

**ANALISA PENGARUH *BORESIGHT CALIBRATION* PADA KUALITAS DATA LIDAR
MENGUNAKAN *AIRBORNE LASER SCANNER 70*
STUDI KASUS: BANDAR UDARA SULTAN THAHA JAMBI**

Citra Selvia Putri (23114002)
Dr. Ir. Samsul Bachri, M.Eng,
Zulfikar Adlan Nadzir, S.T, M.Sc

ABSTRACT

Airborne Laser Scanner (ALS) is one of the active remote sensing technologies to get a three-dimensional position based on GPS, IMU and laser scanner. ALS utilizes aircraft in its implementation. It's just that the aircraft used as a vehicle for ALS must have errors in recording the data. This was because the aircraft could not be constantly stable in maintaining the direction, movement, elevation and flight plan that had been planned in advance. These errors come from among others the attitude of the aircraft which results in the observation axis not perpendicular to the surface of the earth. Changing this attitude can be caused by wind, aircraft instability and others. To overcome the attitude error in LiDAR data, one of the calibration methods is called boresight calibration. This calibration is one of the processes from the pre-processing stage to the LiDAR pointcloud data prefix (reference). The RMS value on the pointcloud before calibrating reaches 0.8501 m. When compared to the specifications of the Leica ALS70 precision equipment which ranges from 0.05 to 0.38 meters, this data has a fairly low accuracy. When compared between 0.8501 meters and 0.2253 meters (before calibration and after calibration), there is a significant improvement, reaching 0.6 meters or 58%. This indicates that the Boresight Calibration process on LiDAR data can improve the accuracy of the data.

Keywords: LiDAR, roll, pitch, and heading, Boresight Calibration

ABSTRAK

*Airborne Laser Scanner (ALS) adalah salah satu teknologi penginderaan jauh aktif untuk mendapatkan posisi tiga dimensi yang berbasis GPS, IMU dan laser scanner. ALS memanfaatkan wahana pesawat udara dalam pelaksanaannya. Hanya saja, pesawat terbang yang digunakan sebagai wahana ALS pasti memiliki kesalahan dalam perekaman datanya. Hal tersebut dikarenakan pesawat tidak bisa secara konstan stabil mempertahankan arah, gerakan, elevasi dan jalur terbang (*Flight Plan*) yang telah direncanakan sebelumnya. Kesalahankesalahan tersebut bersumber dari diantaranya *attitude* atau sikap pesawat yang mengakibatkan sumbu observasi tidak tegak lurus dengan permukaan bumi. Berubahnya *attitude* ini dapat disebabkan oleh angin, ketidakstabilan pesawat dan lain – lain. Untuk menanggulangi kesalahan attitude pada data LiDAR, salah satu metode kalibrasinya dinamakan *boresight calibration*. Kalibrasi ini adalah salah satu proses dari tahap *pre-processing* pada data pointcloud LiDAR awalan (referensi). Nilai RMS pada pointcloud sebelum dikalibrasi mencapai 0,8501 m. Apabila dibandingkan dengan spesifikasi ketelitian alat Leica ALS70 yang berkisar pada nilai 0,05 – 0,38 meter, data ini memiliki ketelitian yang cukup rendah. Apabila dibandingkan antara nilai 0,8501 meter dengan 0,2253 meter (sebelum dikalibrasi dan sesudah dikalibrasi), terdapat penyempurnaan yang signifikan, mencapai 0,6 meter atau 58%. Hal ini menandakan bahwa proses *Boresight Calibration* pada data LiDAR dapat menyempurnakan ketelitian dari data tersebut.*

Kata kunci: LiDAR, roll, pitch, dan heading, Boresight Calibration.

