TUGAS AKHIR – RG 141536

STUDI PENGUKURAN VOLUMETRIK TIMBUNAN DENGAN MENGGUNAKAN INSTRUMEN *TERRESTRIAL LASSER SCANNER*, *TOTAL STATION*, DAN *GPS RTK*

Achmad Faizuddin Akbar
NRP 03311440000033

Dosen Pembimbing
Khomsin ST, MT.
Danar Guruh Pratomo S.T, M.T, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

TUGAS AKHIR – RG 141536

STUDI PENGUKURAN VOLUMETRIK TIMBUNAN DENGAN MENGGUNAKAN INSTRUMEN *TERRESTRIAL LASSER SCANNER*, *TOTAL STATION*, DAN *GPS RTK*

Achmad Faizuddin Akbar
NRP 03311440000033

Dosen Pembimbing
Khomsin S.T, M.T.
Danar Guruh Pratomo S.T, M.T, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Final Assigment – RG 141536

STUDY OF STOCKPILE VOLUMETRIC MEASUREMENTS BY USING TERRESTRIAL LASER SCANNER, TOTAL STATION, AND GPS RTK

Achmad Faizuddin Akbar
NRP 03311440000033

Supervisor
Khomsin ST, MT.
Danar Guruh Pratomo ST, MT, Ph.D

GEOMATIC ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Enviroment, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDI PENGUKURAN VOLUMETRIK TIMBUNAN DENGAN MENGGUNAKAN ISNTRUMEN *TERRESTRIAL LASSER SCANNER, TOTAL STATION,* SERTA *GPS RTK*

Nama Mahasiswa : Achmad Faizuddin Akbar
NRP : 03311440000033
Jurusan : Teknik Geomatika FTLSK-ITS
Pembimbing I : Khomsin ST, MT
Pembimbing II : Danar Guruh Pratomo ST, MT. Ph.D

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**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDY OF VOLUMETRIC MEASUREMENTS OF THE *STOCKPILE* BY USING THE INSTRUMENT OF *TERRESTRIAL LASER SCANNER, TOTAL STATION,* AND *GPS RTK*

Name	**: Achmad Faizuddin Akbar**
NRP	**: 03311440000033**
Department	**: Teknik Geomatika FTLSK-ITS**
Supervisor I	**: Khomsin ST, MT**
Supervisor II	**: Danar Guruh Pratomo ST, MT. Ph.D**

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.

Keywords: Total Station, RTK GPS, Terrestrial Laser Scanner, Independent Check Point, Volume

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENGUKURAN VOLUMETRIK TIMBUNAN DENGAN MENGGUNAKAN ISNTRUMEN *TERRESTRIAL LASSER SCANNER, TOTAL STATION,* SERTA *GPS RTK*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh
ACHMAD FAIZUDDIN AKBAR
NRP. 03311440000033

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Khomsin, ST, MT
   NIP. 19750705 200012 1 001 ( )

2. Danar Guruh Pratomo ST, MT., Ph.D
   NIP. 19800507 200312 1 001 ( )

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA

SURABAYA, JUNI 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kehadirat Allah SWT atas segala kuasa dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul "**Studi Pengukuran Volumetrik Timbunan dengan Menggunakan Instrumen *Terrestrial Lasser Scanner, Total Station,* serta *GPS RTK"*** sesuai dengan waktu yang ditentukan.

Penulis menyadari bahwa kelancaran dalam pelaksanaan penelitian hingga menjadi Buku Tugas Akhir ini tidak luput dari bantuan dalam berbagai bentauk dari berbagai pihak. Karena itu, pada kesempatan ini penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak tersebut. Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada:

1. Orangtua penulis, Bapak Sutjipto Santoso dan Ibu Sri Rahayu, beserta kakak penulis Hilda Pravita Yusanti, dan adik penulis Muhammad Nur Akbar Al-Rantisi, yang selama ini selalu memberikan dukungan, motivasi, dan doa.
2. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, ST, M,Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika FTLSK-ITS.
3. Bapak Khomsin, ST, MT. Selaku dosen pembimbing yang pertama, yang selalu membimbing penulis dengan sabar, meminjamkan alat surveinya, serta meluangkan waktu dan pikiran demi terselesaikannya segala proses pembuatan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Danar Guruh Pratomo ST, MT. Ph.D selaku dosen pembimbing yang kedua yang selalu memberi nasehat, ilmu, serta bantuan dan pikiran agar membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhirnya.

5. Bapak dan Ibu dosen dan karyawan Teknik Geomatika FTLSK-ITS yang memberikan ilmu dan pengalaman yang sangat berharga.
6. Mas Fattah, Mas Tofa, Mas Azenk, Mas dito, Mas Udin serta karyawan PT Geosolution. Yang telah memberi arahan dalam penggunaan alat.
7. B17, yang telah membantu dan memfasilitasi printer serta tenaga dalam mengambil data.
8. Keluarga G16 (Mahasiswa Teknik Geomatika ITS 2014) yang telah banyak membantu penulis baik pada masa perkuliahan maupun pada penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Himpunan Mahasiswa Geomatika ITS (HIMAGE-ITS) dan segenap anggotanya yang telah memberikan pengalaman berharga dan selalu mendidik kami untuk menjadi calon pemimpin yang baik.
10. Dan banyak lagi pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga Tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan dapat diterima sebagai sumbangan pemikiran dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Geomatika ataupun Geodesi.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
ABSTRAK v
LEMBAR PENGESAHAN ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumuan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Terrestrial Laser Scanner (TLS) 5
2.1.1 Prinsip Pengukuran *TLS* 7
2.1.2 Teknik Regristasi Data *TLS* 9
2.2 Total Station 13
2.3 Global Positioning System (GPS) 14
2.3.1 Metode Penentuan *GPS* 15
2.4 Volume 20
2.4.1 *Metode Cut and Fill Point Cloud* 21
2.4.2 *Metode Composite* 22
2.5 Root Mean Square Error (RMSE) 23
2.5 Manajemen Survey Pemetaan 24
2.5.1 Biaya Umum Survey Pengukuran 26
2.6 Penelitian Sebelumnya 28
BAB III METODE PENELITIAN 30
3.1 Lokasi Penelitian 31
3.2 Data dan Peralatan 32
3.2.1 Data 32

3.2.2 Peralatan....32
3.3 Metodologi Penelitian....35
BAB IV HASIL DAN ANALISA....41
4.1 Hasil....41
4.1.1 Data Teknis Pengambilan di Lapangan....41
4.1.2 Pengukuran Kontrol Referensi....45
4.1.3 Pengukuran Poligon....47
4.1.4 Pengukuran *Terrestrial Laser Scaner*....48
4.1.5 Proses *Filtering*....50
4.1.6 Pengukuran *Total Station*....52
4.1.7 Pengukuran *GPS RTK*....53
4.1.8 Pengukuran *Independent Check Point (ICP)*....55
4.1.9 Model 3D....63
4.1.10 Volume....66
4.2 Analisa....68
4.2.1 Analisa Pelaksanaan Pengukuran dan Hasil....68
4.2.2 Analisa Pengukuran Titik Referensi....70
4.2.3 Analisa Regristrasi Pada *Laser Scanner*....72
4.2.4 Analisa Filtering Pada *Laser Scanner*....73
4.2.5 Analisa Ketelitian *Independent Check Point (ICP)*....74
4.2.6 Analisa Volume....79
BAB V PENUTUP....83
5.1 Kesimpulan....83
5.2 Saran....84
DAFTAR PUSTAKA....85
Lampiran A....89
....123
....123
PROFIL PENULIS....124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *TLS* Faro Fokus 3D 120 (Lannmar 2014).....6
Gambar 2.2 Mekanisme Pengukuran *TLS* (Quintero dkk 2008).....7
Gambar 2.3 Sistem koordinat pada *scanner* (Parana 2012) 8
Gambar 2.4 *Sphere* yang didirikan di atas.....9
Gambar 2.5 Registrasi data dari dua pemindaian dengan metode *target to target* (Reshetyuk 2009) 10
Gambar 2.6 Ilustrasi proses registrasi metode cloud to cloud (Pfeifer 2007) 11
Gambar 2.7 Ilustrasi registrasi cloud to cloud (Reshetyuk 2009) 12
Gambar 2.8 Posisi Penentuan GPS (Abidin, 2007).....16
Gambar 2.9 Absolut Positioning (Abidin 2007) 17
Gambar 2.10 Sistem RTK (Abidin, 2007).....19
Gambar 2.11 Perhitungan Volume dengan Metode Cut and Fill (Permana, 2014) 21
Gambar 2.12 Perhitungan Volume dengan Metode Composite (Sujoko dan Prabowo 2009).....22
Gambar 2.13 Tiga Faktor Pembatas (Teguh dan Sudiadi 2015.....26
Gambar 3.1 Coal yard Batubara (PT. Barkalin).....31
Gambar 3.2 PT Barkalin Surabaya 32
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian 35
Gambar 1.4 Diagram Alir Pengambilan data 1 dan 2 yang lebih detail 36
Gambar 4.1 Posisi Referensi Titik Obyek 1 46
Gambar 4.2 Posisi Referensi Titik Obyek 2 46
Gambar 4.4 Poligon pada obyek 1 47
Gambar 4.5 Poligon pada obyek 2 48

Gambar 4.6 Posisi Terrestrial Laser Scaner Pada Obyek 1 49
Gambar 4.7 Posisi *Terrestrial Laser Scaner* Pada Obyek 2 50
Gambar 4.8 Obyek 1 Sebelum Proses Filtering 50
Gambar 4.9 Obyek 1 Setelah Proses *Filtering* 51
Gambar 4.10 Obyek 2 Sebelum Proses *Filtering* 51
Gambar 4.11 Obyek 2 Setelah Proses *Filtering* 52
Gambar 4.12 Sebaran titik pengukuran *Total Station* Obyek 1 52
Gambar 4.13 Sebaran titik pengukuran *Total Station* Obyek 2 53
Gambar 4.14 Sebaran titik pengukuran *GPS RTK* Obyek 1 54
Gambar 4.15 Sebaran titik pengukuran *GPS RTK* Obyek 2 54
Gambar 4.16 Posisi ICP Tampak atas Obyek 1 55
Gambar 4.17 Posisi ICP Tampak Samping Obyek 1 55
Gambar 4.18 Posisi ICP Tampak atas Obyek 2 59
Gambar 4.19 Posisi ICP Tampak Samping Obyek 2 59
Gambar 4.20 Hasil 3D pengukuran *Laser Scanner* Obyek 1 .. 63
Gambar 4.21 Hasil 3D pengukuran *Total Station* Obyek 1..... 63
Gambar 4.22 Hasil 3D pengukuran *GPS RTK* Obyek 1..... 63
Gambar 4.22 Hasil 3D pengukuran *Laser Scanner* Obyek 2 .. 64
Gambar 4.23 Hasil 3D pengukuran *Total Station* Obyek 2..... 65
Gambar 4.24 Hasil 3D pengukuran *GPS RTK* Obyek 2..... 66
Gambar 4.25 Diagram analisa *filtering* sebelum dan sesudah. 74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Metode Penentuan Posisi dengan GPS (Abidin 2007) 15
Tabel 2.2 Biaya Langsung Personel Sub Profesional 26
Tabel 2.3 Biaya Peralatan Survey 27
Tabel 2.4 Tabel Biaya Survei Pengukuran 27
Tabel 3.1 Spessifikasi *TLS* FARO fokus 3D 120 (Faro 2009) 33
Tabel 3.2 Spesifikasi *Total Station Topcon GTS 235* 33
Tabel 3.3 Spesifikasi GPS Topcon HiperPro 33
Tabel 4.1 Biaya Survei pengukuran 41
Tabel 4.2 Hasil Teknis Akuisisi data 42
Tabel 4.3 Acuan Biaya dan Waktu Obyek 1 43
Tabel 4.4 Simulasi Coverage Area Besar Acuan Obyek 1 43
Tabel 4.5 Acuan Biaya dan Waktu Obyek 2 44
Tabel 4.6 Simulasi Coverage Area Besar Acuan Obyek 2 44
Tabel 4.7 Koordinat poligon obyek 1 47
Tabel 4.8 Koordinat Poligon obyek 2 48
Tabel 4.9 Koordinat *ICP Laser Scaner* Obyek 1 56
Tabel 4.10 Koordinat *ICP Total Station* Obyek 1 57
Tabel 4.11 Koordinat *ICP GPS RTK* Obyek 1 58
Tabel 4.12 Koordinat *ICP Laser Scanner* Obyek 2 60
Tabel 4.13 Koordinat *ICP Total Station* Obyek 2 61
Tabel 4.14 Koordinat *ICP GPS RTK* Obyek 2 62
Tabel 4.15 Hasil Volume Obyek 1 67
Tabel 4.16 Hasil Volume Obyek 2 68
Tabel 4.17 Analisa Pelaksanaan Teknis Pengkuran 69
Tabel 4.18 Analisa Model 3D 69
Tabel 4.19 Analisa Titik Referensi Obyek 1 70
Tabel 4.20 Analisa Titik Referensi Obyek 2 71

Tabel 4.21 Analisa Regristrasi Pada Target Obyek 1.....72
Tabel 4.22 Analisa Regristrasi Pada Target Obyek 2.....73
Tabel 4.23 Uji Ketelitian *ICP* Pengukuran *Total Station* Obyek 75
Tabel 4.24 Uji Ketelitian *ICP* Pengukuran *GPS RTK* Obyek 1.....76
Tabel 4.25 Uji Ketelitian *ICP* Pengukuran *Total Station* Obyek 77
Tabel 4.26 Uji Ketelitian *ICP* Pengukuran *GPS RTK* Obyek 2.....78
Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Volume Obyek 1.....79
Tabel 4.28 Hasil Perhitungan Volume Obyek 2.....79
Tabel 4.29 Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov Test.....81
Tabel 4.30 Uji T Ketelitian ICP Pengukuran *Total Station*.....81
Tabel 4.31 Uji T Koordinat ICP.....82

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengukuran topografi merupakan istilah yang tidak asing dalam ilmu geodesi maupun geomatika. Seperti definisi topografi itu sendiri dimana topografi adalah gabungan dari dua kata dalam istilah bahasa yunani yaitu *Topos* (permukaan bumi) dan *graphic* (gambar) secara umum pengukuran topografi dapat di definisikan yaitu suatu pengukuran yang menggambarkan gambaran dari permukaan bumi. Untuk lebih detailnya pengukuran topografi adalah suatu pekerjaan penentuan tempat kedudukan baik secara horisontal maupun vertikal pada segala sesuatu yang terdapat pada areal tanah yang diukur. Pekerjaan pengukuran topografi berguna untuk mendapatkan data pengukuran mengenai letak (posisi), elevasi (ketinggian) dan konfigurasi dari areal tanah, dimana data tersebut dapat dilukiskan pada suatu peta yang menggambarkan keadaan yang sebenarnya yang dikenal dengan peta topografi (Purworahardjo 1986).

Pengukuran topografi juga dilakukan di bidang pekerjaan galian dan timbunan tanah. Galian dan timbunan tanah merupakan salah satu bidang pekerjaan yang erat kaitannya dengan perhitungan volume. Perhitungan volume jadi sangat penting dalam bidang tersebut karena berhubungan dengan volume tanah yang dibutuhkan untuk digali atau ditimbun berdasarkan rencana proyek. Obyek yang ditentukan nilai volumenya bisa dalam skala kecil maupun skala besar. Pengukuran volume skala kecil misalnya pekerjaan *cut and fill* untuk pembuatan dam air, pengurugan untuk pembuatan rumah dan lain sebagainya. Untuk skala besar yaitu seperti pengukuran volume material pertambangan, material bahan kimia di suatu pabrik, pengukuran sedimen di laut dll.

Perkembangan teknologi membuat pekerjaan menjadi lebih mudah. Karena ditunjang dengan alat-alat yang canggih.

Begitu juga dalam pekerjaan survei dan pemetaan sudah menggunakan peralatan yang canggih. Pada pemetaan teristris misalnya, yang dulunya menggunakan alat konvensional seperti *Theodolith* untuk pengukuran horizontal dan sipat datar atau *waterpass* untuk pengukuran vertikal, sekarang dapat dilakukan dengan satu alat saja yaitu *Total station.* Namun tidak hanya itu saja seiring dengan kemajuan teknologi alat ukur *Total station* berkembang menjadi *Terrestrial Laser Scanner (TLS)* yang memiliki prinsip scan obyek dengan pancaran sinar lasernya yang kemudian dipantulkan kembali oleh obyek. Hasil yang diperoleh dari TLS adalah kumpulan titik dengan kerpatan tertentu dalam koordinat 3D yang kemudian digunakan untuk keperluan penentuan volume ataupun pemodelan.

Adapun alat geodesi yang memanfaatkan peran satelit untuk pengukuran topografi. Salah satunya yaitu *GPS RTK* . *GPS RTK* ini memiliki kepanjangan *Global Positioning System Real Time Kinematic* artinya koordinat titik dapat kita peroleh secara *Real time* dalam koordinat UTM ataupun Lintang dan Bujur tanpa melalui pemrosesan *baseline*. Alat ini juga dapat digunakan utuk pengukuran volume, detail situasi, *stake out*, Penentuan dan rekonstruksi batas persil tanah, Survei pertambangan, Survei rekayasa, dan aplikasi lainnya yang membutuhkan posisi titik koordinat secara cepat dan dalam ketelitian centimeter (Fajriyanto 2009).

