

ANALISA PERBANDINGAN VOLUME DAN KETELITIAN ICP DARI 3'S (TS, GNSS, DAN TLS)

Khomsin, Dinar Guruh Pratomo, Achmad Faizuddin Akbar

^{1,2,3}Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

e-mail: khomsin@geodesy.its.ac.id

Abstrak

Teknologi survei dan pemetaan semakin hari semakin berkembang. Saat ini untuk survei topografi, alat yang digunakan adalah Total Station, GNSS, drone, dan Terrestrial Laser Scanner. Pada penelitian ini akan mengukur 2 stockpile dan membandingkan hasil perhitungan volume dari data TS, TLS, dan GPS. Sebagai acuan, hasil pengukuran TLS. Uji ketelitian menggunakan RMSE (Root Mean Square Error) di beberapa titik ICP (Independent Check Point). Pada penelitian ini nilai RMSE volume antara TS dan TLS memiliki selisih kecil. Sedangkan hasil perhitungan volume dengan GPS RTK dan TLS memiliki nilai deviasi yang lebih besar pada area studi. Hasil uji RMSE dari (ICP) didapatkan RMSE dari hasil koordinat Total Station terhadap TLS pada area studi yang berada di gudang sebesar 0,001 m pada absis, 0,002m pada ordinat, dan 0,001 m pada ketinggian. Dan pada GPS RTK (0,007)m pada absis, (0,006) m pada ordinat, dan (0,005)m pada ketinggiannya. Jika pada studi area timbunan didapatkan nilai RMSE pada Total Station (0,002) m, (0,001) m, (0,002) m dan pada GPS RTK (0,008) m, (0,008) m, (0,004) m.

Kata kunci— Total Station, GPS RTK, Terrestrial Laser Scanner, Independent Check Point, Volume

Abstract

Technological developments in the field of surveys and mapping are growing very rapidly. The traditional instruments evolve as a Total Station, Navigation Satellite (Global Navigation Satellite System), drones, and Terrestrial Laser Scanners. One application of this technology is to measure a stockpile area quickly and accurately. This research will measure two stockpiles (coal warehouses) using Total Station (TS), GNSS and Terrestrial Laser Scanner (TLS). This research will compare the results of volume calculations with the data generated by TS, GNSS and TLS. The different of the Root Mean Square Error obtained by TS and TLS in storage volume calculations is relatively small. The results of volume calculated by TLS with GPS RTK in stockpile is larger than the volume calculated by TS in study area. It is linear with the results of RMSE (ICP) obtained from results of Total Station (0.001)m in absis, (0.002) in ordinat, (0.001)m in that elevation, and the GPS RTK (0.007) m in absis, (0.006) in ordinat, (0,005) in that elevation. While in the second area, RMSE values from Total Station (0.002) m, (0.001) m, (0.002) m and on GPS RTK (0.008) m, (0.008) m, (0.004) m.

Keyword— Total Station, RTK GPS, Terrestrial Laser Scanner, Independent Check Point, Volume

PENDAHULUAN

Volume merupakan suatu hal yang penting dalam banyak pekerjaan teknik (Lechner & Baumann 2000). Akurasi bentuk dan estimasi volume dari material tersebut penting dalam banyak aplikasi misalnya studi erosi, estimasi pengambilan bahan tambang dan penilaian lahan untuk konstruksi (Yakara & Yilmazb 2008).

suatu obyek sering dilakukan. Bahkan penentuan volume yang dilakukan dalam bidang pembangunan juga berpengaruh dalam bidang lain seperti bidang perekonomian serta digunakan dalam berbagai riset

dalam rangka pengembangan teknologi (Yakara & Yilmazb 2008). Obyek yang ditentukan volumenya bisa memiliki bentuk beraturan (geometris) seperti gudang dan kontainer, maupun tidak beraturan (non geometris) seperti endapan di laut, tanah urugan (*existing*), dan material pertambangan.

Dalam bidang geodesi, penentuan volume dibantu dengan alat-alat ukur. Alat ukur di bidang geodesi berkembang dari awalnya dalam bentuk analog sampai ke bentuk digital. Penentuan volume dengan pengukuran metode *tachymetri* yang dibantu alat *TS*, *GPS RTK* sering dilakukan dalam

berbagai pekerjaan teknik. Pengukuran dilakukan dengan menghitung koordinat (x, y, z), menentukan ketinggian objek dari jauh, menghitung jarak pada permukaan obyek yang dianggap merepresentasikan bentuk suatu obyek yang akan dihitung volumenya (Basuki 2006). Semakin tidak beraturan bentuk suatu obyek, semakin banyak pula data yang harus dikumpulkan. Munculnya TLS sebagai teknologi terbaru membuat pekerjaan perhitungan volume semakin mudah dan cepat. TLS merupakan sebuah teknik menggunakan cahaya laser untuk mengukur titik-titik dalam tiga dimensi (Quintero dkk 2008). Dengan TLS, setiap detik bisa merekam hingga ribuan bahkan puluhan ribu titik. Perkembangan teknologi pada alat ukur digital tersebut (Reshetyuk 2009).

Metode pengukuran yang digunakan. Pada pengukuran TLS adalah metode Target to Target, cloud to cloud dimana pengukuran tentunya juga diiringi dengan kelebihan maupun kekurangan masing-masing (Reddington 2005). Teknologi terkini tentunya tidak selalu unggul dalam semua aspek jika dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Yaitu Oleh karena itu diperlukan penelitian berupa perbandingan teknologi terkini dan teknologi sebelumnya TS dan GPS RTK. di sini yang menarik adalah GPS, GPS merupakan sistem penentuan posisi dengan bantuan Satelit (Winardi 2006). layanan *GPS* yang dulunya hanya untuk keperluan militer mulai terbuka untuk publik. Uniknya, walau satelit-satelit tersebut berharga ratusan juta dolar, namun setiap orang dapat menggunakannya dengan gratis (Andi 2009.)

