

Membandingkan Hasil Pengukuran Beda Tinggi dari Hasil Survei GPS dan Sipat Datar

RINALDY, CHAERUL ANWARI

Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: rien@itenas.ac.id

ABSTRAK

Teknologi GPS diharapkan dapat mengatasi masalah penentuan posisi vertikal titik-titik di permukaan bumi terutama untuk titik-titik yang satu sama lain jaraknya relatif jauh dan saling terhalang, namun penentuan tinggi secara terestrial untuk mendapatkan data beda tinggi antar titik saat ini masih menjadi pilihan utama. Penelitian ini bertujuan membandingkan nilai beda tinggi yang diperoleh dari data tinggi hasil pengukuran survei GPS terhadap nilai beda tinggi hasil pengukuran terestrial menggunakan metode sipat datar. Dari hasil pengukuran, diperoleh rata-rata perbedaan beda tinggi GPS dan beda tinggi sipat datar yaitu 0,056 m dan rata-rata ketelitian beda tinggi sipat datar sebesar $\pm 0,016$ m, sementara rata-rata ketelitian beda tinggi GPS sebesar $\pm 0,029$. Hasil pengujian simpangan baku beda tinggi GPS yaitu semua simpangan baku memenuhi toleransi yang ditetapkan, sehingga beda tinggi survei GPS dapat diaplikasikan untuk keperluan titik kontrol foto udara vertikal. Besar kesalahan penutup beda tinggi sipat datar yaitu 0,015 dan besar kesalahan penutup beda tinggi GPS yaitu 0,025, dengan mengikuti ketentuan Jaring Kerangka Kontrol Vertikal (JKKV) menurut Standar Nasional Indonesia, maka kesalahan penutup beda tinggi sipat datar masuk ke dalam orde L3 dengan besar toleransi $>12\text{mm } \sqrt{D}$, sedangkan kesalahan penutup beda tinggi GPS masuk ke dalam orde L4 dengan besar toleransi $>18\text{mm } \sqrt{D}$.

Kata kunci : Posisi vertikal, beda tinggi, survei GPS, sipat datar

ABSTRACT

GPS technology is expected to solve the problem of determining the vertical position of points on the Earth's surface, especially for the points that each other are relatively distant and blocked each other, but the determination of terrestrial measurement to get the levelling data is still the main choice. This research will compare the value of levelling data obtained by high GPS survey measurements with the value of levelling terrestrial measurements using spirit leveling. From the measurement results, an average differential value of GPS levelling and spirit levelling is 0,056 m, the average difference for the spirit levelling accuracy is $\pm 0,016$ m and a levelling GPS is $\pm 0,029$. Standard deviation of the test results from leveling GPS is set all tolerances, so that the leveling from GPS survey can be applied for the purposes of aerial photographs vertical control points.

The value of closing error from spirit levelling and GPS, respectively amounting to 0.015 m and 0.025 m, follow the Indonesian national standard, value of closing error from spirit leveling into a L3 order with closing error tolerance is $> 12\text{mm} \sqrt{D}$, while closing error from GPS leveling into a L4 order with closing error tolerance is $> 18\text{mm} \sqrt{D}$.

Keywords : *vertical position, levelling, GPS survey, Spirit leveling*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi alat ukur terkini di bidang survei pemetaan mengakibatkan terjadinya perubahan cara pengambilan dan pengolahan data spasial kebumihan untuk kebutuhan pekerjaan kerekeyasaan. Salah satunya adalah teknologi Global Positioning System (GPS) yang sudah banyak diaplikasikan pada pekerjaan kerekeyasaan. Hal tersebut disebabkan karena ketelitian posisi titik yang dihasilkan dari survei GPS, baik posisi horisontal maupun vertikal semakin membaik. Sebagaimana diketahui bahwa penentuan tinggi secara terestrial untuk mendapatkan data beda tinggi antar titik saat ini masih menjadi pilihan utama, namun disadari bahwa penentuan beda tinggi dengan cara ini memerlukan waktu yang relatif lama.