PENDAHULUAN

Di era modern ini perkembangan teknologi di dunia pemetaan sangatlah pesat. Untuk pembuatan peta skala besar maupun kecil dapat dihasilkan dari berbagai macam metode pengumpulan data. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk membuat peta, diantaranya pengukuran di lapangan dengan cara terestris, fotogrametri, penggunaan citra satelit, serta teknologi LiDAR (*Light Detection and Ranging*) dan IFSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*). Pada saat ini, teknologi LiDAR dianggap yang paling mumpuni dalam menghasilkan peta yang akurat dengan resolusi dan kerapatan data yang cukup tinggi serta hanya memerlukan waktu yang *relative* lebih singkat. Penggunaan LiDAR pada pekerjaan survei dan pemetaan, akan menghasilkan data *point clouds* dan foto yang saling terintegrasi.

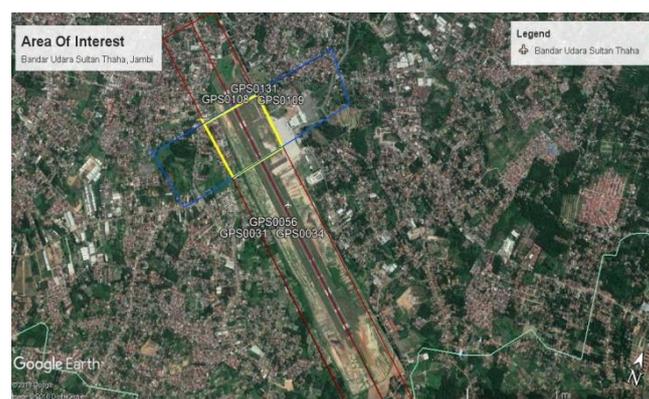
Dalam proses pengambilan data LiDAR yang menggunakan ALS (Airborne Laser Scanner), ALS adalah sebuah sensor LiDAR yang khusus membutuhkan wahana berupa pesawat terbang. Pesawat terbang yang digunakan sebagai wahana ALS pasti memiliki kesalahan dalam perekaman datanya. Hal tersebut dikarenakan pesawat tidak bisa secara konstan stabil mempertahankan arah, gerakan, elevasi dan jalur terbang (*Flight Plan*) yang telah direncanakan sebelumnya. Kesalahan berada pada tahapan *pre-processing*, yaitu kesalahan yang terdapat pada *attitude* atau sikap

pesawat yang tidak sesuai atau tidak tepat berada di bawah titik lurus (titik nadir) antara laser dan objek yang disebabkan oleh angin, ketidakstabilan pesawat karena control dari pilot dan lain – lain. Hal ini dapat mengakibatkan data LiDAR tidak dapat digunakan untuk proses selanjutnya. Sehingga untuk menanggulangi masalah yang timbul akibat ketidakstabilan pesawat perlu dilakukan proses kalibrasi yang dinamakan *Calibration boresight*. Dalam penelitian ini, dilakukan analisa terhadap kualitas data LiDAR sebelum dan sesudah melalui proses *Boresight Calibration*.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah di Bandara Sultan Thaha, Jambi.



Keterangan:

Line Merah: Kalibrasi *Roll*

Line Kuning: Kalibrasi *Pitch* dan Kalibrasi *Heading*

Gambar 3.1 Area Of Interest Penelitian
(Sumber: Google Earth, 2018)



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Bore sight Calibration

A. Studi Literatur

Setelah mendapatkan lokasi penelitian dan fokus masalah yang akan diteliti, dilakukan proses Studi Literatur untuk menyiapkan metode dan pemahaman akan masalah dan solusi penyelesaiannya.

B. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data hasil pengukuran ALS di lapangan yang di akuisisi oleh PT. Asi PudjiAstuti Geosurvey. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran ALS yaitu data GPS, data IMU, dan data penyiaman laser scanner. Selain data hasil pengukuran ALS, juga diperlukan pula data koordinat hasil perekaman GPS diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan.