Pada penelitian ini dilakukan penentuan volume dengan menggunakan alat ukur (TLS), TS, Dan *GPS RTK dengan metode* pada obyek yaitu *stockpile* batubara dengan cut n Fill dan composite pada daerah coverage pengukuran besar dan kecil (Anna Rosida, dkk 2013. Prinsip hitungan volume adalah 1 (satu) luasan dikalikan dengan 1 (satu) yang diwakili tinggi (Irvine 1995). Penelitian ini untuk mengetahui hasil volume dari 3 alat ukur tersebut dengan acuan Terrestrial Laser Scanner karena dianggap teknologi baru yang memiliki akurasi yang tinggi. Kemudian dilakukan uji ketelitian dari hasil pengukuran serta analisa sebelum nilai volume didapatkan. Analisa yang dilakukan dengan uji ketelitian Independent Check Point (ICP).

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian



Gambar 1. PT. Barkalin, Benowo Surabaya

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran 2 Stockpile volume yang berada di area Kota Surabaya, Jawa Timur tepatnya di PT Barkalin, Benowo, Surabaya. yang berada pada koordinat $07^{\circ}09' - 07^{\circ}21'$ LS dan $112^{\circ}36' - 112^{\circ}54'$ BT.

Data dan Peralatan

- Data

Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah data survei survei pengukuran volume *stockpile* batubara dengan menggunakan alat ukur *Terrestrial Laser Scanner*, *Total Station*, dan *GPS RTK*. Ketiga alat ukur dapat dilihat pada Gambar 2,3, dan 4. Data diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung lapangan pengukuran volume *stockpile* batubara. Pengukuran dilakukan pada 16 Mei dan 26 Mei 2018 dengan metode survei *Tachymetri* untuk *Total Station*, *Real Time Kinematic* untuk *GPS RTK*, dan *Target to target* untuk *Terrestrial Laser Scanner*. Desain Pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5. Titik referensi yang digunakan adalah titik referensi lokal yang di ukur dengan menggunakan metode *Real Time Kinematic*, yang nantinya digunakan sebagai acuan pengukuran *Total Station*, dan *Terrestrial Laser Scanner* begitupun pada waktu pengolahan juga.

Digunakan untuk perhitungan volume.

Peralatan/Perangkat Keras

- a. *TLS Faro 3D Fokus 120*



Gambar 2. *TLS Faro 3D Fokus 120*

- b. *Total Station Topcon GTS 235*



Gambar 3. *Totals Station GTS 235*

- c. *GPS Topcon Hiper Pro*



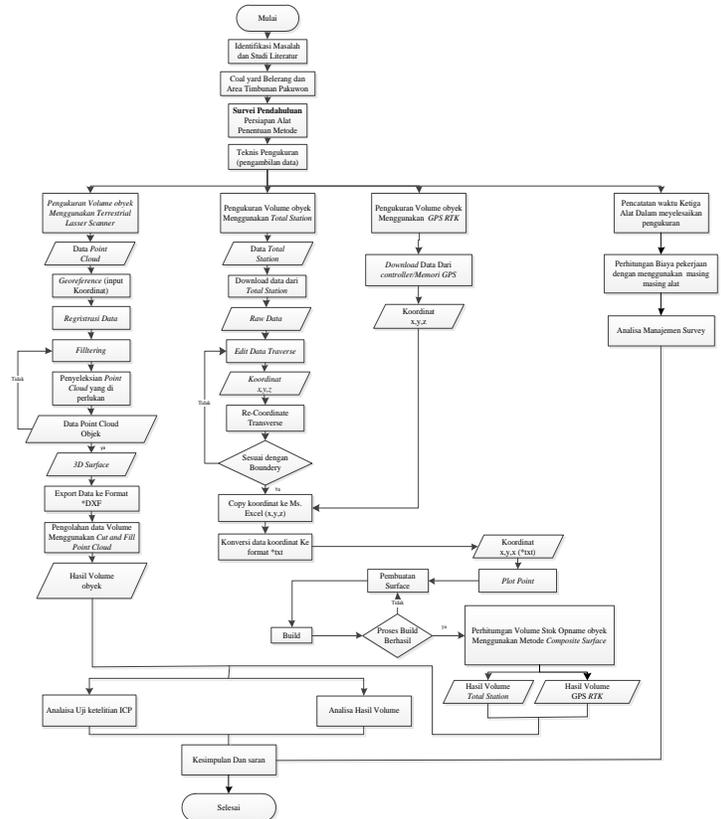
Gambar 4. *GPS Topcon Hiper Pro*

Perangkat Lunak

- a. *Faro Scene*
Digunakan Untuk melakukan registrasi data TLS, pemberian warna dan export to rcp.
- b. *Recap 2017*
Digunakan untuk penyajian data TLS
- c. *Surffer*
Digunakan untuk pembuatan model 3D TS, GPS RTK
- d. *Civil 3D*

Tahapan Penelitian

Tahap dari penelitian ini dijelaskan pada uraian berikut:



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

penjelasan dari diagram alir penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

Penjelasan dari diagram alir tersebut adalah sebagai berikut :

1. **Studi Literatur**
Mencari data literatur yang berhubungan dengan penelitian tersebut. Seperti penelitian sebelumnya, metode penelitian sebelumnya, konsep dasar penelitian, mencari informasi tentang salah satu gudang *stockpile* batubara PT barkalin dan produk-produk apa saja yang di hasilkan oleh perusahaan tersebut serta mencari tahu timbunan yang ada di daerah Benowo Surabaya.
2. **Survei Pendahuluan**
Survei ke tempat lokasi untuk mengetahui *Coal yard Stockpile* batubara di PT barkalin dan area

timbunan benowo serta menentukan metode setelah mengetahui medan pengukuran. Sebelum melakukan pengukuran juga mempersiapkan alat-alat yang harus di bawa untuk melakukan akuisisi data.