Secara konseptual, beda tinggi diartikan sebagai selisih antara dua bidang nivo yang melalui dua titik di permukaan bumi. Bidang nivo adalah suatu bidang horisontal bersifat ekuipotensial yang tegak lurus dengan garis arah gaya berat yang melalui suatu titik (Umaryono,1988). Adanya teknologi GPS diharapkan dapat mengatasi masalah penentuan posisi vertikal titik-titik di permukaan bumi terutama untuk titik-titik yang satu sama lain jaraknya relatif jauh dan saling terhalang. Namun di sisi lain, penentuan tinggi titik menggunakan survei GPS masih banyak kelemahannya, salah satu penyebabnya adalah keterbatasan distribusi posisi satelit yang dapat teramati hanya yang berada di atas horison pengamat (*one side looking*), padahal sebagaimana diketahui bahwa satelit GPS menggunakan bidang elipsoid sebagai bidang referensi pengukuran dalam penentuan posisi, sehingga geometri dari elipsoid akan baik apabila receiver dapat mengamati satelit secara merata tidak hanya yang berada di atas horison saja (Abidin,1996).

Terkait dengan hal tersebut, perlu dilakukan pengkajian terhadap kemampuan GPS dalam hal penentuan posisi vertikal, terutama untuk aplikasi pekerjaan kerekeyasaan yang tidak membutuhkan ketelitian tinggi. Penelitian ini mengkaji penentuan beda tinggi yang diperoleh dari hasil pengukuran tinggi menggunakan survei GPS dengan cara membandingkannya terhadap nilai beda tinggi hasil pengukuran metode sipat datar.

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan nilai beda tinggi yang diperoleh dari data tinggi hasil pengukuran survei GPS terhadap nilai beda tinggi hasil pengukuran menggunakan metode sipat datar.

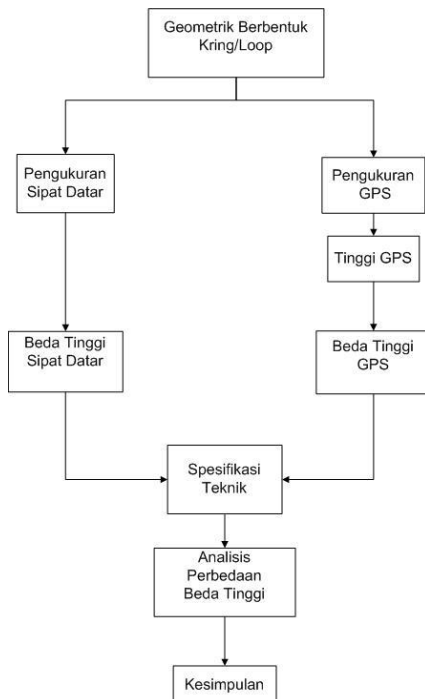
Terkait dengan hal tersebut, permasalahan penelitian dibatasi sebagai berikut:

- 1) Data beda tinggi survei GPS diperoleh dari selisih tinggi yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan *receiver*GPS satu frekuensi (L1) HI-TARGET HD8200X metode diferensial statik dengan waktu pengamatan untuk setiap titik diamati selama dua jam.

- 2) Beda tinggi yang dijadikan sebagai pembanding adalah beda tinggi sipat datar hasil pengukuran metode sipat datar memanjang menggunakan alat ukur waterpass digital Topcon 503 dengan toleransi kesalahan penutup beda tinggi dibatasi mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk orde L4 yaitu $18 \text{ mm } \sqrt{D}$.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar pelaksanaan penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Alir Tahap Penelitian

Tahapan kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi :

- Pengukuran beda tinggi dilakukan pada jalur pengukuran berbentuk kring (loop) dengan lokasi penelitian berada di Kota Bandung, di sekitar lapangan Gazebo.
- Beda tinggi sipat datar antara titik diperoleh dari hasil pengukuran secara langsung menggunakan alat sipat datar sesuai dengan spesifikasi teknik yang berlaku.
- Beda tinggi GPS diperoleh dari selisih tinggi hasil pengukuran survei GPS antar 2 (dua) titik.
- Analisis perbedaan beda tinggi antara hasil pengukuran menggunakan metode sipat datar dan beda tinggi yang diperoleh dari selisih tinggi hasil pengukuran survei GPS dilakukan secara komparatif mengacu pada spesifikasi teknik yang dikeluarkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Badan Pertanahan Nasional (BPN).