C. Pengolahan Data Trajectory dan Ekstraksi data Laser Scanner

Pada pengolahan data *trajectory* menggunakan *Raw* data Laser (IPAS) dan raw data dari 3 GCP di sekitar bandara untuk kegunaan kalibrasi. Lalu setelah itu process GNSS dengan cara memasukkan data GPS dari pesawat, setelah process GNSS, lakukan proses *Tightly coupled*. Proses *trajectory* menghasilkan data (.rnv) dan (.sol). Proses selanjutnya yaitu ekstraksi data *Laser Scanner*, dalam proses ini yang digunakan adalah data .sol, proses ini

dilakukan di *Software Leica CloudPro*. Pada proses ini data .sol dan Data *Raw Laser* lalu pilih yang akan digunakan untuk kalibrasi.

D. Proses Georeferensi Pointcloud

Hasil dari proses georeferensi jalur kendaraan atau *trajectory* dan data laser scanner adalah *pointcloud* yang telah berkoordinat dengan standar format *.las. Pada kegiatan proyek ini dihasilkan *pointcloud* pada sistem proyeksi UTM 48S yang merupakan sistem proyeksi yang sama dengan sistem proyeksi *trajectory*.

E. Pengecekan Nilai Standar Deviasi dan RMS Sebelum Kalibrasi

Hasil dari ekstraksi dan georeferensi data *laser scanner* adalah *pointcloud* dengan standar format *.las sebelum ditentukannya parameter *Boresight Calibration*. Lalu diproses menggunakan *Micro Station*. Pada proses ini dilakukan penginputan data dari GCP yang tersebar di sekitar lokasi. Hasil dari proses ini menghasilkan nilai RMS dan Standar Deviasi antara titik yang ada di lapangan menggunakan GCP sebanyak 156 GCP yang tersebar di lapangan dan GPS yang ada di pesawat.

F. Pengolahan Proses Boresight Calibration

Pada proses *Boresight Calibration*, biasanya hanya menggunakan secara visual untuk melihat *line 1* dan *2* yang saling tumpang tindih sudah benar, dalam penelitian ini mencoba untuk mengkuantifikasikan hasil dari *boresight calibration*. Kalibrasi *pointcloud* dilakukan untuk menghilangkan kesalahan posisi dan orientasi relatif antar sistem ALS khususnya kesalahan sudut *boresight*. *Boresight Calibration* pada *pointcloud* untuk menghilangkan kesalahan *roll*, *pitch* dan *heading*. Kesalahan *boresight* dapat dihilangkan dengan melakukan pengukuran ALS pada area yang diukur dua kali secara berturut-turut sehingga menghasilkan *pointcloud* yang saling tumpang tindih (*overlapping*).

G. Perhitungan dan Analisis perbedaan nilai RMS sesudah dan sebelum Dikalibrasi

Setelah dilakukan *Boresight Calibration* dan didapatkan nilai parameter RPH yang sesuai, nilai RMS dapat diketahui. Dapat dilihat perbandingan nilai RMS tersebut dari data sesudah dan sebelum dikalibrasi serta perbedaan nilai RPH tiap ITERASI. Tentukan berapa persen perubahannya dan dapat dilihat pengaruh

boresight terhadap ketelitian dari data *pointcloud*.

H. Penghapusan Titik GCP Berdasarkan RMS

Setelah dilakukan proses *boresight calibration* jika nilai RMS masih memiliki ketelitian rendah dibandingkan dengan ketelitian spesifikasi alat yang telah ditentukan, titik GPS RTK yang berada di lapangan dapat dihapus. Penghapusan titik GCP dapat dilihat dari besarnya nilai standar deviasi dari GPS RTK yang ada dikarenakan titik pada GCP yang di lapangan pasti memiliki kesalahan.