3. Pengukuran Volume
Pengukuran pertama kali menggunakan instrumen *Terrestrial Laser Scanner*. Sebelum itu kita harus menentukan lokasi *sphere* terlebih dahulu. Seperti yang sudah di jelaskan di dasar teori tentang sphere disini digunakan untuk titik acuan target penggabungan antara data *cloud* 1 dan data 2. Pengukuran yang kedua menggunakan instrumen *Total Station* dan *Single base RTK*. Pengukuran dapat dilakukan secara bersamaan di titik yang sama.
4. Pengolahan Data
Pengukuran
 - a. *Terrestrial Laser Scanner*, Pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* menghasilkan data yang kemudian di olah hingga mendapatkan data *point clouds*. Data *point clouds* tersebut di kalibrasi dengan proses *regristasi* dan *Filtering*. Proses *regristasi* menggunakan metode kombinasi yaitu *cloud to cloud* dan *target to target* menggunakan software FARO SCENE. Proses *filltering* disini adalah menyeleksi *point cloud* yang tidak dibutuhkan untuk perhitungan volume.
 - b. Pengolahan data pengukuran menggunakan instrumen *Total Station*, data hasil download berupa koordinat lokal yang nanti di olah menggunakan software *microcad* yang nantinya input koordinat untuk konversi koordinat menjadi UTM.
 - c. *Single Base RTK*, pada pengolahan instrumen ini tidak perlu pengolahan data karena hasil pengukuran sudah dalam bentuk koordinat UTM. Setelah itu export dalam bentuk excel untuk di olah di *Autocad/Civil 3D*.
5. perhitungan volume
dari data pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* dilakukan dengan metode *cut and fill point cloud*. Untuk perhitungan volume hasil pengukuran *Total Station* dan *Single Base RTK* di plot di *Autocad/Civil 3D* dan di hitung volumenya menggunakan metode *Composite*.

6. Analisa Ketelitian ICP
Independent Check Point (ICP) digunakan untuk pengontrolan dalam meregristasi hasil pengukuran *Terrestrial Laser Scanner*. yang di bandingkan dengan hasil pengukuran ICP melalui alat *Total Station* dan *GPS RTK* pada uji ketelitian ini menggunakan uji RMSE
7. Analisa Hasil Perhitungan Volume
Didapatkan hasil dari perhitungan volume dari ketiga instrumen yang nantinya data dari penrhitungan volume pengukuran *Total Station* dan *Single Base RTK* akan dibandingkan dengan hasil Perhitungan data volume dari pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* (data yang di anggap benar) dengan menggunakan uji RMSE.
8. Analisis Manajemen survei
Dilihat dari hasil pengukuran didapatkan berapa biaya yang di habiskan dalam dalam pengukuran sampai pengolahan data, Waktu yang dihabiskan suatu alat untuk melakukan pengukuran.
9. Kesimpulan dan Saran
Penarikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian di atas serta memberikan suatu rekomendasi suatu

HASIL DAN ANALISA

Pengukuran Kontrol Referensi

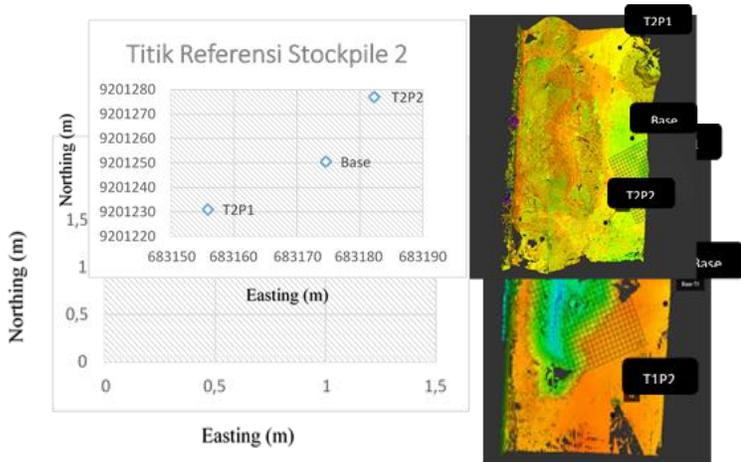
Pada penelitian ini pengukuran titik kontrol referensi dengan *GPS (Global Positioning System)* digunakan untuk mendapatkan titik kontrol referensi yang nantinya digunakan untuk penentuan posisi dari objek yang digunakan pada penelitian ini. Titik kontrol tersebut selanjutnya digunakan sebagai referensi pengukuran alat *Total Station*, dan *Terrestrial Laser Scanner*. Dimana pengukuran titik acuan ini di dapatkan dari pengukuran *GPS (Global Positioning System)* dengan metode *RTK (Real Time Kinematic)*. Sistem koordinat yang digunakan adalah *UTM (Universal Transverse Mercator)*.

Penelitian ini dilakukan di PT Barkalin, tepatnya pada 2 obyek *stockpile* batubara di *coalyard* PT Barkalin.

a. Studi Kasus Area 1

Dibawah ini merupakan penyajian penempatan dari *base receiver GPS (Global Positioning system)* dengan metode *RTK (Real Time Kinematic)* dan pengambilan 2 titik kontrol referensi yang nantinya digunakan untuk referensi titik posisi pengukuran

dengan *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner* pada obyek 1.