Namun tidak semua alat cocok untuk semua pengukuran karena pengukuran juga dilihat dari manajemen survei dan efisiensi dari alat tersebut dalam sebuah pekerjaan. Pekerjaan apapun dilakukan untuk mencari sebuah keuntungan maka dari itu dibutuhkan alat dengan kemampuan yang tepat dengan biaya *minimum* sesuai pekerjaan tersebut. Dilihat dari permasalahan tersebut perlu adanya suatu penelitian untuk mengetahui efisiensi pengukuran dengan menggunakan ketiga alat diatas yaitu *Terrestrial Laser Scanner, Total Station,* dan *GPS RTK* dalam pengukuran volume suatu obyek

serta manajemen survey yang di gunakan dari masing masing alat.

1.2 Perumuan Masalah

Rumusan masalah pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Berapakah biaya yang diperlukan dari masing-masing alat untuk pengukuran volume timbunan dan seberapa efisien waktu oleh masing-masing alat pada saat akuisisi data?
2. Bagaimana ketelitian koordinat *Independent Check Point* (ICP) yang digunakan untuk proses regristasi *Terrestrial Laser Scanner* dari hasil pengukuran *Total station* Serta *GPS RTK* ?
3. Bagaimana hasil volume obyek dengan menggunakan instrumen *Terrestrial Laser Scanner, Total station* Serta *GPS RTK* dan analisa hasilnya ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Menggunakan instrumen *Terrestrial Laser Scanner, Total station serta GPS RTK.*
2. Menggunakan Metode *Target Based* dan Metode *Cloud Based (Terrestrial Laser Scanner)*
3. Data yang di anggap benar adalah hasil dari pengukuran instrumen *Terrestrial Laser Scanner.*
4. Aspek pembahasan manajemen survei lihat dari biaya, waktu pada saat akuisisi data, volume pekerjaan serta ketelitian masing-masing titik.

1.4 Tujuan

Tujuan yang di capai dari penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Analisa biaya yang di perlukan dari TS,TLS, dan GPS RTK untuk pengukuran volume timbunan dan melihat

seberapa efisien waktu oleh masing-masing alat pada saat akuisisi data.

2. Melakukan analisa ketelitian koordinat ICP dari suatu obyek yang digunakan untuk proses regristrasi *Terrestrial Laser Scanner,dari hasil pengukuran Total Station* serta *GPS RTK.*
3. Menentukan volume timbunan dengan menggunakan instrumen *Terrestrial Laser Scanner, Total Station,* serta *GPS RTK,* dan analisa hasil dari data volume tersebut.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mendukung penelitian perbandingan volumetrik timbunan menggunakan instrumen *Terrestrial Laser Scanner* dan *Total station*, dan *GPS RTK* di butuhkan dasar teori pendukung yang berkaitan dengan penelitian tersebut agar penelitian ini dapat berjalan sesuai teori dan ilmu yang ada. Teori-teori tersebut di antaranya:

2.1 Terrestrial Laser Scanner (TLS)

Terrestrial Laser Scanner (TLS) adalah sebuah teknik menggunakan cahaya laser untuk mengukur titik-titik dalam sebuah pola secara langsung dalam tiga dimensi dari yang ada pada permukaan objek dari sebuah tempat di permukaan bumi. Hasil yang didapatkan dari pengukuran *TLS* ini adalah *point clouds* yang berkoordinat tiga dimensi terhadap tempat berdiri alat. *Point Clouds* tersebut adalah kumpulan titik-titik dalam jumlah banyak yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan model tiga dimensi. *TLS* ini mempunyai kekurangan yaitu ketidakmampuan *TLS* dalam mengakuisisi warna yang sesuai dengan warna aslinya, warna yang di dapatkan oleh alat *TLS* adalah intensitas pantulan dari benda yang ditembak dari benda yang ditembak oleh laser tersebut (Quintero dkk 2008).

Menurut Reshetyuk (2009), *TLS* memiliki beberapa keunggulan bila dibandingkan dengan teknik survei tradisional lainnya seperti *tachimetri*, *GPS*, dan *fotogrametri*, yaitu:

1. Menangkap *geometri* suatu objek dalam 3D secara langsung cepat dan detil.
2. Dapat memangkas biaya dan dapat menyelesaikan pekerjaan jauh lebih cepat.

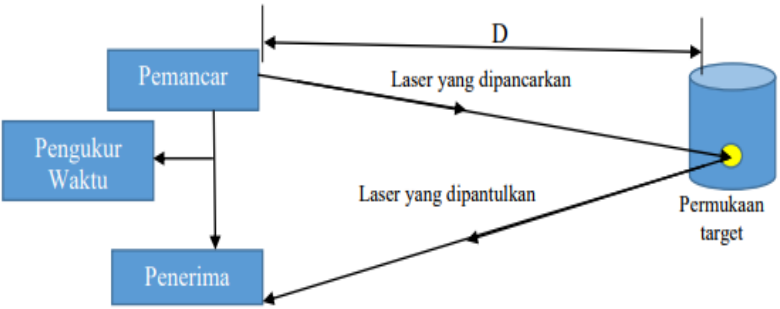
3. Dapat digunakan pada daerah survei atau objek yang sulit dijangkau dan berbahaya dimana teknik survei tradisional sangat sulit untuk dilakukan.
4. Tidak memerlukan cahaya dalam mengakuisisi data.
5. Pemindaian secara lengkap dan komprehensif
6. Data dapat digunakan untuk saat ini dan masa yang akan datang. *TLS* juga memiliki kekurangan, yaitu tidak mampu untuk mengambil warna sesuai dengan warna tampak objek, melainkan warna yang didapatkan hanya warna intensitas dari gelombag pantulan (Quintero dkk 2008).

Kegiatan aplikatif ini dilakukan dengan menggunakan alat *terrestrial laser scanner faro focus3D 120*. *TLS* yang digunakan ini termasuk dalam kategori statis karena saat akuisisi data, *scanner* berada dalam posisi yang tetap. *TLS* yang digunakan ini mampu memindai obyek dengan jarak 120 meter dari alat, sehingga *TLS* ini masuk dalam kategori *TLS* statis jarak jauh. *TLS* Faro Focus3D 120 ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Gambar 2.1 *TLS* Faro Fokus 3D 120 (Lannmar 2014)

2.1.1 Prinsip Pengukuran *TLS*

Prinsip kerja pada *TLS* adalah *pulse based/times of flight*. *Pulse based* adalah pengukuran yang didasarkan pada waktu tempuh gelombang laser sejak dipancarkan sampai diterima kembali oleh penerima pulsa laser tersebut (Quintero 2008). Jarak obyek dari scanner dapat diketahui berdasarkan kecepatan gelombang sinar laser dan waktu tempuhnya. Prinsip kerja *pulse based* diilustrasikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Mekanisme Pengukuran *TLS* (Quintero dkk 2008)

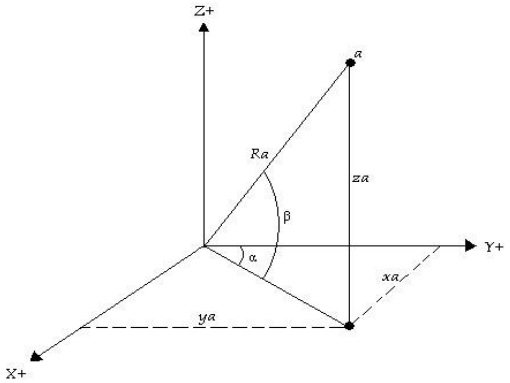
Pada gambar 2.2 dijelaskan persamaan sebagai berikut :

$D = \frac{1}{2}.c.\Delta t$ ..... (2.1)

Keterangan : D = Jarak dari scanner ke objek (m)
C = Kecepatan rambat sinar laser(3x108m/dt)
ΔT = waktu laser pergi dan kembali (dt)

Data hasil pengukuran menggunakan scanner memiliki sistem koordinat lokal, yaitu sumbu Y+ searah dengan arah scanner, sumbu X+ tegak lurus terhadap sumbu Y+ ke arah kanan sedangkan sumbu Z+ tegak lurus terhadap bidang XY. Origin pada sistem koordinat ini berimpit dengan sistem koordinat *scanner*. Sistem

koordinat scanner atau sistem koordinat lokal pada *scanner* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sistem koordinat pada *scanner* (Parana 2012)

Gambar 2.3. menjelaskan mengenai sistem koordinat pada *Terrestrial Laser Scanner*. R merupakan jarak antara origin scanner terhadap obyek, α merupakan sudut horizontal antara sumbu Y+ terhadap obyek sedangkan β merupakan sudut vertikal antara obyek terhadap bidang XY. Data *point cloud* akan terekam sebagai X, Y, Z. Adapun proses transformasi koordinat polar ke koordinat kartesian 3 dimensi tersebut dilakukan sebagaimana persamaan I.2, I.3, dan I.4 berikut (Soeta'at 2005) .

$$Xa = Ra \,.\cos\beta\,.\sin\alpha \quad \text{..... (2.2)}$$

$$Ya = Ra \,.\cos\beta.\cos\alpha \quad \text{..... (2.3)}$$

$$Za = Ra.\sin\beta \quad \text{..... (2.4)}$$

Dimana:

R : Jarak dari scanner ke titik objek.

α : Sudut horizontal titik objek.

β : Sudut vertikal objek.

2.1.2 Teknik Regristasi Data *TLS*

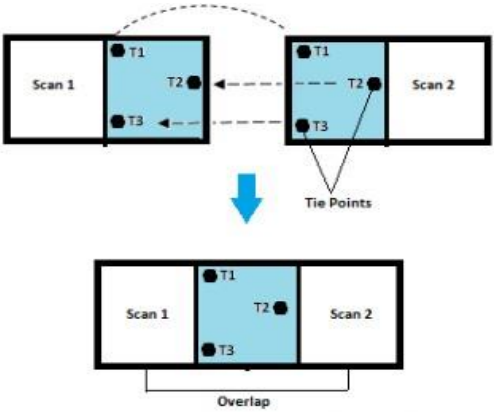
Pada akuisisi data dengan laser scanner untuk obyek 3D tidak mungkin dapat dilakukan hanya dengan satu kali berdiri alat. Oleh karena itu diperlukan metode untuk dapat menggabungkan data hasil akuisisi dari beberapa kali berdiri alat ke dalam satu sistem koordinat yang sama yang disebut sebagai registrasi. Registrasi sendiri merupakan proses penggabungan beberapa data hasil penyiaman atau *scan world* kedalam sistem koordinat yang sama. Menurut Reddington (2005) Registrasi dapat dibedakan menjadi tiga metode. Ketiga metode tersebut adalah Metode *Target to Target*, Metode *Cloud to Cloud*, dan Metode Kombinasi.

a. Metode *Target to Target*

Pada metode ini, data hasil akuisisi digabungkan dengan menggunakan target sebagai acuannya. Ada beberapa jenis target, salah satunya yaitu *sphere*. *Sphere* merupakan bentuk bola sempurna dan memiliki diameter tertentu, *sphere* merupakan salah satu jenis target terbaik yang dapat dideteksi oleh *TLS*. Contoh *sphere* ditunjukkan pada Gambar 2.4

Gambar 2.4 *Sphere* yang didirikan di atas statif Faro 2009

Metode *target to target* membutuhkan minimal tiga target terdistribusi pada tiga titik yang tidak terletak pada satu garis untuk mendeterminasi enam parameter transformasi, enam parameter transformasi tersebut adalah *roll*, *pitch*, *yaw*, translasi X, translasi Y, dan translasi Z. Tiga target ini diletakkan pada bagian *overlap* dari kedua *scan world.* Regristrasi metode *Target to Target* di ilustrasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Registrasi data dari dua pemindaian dengan metode *target to target* (Reshetyuk 2009)

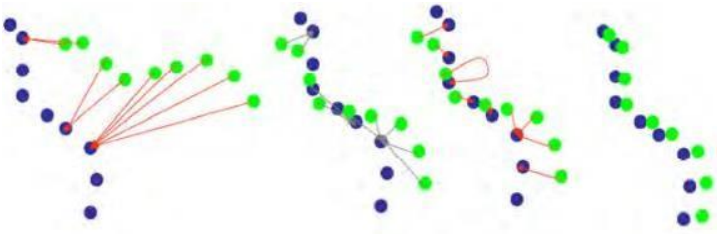
Pada Gambar 2.5. T1, T2, dan T3 adalah target yang diletakkan di posisi yang sama pada pemindaian di *scan* 1 dan *scan* 2. Saat proses registrasi, perangkat lunak mampu mengenali kedudukan dari target yang berada di posisi yang sama tersebut sehingga *scan world scan* 1 dan *scan* 2 dapat bergabung secara otomatis dengan pendekatan dari ketiga target tersebut.

b. Metode *Cloud to Cloud*

Pada metode ini, data hasil akuisisi digabungkan dengan menentukan *point cloud* yang sama pada dua atau

lebih *scan world* yang berbeda. Karena area *overlap* yang memiliki ribuan hingga jutaan titik, “maka semakin banyak area *overlap* atau titik yang terlibat akan mengarahkan pada hasil registrasi yang lebih baik” (Prasetyo 2016) besar kecilnya *overlap* antara *scan world* yang berbeda mempengaruhi keberhasilan dan kualitas dari hasil registrasi metode ini. *Overlap* yang disarankan minimal 30%. Registrasi dilakukan pada perangkat lunak dengan meminimalkan jarak antara titik pada *point cloud* yang bertampalan, selanjutnya menentukan jumlah iterasi untuk pendekatan secara otomatis.

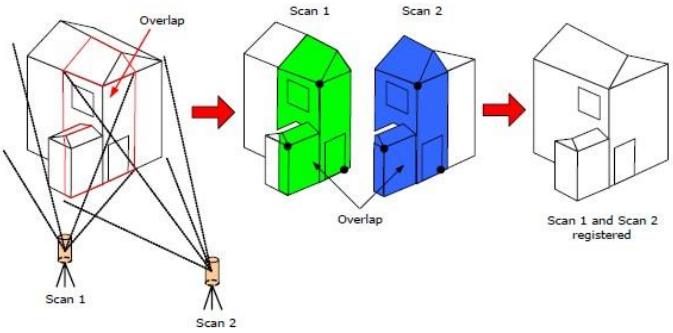
Kelebihan dari metode ini adalah waktu akuisisi data dilapangan yang lebih cepat dibandingkan dengan metode *target based* karena tidak perlu memperhatikan persebaran target. Namun juga memiliki kelemahan yaitu proses di studio yang bisa memakan waktu lebih lama. Registrasi metode *cloud to cloud* diilustrasikan pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7



Gambar 2.6 Ilustrasi proses registrasi metode *cloud to cloud* (Pfeifer 2007)

Pada Gambar 2.6. *point cloud* berwarna biru digunakan sebagai referensi untuk *point cloud* berwarna hijau. Iterasi dilakukan sebanyak tiga kali dan menghasilkan registrasi seperti pada gambar yang paling

kanan. Semakin banyak jumlah iterasinya, hasil registrasi akan semakin baik.



Gambar 2.7 Ilustrasi registrasi *cloud to cloud*
(Reshetyuk 2009)

Pada Gambar 2.7. data *point cloud* diregistrasi dengan *overlap* dari hasil *scan* dan *scan* 2. Tanpa overlap yang mencukupi, *point cloud* tidak dapat diregistrasi dengan baik.

c. Metode Kombinasi

Registrasi metode kombinasi merupakan gabungan dari metode *target to target* dan metode *cloud to cloud* dalam meregistrasi seluruh data hasil akuisisi dalam satu pekerjaan. Metode ini digunakan pada saat target yang digunakan untuk pengikatan tidak mampu terdeteksi oleh instrumen sehingga mengharuskan registrasi secara *cloud to cloud* dilakukan pada sebagian *scan world.* Metode ini juga digunakan apabila instrumen sengaja didirikan tidak pada jalur target (*sphere*) yang telah direncanakan karena kondisi tertentu.

2.2 Total Station

Saat ini telah banyak *theodolit* elektronik yang digabung atau dikombinasikan dengan alat PJE (Pengukuran Jarak Elektronik) dan pencatat alat (kolektor) elektronik menjadi Alat *Takheometer* Elektronik (ATE), yang dikenal dengan sebutan *total station*. Alat ini dapat membaca dan mencatat sudut horizontal dan vertikal bersama-sama dengan jarak miringnya. Bahkan alat ini juga dilengkapi dengan *mikroposessor*, sehingga dapat melakukan bermacam-macam operasi perhitungan matematis seperti melakukan rata-rata hasil sudut ukuran dan jarak-jarak ukuran, menghitung koordinat (x, y, z), menentukan ketinggian objek dari jauh, menghitung jarak antara objek-objek yang dimati, koreksi atmosfer dan koreksi alat. (Basuki 2006) Selain dapat mencatat data, *total station* juga mempunyai kelebihan-kelebihan lain yang berbeda untuk setiap pabrik. Selain bisa digunakan untuk mengukur jarak datar dari objek-objek yang dibidik, alat tersebut dapat pula mengetahui jarak miring antar objek tersebut. Alat ini dapat dipakai secara individu untuk menghitung kesalahan penutup poligon dan menghitung perataan, maupun sebagai bagian dari sistem sebagai pengumpul data, perhitungan secara digital dan plotting secara otomatis (Basuki 2006).