I. Penyajian Hasil

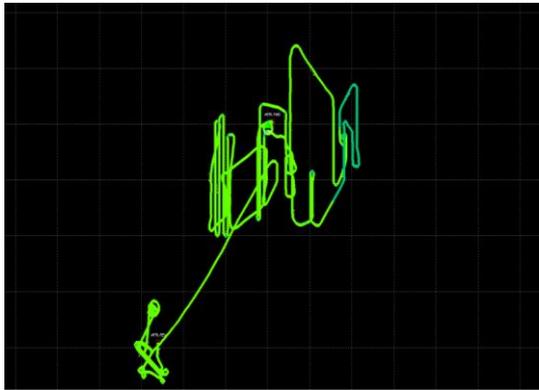
Hasil yang disajikan berupa tabel nilai perubahan dari RMS mulai dari sebelum dan sesudah dikalibrasi. Nilai parameter kalibrasi mulai dari iterasi pertama hingga selesai serta gambaran secara visual dari proses *Boresight Calibration*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

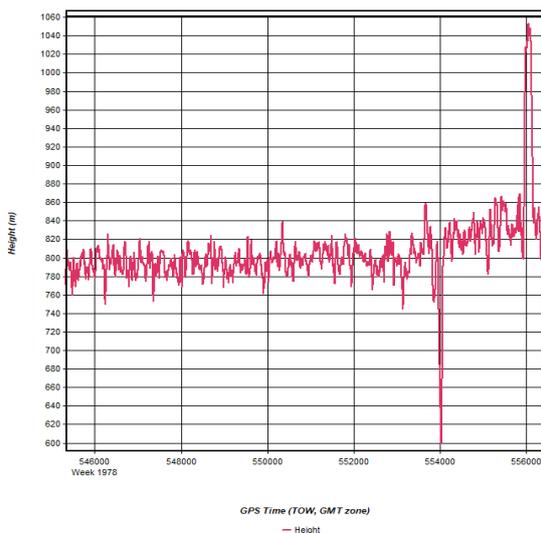
A. Hasil Integrasi GPS dan IMU

Pada perangkat lunak Inertial Explorer, trajectory yang ditampilkan hanya titik koordinat tiap satu detik. *Trajectory* hasil integrasi GPS dan IMU menggunakan perangkat lunak Inertial Explorer dapat dilihat pada file ASCII, shape file, maupun pada perangkat lunak Inertial

Explorer. Berikut tampilan hasil Integrasi GPS dan IMU yang menghasilkan data *trajectory* pada keseluruhan kegiatan penelitian.



Gambar 3 Hasil Pengolahan Trjectory

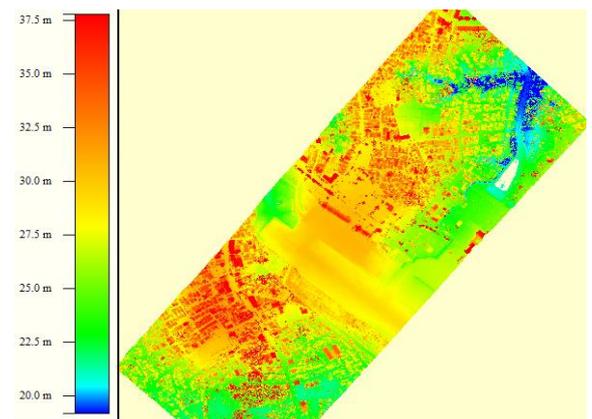


Gambar 4 Grafik Tinggi Pesawat

Di atas merupakan hasil dari proses integrasi GPS dan IMU berupa data *trajectory*. Pada gambar 4.2 menunjukan grafik tinggi terbang pesawat. Dilihat di grafik tersebut tinggi terbang pesawat tidak selalu konstan, hal ini menunjukkan perlu adanya *Boresight Calibration*.

B. Hasil Ekstraksi dan Georeferensi Data Laser

Hasil dari ekstraksi dan georeferensi data *laser scanner* adalah *pointcloud* dengan standar format *.las. Pada kegiatan penelitian ini dihasilkan *pointcloud* pada sistem penelitionsi UTM 48S yang merupakan sistem penelitionsi yang sama dengan sistem penelitionsi *trajectory*. Gambar di bawah menunjukkan *pointcloud* yang sudah tergeoreferensi.