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Hasil Penelitian

Secara keseluruhan hasil dari penelitian ini adalah perbandingan beda tinggi hasil pengukuran sipat datar (SDT) dan beda tinggi hasil survei GPS pada jalur pengukuran yang sama. Berikut ini rekapitulasi data beda tinggi tersebut ditampilkan (Tabel 1)

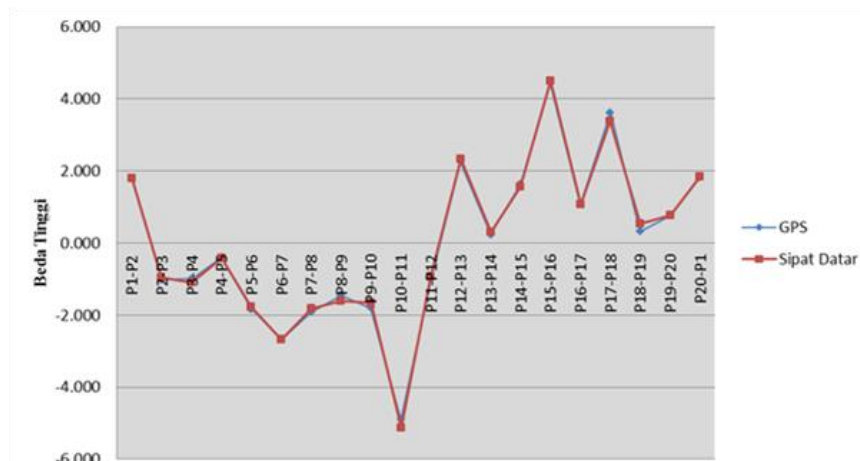
Tabel 1. Rekapitulasi harga beda tinggi

| No Titik | Beda Tinggi (m) | | | Simpangan Baku (m) | |
|-------------|-----------------|--------|---------|--------------------|-------|
| | SDT | GPS | Selisih | SDT | GPS |
| P1 | 1,792 | 1,805 | 0,013 | 0,003 | 0,009 |
| P2 | -0,954 | -1,017 | 0,063 | 0,005 | 0,015 |
| P3 | -1,09 | -0,999 | 0,091 | 0,012 | 0,036 |
| P4 | -0,427 | -0,405 | 0,022 | 0,014 | 0,041 |
| P5 | -1,766 | -1,837 | 0,071 | 0,016 | 0,047 |
| P6 | -2,684 | -2,668 | 0,016 | 0,018 | 0,054 |
| P7 | -1,827 | -1,913 | 0,086 | 0,020 | 0,060 |
| P8 | -1,612 | -1,453 | 0,159 | 0,022 | 0,065 |
| P9 | -1,663 | -1,798 | 0,135 | 0,024 | 0,070 |
| P10 | -5,132 | -4,900 | 0,232 | 0,025 | 0,073 |
| P11 | -0,940 | -1,006 | 0,066 | 0,025 | 0,074 |
| P12 | 2,339 | 2,258 | 0,081 | 0,025 | 0,074 |
| P13 | 0,292 | 0,242 | 0,050 | 0,025 | 0,074 |
| P14 | 1,572 | 1,641 | 0,069 | 0,024 | 0,069 |
| P15 | 4,502 | 4,446 | 0,056 | 0,022 | 0,065 |
| P16 | 1,064 | 1,069 | 0,005 | 0,018 | 0,052 |
| P17 | 3,390 | 3,625 | 0,225 | 0,014 | 0,042 |
| P18 | 0,536 | 0,326 | 0,210 | 0,010 | 0,031 |