Total Station dapat digunakan pada sembarang tahapan survei, survei pendahuluan, survei titik kontrol, dan survei pematokan. *Total station* terutama cocok untuk survei topografi dimana surveyor membutuhkan posisi (x, y, z) dari sejumlah detail yang cukup banyak (700 s/d 1000 titik per hari), dua kali lebih banyak dari data yang dapat dikumpulkan dengan alat *theodolite* biasa (stadia) dan EDM. Hal ini akan sangat berarti dalam hal peningkatan produktifitas, dan akan menjadikan cara ini dapat bersaing dengan teknik fotogrametri atau survei udara, apalagi telah dapat dihubungkan langsung dengan komputer atau plotter (Basuki 2006).

Adapun prosedur-prosedur untuk menggunakan *total station* dalam pekerjaan survei dan pemetaan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Masukkan data awal (*Initial Data Entry*)
2. Mempelajari keterangan detail/objek
3. Masukkan data titik stasiun
4. Data masukkan dari titik detail

2.3 Global Positioning System (GPS)

Menurut Winardi (2006) adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke Bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah, dan waktu. Sistem yang serupa dengan *GPS* antara lain *GLONASS* Rusia, *Galileo* Uni Eropa, *IRNSS* India.

Sistem GPS, yang nama aslinya adalah NAVSTAR *GPS (Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System)*, mempunyai tiga segmen yaitu : satelit, pengontrol, dan penerima / pengguna. Satelit GPS yang mengorbit bumi, dengan orbit dan kedudukan yang tetap (koordinatnya pasti), seluruhnya berjumlah 24 buah dimana 21 buah aktip bekerja dan 3 buah sisanya adalah cadangan.

Untuk dapat mengetahui posisi seseorang maka diperlukan alat yang diberinama *GPS reciever* yang berfungsi untuk menerima sinyal yang dikirim dari satelit *GPS*. Posisi di ubah menjadi titik yang dikenal dengan nama *Way point* nantinya akan berupa titik-titik koordinat lintang dan bujur dari posisi seseorang atau suatu lokasi kemudian di layar pada peta elektronik. Sejak tahun 1980, layanan *GPS* yang dulunya hanya untuk leperluan militer mulai terbuka untuk publik. Uniknya, walau satelit-satelit tersebut berharga ratusan juta dolar, namun setiap orang dapat menggunakannya dengan gratis (Andi 2009).

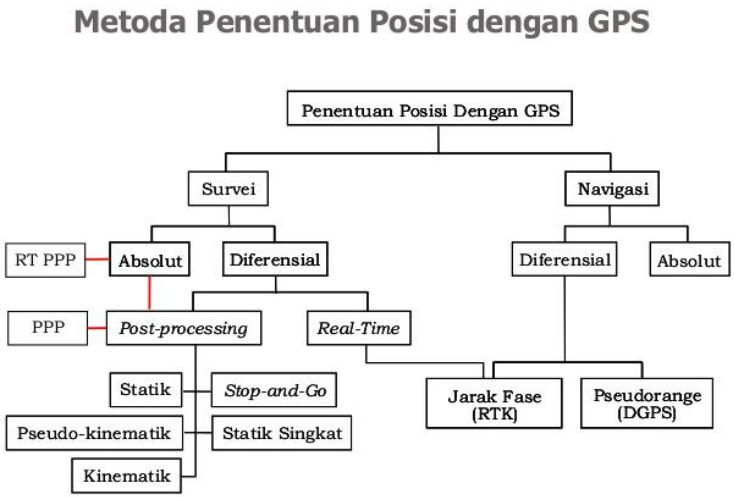
2.3.1 Metode Penentuan *GPS*

Pada dasarnya penentuan metode *GPS*, tergantung pada mekanisme pengaplikasiannya, metode penentuan posisi dengan *GPS* dapat dikelompokkan atas beberapa metode yaitu: *absolute, differential, static, rapid static, pseudo-kinematic, dan stop and go* seperti yang ditunjukan secara skematik pada Tabel 2.1. berikut :

Tabel 2.1 Metode Penentuan Posisi dengan GPS (Abidin 2007)

METODE	ABSOLUT	DIFERENSIAL	TITIK	RECEIVER
Statik	√	√	Diam	Diam
Kinematik	√	√	Bergerak	Bergerak
Rapid Statik		√	Diam	Diam (Singkat)
Pseudo Kinematik		√	Diam	Diam dan Bergerak
Stop And Go		√	Diam	Diam dan Bergerak

Berdasarkan aplikasinya, metode-metode penentuan posisi dengan *GPS* juga dapat dibagi atas dua katagori utama, yaitu



Gambar 2.8 Posisi Penentuan GPS (Abidin 2007)

survei dan navigasi, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.8 berikut (Abidin 2007) :

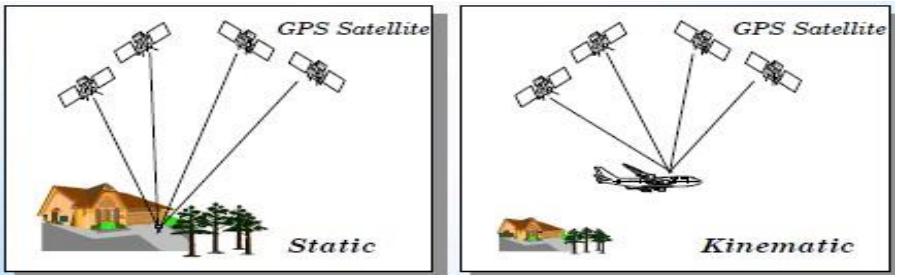
Secara garis besar penentuan posisi dengan *GPS* dapat dibagi 2, yaitu *absolute positioning* dan *relatif positioning*. Metode-metode ini yang menentukan ketelitian posisi yang diinginkan. Ketelitian *GPS* bervariasi mulai dari fraksi meter sampai dengan millimeter, tergantung pada metode apa yang digunakan. Metode-metode tersebut adalah (Abidin 2007) :

1. **Metode *Absolute Positioning***

   Hanya memerlukan satu *receiver* saja bila menggunakan metode ini. Ketelitian yang didapat untuk menentukan posisi hanya rentang 3-6 meter sehingga untuk keperluan yang membutuhkan ketelitian yang lebih presisi dari 3 meter metode ini tidak dapat dipakai. Bahkan untuk data CODE + SA on, ketelitian yang

didapat 30 – 100 meter. Ketelitian yang didapat dengan metode ini adalah

a) Metode Absolut + data CODE + SA on = 30 – 100 meter
b) Metode Absolut + data CODE + SA off = 3 – 6 meter.



Gambar 2.9 *Absolut Positioning* (Abidin 2007)

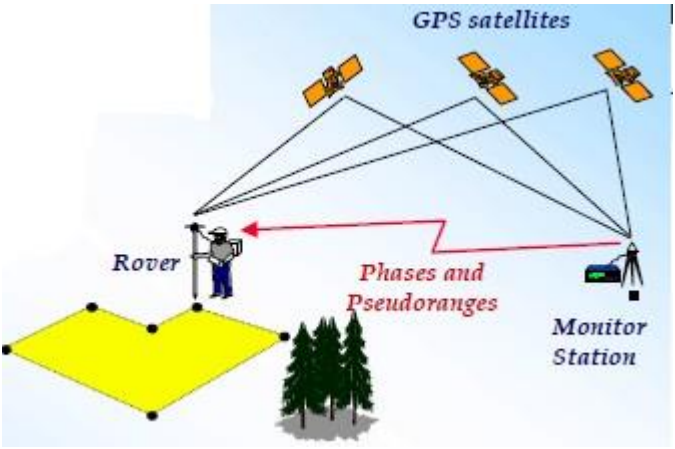
2. Metode Relatif (*Differential*) *Positioning*

Minimal membutuhkan 2 receiver bila menggunakan metode ini. Ketelitian yang diperoleh bisa sampai ke fraksi millimeter. Hal ini disebabkan antara lain karena *differencing process* dapat mereduksi efek- efek dari berbagai kesalahan dan bias. Selain itu, posisi titik juga ditentukan relatif terhadap *reference station*. Efektifitas *differencing process* sangat tergantung pada dekat-jauhnya dari *reference station*, semakin dekat semakin efektif. Titik yang ditentukan posisinya bisa diam (*static*) atau bergerak (*kinematic*) dan dapat menggunakan data *pseudorange* atau data *fase*. Aplikasi utama yang biasa digunakan pada metode ini adalah survey geodesi, geodinamika atau survey lain yang memerlukan ketelitian tinggi.

Dalam penentuan posisi secara diferensial, ada beberapa aplikasi yang menuntut informasi posisi

relatif secara instan (*real-time*). Untuk melayani aplikasi-aplikasi tersebut, saat ini tersedia dua sistem yang umumnya dikenal dengan nama *DGPS* (*Differential GPS*) dan *RTK* (*Real Time Kinematic*) (Abidin 2007).

1. ***DGPS (Differential GPS)***
   DGPS adalah akronim yang sudah umum digunakan untuk sistem penentuan posisi *real-time* secara diferensial menggunakan data *pseudorange*. Sistem ini umumnya digunakan untuk penentuan posisi objek-objek yang bergerak. Untuk merealisasikan tuntutan *real-time* nya maka *monitor station* harus mengirimkan koneksi diferensial ini kepada pengguna secara real-time menggunakan komunikasi data tertentu. Koreksi diferensial ini dapat berupa koreksi *pseudorange* (seperti *RTCM SC-104*) maupun koreksi koordinat. Dalam hal ini, yang umum digunakan adalah koreksi (Abidin 2007)
2. ***RTK (Real Time Kinematic)***
   Sistem *RTK* (*Real-Time Kinematic*) adalah suatu akronim yang sudah umum digunakan untuk sistem penentuan posisi *real-time* secara diferensial menggunakan data fase. Untuk merealisasikan tuntutan *real-time* nya, stasiun referensi harus mengirimkan data fase dan *pseudorange* nya ke pengguna secara *real time* menggunakan sistem komunikasi data tertentu (Abidin 2007).



Gambar 2.10 Sistem RTK (Abidin 2007)

Pada sistem RTK, stasiun referensi mengirimkan data ke pengguna dengan menggunakan sistem komunikasi data yang beroperasi pada pita frekuensi VHF/UHF. Untuk itu umumnya dituntut adanya visibilitas langsung (*line of sight*) antara stasiun referensi dan pengguna, dimana jarak maksimum (d) antara keduanya dapat secara teoritis diaproksimasi dengan rumus berikut (*Langley* 1998) :

$$d = 3.57\sqrt{k}\left(\sqrt{ht} + \sqrt{hr}\right) \quad \text{..... (2.5)}$$

pada rumus diatas h_t dan h_r adalah ketinggian (dalam meter) dari antena-antena pemancar dan penerima di atas horizon umum keduanya. Secara umum, ketinggian tersebut bisa didekati dengan ketinggian terhadap tinggi rata-rata dari muka tanah. Variabel k adalah faktor efektif jari-jari bumi

yang mewakili kenyataan bahwa karena adanya refraksi atmosfer, jarak berdasarkan horizon radio umumnya lebih panjang dibandingkan jarak berdasarkan horizon geometrik. Nilai k tergantung pada gradien vertikal dari refraksivitas di dekat permukaan bumi dan berkisar antara 1,2 sampai 1,6 tergantung kondisi cuaca. Nilai tipikal k dalam kondisi iklim rata-rata adalah 1,33. Berdasarkan rumus diatas, maka seandainya tinggi antena pemancar dan penerima di atas permukaan tanah adalah masing- masing 5 m dan 2 m, maka jarak maksimum propagasi adalah sekitar 15 km. Secara praktis umumnya akan mempengaruhi jarak tempuh dari sinyal tersebut. Untuk mengatasi obstruksi karena adanya topografi antara stasiun referensi dan pengguna (*rover*) dan juga untuk meningkatkan cakupan sinyal, maka stasiun pengulang (*repeater*) dapat digunakan.

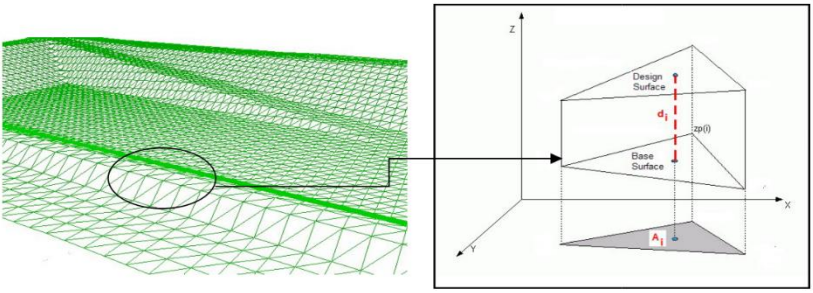
2.4 Volume

Volume adalah jumlah ruang yang ditempati oleh sampel material. Material yang dimaksud dapat berupa material padat, cair, maupun gas.Volume benda pada prinsipnya biasa dihitung dengan mengalikan panjang dengan lebar (luas alas) dan tingginya. Karena masing- masing adalah pengukuran besaran panjang, maka bisa dikatakan bahwa satuan volume yang berasal dari satuan panjang. Satuan Internasional (SI) untuk volume adalah meter kubik (m^3), yang merupakan volume yang ditempati oleh sebuah kubus yang berukuran 1 m di setiap sisi. Satuan lain yang banyak dipakai adalah liter (l = dm^3) dan mili liter (ml = cc).

Prinsip hitungan volume adalah 1 (satu) luasan dikalikan dengan 1 (satu) yang diwakili tinggi. Jika ada beberapa luasan atau beberapa tinggi, maka dibuat wakilnya, misalnya dengan menghitung luas rata-rata ataupun tinggi rata-rata. Ada beberapa cara atau metode untuk menghitung volume (Irvine 1995).

2.4.1 *Metode Cut and Fill Point Cloud*

Perhitungan volume dengan metode *cut and fill* dilakukan dengan menghitung luasan penampang atas dan penampang bawah serta jarak antara kedua penampang tersebut (Permana 2014). Volume dihitung dari surface 3D model yang dibentuk dari *Triangulated Irregular Network* (TIN). TIN membentuk suatu geometri prisma dari dua permukaan. Dua permukaan ini adalah *design surface* dan *base surface*. *Design surface* adalah permukaan yang dihitung volumenya sedangkan *base surface* adalah permukaan yang dijadikan sebagai alas. Perhitungan volume metode *cut and fill* divisualisasikan pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Perhitungan Volume dengan Metode Cut and Fill (Permana 2014)

Gambar 2.11. menunjukkan bahwa volume total dari area dihitung dari penjumlahan volume semua prisma. Volume prisma dihitung dengan mengalikan luas bidang permukaan proyeksi (Ai) dengan jarak antara pusat massa dari dua

segitiga yaitu *design surface* dan *base surface* (di). Rumus penghitungan volume untuk TIN dapat dilihat pada persamaan berikut (Permana, 2014).

$V = Ai \,.\, di$ ..... (2.6)

Keterangan:

V : Volume Prisma (m^3)

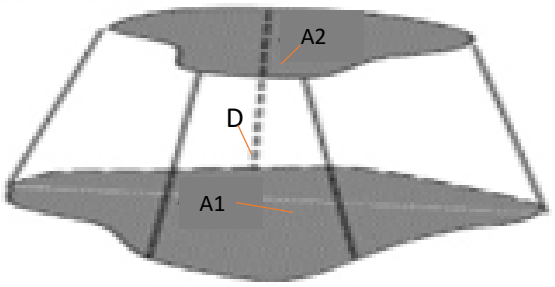
Ai : Luas bidang proyeksi (m^2)

di : Jarak antara pusat massa dua segitiga (m)

Surface desain dan *base desain.*

2.4.2 *Metode Composite*

Prinsip hitungan pada metode ini adalah sama seperti penentuan volume dengan garis kontur, tetapi rumus yang digunakan adalah rumus *end area* seperti pada (Persamaan 2.7), dimana area diasumsikan sebagai area yang terdiri dari tampang- tampang dengan luas yang dibatasi oleh garis kontur tertentu, dengan jarak antar tampang adalah sebesar interval kontur.



