://Hardipurba.com/2009/06/30/akurasi-dan-presisi.html)

Kato, T., Terada, Y., et.al. *Real-time observation of tsunami by RTK-GPS*, Earth Planets Space, Japan, July 21, 2000.

Kleusberg, A. and Teunissen P. J. G. (1996). *GPS for Geodesy*. springer-Verlag, Berlin  
Pacione, R. and Vespe, F. *GPS Zenith Total Delay Estimation in the Mediterranean Area for Climatological and Meteorological Applications*. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. Vol.20. Italy, 2002.

SOPAC (2012). Situs dari Scripps Orbit And Permanent Array Center (SOPAC). Alamat situs <http://sopac.ucsd.edu/>.

Takasu, T. (2011). *RTKLIB ver. 2.4.1 Manua.l*

Takasu, T. and Yasuda, A. *Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open source program package RTKLIB*, International Symposium on GPS/GNSS, International Convention Center Jeju, Korea, November 4-6, 2009.

Taylor, R. (1999). *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements*. University Science Books. hlm. 128–129, ISBN 0-935702-75-X  
USGS-Earthquake (2012). Situs internet dari U.S. Geological Survey Earthquake Hazards Program. Alamat situs : <http://volcanoes.usgs.gov>

Wolf, P.R. and Ghilani, C.D. (1997). *Adjustment Computation : Statistic and Least Squares in surveying and GIS*. A wiley-Interscience Publication, John Willey & Sons, Canada