Tabel 1. Rekapitulasi harga beda tinggi (lanjutan)

| No | Beda Tinggi (m) | | | Simpangan Baku (m) | |
|-----------|-----------------|--------------|--------------|--------------------|--------------|
| | SDT | GPS | Selisih | SDT | GPS |
| P19 | | | | | |
| | 0,776 | 0,759 | 0,017 | 0,008 | 0,022 |
| P20 | | | | | |
| | 1,833 | 1,827 | 0,006 | 0,003 | 0,009 |
| P1 | | | | | |
| Σ | 0,000 | 0,000 | | | |
| rata-rata | | | 0,084 | 0,017 | 0,049 |

Berikut ini grafik perbandingan harga beda tinggi sipat datar dan beda tinggi hasil survei GPS (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik selisih harga beda tinggi sipat datar dan GPS

3.2 Analisis

Berdasarkan tabel 1 dan gambar 2 dapat dilihat bahwa selisih beda tinggi dari titik P.3 ke P.4, dari titik P.8 ke P.9, dari titik P.9 ke P.10, dari titik P.17 ke P.18, dan dari titik P.18 ke P.19 mempunyai selisih yang cukup besar, hal tersebut kemungkinan disebabkan karena lokasi titik-titik memiliki ruang pandang ke langit yang agak tertutup (*bad visibility*). Kenyataan tersebut didukung oleh sinyal satelit yang terekam receiver dengan kondisi yang tidak kontinyu. Kondisi sinyal satelit dapat dilihat pada gambar berikut (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik tangkapan sinyal GPS

Seleksi data dengan menggunakan tingkat kepercayaan 99% atau sebesar 3σ , dengan interval selang uji sebagai berikut $P [X - 3\sigma \leq \mu \leq X + 3\sigma]$. Berdasarkan pengujian tersebut dapat ditampilkan rekapitulasi beda tinggi sebagai berikut:

Tabel 2. Seleksi data beda tinggi SDT dan GPS

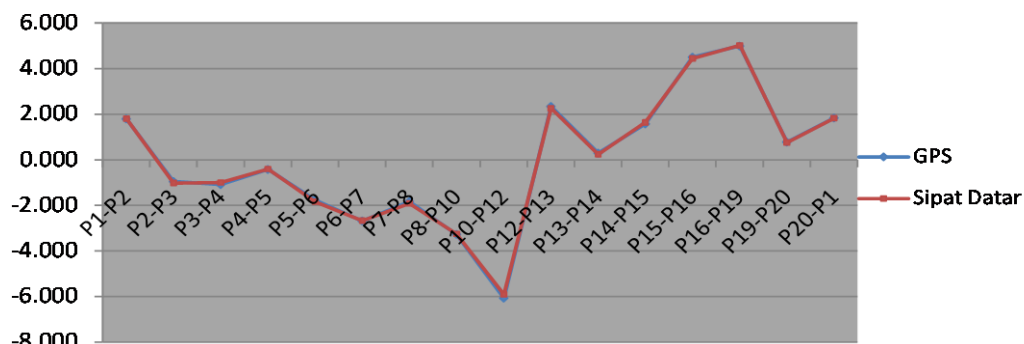
| No Titik | Beda Tinggi (m) | | | Keterangan |
|-------------|-----------------|--------|---------|------------|
| | SDT | GPS | Selisih | |
| P1 | 1,792 | 1,805 | 0,013 | Diterima |
| P2 | -0,954 | -1,017 | 0,063 | Diterima |
| P3 | -1,090 | -0,999 | 0,091 | Diterima |
| P4 | -0,427 | -0,405 | 0,022 | Diterima |
| P5 | -1,766 | -1,837 | 0,071 | Diterima |
| P6 | -2,684 | -2,668 | 0,016 | Diterima |
| P7 | -1,827 | -1,913 | 0,086 | Diterima |
| P8 | -1,612 | -1,453 | 0,159 | Ditolak |
| P9 | -1,663 | -1,798 | 0,135 | Ditolak |
| P10 | -5,132 | -4,900 | 0,232 | Ditolak |
| P11 | -0,940 | -1,006 | 0,066 | Diterima |
| P12 | 2,339 | 2,258 | 0,081 | Diterima |
| P13 | 0,292 | 0,242 | 0,050 | Diterima |
| P14 | 1,572 | 1,641 | 0,069 | Diterima |
| P15 | 4,502 | 4,446 | 0,056 | Diterima |
| P16 | 1,064 | 1,069 | 0,005 | Diterima |
| P17 | 3,390 | 3,625 | 0,225 | Ditolak |
| P18 | 0,536 | 0,326 | 0,210 | Ditolak |
| P19 | 0,776 | 0,759 | 0,017 | Diterima |
| P20 | 1,833 | 1,827 | 0,006 | Diterima |
| P1 | | | | |
| Σ | 0 | 0 | | |
| rata-rata | | | 0,084 | |