Gambar 6. Posisi Referensi Studi Kasus area 1

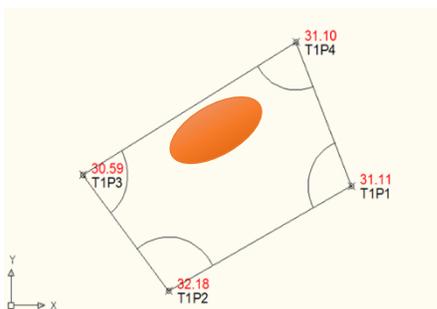
b. Studi Kasus Area 1

Dibawah merupakan penyajian penempatan dari base receiver *GPS (Global Positioning system)* dengan metode *RTK (Real Time Kinimatic)* dan pengambilan 2 titik kontrol referensi yang nantinya

Gambar 7. Posisi Referensi Studi Kasus area 2

Pengukuran Poligon

Pengukuran poligon ini digunakan untuk koreksi dari pengukuran detail situasi menggunakan alat ukur *Total station*.



a. Obyek 1 (*Stockpile* Batubara 1 PT. Barkalin) Hasil perhitungan kerangka poligon yang disajikan dalam Gambar 4.3 dan Tabel 4.7 dibawah ini:



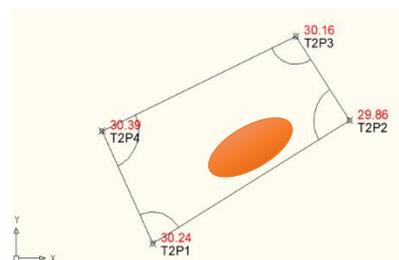
Gambar 8. Poligon 1 Studi Kasus area 1

Tabel 1. Koordinat Stockpile area 1

Nama Titik	Koordinat Poligon (m)		
	E(m)	N(m)	Z(m)
T1P1	683118,937 m	9201179,000` m	31,11 m
T1P2	683210,017 m	9201210,969 m	32,18 m
T1P3	683232,204 m	9201206,384 m	30,59 m
T1P4	683212,405 m	9201164,134 m	31,10 m

b. Studi Kasus Area 2

Hasil perhitungan kerangka poligon yang disajikan dalam Gambar 4.4 dan Tabel 4.8 dibawah ini:



Gambar 9. Poligon 2 Studi Kasus area 2

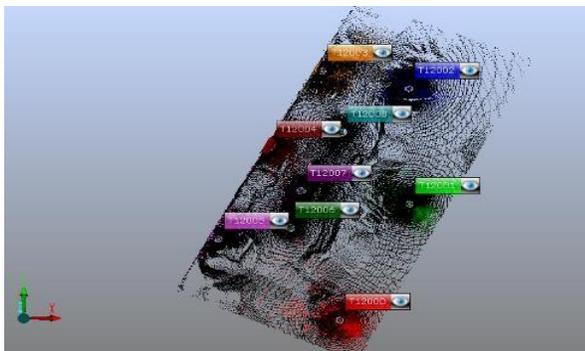
Tabel 2. Koordinat Poligon Studi Kasus Area 2

Pengukuran Terrestrial Laser Scanner

Pada pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* menggunakan TLS FARO 3D dengan menggunakan target *sphere* sebagai proses registrasinya. Konfigurasi yang diatur pada saat akuisisi data yaitu durasi pengambilan data selama 9 menit 26 detik setiap berdiri alat.

a. Studi Kasus Area 1

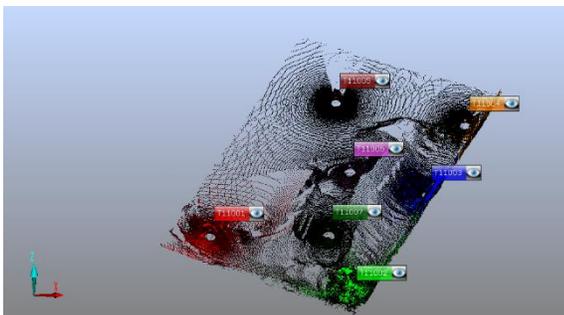
Pada pengukuran *stockpile* batubara yang pertama dilakukan pengukuran dengan 7 kali berdiri alat. Setiap berdiri memerlukan waktu 9 menit 26 detik. Total waktu yang dibutuhkan ada akuisisi data pada obyek yang pertama yaitu 1 jam 25 menit.



Gambar 10. Penempatan *Laser Scanner* area 1

b. Studi Kasus Area 2

Pada pengukuran *stockpile* batubara yang kedua dilakukan pengukuran dengan 9 kali berdiri alat. Setiap berdiri memerlukan waktu 9 menit 26 detik. Total waktu yang dibutuhkan ada akuisisi data pada obyek yang pertama yaitu 1 jam 45 menit.



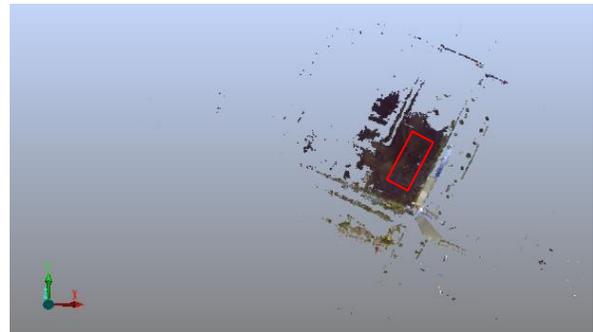
Gambar 11. Poligon 2 Studi Kasus area 2

Proses Filtering

Studi Kasus Area 1

Setelah dilakukan proses registrasi didapatkan model 3D dimana model tersebut terdiri dari berjuta-

juta *point cloud*. Jumlah *point cloud* pada obyek yang pertama sebelum dilakukan proses *filtering* sebanyak 2.770.961 titik. Dan setelah dilakukan proses *filtering* *point cloud* tersisa 2.238.385 titik.