Gambar 2.12 Perhitungan Volume dengan Metode Composite (Sujoko dan Prabowo 2009)

$V = \frac{(A1+A2)}{2} \,.\, D$ ..... (2.7)

Keterangan :

D = jarak antar tampang (interval kontur) (m)
A1 = luas area yang dibatasi oleh garis kontur (m^2)
A2 = luas area yang dibatasi oleh garis kontur (m^2)

Proses hitungan metode ini pada intinya sama seperti pada hitungan metode *grid*, hanya saja untuk metode *grid* harus ditentukan ukuran *grid*nya, namun pada metode *composite* langsung menggunakan perintah *terrain-composite-volume-calculate total site volume*, untuk melakukan proses hitungan volume dengan metode *composite* (Rosida 2013)

2.5 Root Mean Square Error (RMSE)

Dalam regresi linear berganda, nilai a, b1, b2, …, bk dapat dihitung menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (MKT), salah satunya yaitu *Root Mean Square Error (RMSE).* RMSE adalah ukuran yang sering digunakan dari perbedaan antara nilai-nilai prediksi oleh model atau estimator. RMSE berfungsi untuk menghitung dan menjadi ukuran besaran kesalahan dalam prediksi.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\Sigma_{i=1}^{n} (yi - \hat{y})^2}{n}}$$

Keterangan:

Y_i = data awal (data sebenarnya)
$\hat{Y}_i$ = data akhir (data hasil estimasi)
n = jumlah data

Keakuratan pengukuran estimasi ditunjukkan dengan adanya hasil RMSE yang kecil (mendekati nol). RMSE yang lebih kecil dikatakan lebih akurat dibandingkan RMSE yang lebih besar.

2.5 Manajemen Survey Pemetaan

Menurut Teguh dan Sudiadi (2015) manajemen survei merupakan ilmu dan seni yang berkaitan dengan memimpin dan mengkoordinir sumber daya yang terdiri dari manusia dan material dengan menggunakan teknik pengelolaan modern untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan yaitu lingkup, mutu, jadwal, dan biaya serta memenuhi keinginan *stake holder*.

Adapun manfaat dari manajemen survey ini yaitu :

1. Efisiensi, baik dari segi biaya, sumber daya maupun waktu.
2. Kontrol terhadap proyek lebih baik, sehingga proyek bisa sesuai dengan *scope*, biaya, sumber daya dan waktu yang telah ditentukan,
3. Meningkatkan kualitas
4. Meningkatkan produktifitas
5. Bisa menekan risiko yang timbul sekecil mungkin.
6. Koordinasi internal yang lebih baik
7. Meningkatkan semangat, tanggung jawab serta loyalitas tim terhadap proyek, yaitu dengan penugasan yang jelas kepada masing-masing anggota tim.

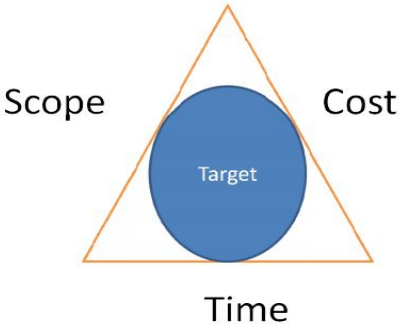
Adapun faktor pembatas yang saling berkaitan dalam suatu manajemen survei dan pemetaan. Diantaranya :

1. *Scope* atau ruang lingkup

   Scope atau ruang lingkup proyek adalah membahas jenis dan batasan-batasan yang ada pada sebuah proyek. Sejauh mana batasan-batasan atau ruang lingkup suatu proyek ditentukan. Ruang lingkup atau batasan proyek sangat diperlukan dalam suatu proyek, karena hal ini akan memberi dampak pada faktor-faktor proyek lainnya, terutama yang menyangkut biaya dan waktu pengerjaan proyek. Semakin besar scope atau ruang lingkup suatu proyek tersebut, maka secara umum akan makin bertambah pula waktu pengerjaan, ini tentunya

berdampak pada bertambahnya biaya yang harus dikeluarkan (Teguh dan Sudiadi 2015).

2. *Time* atau waktu
   Time atau waktu adalah salah satu komponen yang menjadi target utama dalam sebuah proyek. Pada intinya faktor waktu ini adalah bagaimana kita menentukan lamanya waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah proyek. Komponen waktu begitu berarti, terutama pada saat-saat yang memang krusial. Terkadang suatu proyek dipaksa untuk selesai pada waktu tertentu, walaupun berdampak pada membengkaknya biaya (Teguh dan Sudiadi 2015).
3. *Cost* atau biaya
   Cost atau biaya adalah salah satu faktor atau komponen utama proyek. Pada intinya faktor biaya atau *cost* ini adalah menentukan seberapa besar biaya yang akan dikeluarkan untuk sebuah proyek. Faktor biaya ini sangat dipengaruhi oleh 2 faktor sebelumnya, yaitu scope dan *time*. Secara umum semakin besar ruang lingkup dan semakin lama waktu, maka akan semakin besar pula biaya suatu proyek (Teguh dan Sudiadi 2015).



Gambar 2.13 Tiga Faktor Pembatas (Teguh dan Sudiadi 2015

2.5.1 Biaya Umum Survey Pengukuran

Ikatan Nasional Konsultan Indonesia (INKINDO) dalam pedoman standar minimal tahun 2017 memberikan ketentuan mengenai jenis dan nominal biaya yang mungkin ada dalam melakukan survei dan pemetaan. Biaya dibagi kedalam dua jenis, yakni biaya langsung personel dan biaya langsung non personel. Biaya langsung personel dibagi kedalam beberapa bagian dengan nominal sebagai berikut (INKINDO 2017):

Tabel 2.2 Biaya Langsung Personel Sub Profesional

No.	Personil	Rupiah per Bulan
1.	*CAD/CAM Operator*	10.000.000
2.	*Software Programmer/ Implementer*	11.700.000
3.	*Technician*	10.000.000
4.	*Inspector*	10.000.000
5.	*Surveyor*	9.000.000

Besar biaya ini bervariasi sesuai dengan harga yang berlaku di masyarakat. Lalu untuk peralatan lapangan, biaya juga

bergantung pada penyedia jasa persewaan peralatan yang ada. Secara garis besar, biaya peralatan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Biaya Peralatan Survey

No	Jenis Pengeluaran	Satuan	Harga (Rp)	Keterangan
1	Hand GPS	Unit-Bulan	500.000	Satu set
2	GPS Dual Frequency	Unit-Hari	500.000	Satu set
3	Waterpass	Unit-Bulan	1.000.000	Satu set
4	Total Station	Unit-Bulan	9.000.000	Satu set, bluetooth, reflectorless

Tabel 2.4 Tabel Biaya Survei Pengukuran

Biaya Umum Survey Pengukuran			
	Total Station	***GPS RTK***	***Terrestrial Laser Scanner***
Sewa Alat	Rp. 300.000	Rp. 1.000.000	Rp. 2.500.000
Personil			
*Surveyor	Rp. 300.000	Rp. 300.000	Rp. 500.000
*Asisten Surveyor	Rp. 200.000 (2)	Rp. 200.000	Rp. 200.000
Total	Rp. 1.000.000	Rp. 1.500.000	Rp. 3.200.000
Keterangan	1 TS, 2 Prisma, 2 Jalon, 1 Statif	2 Receiver GPS, 1 Statif, 1 Jalon,1 Controller	1 TLS, 1 set Sphere,1 jalon, 1 Tribach Adapter

2.6 Penelitian Sebelumnya

Menurut Rahayu (2014) melakukan sebuah penelitian yaitu dengan judul "Studi Perbandingan Volume dengan menggunkan *Total Station* dengan Prisma dan Non Prisma". Penelitian ini adalah perbandingan pengukuran volume menggunakan *total station* dengan prisma dan tanpa prisma dengan acuan data yang di anggap benar adalah data pengukuran dengan *waterpass*. Dari penelitian ini di dapatkan hasil Standar deviasi selisih elevasi di area pakuwon yang memiliki nilai tertinggi adalah alat *Total Station Foif prisma-Waterpass* sebesar 0,029, dan untuk yang terendah adalah *Total Station Sokkia nonprisma- Waterpass* sebesar 0,023. Standar deviasi selisih elevasi di area penelitian Gunung Anyar untuk yang tertinggi adalah *Total Station Foif nonprisma-Waterpass* sebsar 0,367, dan yang terendah *Total Station Sokkia nonprisma-Waterpass* sebesar 0,264. Setelah dilakukan uji normalitas,nilai standard deviasi untuk pakuwon tetap, karena *point* yang dieliminasi haya dua. Untuk area gununganyar, semua data pengukuran diterima.Selisih Perhitungan volume *cut and fill* di area pakuwon yang tertinggi adalah adalah *Total Station Sokkia prisma* yaitu sebesar 204,131 m^3, sedangkan selisih terkecil diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan *Total Station Sokkia nonprisma* yaitu sebesar 64,056 m^3. Untuk lokasi gununganyar selisih volume paling besar adalah dengan alat *Total Station Foif prisma-Waterpass adalah sebesar* -223,444 m^3, dan yang paling kecil adalah alat *Total Station Sokkia prisma-Waterpass adalah sebesar* 4,453 m^3.

Prasetyo (2016) melakukan sebuah penelitian dengan judul"Penggunaan *Terrestrial Laser Scanner* Untuk Pengukuran Volume Stok Opname Batubara. Penelitian dilakukan dengan pengukuran volume batubara menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* dengan membandingkan hasil volume dari data *Terrestrial Laser Scanner* dengan data stok

buku yang dimiliki oleh perusahaan. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan nilai volume yang diperoleh dari survei volumetrik *stok opname* adalah 111.140,124 m^3 untuk *coal yard* 8a dan 52.310,452 m^3 untuk *coal yard* 8b. Hitungan tonase hasil *stok opname* adalah 141.550.275 kg, sedangkan hasil catatan buku adalah 141.583.652 kg . Dari nilai ini diperoleh selisih pengukuran sebesar 33.377 kg atau 0,020% dalam persentase. Hasil yang diperoleh dari survei dapat diterima dalam toleransi kesalahan sesuai dokumen ASTM tahun 2002. Pengukuran volumetrik *stok opname* batubara dengan menggunakan alat *Terrestrial Laser Scanner* dapat dilakukan dengan cepat dan menghasilkan data yang detail serta akurat.Metode akuisisi dilapangan dengan menggunakan target *(target based)* akan memudahkan proses registrasi yaitu dapat menggunakan metode registrasi *Target to Target*.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi studi area timbunan batubara PT. Barkalin di daerah kasus berada pada Benowo, Surabaya. Pada penelitian ini terdapat dua lokasi yang digunakan untuk studi kasus penelitian. Studi kasus pertama berada disalah satu gudang stockpile batubara PT. Barkalin Benowo, Surabaya. Studi kasus yang kedua terdapat di area timbunan batubara PT. Barkalin. Kedua area studi tersebut berada di daerah Benowo,Surabaya. Lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.

Gambar 3.1 Coal yard Batubara (PT. Barkalin)

Pada studi kasus yang pertama yaitu terdapat di salah satu gudang *stockpile* batubara PT. Barkalin luas gudang sekitar 2 ha. Karakteristik medan *stockpile* batubara relatif bergelombang. Jika pada studi kasus yang kedua terdapat di *coalyard* batubara PT. Barkalin, Benowo, Surabaya. Pada studi kasus area yang kedua karakteristik timbunannya relatif datar namun memiliki rata-rata

tinggi lebih dari timbunan yang pertama dan areanya lebih luas dari *stockpile* yang pertama. Letak PT. Barkalin pada citra google maps.

Gambar 3.2 PT Barkalin Surabaya

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini di dapatkan dari hasil akuisisi data primer lapangan.

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari peralatan pengambilan data dan pengolahan data.

a. Perangkat keras (*hardwere)*
   - *Terrestrial Laser Scanner (TLS) Focus Faro 3D 120)*
   - *Total Station Topcon GTS 235*
   - *GPS Topcon Hiper Pro*

Alat ukur *Terrestrial Laser Scanner* adalah alat untuk mengukur dan dokumentasi/ pemodelan 3 dimensi terkecil dan teringan di kelasnya. Dengan dimensi 24 x 20 x 10 cm dan berat hanya 5 kg . radius jangkauan dari alat ini hingga 120 m.

Tabel 3.1 Spessifikasi *TLS* FARO fokus 3D 120 (Faro 2009)

Spesifikasi	Keterangan
Range	Focus 3D 120 0.6m-120m
Measurement Speed	122.000/244.000/488.000/976.000
Ranging eror	2mm at 10m, and 25 m, each at 90% and % reflectivity
Resolution	Up to 70 megapixel color
Deflection unit	horisontal 305 degree, vertikal 360 degree
Data Storage	SD, SDHC , SDXC, 32 GB Card Included
Scanner Control	Via touch -screen display
Power Supply Voltage	19V (external supply), 14.4 V (Internal Battery)
Power Consumption	40 W and 80 W respectively (while batterycharges)
Battery	Up to 5 hours
Weight	5.0 kg
Size	24x20x10 cm

Tabel 3.2 Spesifikasi *Total Station Topcon GTS 235*

Spesifikasi	Keterangan
Accuracy	2" dan 5"
Speed	0.3 s
Coverage	With prism 4000m
Battery	13 hours

Tabel 3.3 Spesifikasi GPS Topcon HiperPro

b. Perangkat Lunak

Tracking Specifications	
Tracking Channels	*standard: 40 L1 GPS (20 GPS L1+L2 on Cinderella* days)*
Signals Tracked	*optional: 20 GPS L1+L2 (GD), GPS L1+GLONASS (GG), 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD) L1/L2 C/A and P Code & Carrier and GLONASS*
Performance Specifications	
Static, Rapid Static	*Horizontal: 3mm+ 0.5ppm (x baseline length) Vertical: 5mm+ 0.5ppm (x baseline length)*
RTK	*Horizontal: 10mm+ 1.0ppm Vertical: 15mm+ 1.0ppm*
Memory & Recording	
Raw Data Recording	***1Hz** (Up to 20 times per second (20Hz) **by option**)*
Data Type	*Code and Carrier from L1 and L2, GPS and GLONASS*

- *Faro Scene*

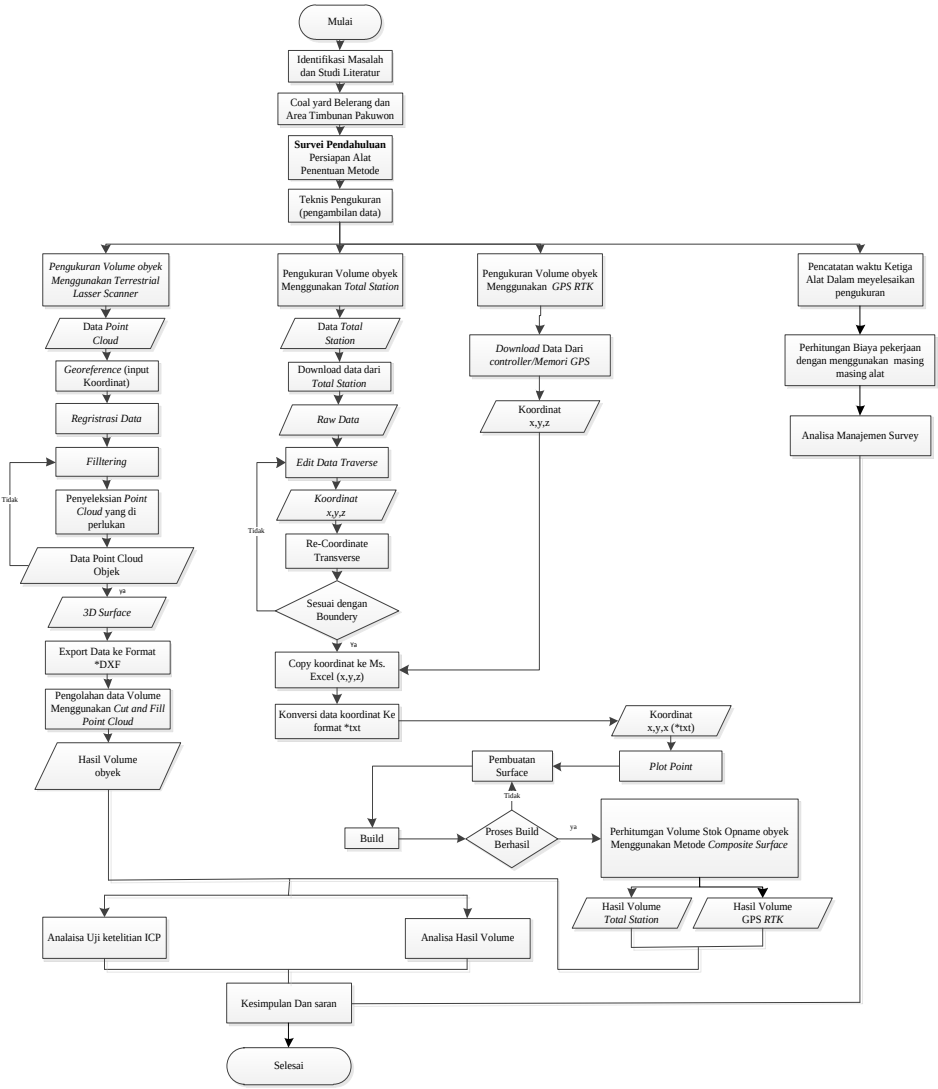
  Faro Scene adalah perangkat lunak pengolah data laser scanner yang di desain khusus untuk FARO Focus3D (Faro 2015). Faro Scene mampu memproses data hasil pemindaian dengan cepat dan efisien karena mampu mengenali obyek dengan baik. Selain dapat melakukan pewarnaan, juga dapat export file. Format data yang dapat diolah pada faro scene adalah .fls, namun faro scene mampu melakukan *export* data untuk mengubah data .fls ke dalam berbagai macam format data *point cloud* sehingga data *point cloud* dapat diolah pada perangkat

lunak yang berbeda. Perangkat lunak pengolah *point cloud* tersebut.