Data selisih beda tinggi yang telah diuji memperlihatkan di titik P8-P9, titik P9-P10, dan titik P10-P11, titik P17-P18, dan titik P18-P19 berada diluar selang uji yang telah ditetapkan. Nilai beda tinggi yang ditolak tersebut merupakan *baseline* yang dibentuk oleh titik-titik yang memiliki keadaan ruang pandang yang tertutup. Apabila data beda tinggi yang ditolak tidak diikuti sertakan untuk menghitung harga rata-rata, maka rekapitulasi harga beda tinggi dapat disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi beda tinggi SDT dan GPS setelah seleksi data

| No Titik | Beda Tinggi (m) | | Selisih | Simpangan Baku (m) | |
|------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------------|--------------|
| | SDT | GPS | | SDT | GPS |
| P1 | | | | | |
| | 1,792 | 1,805 | 0,013 | 0,003 | 0,003 |
| P2 | | | | | |
| | -0,954 | -1,017 | 0,063 | 0,005 | 0,015 |
| P3 | | | | | |
| | -1,090 | -0,999 | 0,091 | 0,012 | 0,036 |
| P4 | | | | | |
| | -0,427 | -0,405 | 0,022 | 0,014 | 0,041 |
| P5 | | | | | |
| | -1,766 | -1,837 | 0,071 | 0,014 | 0,018 |
| P6 | | | | | |
| | -2,684 | -2,668 | 0,016 | 0,016 | 0,029 |
| P7 | | | | | |
| | -1,827 | -1,913 | 0,086 | 0,018 | 0,071 |
| P8 | | | | | |
| | -3,275 | -3,252 | 0,023 | 0,020 | 0,053 |
| P10 | | | | | |
| | -6,072 | -5,907 | 0,166 | 0,025 | 0,055 |
| P12 | | | | | |
| | 2,339 | 2,258 | 0,081 | 0,025 | 0,032 |
| P13 | | | | | |
| | 0,292 | 0,242 | 0,050 | 0,024 | 0,033 |
| P14 | | | | | |
| | 1,572 | 1,641 | 0,069 | 0,022 | 0,034 |
| P15 | | | | | |
| | 4,502 | 4,446 | 0,056 | 0,022 | 0,002 |
| P16 | | | | | |
| | 4,990 | 5,020 | 0,030 | 0,001 | 0,007 |
| P19 | | | | | |
| | 0,776 | 0,759 | 0,017 | 0,008 | 0,010 |
| P20 | | | | | |
| | 1,833 | 1,827 | 0,006 | 0,003 | 0,003 |
| P1 | | | | | |
| Σ | 0,000 | 0,000 | | | |
| rata-rata | | | 0,056 | 0,016 | 0,029 |

Grafik beda tinggi SDT dan GPS setelah seleksi data dapat dilihat pada gambar berikut ini (Gambar 4)



Gambar 4. Grafik Beda tinggi SDT dan GPS setelah seleksi data

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa selisih beda tinggi terbesar yaitu di titik P12-P13 = 0,081 m dan terkecil yaitu di titik P20-P1 = 0,006 m dengan rata-rata perbedaan beda tinggi sebesar 0,056 m. Selisih beda tinggi sipat datar dan GPS sebelum dilakukan seleksi data diduga mengandung kesalahan akibat terganggunya sinyal GPS dari satelit ke *receiver*.