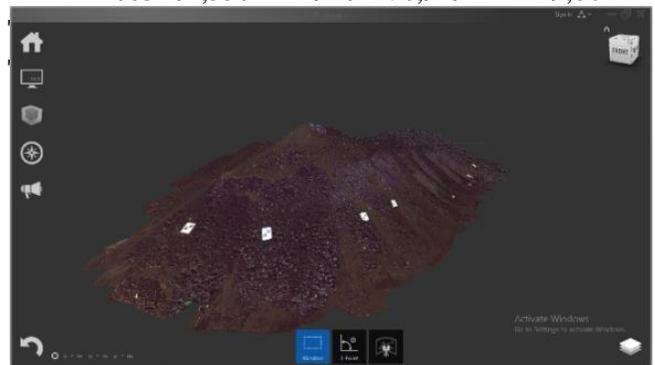
Gambar 12. Area 1 Sebelum Proses Filtering

Setelah dilakukan proses *filtering* yaitu dengan menghapus dan menyeleksi *point cloud* yang tidak diperlukan pada obyek 1

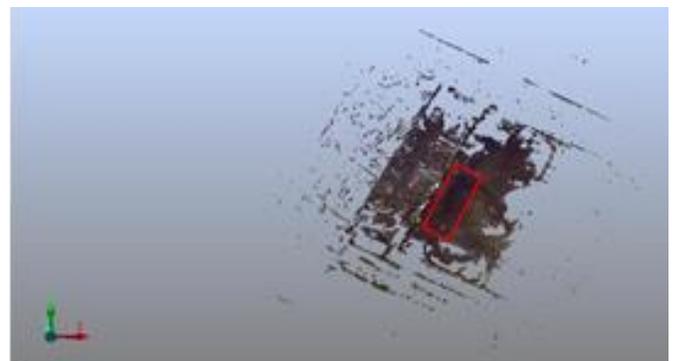
Gambar 13. Area 1 Setelah Proses Filtering

b. Studi Kasus Area 2

Nama Titik	Koordinat Poligon (m)		
	E (m)	N(m)	Z(m)
T2P1	683155,790m	9201230,981m	30,24m
T2P2	683182,350m	9201276,919m	29,86m



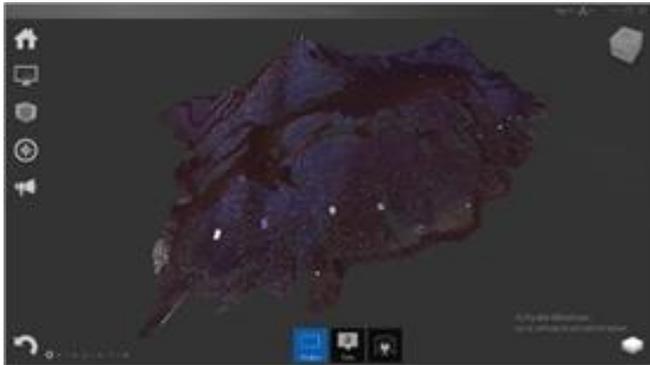
Setelah dilakukan proses registrasi didapatkan model 3D dimana model tersebut terdiri dari berjuta-juta *point cloud*. Jumlah *point cloud* pada obyek yang



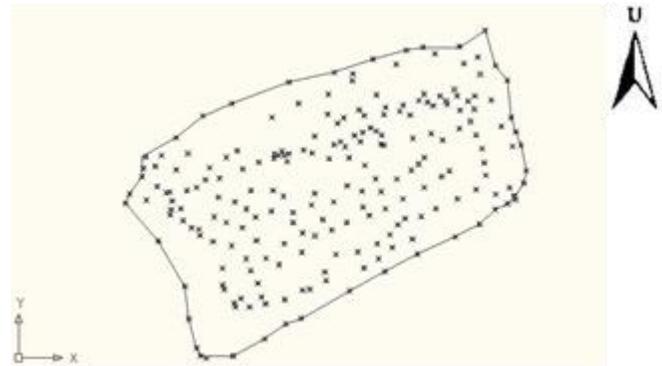
kedua sebelum dilakukan proses *filtering* sebanyak 24.541.952 titik. Dan setelah dilakukan proses *filtering point cloud* tersisa 2.812.508 titik.

koordinat yang didapatkan tidak ada yang melebihi *coverage area*

Gambar 14. Area 2 Sebelum Proses Filtering
Setelah dilakukan proses *filtering* yaitu dengan menghapus dan menyeleksi *point cloud* yang tidak diperlukan pada obyek 2



Gambar 15. Area 2 Setelah Proses Filtering



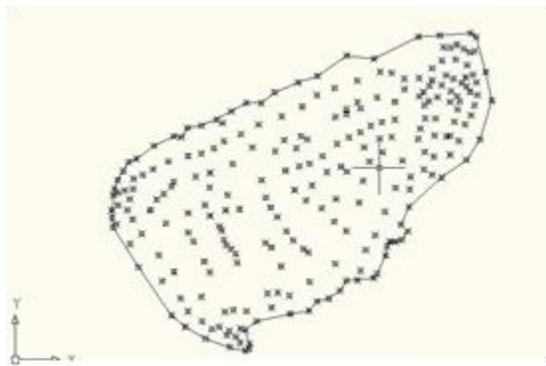
Gambar 17. Sebaran titik pengukuran Total Station Area 2

Obyek timbunan Batubara yang diukur dengan menggunakan alat ukur *Total Station* semua berada di dalam area poligon. 253 titik pada obyek 1 dan 218 titik pada obyek 2 semuanya masuk didalam area cakupan poligon.

Pengukuran Total Station

Titik yang didapatkan dari pengukuran *stockpile* batubara dengan menggunakan alat ukur *Total station* diolah untuk perhitungan volume dan pemodelan 3D *stockpile* Batubara.

- a. Pada pengukuran *stockpile* batubara pada obyek yang pertama dengan menggunakan alat ukur *Total station* berdiri alat sebanyak 5 kali. Hasil titik koordinat yang didapatkan tidak ada yang melebihi *coverage area*.