- Surpac
  Surpac merupakan *software* yang digunakan dalam pekerjaan perhitungan *cut and fill*, design *cut and fill*, data prosesing pengukuran, pembuatan peta, sampai ploting hasil peta, *blasting design*, *mine design*, perhitungan cadangan mineral dll. Selain itu, surpac juga merupakan salah satu software tambang analis yang paling popular dan terbaik dan mumpuni dalam menangani cakupan kerja di bidang eksplorasi maupun mining engineer. Software surpac tersebar hampir di 90 negara di dunia. Software surpac memberikan efisiensi dan akurasi melalui kemudahan penggunaan model 3D, grafis yang bagus dan alur kerja otomatis serta dapat disesuaikan dengan proses kerja khususnya untuk perusahaan yang bergerak di industri pertambangan. (Frea 2017)

3.3 Metodologi Penelitian

Diagram penelitian ini secara lebih mendetail pada proses pengambilan data obyek 1 dan 2 digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengambilan data 1 dan 2 yang lebih detail

Penjelasan dari diagram alir tersebut adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur
   Mencari data literatur yeng 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 perushaan 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 *regristrasi* menggunakan metode kombinasi yaitu *cloud to cloud* dan *target to target* menggunakan softwere 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 softwere 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 volumnya menggunakan metode *Composite*.
6. Analisa Ketelitian ICP
   Independent Check Point (ICP) digunakan untuk pengontrolan dalam meregristrasi 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 instrumen dalam melakukan pengukuran suatu pekerjaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV
HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil

4.1.1 Data Teknis Pengambilan di Lapangan

Berikut adalah biaya yang dikeluarkan untuk sewa alat pada pengukuran volume *stockpile* batubara. Berikut rinciannya :

Tabel 4.1 Biaya Survei pengukuran

Biaya Survey Pengukuran Volume *Stockpile*			
	Total Station	***GPS RTK***	***Terrestrial Laser Scanner***
Sewa Alat	Rp. 300.000	Rp. 1.000.000	Rp. 2.500.000
Personil			
*Surveyor	Rp. 300.000	Rp. 300.000	Rp. 500.000
*Asisten Surveyor	Rp. 200.000 (2)	Rp. 200.000	Rp. 200.000
Total **Keterangan**	Rp. 1.000.000 1 TS, 2 Prisma, 2 Jalon, 1 Statif	Rp. 1.500.000 2 Receiver GPS, 1 Statif, 1 Jalon,1 Controller	Rp. 3.200.000 1 TLS, 1 set Sphere,1 jalon, 1 Tribach Adapter

Pengeluaran menggunakan alat ukur *Terrestrial Laser Scaner* lebih besar jika dibandingkan dengan alat ukur *Total Station* dan GPS RTK yaitu sebesar Rp. 3.200.000 dalam satu hari sedangkan alat *Total Station* memiliki pengeluaran sebesar Rp. 900.000 dan GPS RTK sebesar Rp. 1.500.000.

Hasil teknis dari pengukuran s*tockpile* batubara yang didapatkan dari masing-masing alat:

Tabel 4.2 Hasil Teknis Akuisisi data

Luas **(822,04 m^2)**	**Area Studi Kasus 1**		
	TLS	**TS**	**GPS RTK**
Durasi Akuisisi data	1,25 Jam	5,15 jam	4,20 jam
jumlah data	22.770.961 titik	253 Titik	253 Titik
Luas **(1289,91 m^2)**	**Area Studi Kasus 2**		
	TLS	**TS**	**GPS RTK**
Durasi Akuisisi data	1,45 Jam	5,45 jam	4,50 jam
jumlah data	24.541.952 Titik	218 Titik	218 Titik

Terrestrial Laser Scaner memiliki kemampuan yang cepat pada waktu akuisisi data jika dibandingkan dengan alat ukur *Total Station* dan GPS RTK. dapat dilihat pada tabel diatas, pada obyek 1 waktu pengambilan data alat ukur TLS dengan luasan 1289,91 m^2 diselesaikan dengan jangka watu selama 1,25 jam, pada TS selama 5,15 jam, dan GPS RTK 4,20 jam. Hal ini berbanding lurus pada pengukuran kedua yaitu pada obyek dua. Pada pengukuran alat TLS dengan luasan m2 dapat menyelesaikan dengan durasi waktu 1,45 jam, pada TS selama 5,45 jam, dan GPS RTK 4,50 jam. Alat ukur TLS lebih cepat dibandingkan kedua lainya karena alat ukur ini pengambilan datanya dengan cara mensccan obyek-obyek yang ada sekitarnya. Jadi *coverage area* yang didapatkan lebih besar jika dibandingkan dengan TS dan GPS RTK. TS memiliki kemampuan akuisisi data lebih lama karena TS pada saat melakukan perpindahan alat perlu dilakukan sentering pada titik patok, *0 set* dan *backsight* terlebih dahulu sehingga memerlukan waktu tambahan jika area yang di ukur tidak dapat dijangkau lagi.

Untuk melihat seberapa efisien alat dari ketiga alat tersebut yaitu *Terrestrial Laser Scanner, Total Station, dan GPS RTK*

dilakukan sebuah simulasi untuk mencakup pekerjaan volume dalam *Coverage Area* yang besar.

a. Studi Kasus Area 1
   Pada obyek yang pertama memiliki karakteristik area yang bergelombang. Banyak sekali lekukan-lekukan batubara yang ada pada timbunan batubara obyek 1. *Coverage* areanya seluas 822,04 m^2 . Biaya dan waktu yang didapatkan sebagai berikut

Tabel 4.3 Acuan Biaya dan Waktu Obyek 1

Luas (822, 04 m^2)	**Studi Kasus Area 1**		
	TLS	**TS**	**GPS RTK**
Durasi Akuisisi Data	1,25 Jam	5,15 Jam	4,20 Jam
Biaya	Rp. 3.200.000	Rp. 900.000	Rp. 1.500.000

Waktu pengukuran pada pengukuran objek yang pertama dengan acuan pengukuran dari alat *Terrestriak Laser Scanner* waktu pengambilan data dibulatkan menjadi *full* jam kerja yaitu selama 7 jam. Maka pada obyek 1 di dapatkan bilangan pengali sebagai perbandingan lurusnya yaitu 4,83

Tabel 4.4 Simulasi Coverage Area Besar Acuan Obyek 1

Luas (3970,45m^2)	**Simulasi Studi Kasus Area 1**		
	TLS	**TS**	**GPS RTK**
Durasi Akuisisi Data	7 Jam	25,27 Jam (4hari)	20,29 Jam (3hari)
Biaya	Rp. 3.200.000	Rp. 3.600.000	Rp. 4.500.000

Didapatkan hasil dimana untuk menyelesaikan pekerjaan volume dengan luas 3970,45 m^2, alat yang membutuhkan waktu

paling lama yaitu TS selama 5 hari, dan alat yang memerlukan biaya yang paling besar adalah GPS RTK yaitu Rp 4.500.000.

b. Studi Kasus Area 2

Pada obyek yang kedua memiliki karakteristik area yang tidak terlalu bergelombang. Sisi sebelah kiri relatif datar, namun pada sisi sebelah kanan bergelombang. Meskipun bentuk timbunan tidak memiliki lekukan banyak namun rata-rata tingginya mencapai 7 meter. *Coverage* areanya seluas 1289,91m^2 . Biaya dan waktu yang didapatkan sebagai berikut

Tabel 4.5 Acuan Biaya dan Waktu Obyek 2

Luas (1289,91 m^2)	**Studi Kasus Area 2**		
	TLS	**TS**	**GPS RTK**
Durasi Akuisisi Data	1,45 Jam	5,45 Jam	4,50 Jam
Biaya	Rp. 3.200.000	Rp. 900.000	Rp. 1.500.000

Waktu pengukuran pada pengukuran objek yang kedua dengan acuan pengukuran dari alat *Terrestriak Laser Scanner* waktu pengambilan data dibulatkan menjadi *full* jam kerja yaitu selama 7 jam. Maka pada obyek 2 di dapatkan bilangan pengali sebagai perbandingan lurusnya yaitu 5,6

Tabel 4.6 Simulasi Coverage Area Besar Acuan Obyek 2

Luas (7223,50 m^2)	**Simulasi Studi Kasus Area 2**		
	TLS	**TS**	**GPS RTK**
Durasi Akuisisi Data	7 Jam	30,52 Jam (5 hari)	25,20 Jam (4Hari)
Biaya	Rp. 3.200.000	Rp. 4.500.000	Rp. 6.000.000

Didapatkan hasil dimana untuk menyelesaikan pekerjaan volume dengan luas 7223,50 m^2, alat yang membutuhkan waktu paling lama yaitu TS selama 5 hari, dan alat yang memerlukan biaya yang paling besar adalah GPS RTK yaitu Rp 6.000.000

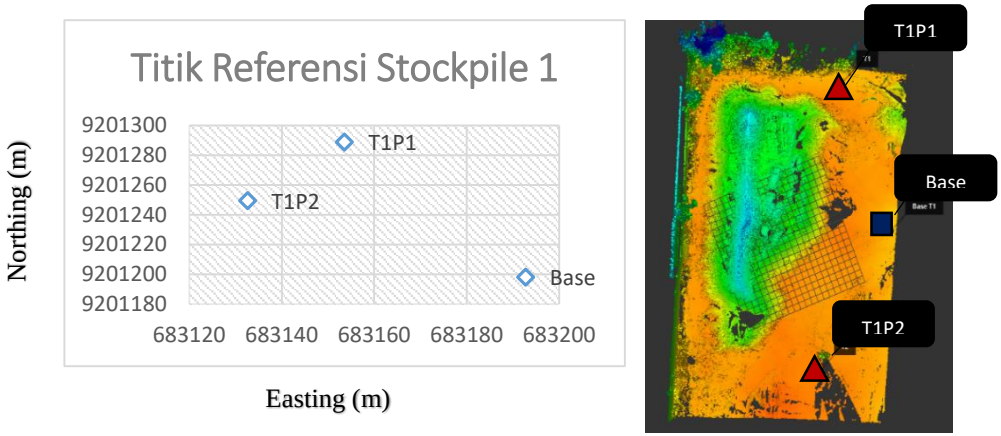
4.1.2 Pengukuran Kontrol Referensi

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

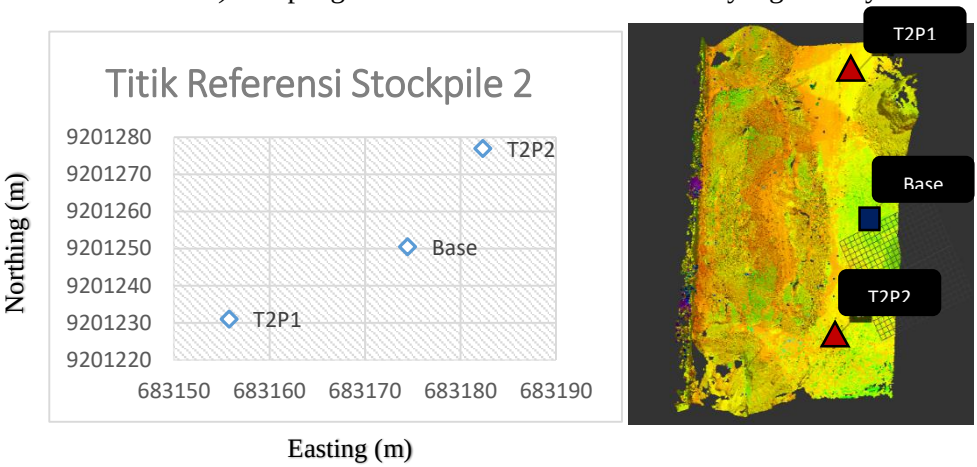
Dibawah ini merupakan penyajian penempatan dari *base receiver GPS (Global Positioning system)* dengan metode *RTK (Real Time Kinematic)* dan pengambilan 2 titik kontrol referensi yang nantinya digunakan untuk referensi titik posisi pengukuran dengan *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scaner* pada obyek 1.



Gambar 4.1 Posisi Referensi Titik Obyek 1

b. Studi Kasus Area 2

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



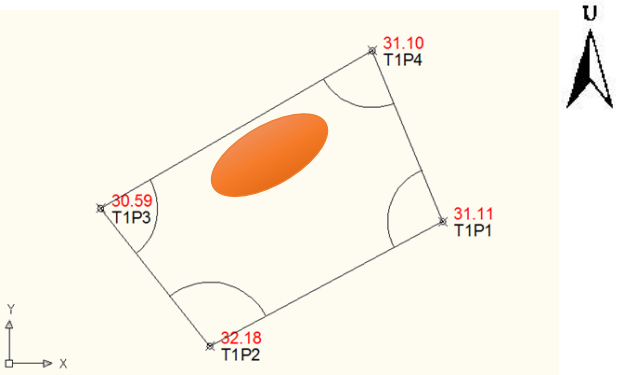
Gambar 4.2 Posisi Referensi Titik Obyek 2

digunakan untuk acuan posisi pengukuran *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scaner* pada obyek 2

4.1.3 Pengukuran Poligon

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

a. Studi Kasus Area 1
   Hasil perhitungan kerangka poligon yang disajikan dalam Gambar 4.3 dan Tabel 4.7 dibawah ini:



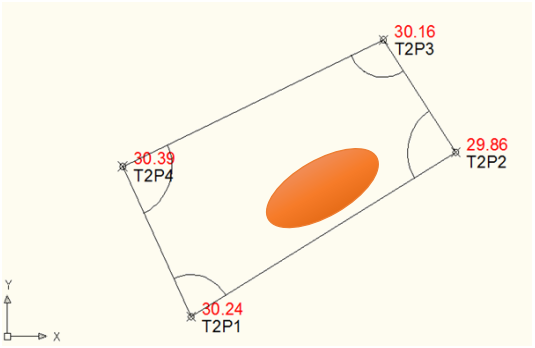
Gambar 4.3 Poligon pada obyek 1

Tabel 4.7 Koordinat poligon obyek 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 4.4 Poligon pada obyek 2

Tabel 4.8 Koordinat Poligon obyek 2

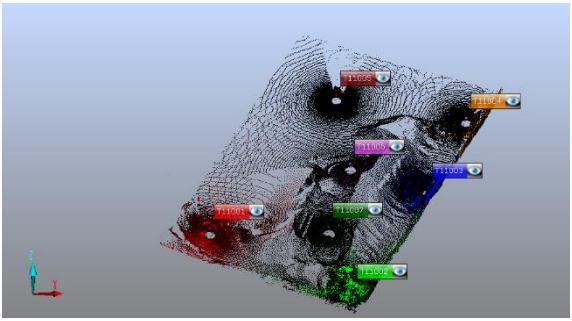
Nama Titik	Koordinat Poligon (m)		
	E (m)	N(m)	Z(m)
T2P1	683155,790m	9201230,981m	30,24m
T2P2	683182,350m	9201276,919m	29,86m
T2P3	683153,564m	9201288,870m	30,16m
T2P4	683132,598m	9201249,440m	30.39m

4.1.4 Pengukuran *Terrestrial Laser Scaner*

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

a. Studi Kasus Area 1

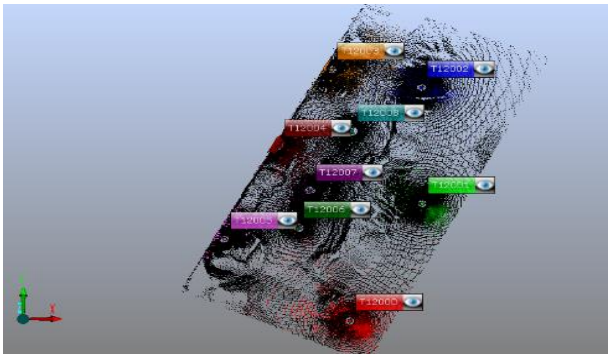
Pada pengukuran *stockpile* batubara yang pertama dilakukan pengukuran dengan 7 kali berdiri alat. Setiap berdiri memerlukan waktu 9 menit 26 detik. Total waktu yang dibutuhkan ada akuisisi data pada obyek yang pertama yaitu 1 jam 25 menit.



Gambar 4.5 Posisi Terrestrial Laser Scaner Pada Obyek 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.