Gambar 5. Hasil Ekstraksi dan Georeferensi Data Laser

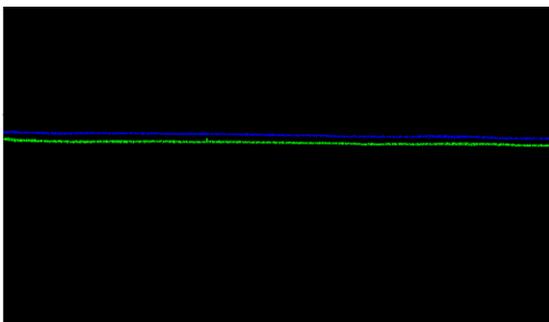
C. Hasil nilai RMS

Pada proses ini menggunakan data *.las hasil dari ekstraksi dan georeferensi yang berupa *pointcloud*. Proses ini dilakukan penginputan data dari GCP yang tersebar di sekitar lokasi. Hasil dari proses ini menghasilkan nilai RMS dan Standar Deviasi antara titik GCP yang tersebar di lapangan dan GPS yang ada di pesawat. nilai RMS sebelum dikalibrasi yaitu sebesar 0,8501 m. Nilai RMS tersebut cukup besar, dan tidak masuk kedalam toleransi ketelitian yang telah ditentukan karena kesalahan pada *attitude* pesawat.

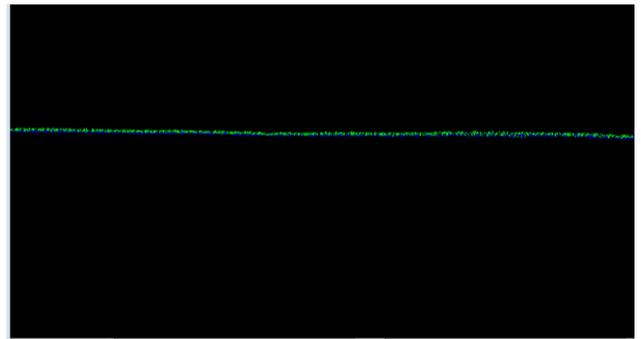
D. Hasil Pengolahan *Boresight Calibration*

1. Kalibrasi *Roll*

Pada proses kalibrasi *boresight*, proses pengecekan kalibrasi *Roll* menggunakan daerah yang datar biasanya di bandara dan di atas jalur terbang. Proses ini menarik jalur yang sejajar jalur terbang. *Line 1* dan *line 2* berasal dari arah yang berbeda tapi di atas jalur yang sama.



Gambar 6 Sebelum Kalibrasi *Roll*



Gambar 7 Sesudah Kalibrasi *Roll*

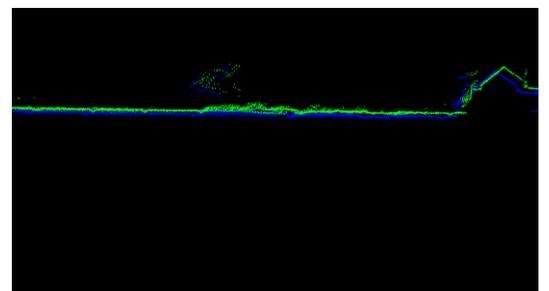
Nilai *roll error* sebelum dan sesudah

Tabel 1. Nilai Sebelum dan Sesudah Kalibrasi *Roll* (Iterasi Pertama)

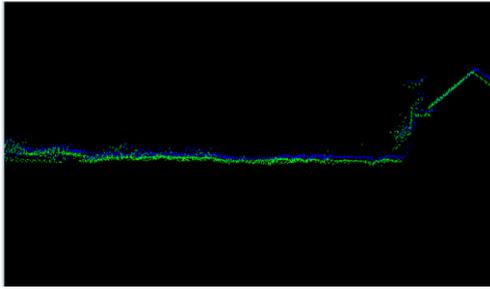
Kondisi	<i>Roll Error Receiver A</i>	<i>Roll Error Receiver B</i>
Sebelum Kalibrasi	-0.000989345	-0.001102685
Sesudah Kalibrasi	0.002183689	-0.002297029