Gambar 16. Sebaran titik pengukuran Total Station Area 1

Pengukuran GPS RTK

Pengukuran volume *stockpile* batubara dengan menggunakan alat ukur GPS (Global Positioning System) dengan metode RTK (Real Time Kinematic) yaitu dengan mendirikan 1 base dan satu receiver yang berjalan.

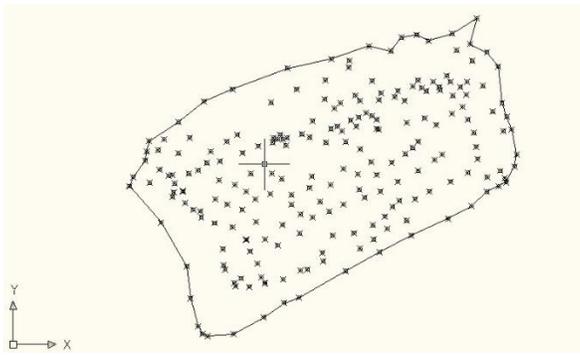
- a. Pengukuran volume *stockpile* obyek 1 menggunakan alat ukur *GPS RTK*



Gambar 18. Sebaran titik GPS RTK Station Area 1

- b. Pada pengukuran *stockpile* batubara pada obyek yang kedua dengan menggunakan alat ukur *Total station* berdiri alat sebanyak 5 kali. Hasil titik

- b. Pengukuran volume *stockpile* obyek 2 menggunakan alat ukur *GPS RTK*.

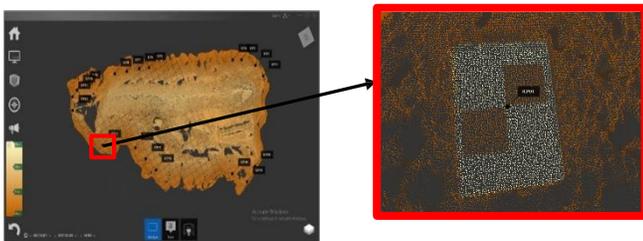


Gambar 18. Sebaran titik GPS RTK Station Area 2

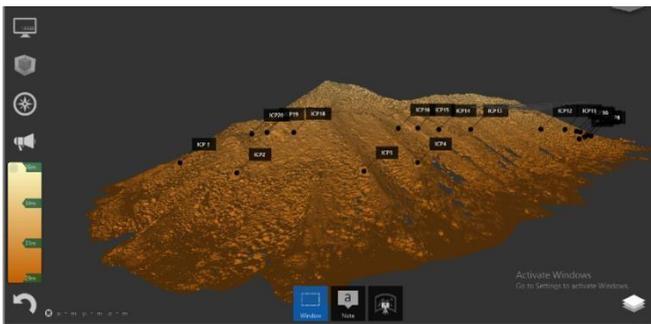
Obyek timbunan Batubara yang diukur dengan menggunakan alat ukur GPS RTK semua berada di dalam area poligon. 253 titik pada obyek 1 dan 218 titik pada obyek 2 semuanya masuk didalam area cakupan poligon.

Pengukuran Independent Check Point (ICP)

Pengukuran *ICP* di ukur dengan menggunakan alat *Total Station* dan *GPS RTK*. Hasil dari pengukuran kedua alat tersebut akan di check dengan hasil pengukuran *TLS (Terrestrial Laser Scanner)*. jumlah *ICP* pada obyek yang pertama yaitu 20 buah. Jumlah *ICP* yang pada obyek yang kedua 24 buah. Berikut adalah posisi *ICP* yang disajikan dalam Gambar berikut

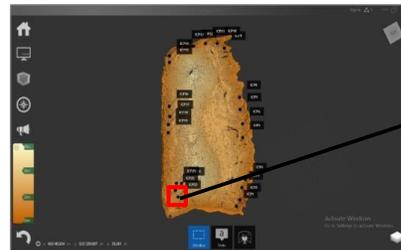


Gambar 19. ICP Tampak Atas Area 1

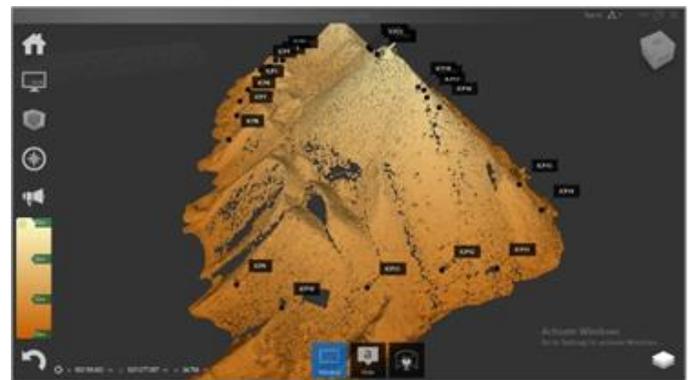


Gambar 20. ICP Tampak Samping Area 1

Hasil pengukuran *ICP* dari pengukuran 3 alat yaitu terrestrial Laser Scanner, *Total station*, dan *GPS RTK*. berikut peletakan posisi *ICP* pada obyek kedua yang disajikan dalam Gambar



Gambar 21. ICP Tampak Atas Area 2



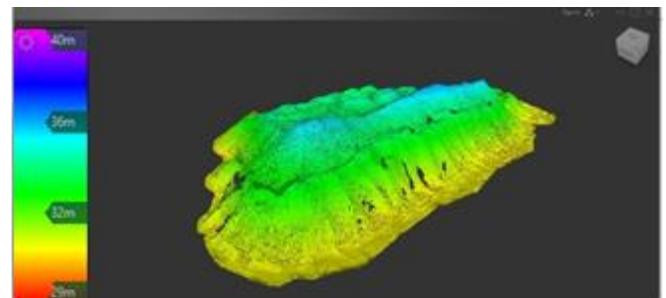
Gambar 22. ICP Tampak Samping Area 2

Koordinat *ICP* pada obyek yang kedua berjumlah 23. *ICP* obyek 2 lebih banyak dibandingkan obyek 1 karena area timbunan batubara obyek 2 lebih besar dari obyek 1. Berikut koordinatnya.