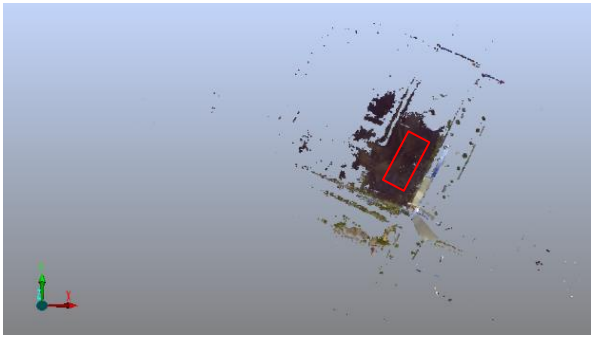


Gambar 4.6 Posisi *Terrestrial Laser Scaner* Pada Obyek 2

4.1.5 Proses *Filtering*

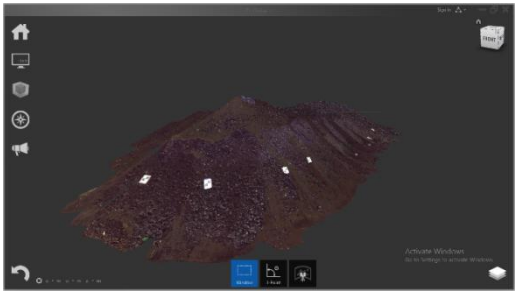
a. Studi Kasus Area 1

Setelah dilakukan proses regristrasi didapatkan model 3D dimana model tersebut terdiri dari berjuta-juta *point cloud*. Jumlah *point cloud* pada obyek yang pertama sebelum dilakukan proses *filtering* sebanyak 22.770.961 titik. Dan setelah dilakukan proses *filtering point cloud* tersisa 2.238.385 titik.



Gambar 4.7 Obyek 1 Sebelum Proses Filtering

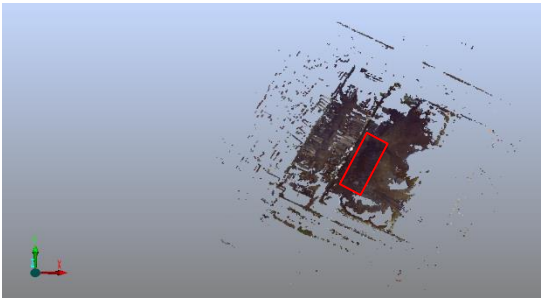
Setelah dilakukan proses *filtering* yaitu dengan menghapus dan menyeleksi *point cloud* yang tidak diperlukan pada obyek 1



Gambar 4.8 Obyek 1 Setelah Proses *Filtering*

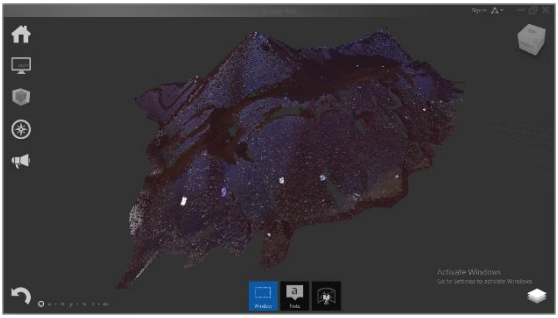
b. Studi Kasus Area 2

Setelah dilakukan proses regristrasi 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.



Gambar 4.9 Obyek 2 Sebelum Proses *Filtering*

Setelah dilakukan proses *filtering* yaitu dengan menghapus dan menyeleksi *point cloud* yang tidak diperlukan pada obyek 2



Gambar 4.10 Obyek 2 Setelah Proses *Filtering*

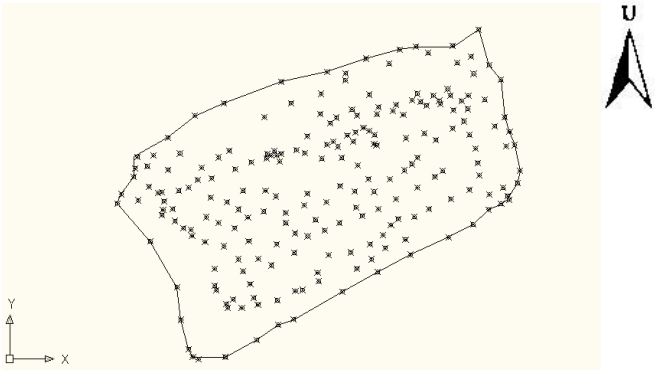
4.1.6 Pengukuran *Total Station*

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 4.11 Sebaran titik pengukuran *Total Station* Obyek 1

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



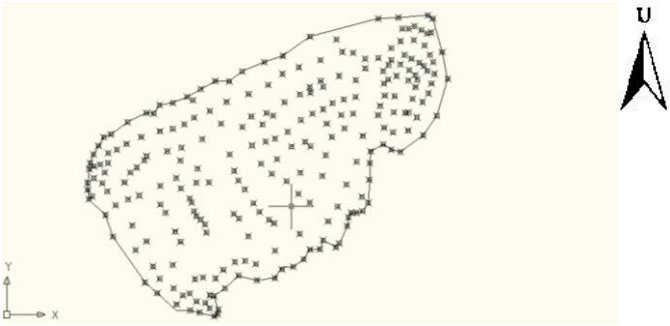
Gambar 4.12 Sebaran titik pengukuran *Total Station* Obyek 2

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.

4.1.7 Pengukuran *GPS RTK*

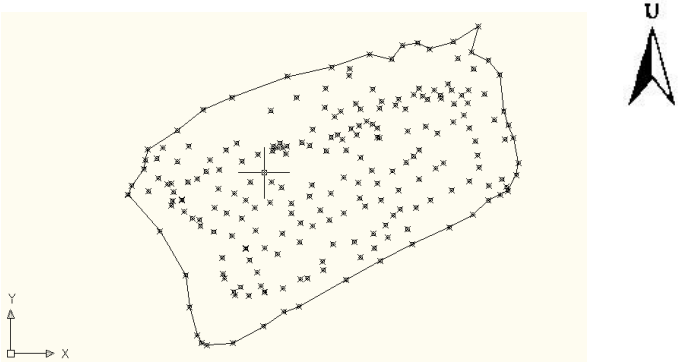
Pengukuran volume *stockpile* batubara dengan menggunakan alat ukur *GPS (Global Positioning System)* dengan metode *RTK (Real Time Kinematic)* yaitu dengan mendirikan 1 base dan satu *receiver* yang berjalan.

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



Gambar 4.13 Sebaran titik pengukuran *GPS RTK* Obyek 1

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

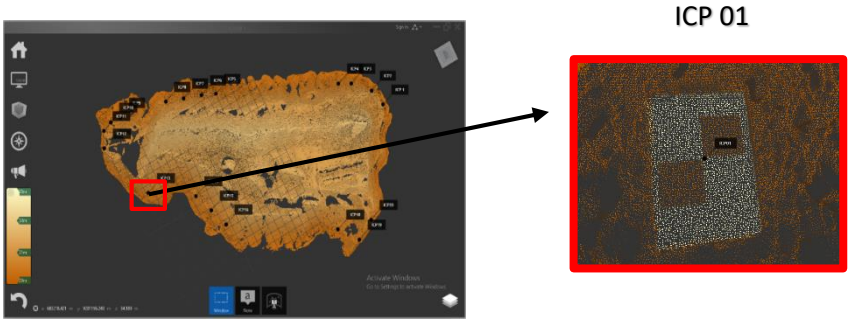


Gambar 4.14 Sebaran titik pengukuran *GPS RTK* Obyek 2

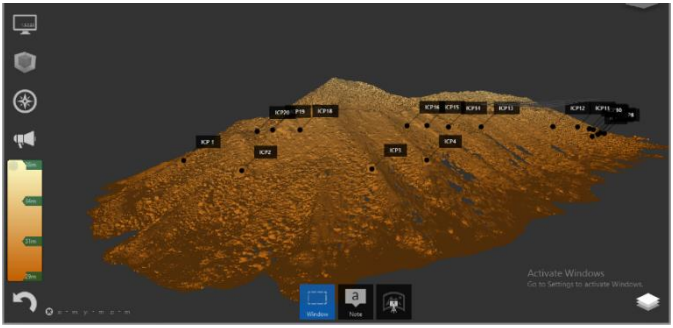
Obyek timbunan Batubara yang diukur dengan menggunakan alat ukur *GPS RTK* semua berada di dalam area poligon. 253 titik pada obyek 1 dan 218 titik pada obyek 2 semuanya masuk didalam area cakupan poligon.

4.1.8 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 4.15



Gambar 4.15 Posisi ICP Tampak atas Obyek 1



Gambar 4.16 Posisi ICP Tampak Samping Obyek 1

Hasil koordinat *ICP* dari pengukuran 3 alat yaitu *Terrestrial Laser Scaner*, *Total station*, dan *GPS RTK*. pada obyek Pertama terdapat 20 titik *ICP*. Berikut koordinatnya :

a. Koordinat *ICP* dari Pengukuran Laser Scanner.

Tabel 4.9 Koordinat *ICP Laser Scaner* Obyek 1

No	Koordinat *ICP* Laser Scanner		
1	E(m)	N(m)	Z(m)
2	683208,800m	9201167,749m	30,947m
3	683211,119m	9201168,386m	30,941m
4	683213,317m	9201170,545m	30,908m
5	683214,157m	9201172,251m	30,954m
6	683221,428m	9201188,593m	30,848m
7	683222,213m	9201190,524m	30,911m
8	683223,029m	9201193,018m	30,951m
9	683224,002m	9201195,541m	30,777m
10	683225,223m	9201202,330m	30,871m
11	683225,326m	9201203,835m	30,907m
12	683224,709m	9201205,104m	31,075m
13	683222,787m	9201206,120m	31,020m
14	683214,874m	9201203,214m	30,871m
15	683211,248m	9201197,224m	30,960m
16	683208,636m	9201196,042m	31,130m
17	683206,055m	9201194,992m	31,070m
18	683199,434m	9201185,546m	30,734m
19	683197,746m	9201180,834m	30,774m
20	683195,118m	9201178,674m	30,768m
21	683196,608m	9201175,971m	30,809m

b. Koordinat *ICP* dari Pengukuran *Total Station*

Tabel 4.10 Koordinat *ICP Total Station* Obyek 1

No	Koordinat *ICP Total Station*		
	E(m)	N(m)	Z(m)
1	683208,803m	9201167,750m	30,944m
2	683211,117m	9201168,386m	30,941m
3	683213,310m	9201170,540m	30,909m
4	683214,154m	9201172,253m	30,958m
5	683221,426m	9201188,595m	30,850m
6	683222,207m	9201190,523m	30,916m
7	683223,023m	9201193,016m	30,954m
8	683223,981m	9201195,531m	30,782m
9	683225,221m	9201202,324m	30,879m
10	683225,327m	9201203,831m	30,907m
11	683224,716m	9201205,100m	31,075m
12	683222,790m	9201206,113m	31,026m
13	683214,882m	9201203,210m	30,876m
14	683211,239m	9201197,223m	30,960m
15	683208,644m	9201196,041m	31,130m
16	683206,054m	9201194,988m	31,080m
17	683199,438m	9201185,548m	30,742m
18	683197,748m	9201180,840m	30,773m
19	683195,117m	9201178,677m	30,768m
20	683196,612m	9201175,976m	30,814m

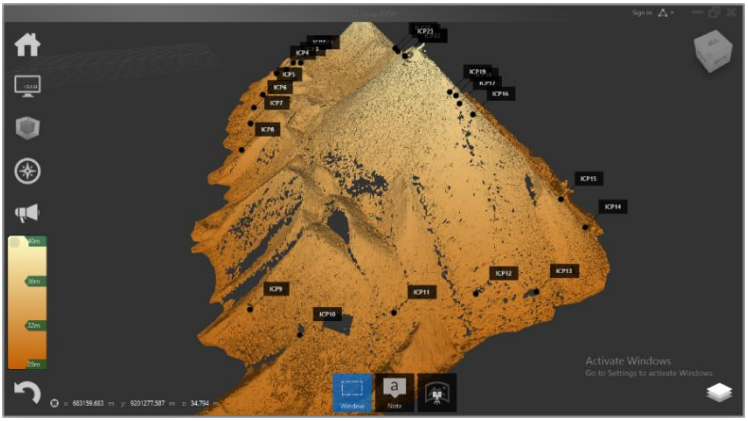
c. Koordinat *ICP* dari Pengukuran *GPS RTK*

Tabel 4.11 Koordinat *ICP GPS RTK* Obyek 1

No	**Koordinat *ICP GPS RTK***		
	E (m)	N(m)	Z(m)
1	683208,796m	9201167,740m	30,941m
2	683211,125m	9201168,384m	30,937m
3	683213,327m	9201170,546m	30,901m
4	683214,148m	9201172,247m	30,959m
5	683221,436m	9201188,596m	30,845m
6	683222,201m	9201190,523m	30,919m
7	683223,015m	9201193,013m	30,960m
8	683223,980m	9201195,540m	30,785m
9	683225,220m	9201202,328m	30,883m
10	683225,329m	9201203,836m	30,899m
11	683224,710m	9201205,091m	31,083m
12	683222,780m	9201206,125m	31,030m
13	683214,867m	9201203,195m	30,870m
14	683211,264m	9201197,225m	30,960m
15	683208,634m	9201196,028m	31,139m
16	683206,067m	9201194,995m	31,060m
17	683199,432m	9201185,535m	30,727m
18	683197,753m	9201180,840m	30,778m
19	683195,119m	9201178,667m	30,768m
20	683196,606m	9201175,983m	30,810m

Hasil pengukuran *ICP* dari pengukuran 3 alat yaitu terrestrial Laser Scaner, *Total station*, dan *GPS RTK* . berikut peletakan posisi *ICP* pada obyek kedua yang disajikan dalam Gambar 4.17 dan Gambar 4.18

Gambar 4.17 Posisi ICP Tampak atas Obyek 2



Gambar 4.18 Posisi ICP Tampak Samping Obyek 2

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

a. Koordinat *ICP* dari pengukuran Laser Scanner

Tabel 4.12 Koordinat *ICP Laser Scanner* Obyek 2

No	**Koordinat *ICP* Laser Scanner**		
	E (m)	**N (m)**	**Z(m)**
1	683150,704m	9201236,790m	31,412m
2	683152,480m	9201238,144m	31,831m
3	683154,662m	9201240,666m	31,540m
4	683156,757m	9201242,166m	31,520m
5	683161,454m	9201253,119m	32,011m
6	683163,259m	9201256,538m	31,934m
7	683164,470m	9201260,421m	31,903m
8	683166,205m	9201263,587m	31,184m
9	683168,464m	9201278,065m	31,480m
10	683167,049m	9201280,200m	31,688m
11	683163,691m	9201281,637m	31,993m
12	683160,246m	9201282,956m	31,683m
13	683157,676m	9201284,422m	31,325m
14	683152,314m	9201283,999m	31,760m
15	683151,440m	9201282,218m	32,009m
16	683145,644m	9201271,379m	32,124m
17	683144,542m	9201268,752m	32,180m
18	683143,077m	9201266,961m	32,282m
19	683141,879m	9201265,071m	31,987m
20	683139,907m	9201251,275m	34,388m
21	683138,067m	9201251,750m	33,250m
22	683136,791m	9201250,190m	32,999m
23	683136,836m	9201248,337m	33,348m

b. Koordinat *ICP* dari pengukuran *Total Station*

Tabel 4.13 Koordinat *ICP Total Station* Obyek 2

No	Koordinat *ICP Total Station*		
	E(m)	**N(m)**	**Z(m)**
1	683150,699m	9201236,789m	31,412m
2	683152,483m	9201238,151m	31,831m
3	683154,667m	9201240,672m	31,539m
4	683156,765m	9201242,171m	31,520m
5	683161,456m	9201253,114m	32,011m
6	683163,256m	9201256,532m	31,934m
7	683164,475m	9201260,422m	31,900m
8	683166,209m	9201263,590m	31,183m
9	683168,461m	9201278,068m	31,478m
10	683167,048m	9201280,206m	31,687m
11	683163,690m	9201281,629m	32,002m
12	683160,249m	9201282,950m	31,683m
13	683157,679m	9201284,424m	31,324m
14	683152,311m	9201284,000m	31,762m
15	683151,442m	9201282,215m	32,012m
16	683145,646m	9201271,378m	32,128m
17	683144,541m	9201268,747m	32,182m
18	683143,075m	9201266,965m	32,279m
19	683141,878m	9201265,069m	31,990m
20	683139,907m	9201251,279m	34,388m
21	683138,077m	9201251,755m	33,260m
22	683136,792m	9201250,195m	33,004m
23	683136,835m	9201248,337m	33,344m

c. Koordinat *ICP* dari pengukuran *GPS RTK*

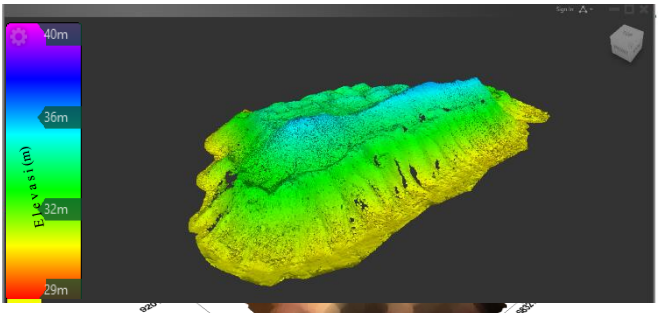
Tabel 4.14 Koordinat *ICP GPS RTK* Obyek 2

No	Koordinat *ICP GPS RTK*		
	E(m)	**N(m)**	**Z(m)**
1	683150,695m	9201236,786m	31,412m
2	683152,477m	9201238,138m	31,822m
3	683154,654m	9201240,673m	31,545m
4	683156,772m	9201242,174m	31,520m
5	683161,463m	9201253,123m	32,001m
6	683163,264m	9201256,549m	31,935m
7	683164,463m	9201260,409m	31,907m
8	683166,211m	9201263,597m	31,187m
9	683168,461m	9201278,061m	31,486m
10	683167,048m	9201280,199m	31,692m
11	683163,680m	9201281,645m	31,992m
12	683160,248m	9201282,950m	31,688m
13	683157,682m	9201284,419m	31,331m
14	683152,319m	9201283,997m	31,762m
15	683151,442m	9201282,214m	32,015m
16	683145,634m	9201271,366m	32,122m
17	683144,564m	9201268,766m	32,191m
18	683143,066m	9201266,946m	32,285m
19	683141,876m	9201265,067m	31,987m
20	683139,913m	9201251,266m	34,393m
21	683138,068m	9201251,739m	33,250m
22	683136,793m	9201250,175m	32,997m
23	683136,838m	9201248,334m	33,353m

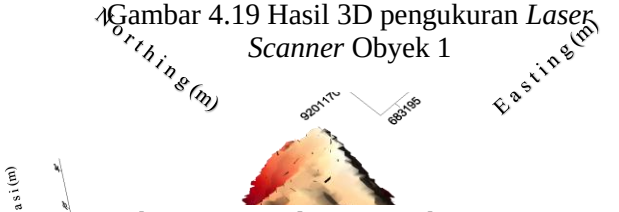
4.1.9 Model 3D

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.