2. Kalibrasi *Pitch*

Pada proses kalibrasi *Pitch*, untuk koreksi *pitch* kita menggunakan nilai *Roll* ke 2 yang sudah dikoreksi *roll*. Koreksi *pitch* dilakukan menggunakan 2 jalur terbang yang berlawanan tetapi *overlap* di daerah yang memiliki bangunan.



Gambar 8 Sebelum Kalibrasi *Pitch*

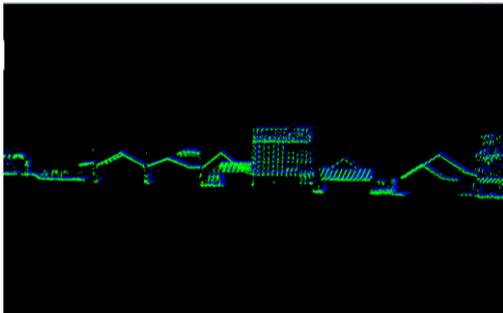


Gambar 9 Sesudah Kalibrasi *Pitch*

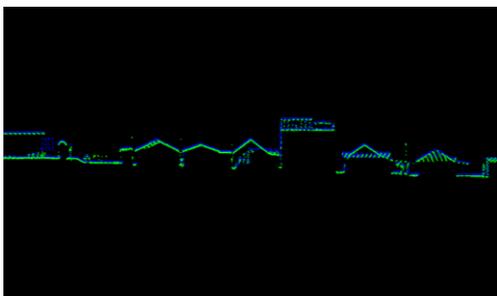
Tabel 2 Nilai Sesudah dan Sebelum Kalibrasi *Pitch* (Iterasi Pertama)

Kondisi	<i>Pitch Error Receiver A</i>	<i>Pitch Error Receiver B</i>
Sebelum Kalibrasi	-0.000989345	-0.001102685
Sesudah Kalibrasi	0.001140324	0.00079423

3. Kalibrasi Heading



Gambar 10 Sebelum Kalibrasi *Heading*



Gambar 11 Sesudah Kalibrasi *Heading*

Tabel 3 Nilai Sebelum dan Sesudah Kalibrasi *Heading* (Iterasi Pertama)

Kondisi	<i>Heading Error Receiver A</i>	<i>Heading Error Receiver B</i>
Sebelum Kalibrasi	-0.000989345	-0.001102685
Sesudah Kalibrasi	0.001140324	0.00079423

E. Hasil Perbandingan RMS sesudah dan sebelum di Kalibrasi

Iterasi ke-	Niai Parameter Reciver A		
	<i>Roll</i>	<i>Pitch</i>	<i>Heading</i>
<i>Default</i>	-0.0009893	0.0001715	-0.000675
1	-0.0021836	0.0011403	0.0001821
2	-0.0023741	0.0020257	0.0020091
3	-0.0025391	0.002713	0.0020091
4	-0.0026901	0.0033715	0.0020091

Niai Parameter <i>Receiver B</i>			RMS
<i>Roll</i>	<i>Pitch</i>	<i>Heading</i>	
-0.0011026	-0.0001745	-0.0006984	0,8501
-0.0022970	0.0007942	0.0001589	0,7220
-0.0024874	0.0016797	0.001985	0,6095
-0.0026524	0.2367276	0.001985	0,6046
-0.0028035	0.2373857	0.001985	0,6045

Pada penjabaran tabel di atas, Iterasi dilakukan sebanyak 4 kali. Iterasi pertama setelah dikalibrasi *roll*, *pitch*, dan *heading* memiliki nilai RMS 0,7720 mengalami perubahan RMS yang cukup baik yaitu sebesar 8,1% tetapi iterasi tersebut masih memiliki kesalahan yang cukup besar dibanding dengan nilai *threshold* yang telah ditetapkan sehingga dilakukan iterasi ke 2. Pada iterasi kedua, mengalami perubahan nilai RMS yang cukup baik yaitu sebesar 8,4%.