Simpangan baku beda tinggi ($\sigma_{\Delta h}$) dari survei GPS selanjutnya diuji dengan toleransi simpangan baku (σ_M) berdasarkan Petunjuk Teknis yang dikeluarkan oleh Badan Pertanahan Nasional (BPN) dengan ketentuan $\sigma_{\Delta h} \leq 2 \sigma_M$, dimana σ_M merupakan simpangan baku yang ditetapkan. Berikut ini tabel hasil dari pengujian simpangan baku tinggi ukuran ($\sigma_{\Delta h}$) terhadap toleransi simpangan baku yang ditetapkan (σ_M) (tabel 4).

Tabel 4. Pengujian simpangan baku tinggi GPS mengacu pada Juknis BPN

| No Titik | Jarak (m) | Beda Tinggi (m) | Simpangan Baku (m) | | Keterangan ($\sigma_h < \sigma_M$) |
|----------|-----------|-----------------|--------------------|------------|--------------------------------------|
| | | | σ_h | σ_M | |
| P1 | 82.59 | 1.805 | 0.003 | 0.073 | Diterima |
| P2 | 264.3 | -2.016 | 0.010 | 0.073 | Diterima |
| P4 | 55.74 | -0.405 | 0.013 | 0.073 | Diterima |
| P5 | 72.31 | -1.837 | 0.018 | 0.073 | Diterima |
| P6 | 105.87 | -2.668 | 0.029 | 0.074 | Diterima |
| P7 | 106.79 | -1.913 | 0.071 | 0.075 | Diterima |
| P8 | 104.39 | -3.252 | 0.053 | 0.075 | Diterima |
| P10 | 122.84 | -5.907 | 0.055 | 0.76 | Diterima |
| P12 | 203.42 | 2.258 | 0.032 | 0.073 | Diterima |
| P13 | 62.59 | 0.242 | 0.033 | 0.088 | Diterima |
| P14 | | | | | |

Tabel 4. Pengujian simpangan baku tinggi GPS mengacu pada Juknis BPN (lanjutan)

| No Titik | Jarak (m) | Beda Tinggi (m) | Simpangan Baku (m) | | Keterangan (oh < σM) |
|----------|-----------|-----------------|--------------------|-------|----------------------|
| | | | oh | σM | |
| P14 | 239.54 | 1.641 | 0.034 | 0.075 | Diterima |
| P15 | 99.15 | 4.446 | 0.002 | 0.088 | Diterima |
| P16 | 255.09 | 5.02 | 0.007 | 0.074 | Diterima |
| P19 | 354.86 | 0.759 | 0.01 | 0.076 | Diterima |
| P20 | 117.56 | 1.827 | 0.003 | 0.073 | Diterima |
| P1 | | | | | |

Dari hasil pengujian simpangan baku beda tinggi GPS dapat dilihat semua simpangan baku memenuhi toleransi yang ditetapkan Badan Pertanahan Nasional (BPN) melalui Petunjuk Teknis Pengukuran dan Pemetaan Pendaftaran Tanah, sehingga beda tinggi survei GPS dapat diaplikasikan untuk keperluan titik kontrol foto udara vertikal.

Pengolahan beda tinggi sipat datar dan beda tinggi GPS besarnya toleransi Kesalahan Penutup Beda Tinggi (KPB) dilakukan dengan mengikuti ketentuan Jaring Kerangka Kontrol Vertikal (JKKV) menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk orde L4 yaitu $18\sqrt{D}$. Berikut ini tabel dari KPB pengukuran sipat datar dan GPS (tabel 5).