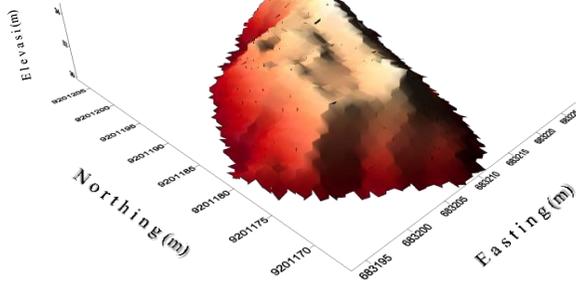
Pemodelan 3D

Model tiga Dimensi (3D) yang di ukur dengan menggunakan *instrument Terrestrial Laser Scanner, Total Station, dan GPS RTK* disajikan dari hasil ke tiga pengukuran tersebut terhadap 2 obyek pengukuran. Berikut adalah hasil model 3 dimensi (3D) dari masing masing obyek.

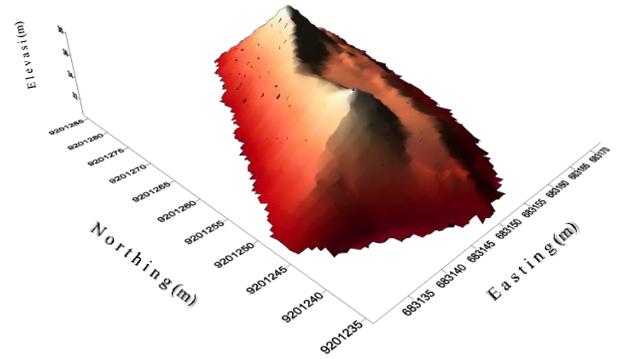
a. Studi Kasus Area 1



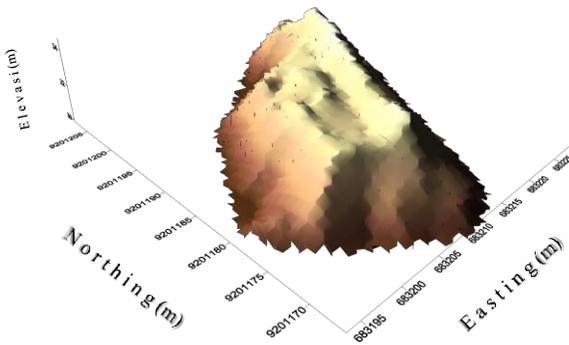
Gambar 23. Model 3D Laser Scanner Area 1



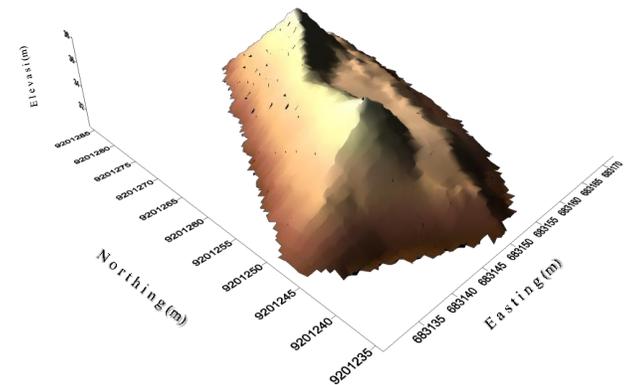
Gambar 24. Model 3D Total Station Area 1



Gambar 26. Model 3D Laser Scanner Area 2



Gambar 25. Model 3D GPS RTK Area 1



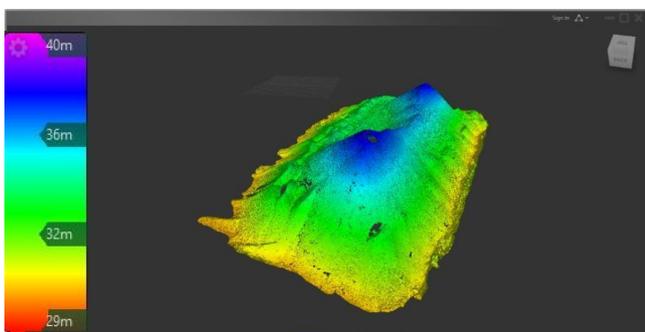
Gambar 27. Model 3D Total Station Area 2

Gambar 28. Model 3D GPS RTK Area 2

Model 3D hasil pengukuran Alat ukur Terrestrial Laser Scanner terlihat lebih detail karena data terdiri dari berjuta-juta point cloud. Model 3D hasil pengukuran Total Station dan GPS RTK terlihat kaku dan kasar karena koordinat hanya berjumlah 253 titik tidak sebanyak koordinat hasil TLS yang model 3D tampak lebih detail dan nyata.

b. Studi Kasus Area 2

Model 3D pada obyek yang kedua ini areanya lebih besar dari obyek 1. hasil pengukuran Alat ukur *Terrestrial Laser Scanner* terlihat lebih detail karena data terdiri dari berjuta-juta *point cloud*. Model 3D hasil pengukuran *Total Station* dan *GPS RTK* terlihat kaku dan kasar karena koordinat hanya berjumlah 253 titik tidak sebanyak koordinat hasil TLS yang model 3D tampak lebih detail dan nyata.



Perhitungan Volume

Perhitungan volume stockpile batubara pada ketiga alat ukur yaitu Terrestrial Laser Scanner, Total Station dan GPS RTK dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan cut and fill Pada Civil 3D. Berikut adalah hasil dari perhitungan volume.

a. Volume Studi Kasus Area 1

Lokasi penelitian pengukuran volume stockpile batubara pada obyek yang pertama bentuknya tidak beraturan. Maka dari itu di asumsikan pengukuran volume stockpile batubara data yang dianggap benar adalah data dari pengukuran TLS (Terrestrial Laser Scanner). Yang nantinya dibandingkan dengan pengukuran dari Total station dan GPS RTK yang pada akuisisi datanya diambil pada titik yang sama.