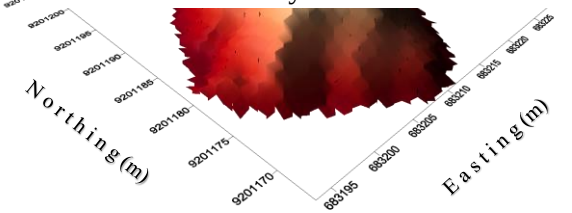
a. Studi Kasus Area 1



Gambar 4.19 Hasil 3D pengukuran *Laser Scanner* Obyek 1



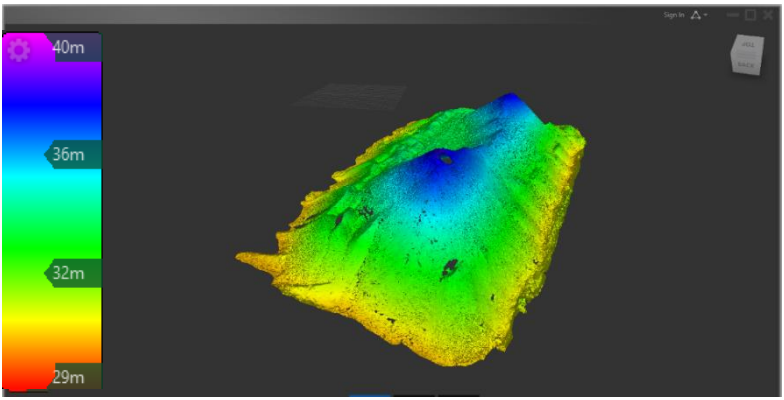
Gambar 4.21 Hasil 3D pengukuran *GPS RTK* Obyek 1



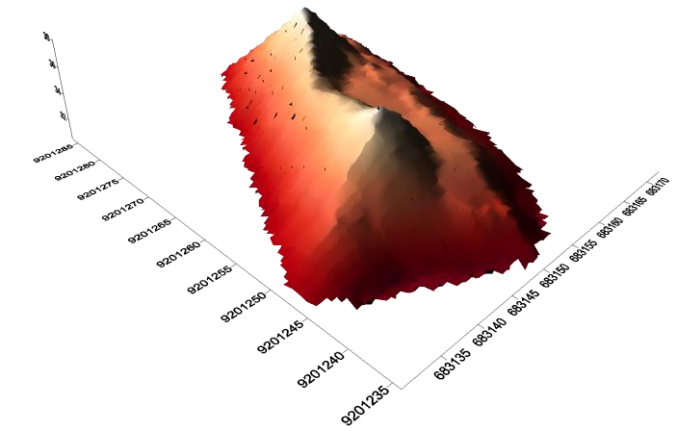
Gambar 4.20 Hasil 3D pengukuran *Total Station* Obyek 1

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 berjumalah 253 titik tidak sebanyak koordinat hasil *TLS* yang model 3D tampak lebih detail dan nyata.

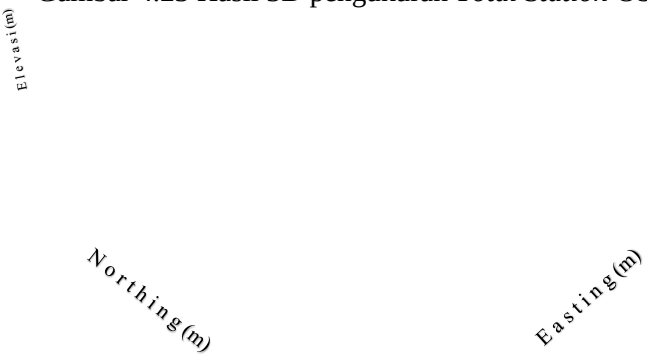
b. Studi Kasus Area 2

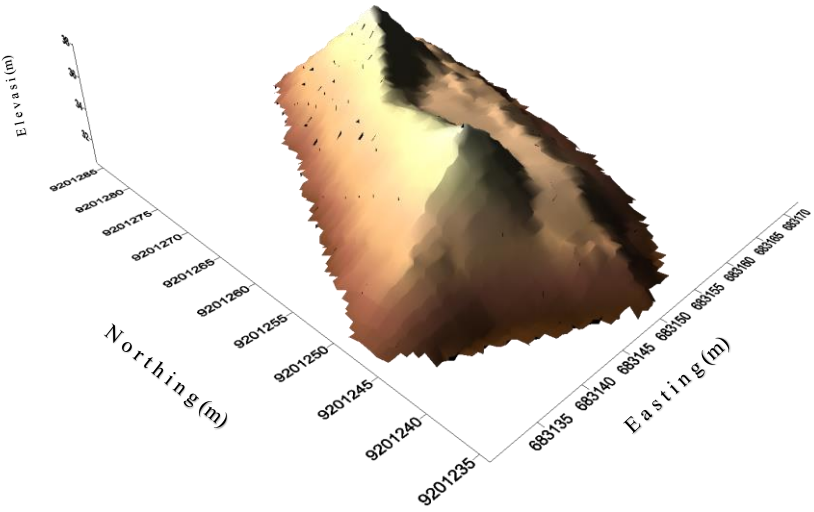


Gambar 4.22 Hasil 3D pengukuran *Laser Scanner* Obyek 2



Gambar 4.23 Hasil 3D pengukuran *Total Station* Obyek 2





Gambar 4.24 Hasil 3D pengukuran *GPS RTK* Obyek 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 berjumalah 253 titik tidak sebanyak koordinat hasil TLS yang model 3D tampak lebih detail dan nyata.

4.1.10 Volume

Perhitungan volume *stockpile* batubara pada ketiga alat ukut 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. Obyek 1 (*Stockpile* Batubara 1 PT. Barkalin)

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 Scaner).* Yang nantinya dibandingkan dengan pengukuran dari *Total station* dan *GPS RTK* yang pada akuisisi datanya diambil pada titik yang sama.

Tabel 4.15 Hasil Volume Obyek 1

Sockpile pertama (T1)	**Terrestrial Laser Scaner**	***Total Station***	***GPS RTK***
Volume (m^3)	1639,86	1632,55	1629,52

Perhitungan volume dihitung dengan menggunakan metode *composite.* Volume *Terrestrial Laser Scaner* dihasilkan 1639.86 m^3, *Total Station* 1632.55 m^3, dan *GPS RTK* sebesar 1629.52. Selisih antara volume *stockpile* batubara dengan alat ukur *Terrestrial Laser Scaner* 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 Scaner).* Yang

nantinya di uji dengan pengukuran dari *Total station* dan *GPS RTK* yang pada akuisisi datanya diambil pada titik

Tabel 4.16 Hasil Volume Obyek 2

Sockpile pertama (T2)	**Terrestrial Laser Scaner**	***Total Station***	***GPS RTK***
Volume (m^3)	2911,63	2904,74	2902,58

Perhitungan volume dihitung dengan menggunakan metode *composite.* Volume *Terrestrial Laser Scaner* dihasilkan 2911.63 m^3, *Total Station* 2904.74 m^3, dan *GPS RTK* sebesar 2902.58 m^3. 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 Scaner* 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.*

4.2 Analisa

4.2.1 Analisa Pelaksanaan Pengukuran dan Hasil

Analisa ini berisi informasi pelaksanaan penelitian serta pembahasan mengenai kedua alat ukur dalam pekerjaan penentuan volume, serta bertujuan memberikan pertimbangan mengenai efisiensi, efektivitas, dan kesesuaian alat ukur yang dibutuhkan dalam suatu pekerjaan. Berikut adalah analisa pelaksanaan penelitian.

Tabel 4.17 Analisa Pelaksanaan Teknis Pengkuran

	Total Station	***GPS RTK***	**Terrestrial Laser Scaner**
Alat Ukur	Topcon GTS-235	Topcon Hiper Pro	FARO 3D 120
Biaya Sewa	Rp. 250.000,00	Rp. 1.000.000,00	Rp. 2.500.000,00
Kecepatan Pengumpulan Data	1 titik per 0.9 Detik	1 titik per 0.9 detik	40.000 titik per detik
Surveyor (minimal)	2 orang	2 orang	1 orang
Akuisisi Data	objek 1 : 5,15 jam	objek 1 : 4.20 jam	objek 1 : 1 ,25 jam
	obbjek 2 : 5,45 jam	objek 2 : 4,50 jam	objek 2 : 1,45 jam
Pengolahan Data	2-3 Jam	1-2 Jam	5-10 Menit
Size Data	objek 1: 5 Kb	Objek 1 : 26 Kb	Objek 1 : 1.28GB
	Objek 2 : 14 Kb	Objek 2 35 Kb	objek 2 : 1,46 GB
Standard CPU	RAM 2GB	RAM 2 GB	RAM 32 GB
Pengolah data	Processor Corre i3	Processor Corre i3	Processor Corre i7
Software Pengolahan Data	Berlisensi	Berlisensi	Berbayar dan Berlisensi

Model tiga dimensi yang dihasilkan dari pengukuran dengan kedua alat ukur yang digunakan memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.18 Analisa Model 3D

Penyajian data *total station* dan GPS RTK biasanya dalam bentuk 2D namun juga bisa disajikan dalam bentuk 3D. Jika peyajian data *Terrestrial Laser Scaner* biasanya dalam bentuk 3D, namun juga bisa di sajikan dalam bentuk 2D tergantung

pekerjaannya. Data yang dihasilkan oleh alat ukur TLS juga lebih

	Total Station	***GPS RTK***	**Terrestrial Laser Scaner**
Bentuk Umum	2D/3D	2D/3D	3D(Point Cloud)
Detil Bentuk	Kurang detail	Kurang detail	Sangat Detail
Pilihan Warna	Berdasarkan Ketinggian	Berdasarkan Ketinggian	Berdasarkan Ketinggian
	Hitam Putih	Hitam Putih	Berdasarkan Jarak
			Berdsarkan intensitas
			Warna Obyek
Size Pemodelan	Obyek 1 : 53 Kb	obyek 1 : 67 Kb	Obyek 1 : 178 Kb
	Obyek 2 : 66 Kb	obyek 2 : 75 Kb	Obyek 2 : 194 Kb

detail cocok untuk digunakan dalam pekerjaan volume di area terbuka dan skala besar. Kelebihan dari TLS ini meiliki RGB dalam pewarnaan datanya. Jika dalam TLS Faro pengukuran bisa disetting *with colour* (menggunakan warna) atau *monochrome* (Hitam Putih).

4.2.2 Analisa Pengukuran Titik Referensi

Sesuai dengan spesifikasinya, alat ukur GPS Topcon Hiper Pro yang digunakan pada penelitian ini memiliki standar deviasi maksimal sebesar 2 cm atau 0,020 meter untuk X dan Y.

a. Studi Kasus Area 1
   Analisa standar deviasi pengukuran GNSS pada obyek 1 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.19 Analisa Titik Referensi Obyek 1

Nama Titik	**Koordinat**	**Standard Deviasi (m)**		
		Nilai	**Nilai Maksimal**	**Keterangan**
Base T1	Easting	0,003	0,02	

	Northing	0,001		Masuk Toleransi
	Elevasi	0,003		
BM 01	Easting	0,002	0,02	Masuk Toleransi
	Northing	0,003		
	Elevasi	0,003		
BM02	Easting	0,004	0,02	Masuk Toleransi
	Northing	0,002		
	Elevasi	0,004		

Titik referensi pada obyek 1 ditentukan dengan menggunakan GPS yaitu dengan metode *RTK (Real Time Kinematic).*

b. Studi Kasus Area 2

Analisa standar deviasi pengukuran GNSS pada obyek 1 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.20 Analisa Titik Referensi Obyek 2

Nama Titik	**Koordinat**	**Standard Deviasi (m)**		
		Nilai	**Nilai Maksimal**	**Keterangan**
Base T1	Easting	0,002	0,02	Masuk Toleransi
	Northing	0,002		
	Elevasi	0,003		
BM 01	Easting	0,004	0,02	Masuk Toleransi
	Northing	0,002		
	Elevasi	0,005		

Nama Titik	Koordinat	Standard Deviasi		
		Nilai	**Nilai Maksimal**	**Keterangan**
	Northing	0,003	0,02	Masuk Toleransi
	Elevasi	0,004		

4.2.3 Analisa Regristrasi Pada *Laser Scanner*

Registrasi data dilakukan dengan metode *Target to Target.*Metode registrasi data ini dipilih karena lebih mudah, lebih cepat, dan lebih teliti. Lebih mudah karena tidak perlu menggunakan 2 titik sekutu seperti metode *Cloud to Cloud.* Hasil registrasi *Target to Target* lebih teliti karena *point cloud* yang dipilih tepat dan diberikan koordinat yang sama. Model yang dihasilkan juga lebih rapi daripada metode *Cloud to Cloud.* Didapatkan nilai makasimal 0.006 pada nilai maksimum yaitu pada durasi 9 menit 26 detik memiliki jarak antar point cloud sebesar 6 mm. Analisa registrasi data ini dilakukan dengan mengamati RMS *Error* seperti pada tabel berikut:

a. Studi Kasus Area 1

Tabel 4.21 Analisa Regristrasi Pada Target Obyek 1

Nama Titik	**Koordinat**	**RMSE (m)**		
		Nilai	**Nilai Maksimal**	**Keterangan**
T1S1	Easting	0,000	0,006	Masuk Toleransi
	Northing	0,000		
	Elevasi	0,001		
T1S2	Easting	0,001	0,006	Masuk Toleransi
	Northing	0,001		
	Elevasi	0,001		
T1S3	Easting	0,001	0,006	Masuk Toleransi
	Northing	0,000		

	Elevasi	0,001		
T1S4	Easting	0,000	0,006	Masuk Toleransi
	Northing	0,000		
	Elevasi	0,001		
T1S5	Easting	0,001	0,006	Masuk Toleransi
	Northing	0,001		
	Elevasi	0,002		

b. Studi Kasus Area 2

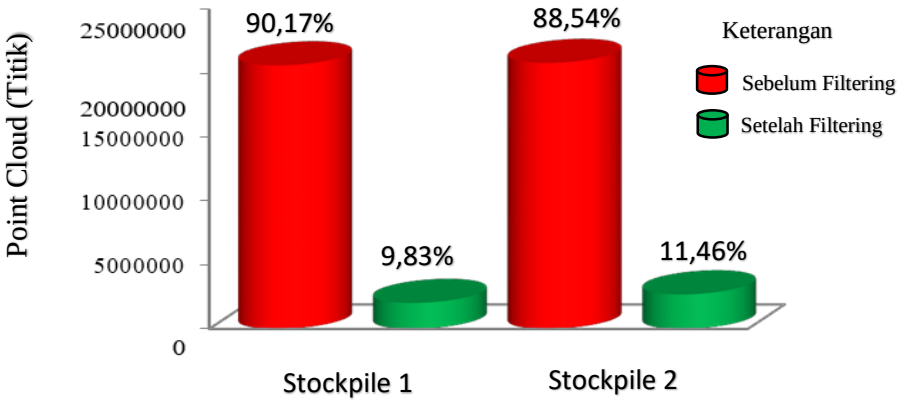
Tabel 4.22 Analisa Regristrasi Pada Target Obyek 2

Nama Titik	**Koordinat**	**RMSE (m)**		
		Nilai	**Nilai Maksimal**	**Keterangan**
T2S1	Easting	0,001	0,006	Masuk Toleransi
	Northing	0,000		
	Elevasi	0,001		
T2S2	Easting	0,001	0,006	Masuk Toleransi
	Northing	0,001		
	Elevasi	0,002		
T2S3	Easting	0,001	0,006	Masuk Toleransi
	Northing	0,000		
	Elevasi	0,001		
T2S4	Easting	0,000	0,006	Masuk Toleransi
	Northing	0,000		
	Elevasi	0,001		
T2S5	Easting	0,001	0,006	Masuk Toleransi
	Northing	0,002		
	Elevasi	0,001		

4.2.4 Analisa Filtering Pada *Laser Scanner*

Proses *filtering* dilakukan secara manual dengan menghapus *point cloud* di luar obyek hingga hanya tersisa *point cloud* yang membentuk obyek. Perbedaan antara

sebelum dan setelah proses *filtering* sangat signifikan dari segi beban dan waktu pada setiap proses pemuatan dalam pengolahan data. Pada obyek 1 didapatkan *point cloud* sebelum proses *filtering* 22.770.961 titik. Sesudah 2.238.385 titik. Pada obyek 2 didapatkan point cloud sebelum proses *filtering* 24.541.952 Titik. Sesudah 2.812.508 titik.