Tabel 5. KPB pengukuran sipat datar dan GPS

| KPB Sipat Datar (m) | KPB GPS (m) | ΣD (m) | Orde | Toleransi (m) | KPB (m) |
|---------------------|-------------|---------|------|---------------|---------|
| 0,015 | 0,030 | 2482,41 | L3 | $12\sqrt{D}$ | 0,018 |
| | | | L4 | $18\sqrt{D}$ | 0,028 |

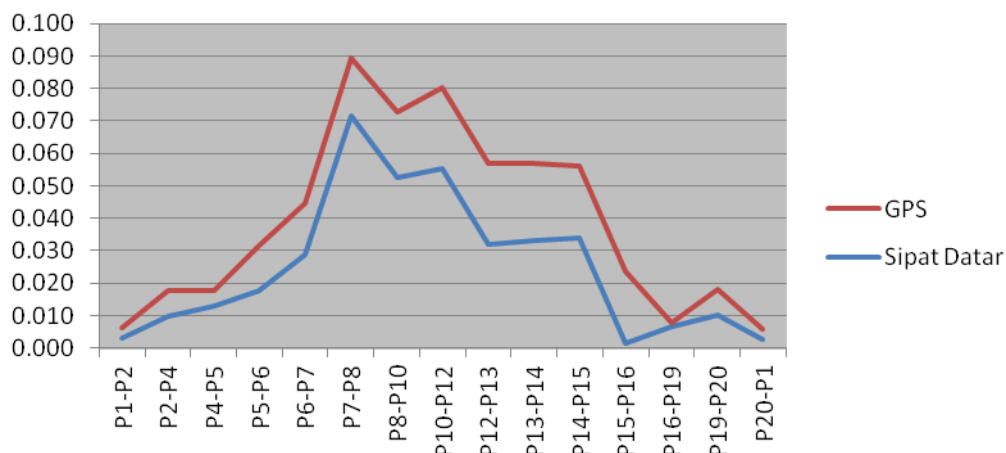
Hasil dari besar KPB sipat datar dan GPS dengan toleransi pada tabel 5, yaitu KPB sipat datar masuk ke dalam orde L3 dengan besar KPB 0,015 m, sedangkan KPB GPS tidak masuk toleransi orde L3 dan L4 dikarenakan Nilai KPB GPS tersebut diperoleh dari hasil pengukuran yang mengikutsertakan titik-titik yang memiliki ruang pandang agak tertutup.

Setelah dilakukan pengukuran ulang dengan tidak mengikutsertakan titik-titik yang memiliki ruang pandang ke langit yang agak tertutup, maka nilai KPB GPS masuk ke dalam orde L4. Berikut ini tabel dari KPB sipat datar dan GPS yang telah diukur ulang (tabel 6).

Tabel 6. Kesalahan penutup beda tinggi sipat datar dan GPS setelah diukur ulang

| KPB Sipat Datar (m) | KPB GPS (m) | ΣD (m) | Orde | Toleransi (m) | KPB (m) |
|---------------------|-------------|---------|------|---------------|---------|
| 0,015 | 0,025 | 2482,41 | L3 | $12\sqrt{D}$ | 0,018 |
| | | | L4 | $18\sqrt{D}$ | 0,028 |

Ketelitian dari beda tinggi sipat datar dan beda tinggi yang diperoleh dari hasil pengukuran tinggi survei GPS direpresentasikan lewat harga simpangan baku hasil hitung perataan kuadrat terkecil. Secara keseluruhan harga simpangan baku tersebut dapat dilihat pada tabel 2. Grafik yang menunjukkan perbedaan harga simpangan baku ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Simpangan Baku SDT dan GPS

Berdasarkan dari tabel dan grafik simpangan baku beda tinggi sipat datar dan beda tinggi yang diperoleh dari hasil pengukuran tinggi survei GPS, dapat dianalisis sebagai berikut :

- Nilai ketelitian beda tinggi sipat datar berkisar antara $\pm 0,030$ m s/d $\pm 0,025$ m.
- Nilai ketelitian beda tinggi yang diperoleh dari hasil pengukuran tinggi survei GPS berkisar antara $\pm 0,030$ m s/d $\pm 0,071$ m.
- Nilai ketelitian terbesar beda tinggi sipat datar berada di titik P1 ke P2 yaitu sebesar $\pm 0,030$ m.
- Nilai ketelitian terbesar beda tinggi GPS berada di titik P1 ke P2 dan P20 ke P1 yaitu sebesar $\pm 0,090$ m.