Tabel 3. Volume area 1

Stockpile pertama (T1)	Terrestrial Laser Scanner	Total Station	GPS RTK
Volume m3	1639.86	1632.55	1629.52

Perhitungan volume dihitung dengan menggunakan metode composite. Volume Terrestrial Laser Scanner dihasilkan 1639.86 m3, Total Station 1632.55 m3, dan GPS RTK sebesar 1629.52. Selisih antara volume stockpile batubara dengan alat ukur Terrestrial Laser Scanner cukup besar dengan hasil perhitungan volume Total Station dan GPS RTK. hal tersebut dikarenakan hasil point yang didapatkan oleh TLS lebih banyak dan lebih detail jika dibandingkan dengan TS dan GPS RTK.

b. Obyek 2 (Stockpile Batubara 2 PT. Barkalin)

Lokasi penelitian pengukuran volume stockpile batubara pada obyek yang kedua sama seperti obyek yang kedua bentuknya tidak beraturan dan stockpile sedikit lebih besar dan luas jika dibandingkan dengan obyek pertama. Maka dari itu di asumsikan pengukuran volume stockpile batubara data yang dianggap benar adalah data dari pengukuran TLS (Terrestrial Laser Scanner). Yang nantinya di uji dengan pengukuran dari Total station dan GPS RTK yang pada akuisisi datanya diambil pada titik

Tabel 4. Volume area 2

Stockpile pertama (T2)	Terrestrial Laser Scanner	Total Station	GPS RTK
Volume m3	2911.63	2904.74	2902.58

Perhitungan volume dihitung dengan menggunakan metode composite. Volume Terrestrial Laser Scanner dihasilkan 2911.63 m3, Total Station 2904.74 m3, dan GPS RTK sebesar 2902.58 m3. Hasil volume yang didapatkan baik dari obyek 1 dan obyek 2 berbanding

lurus. Nilai volume yang mendekati hasil dari pengolahan data (TLS) adalah sama sama (TS)Selisih antara volume stockpile batubara dengan alat ukur Terrestrial Laser Scanner cukup besar dengan hasil perhitungan volume Total Station dan GPS RTK. hal tersebut dikarenakan hasil point yang didapatkan oleh TLS lebih banyak dan lebih detail jika dibandingkan dengan TS dan GPS RTK

PENUTUP

1. Nilai RMSE pada uji ketelitian ICP dengan acuan referensi koordinat ICP Terrestrial Laser Scanner didapatkan hasil *Total Station* x,y,z (0,001), (0,002), (0,001), dan GPS RTK E,N,Z (0,007), (0,006),(0,005). jika pada obyek 2 didapatkan nilai RMSE pada *Total Station* E,N,Z (0,002), (0,001), (0,002) dan pada GPS RTK E,N,Z (0,008), (0,008), (0,004). Nilai RMSE alat ukur *TS* lebih kecil dari hasil nilai RMSE GPS RTK. maka dapat dikatakan koordinat ICP hasil pengukuran *TS* lebih mendekati hasil dari pengukuran *TLS* daipada Hasil koordinat ICP GPS RTK. Uji *T* ketelitian *Independent Check Point (ICP)* pada koordinat x,y,z tidak terdapat perbedaan yang signifikan karena nilai *Sig (2-tailed) > 0,05*.
2. Perhitungan volume dengan acuan hasil alat ukur Terrestrial Laser Scanner terhadap alat ukur Total Station dan GPS RTK. pada obyek 1 didapatkan selisih antara *TS* dan *TLS* sebesar 7,31 m3 (0,44 %), antara GPS RTK dan *TLS* didapatkan selisih sebesar 10,34 m3 (0,63%). Jika pada obyek 2 didapatkan selisih *TS* dengan *TLS* sebesar 6,89 m3 (0,24%), dan selisih dari GPS RTK dan *TLS* sebesar 9,05 m3 (0,31%). Selisih antara hasil volume *TLS* terhadap kedua alat baik GPS RTK dan Total Station tidak signifikan. Karena persentase memiliki nilai dibawah nol yang terbilang sangat kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis A.F.A. mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa Teknik Geomatika angkatan 2014 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas dukungan dan batuan dalam pengambilan data pengukuran Volume Batubara dengan 3 alat ukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. 2006. *Adjustment Computation: Spatial Data Analysis* (4th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.

- Yakara, M. and Yilmazb, H.M. 2008. *Using In Volume Computing Of Digital Close Range Photogrammetry*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B3b. Beijing.
- Basuki, S. 2006. *Ilmu Ukur Tanah*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada (UGM)
- Quintero, M. S., Genechten, B. V., Heine, E., & Garcia, J. L. 2008. *Tools for Advanced Three-dimensional Surveying inRisk Awareness Project (3DRiskMapping)*. Leonardo daVinci Programme of the European Union.
- Reshetyuk, Y. 2009. *Self-Calibration and Direct Georeferencing in Terrestrial Laser Scanning*. Stockholm: VDM Verlag.
- Reddington, J, 2005, HDS traing manual, Leica geosystem.
- Winardi. 2006. *Penentuan Posisi Dengan GPS Untuk Survei Terumbu Karang*. Jakarta. Puslit Oseanografi Lipi.
- Andi. 2009. *Global Positioning System*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Anna Rosida, dkk 2013. *Perbandingan Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Metode Cross Section dan Aplikasi Lain*. Semarang. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Irvine, W. 1995. *Penyigian untuk Konstruksi*. Bandung: Penerbit ITB. Nurjati, Chatarina. 2005. *Modul Ajar Ilmu Ukur Tanah I*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.