Dilakukan iterasi ketiga, karena disample berikutnya *roll* dan *pitch* masih memiliki kesalahan, setelah diiterasi mengalami perubahan yang baik walau tidak terlalu signifikan yaitu perubahan nilai RMS sebesar 0,7%. Dilihat dari iterasi ke 4, setelah dilakukan pengecekan secara visual dapat diasumsikan sudah menyatu antar *line 1* dan *line 2* (*overlapping*). Setelah itu dilihat dari nilai RMSnya pun sudah tidak mengalami perubahan secara signifikan atau konvergen dan perubahan nilai RMS hanya 0,08% dari nilai RMS iterasi ke 3.

Iterasi dilakukan dengan cara pengecekan secara *visual* dan kuantifikasi nilai menggunakan RMS. Tabel di atas juga menunjukkan bahwa *heading error* tidak berpengaruh besar terhadap kalibrasi *boresight*. Tetapi, setelah pengecekan nilai RMS, ternyata belum memenuhi nilai *threshold* yang ditentukan maka diperlukan penghapusan titik GCP.

F. Penghapusan Titik GCP

Pada proses ini, disebabkan karena pada proses kalibrasi *roll*, *pitch* maupun *heading* belum memenuhi *threshold* atau nilai kuantifikasi yang telah ditetapkan berdasarkan ketelitian alat. Sehingga diperlukan proses penghapusan kesalahan yang lain. Dalam hal ini, dapat dilihat dari lampiran A bahwa titik ke 78 dari 156 GCP yang ada mempunyai standar deviasi yang

cukup tinggi dengan nilai standar deviasi 29 cm, dengan nilai normalnya di bawah 2 cm maka diperlukan penghapusan titik GCP yang ada dikarenakan titik pada GCP yang di lapangan pasti memiliki kesalahan.

Setelah dilakukan penghapusan titik 78 pada GCP ternyata RMS mengalami perubahan yang cukup baik dan signifikan bahkan memasuki nilai *threshold* yang telah ditetapkan yaitu mempunyai nilai RMS sebesar 22,53 cm mengalami perubahan nilai sebanyak 45,69%. Dilihat dari parameter nilai RMS tersebut *boresight calibration* merupakan hal yang penting dalam menentukan kualitas data LiDAR mengalami perubahan yang cukup jauh sebesar 73,49%.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Kesalahan *boresight* dapat dihilangkan dengan melakukan pengukuran ALS pada area yang diukur dua kali secara berturut-turut sehingga menghasilkan *pointcloud* yang saling tumpang tindih (*overlapping*). Di penelitian ini menggunakan cara visual karena ketelitian data lidar dapat dikatakan berhasil secara visual *Line 1* dan *line 2* sudah *overlapping* dan dengan menggunakan Data RMS sebagai kontrolnya Hasil Akhir yang diperoleh

adalah nilai RMS *error* dari *Boresight Calibration* yang masuk dalam *threshold* yang ditentukan yaitu yang terdapat dalam spesifikasi ketelitian alat ALS70. Pada penelitian ini dihasilkan *pointcloud* dengan kerapatan *point* berkisar antara 3000 s.d. 6000 *point* per m².