Dari hasil perhitungan simpangan baku beda tinggi sipat datar dan beda tinggi GPS, memperlihatkan bahwa rata-rata perbedaan ketelitian tidak berbeda jauh, yaitu untuk beda tinggi sipat datar $\pm 0,014$ m dan beda tinggi yang diperoleh dari hasil pengukuran tinggi survei GPS $\pm 0,025$ m.

Pengujian variansi parameter dilakukan untuk mengetahui gambaran perbedaan nilai parameter beda tinggi sipat datar dan beda tinggi yang diperoleh dari hasil pengukuran tinggi survei GPS secara statistika. Hasil hitungan uji variansi parameter dapat dilihat sebagai berikut.

rata-rata $\sigma\Delta H = 0,015$; $r = 20$

rata-rata $\sigma\Delta h = 0,028$; $r = 19$

Membandingkan Hasil Pengukuran Beda Tinggi dari Hasil Survei GPS dan Sipat Datar

taraf uji : $\alpha = 0,05$

$$F_x = \frac{(0,015)^2}{(0,028)^2} = 0,286$$

$$F_{1-\alpha, r_1, r_2} = F_{0,95, 20, 19} = \frac{1}{F_{0,05, 20, 19}} = \frac{1}{2,13} = 0,462$$

$$F_{\alpha, r_1, r_2} = F_{0,05, 20, 19} = 2,13$$

jadi :

$$0,286 < 0,462 < 2,13 \Rightarrow \text{hipotesa diterima}$$

Kesimpulan dari uji variansi parameter beda tinggi sipat datar dan beda tinggi GPS didapat bahwa ketelitian parameter beda tinggi secara statistik tidak mempunyai perbedaan yang signifikan.

4.KESIMPULAN

Hasil pengujian ketelitian beda tinggi yang diperoleh dari hasil survei GPS terhadap metode sipat datar orde L3 secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan hal tersebut dilihat pada hasil uji variansi parameter beda tinggi.

Untuk keperluan Jaring Kerangka Kontrol Vertikal (JKKV) mengacu pada SNI, penentuan beda tinggi metode GPS dapat diterapkan, hal tersebut ditunjukkan bahwa kesalahan penutup beda tinggi hasil pengukuran dengan GPS pada lokasi titik-titik dengan keadaan ruang pandang yang terbuka memenuhi kriteria orde L4 yaitu $18\text{mm} \sqrt{D}$.

Mengacu pada petunjuk teknis yang dikeluarkan oleh Badan Pertanahan Nasional (BPN), penentuan beda tinggi metode GPS dapat diterapkan untuk keperluan titik kontrol foto udara vertikal, hal tersebut ditunjukkan dengan pengujian simpangan baku yang ditetapkan dengan ketentuan $\sigma\Delta H \geq 2\sigma M$.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., (1996) *Penentuan Posisi Dengan GPS Dan Aplikasinya*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Abidin, H.Z., (2001) *Geodesi Satelit*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Badan Pertanahan Nasional (BPN) (1997), *Petunjuk Teknis Materi Pengukuran dan Pemetaan*, Indonesia.
- Heiskanen, A.W, Moritz, H. (1966), *Physical Geodesy*, W.H Freeman And Company, San Francisco and London.
- Kahar, J. (2006), *Teknik Kuadrat Terkecil*, ITB, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-6724-2002, *Jaring Kerangka Horisontal*, Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-6724-2002, *Jaring Kontrol Vertikal Dengan Metode Sipat Datar*, Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Umaryono, P. (1988), *Ukuran Tinggi Teliti dan Sistem Tinggi Berdasarkan Gaya Berat*, Teknik Geodesi ITB, Bandung.
- Vanicek P, Krakiwsky E. (1982), *Geodesy The Concepts*, University of New Brunswick, Canada.