2. Pengaruh dari penggunaan nilai RMS terhadap hasil proses *boresight calibration* adalah proses *boresight calibration* secara visual dapat berhenti pada iterasi pertama dikarenakan tidak adanya acuan dan hanya melihat dari *overlapping line 1* dan *line 2* saja, tetapi pada penggunaan nilai RMS dapat menjadi acuan apakah data dapat dikatakan memiliki kualitas data LiDAR yang lebih baik.
3. Nilai RMS pada *pointcloud* sebelum dikalibrasi mencapai 0,8501m, memiliki ketelitian yang cukup rendah dikarenakan berdasarkan *threshold* ketelitian alat ALS70 sebesar 5– 38cm. Setelah dilakukan *Boresight Calibration pointcloud* memiliki ketelitian sebesar 22,53 cm berdasarkan parameter RMS memiliki selisih sebesar 0,6248 m. Dalam hal ini, data Lidar mengalami perubahan yang cukup jauh yaitu sebesar 73,49%. Penelitian ini mampu menjadi rujukan bahwa *Boresight Calibration* dapat menjadi faktor utama memperbaiki kualitas data karena sebelum dikalibrasi memiliki kesalahan yang cukup tinggi.

SARAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka penulis memberikan saran:

1. Adanya penelitian lanjutan, tentang perbedaan initial RPH cloudpro dengan nilai RPH spesifikasi pada alat.
2. Penghapusan GCP RTK harus memiliki standar yang jelas.
3. Penghapusan Titik GCP seharusnya dapat dilakukan sebelum proses *boresight calibration*

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (2006). *Penentuan Posisi GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: Pradnya Paramitha.
- Alif, T. F. (2010). *Airborne LiDAR Bathymetry*. Bogor: Bakosurtanal.
- Ariesta, R. (2016). Skripsi. *pengolahan Data Pointcloud dan Foto Hasil Pengukuran Mobile Mapping System*.
- BMGS. (2006). *LiDAR Specification: Version 0.05*. Retrieved Juni 20, 2018, from Ministry of Agriculture and Lands, Integrated Land Management Bureau (ILMB): <http://archive.ilmb.gov.bc.ca/crgb/>

- pba/trim/specs/LiDAR%20Spesifikasi%20over%200.5.pdf
- Burtch, R. (2001). *LiDAR Principle And Applications*. Big Rapids.
- ESRI. (2006). *A to Z GIS*. Redlans: ESRI Press.
- Glennie, C. (2007). *Journal of Applied Geodesy Vol. 1 . Rigorous 3D Error Analysis of Kinematic Scanning LiDAR Systems*.
- GSP 216. (2015). *Humbolt State University*. Retrieved Juni 20, 2018, from http://gsp.humboldt.edu/olm_2015/Courses/GSP_216_Online/lesson7-1/data.html
- Jewet, S. (2010). *Fisika Untuk Sains dan Teknik Buku 3*. Salemba Empat.
- Kelley, B. (2010). *LiDAR Monitors Environmental Changes*. <http://spie.org/x41688.xml> (diakses tanggal 12 mei 2018).
- Kuwano, Y. (2011). *ALS 70 Calibration*. Leica Geosystem.
- Li, D., Guo, H., Wang, C., Dong, P., & Zuo, Z. (2018). *Journal of Applied Remote Sensing. Bore-sight Calibration for Airborne Light Detection and Ranging Using Planar Patches Improved*.
- Lohani, B. (1996). *Airborne Altimetric LiDAR: Principle, Data Collection, Processing and Applications*. India: Deeparment of Civil Enggining.
- Moskal, L. M. (2008). *Workshop on Sitiescale Application of LiDAR on Forest Lands in Washington*. Center for Urban Holticulture, University Of Washington.
- Nawangside, D. (2009). *Airborne Altimetric LiDAR:Aplikasi dan Permasalahan*. Bandung: Program Studi Teknik Geodesi & Geomatika FITB ITB.
- Nugroho, A. P. (2013). *Uji Ketelitian Data Elevas Airborne Laser Scanning Dengan Pengukuran Receiver GNSS di Daerah Sekitar UGM*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.
- Soetaat. (2009). *Pengantar LiDAR : Konsep, Proyek dan Aplikasi* . Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- The University of Utah. (2011). *Surface Geology*. Retrieved Juni 20, 2018, from http://www.surfacegeology.earth.utah.edu/research/Jewell_digital_mapping.htm