Gambar 4.25 Diagram analisa *filtering* sebelum dan sesudah

4.2.5 Analisa Ketelitian *Independent Check Point (ICP)*

Uji ketelitian dilakukan pada *ICP* dari pengukuran *Total Station dan GPS RTK* dengan referensi *ICP* dari pengukuran dengan *Terrestrial Laser Scanner* yang akan dihitung dengan menggunakan *RMSE*.

a. Uji ketelitian *ICP* pada Obyek 1

Tabel 4.23 Uji Ketelitian *ICP* Pengukuran *Total Station* Obyek 1

No	Koordinat *ICP* Total station (m)			
	Nama Titik	**E(m)**	**N(m)**	**Z(m)**
1	**T1ICP1**	683208,803	9201167,750	30,944
2	**T1ICP2**	683211,117	9201168,386	30,941
3	**T1ICP3**	683213,370	9201170,540	30,909
4	**T1ICP4**	683214,154	9201172,253	30,958
5	**T1ICP5**	683221,426	9201188,595	30,85
6	**T1ICP6**	683222,207	9201190,523	30,916
7	**T1ICP7**	683223,023	9201193,016	30,954
8	**T1ICP8**	683223,981	9201195,531	30,782
9	**T1ICP9**	683225,221	9201202,324	30,879
10	**T1ICP10**	683225,327	9201203,831	30,907
11	**T1ICP11**	683224,716	9201205,100	31,075
12	**T1ICP12**	683222,790	9201206,113	31,026
13	**T1ICP13**	683214,882	9201203,210	30,876
14	**T1ICP14**	683211,239	9201197,223	30,96
15	**T1ICP15**	683208,644	9201196,041	31,13
16	**T1ICP16**	683206,054	9201194,988	31,08
17	**T1ICP17**	683199,438	9201185,548	30,742
18	**T1ICP18**	683197,748	9201180,840	30,773
19	**T1ICP19**	683195,117	9201178,677	30,768
20	**T1ICP20**	683196,612	9201175,976	30,814
	RMSE	**0,001**	**0,002**	**0,001**

Tabel 4.24 Uji Ketelitian *ICP* Pengukuran *GPS RTK* Obyek 1

No	**Koordinat ICP *GPS RTK* (m)**			
	Nama Titik	**E (m)**	**N (m)**	**Z (m)**
1	T2ICP1	683208,8	9201168	30,941
2	T2ICP2	683211,1	9201168	30,937
3	T2ICP3	683213,3	9201171	30,901
4	T2ICP4	683214,1	9201172	30,959
5	T2ICP5	683221,4	9201189	30,845
6	T2ICP6	683222,2	9201191	30,919
7	T2ICP7	6832230	9201193	30,960
8	T2ICP8	6832240	9201196	30,785
9	T2ICP9	683225,2	9201202	30,883
10	T2ICP10	683225,3	9201204	30,899
11	T2ICP11	683224,7	9201205	31,083
12	T2ICP12	683222,8	9201206	31,030
13	T2ICP13	683214,9	9201203	30,870
14	T2ICP14	683211,3	9201197	30,960
15	T2ICP15	683208,6	9201196	31,139
17	T2ICP16	683206,1	9201195	31,060
18	T2ICP17	683199,4	9201186	30,727
19	T2ICP18	683197,8	9201181	30,778
20	T2ICP19	683195,1	9201179	30,768
21	T2ICP20	683196,6	9201176	30,810
	RMSE	**0,007**	**0,006**	**0,005**

Tabel 4.25 Uji Ketelitian *ICP* Pengukuran *Total Station* Obyek 2

No	**Koordinat ICP Total Station (m)**			
	Nama Titik	**E (m)**	**N (m)**	**Z (m)**
1	**T2CP1**	683150,702	9201236,789	31,412
2	**T2CP2**	683152,483	9201238,145	31,831
3	**T2CP3**	683154,663	9201240,666	31,539
4	**T2CP4**	683156,759	9201242,168	31,520
5	**T2CP5**	683161,456	9201253,117	32,011
6	**T2CP6**	683163,256	9201256,537	31,934
7	**T2CP7**	683164,471	9201260,422	31,900
8	**T2CP8**	683166,205	9201263,590	31,183
9	**T2CP9**	683168,461	9201278,068	31,478
10	**T2CP10**	683167,048	9201280,200	31,687
11	**T2CP11**	683163,690	9201281,636	32,994
12	**T2CP12**	683160,246	9201282,955	31,683
13	**T2CP13**	683157,677	9201284,424	31,324
14	**T2CP14**	683152,311	9201284,000	31,762
15	**T2CP15**	683151,442	9201282,215	32,012
16	**T2CP16**	683145,646	9201271,378	32,128
17	**T2CP17**	683144,541	9201268,747	32,182
18	**T2CP18**	683143,075	9201266,962	32,279
19	**T2CP19**	683141,878	9201265,069	31,990
20	**T2CP20**	683139,907	9201251,276	34,388
21	**T2CP21**	683138,077	9201251,751	33,260
22	**T2CP22**	683136,792	9201250,191	33,004
23	**T2CP23**	683136,835	9201248,337	33,344
	RMSE	**0,002**	**0,001**	**0,002**

Tabel 4.26 Uji Ketelitian *ICP* Pengukuran *GPS RTK* Obyek 2

No	Nama Titik	Koordinat ICP *GPS RTK* (m) E (m)	N (m)	Z (m)
1	**T2CP1**	683150,695	9201236,786	31,412
2	**T2CP2**	683152,477	9201238,138	31,822
3	**T2CP3**	683154,654	9201240,673	31,545
4	**T2CP4**	683156,772	9201242,174	31,520
5	**T2CP5**	683161,463	9201253,123	32,001
6	**T2CP6**	683163,264	9201256,549	31,935
7	**T2CP7**	683164,463	9201260,409	31,907
8	**T2CP8**	683166,211	9201263,597	31,187
9	**T2CP9**	683168,461	9201278,061	31,486
10	**T2CP10**	683167,048	9201280,199	31,692
11	**T2CP11**	683163,680	9201281,645	31,992
12	**T2CP12**	683160,248	9201282,950	31,688
13	**T2CP13**	683157,682	9201284,419	31,331
14	**T2CP14**	683152,319	9201283,997	31,762
15	**T2CP15**	683151,442	9201282,214	32,015
16	**T2CP16**	683145,634	9201271,366	32,122
17	**T2CP17**	683144,564	9201268,766	32,191
18	**T2CP18**	683143,066	9201266,946	32,285
19	**T2CP19**	683141,876	9201265,067	31,987
20	**T2CP20**	683139,913	9201251,266	34,393
21	**T2CP21**	683138,068	9201251,739	33,250
22	**T2CP22**	683136,793	9201250,175	32,997
23	**T2CP23**	683136,838	9201248,334	33,353
	RMSE	**0,008**	**0,008**	**0,004**

b. Analisa *RMSE (Root Mean Square Error)*
Nilai *RMSE* koordinat ICP obyek 1 didapatkan pada pengukuran alat ukur *Total Station* E,N,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). Perbedaan hasil *RMSE* antara alat ukur *total station* dan *GPS RTK* cukup besar hal ini dikarenakan spesifikasi alat yang digunakan memiliki ketelitian masing-masing. Untuk *Total Station* bisa mencapai fraksi mili, jika *GPS RTK* untuk memiliki ketelitian 1-5cm.

4.2.6 Analisa Volume

Volume yang didapatkan dari pengukuran *Terrestrial Lasser Scaner* digunakan sebagai acuan untuk dilakukan perbandingan antara hasil dari pengukuran volume *stockpile* Batubara oleh alat ukur *Total Station* dan *GPS RTK*.

Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Volume Obyek 1

Stockpile pertama (T1)	**Terrestrial Laser Scaner**	**Total Station**	**GPS RTK**
Volume (m^3)	1639,86	1632,55	1629,52

Tabel 4.28 Hasil Perhitungan Volume Obyek 2

Stockpile pertama (T2)	**Terrestrial Laser Scaner**	**Total Station**	**GPS RTK**
Volume (m^3)	2911,63	2904,74	2902,58

Perhitungan volume dilakukan dengan metode *composite.* Dari hasil perhitungan volume diatas didapatkan selisih volume antara hasil volume acuan yaitu *Terrestrial Laser Scanner* dengan hasil perhitungan volume alat ukur *Total Station* dan *GPS RTK.* pada obyek 1 didapatkan selisih antara *TS* dan *TLS* sebesar 7,31 m^3, antara *GPS RTK* dan *TLS* didapatkan selisih sebesar 10,34 m^3. Jika pada obyek 2 didapatkan selisih *TS* dengan *TLS* sebesar 6,89 m^3, dan selisih dari *GPS RTK* dan *TLS* sebesar 9,05 m^3. 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 m^3, antara *GPS RTK* dan *TLS* didapatkan selisih sebesar 10,34 m^3. Jika pada obyek 2 didapatkan selisih *TS* dengan *TLS* sebesar 6,89 m^3, dan selisih dari *GPS RTK* dan *TLS* sebesar 9,05 m^3.

4.2.7 Uji Signifikansi (Uji T)

Uji Statistik T digunakan untuk melihat suatu perbedaan pada suatu kelompok dimana uji ini menganalisis apakah dua kelompok tersebut memiliki perbedaan yang terlalu significant atau tidak. Uji ini cocok untuk uji analisis sample acak. Namun syarat dilakukan uji T data yang digunakan adalah data yang berdistribusi normal. Agar dapat mengetahui data tersebut memiliki data yang berdistribusi normal dilakukan uji normalitas. Uji T pada koordinat E TLS yang dibandingkan dengan koordinat E (*Total Station*). Berikut hasilnya:

Tabel 4.29 Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov Test

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		20
Normal Parameters[a,b]	Mean	,0000000
	Std. Deviation	,00647857
Most Extreme Differences	Absolute	,137
	Positive	,066
	Negative	-,137
Test Statistic		,137
Asymp. Sig. (2-tailed)		,200[c,d]

Syarat bahwa data dapat dikatakan terdistribusi normal jika nilai "*sig (2 –taiiled)* > 0.05". jika nilai *sig (2-tailled)* <0.05 maa data tersebut tidak terdistribusi normal. Dapat dilihat bahwa data di atas terdistribusi normal karena memiliki nilai *sig)2-tailled)* sebesar 0.200.

Tabel 4.30 Uji T Ketelitian ICP Pengukuran *Total Station*

T-Test

Group Statistics

	Koordinat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Obyek1	XTLS	20	683213,29	10,290	2,301
	XTS	20	683213,29	10,288	2,300

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Obyek1	Equal variances assumed	,000	,999	,000	38	1,000	,001	3,254	-6,586	6,588
	Equal variances not assumed			,000	38,000	1,000	,001	3,254	-6,586	6,588

Activate Windows

Dasar pengambilan keputusan dapat dinyatakan jika nilai Sig (2-tailled) <0.05, maka terdapat perbedaan siginifikan antara hasil dari Koordinat E *(TLS)* dan koordinat E *(TS)*, namun jika nilai Sig (2-tailled) >0.05 maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil dari koordinat E *(TLS)* dan Koordinat E*(TS)*. Pada tabel di atas didapatkan nilai Sig (2-tailled) sebesar 1,000 maka dapat disimpulkan data koordinat E antara *(TLS)* dan *(TS)* tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Tabel 4.31 Uji T Koordinat ICP

	Alat	***Nilai Sig (2-tailled) Koordinat ICP***			***Keterangan***
		X	**Y**	**Z**	
Obyek 1	Total Station	1,000	0,993	0,993	"Tidak terdapat
	GPS RTK	1,000	0,999	0,968	perbedaan
Obyek 2	Total Station	1,000	1,000	0,997	yang
	GPS RTK	1,000	1,000	0,993	signifikan"

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa hasil Uji T ketelitian *Independent Check Point (ICP)* pada koordinat x,y,z tidak terdapat perbedaan yang signifikan karena nilai *Sig (2-tailled)* > 0,05.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Alat ukur yang memerlukan biaya relatif terjangkau dalam pekerjaan pengukuran volume pada coverage area kecil adalah *Total Station* dan GPS RTK dengan biaya pegukuran Rp.900.000, dan Rp 1.500.000, dan yang paling mahal dan cepat dalam akuisisi data Terrestrial Laser Scanner dengan biaya Rp. 3.200.000.
2. Jika disimulasikan didapatkan alat ukur yang memerlukan waktu paling lama dalam pengerjaan pengukuran volume dengan luasan 3970,45 m^2 dengan acuan obyek 1 yaitu *Total station* selama 4 hari. Dan alat ukur yang mengeluarkan biaya paling mahal yaitu GPS RTK Rp.4.500.000. simulasi pada obyek kedua alat ukur yang memerlukan waktu yang paling lama adalah *Total Station* yaitu 5 hari dan alat ukur yang memerlukan biaya paling besar GPS RTK Rp. 6.000.000. jika pekerjaan volume dengan *coverage area* besar direkomendasikan untuk menggunakan alat ukur *Terrestrial Laser Scanner* karena disamping lebih murah akuisisi data juga lebih cepat.
3. 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-tailled)* > 0,05.

4. 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 m^3 (0,44 %), antara GPS RTK dan TLS didapatkan selisih sebesar 10,34 m^3 (0,63%). Jika pada obyek 2 didapatkan selisih TS dengan TL*S* sebesar 6,89 m^3 (0,24%), dan selisih dari GPS RTK dan TLS sebesar 9,05 m^3 (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.

5.2 Saran

1. Pengambilan data pada obyek yang kedua disarankan area yang cukup luas minimal 1 hektare. Dimana hal tersebut bertujuan untuk mengetahui perbedaan analisis manajemen survey dan efektifitas ke-3 alat tersebut.
2. Pengambilan data menggunakan Terrestrial Laser Scanner sebaiknya menggunakan sudut horisontal yang sesuai untuk meringankan beban data dan supaya tidak banyak data yang dihapus dalam proses filtering.
3. *Terrestrial Laser Scanner* lebih tepat untuk pekerjaan dalam coverage area besar seperti bidang pertambangan.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H.Z. 2007. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: PT Pradnya Paramita

Anna Rosida, 2013. *Perbandingan Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Metode Cross Section dan Aplikasi Lain.* Semarang. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Andi. 2009. Global Positioning System. Yogyakarta: Penerbit Andi

Basuki, S. 2006.Ilmu Ukur Tanah.Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.Universitas Gadjah Mada (UGM)

Fajriyanto. 2009. *Studi Komprasi Pemakaian GPS Metode RealTime Kinematic (RTK) dengan Total Station (TS) Untuk penentuan posisi Horisontal.* Jurnal Sipil dan Perencanaan, Vol. 13. No 2, Agustus 2009.

Faro, 2009, Koppa Target Spheres. http://www.faro.com, (diakses pada tanggal 5 Januari 2018, 14.02 PM)

Faro, 2015. Faro Sphere Target. http://atlanticlaserscanning.com/blog/faro-sphere-targets-for-sale-1000-with-carry-case,(diakses pada tanggal 23 Februari 2018, 15.57 PM)

Frea, N. 2017**.** *Aplikasi Softwere Surpac Sebagai Alternatif Perhitungan Estimasi Awal Volume Galian Dan Timbunan Pada Proyek Modernisasi Jaringan Irigasi Di Rentang (S.I Gegesik) Kab.Indramayu-Cirebon*. PT. Wijaya Karya Tbk.

Ikatan Nasional Konsultan Indonesia. 2017. Pedoman Standar Minimal. Jakarta: Dewan Pengurus Nasional.

Irvine, W. 1995.*Penyigian untuk Konstruksi*. Bandung: Penerbit ITB. Nurjati, Chatarina. 2005. *Modul Ajar Ilmu Ukur Tanah I.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Langley, R. B , 1998, RTK GPS, GPS World, Vol.9, No.9, September

Lanmar 2014. *3DLaserScanningBasics.* http://lanmarservices.com/3d-laserscannibasics/.(diakses pada tanggal 16 januari 2018, 20.46)

Parana, S.D, 2012,. "Analisis Ketelitian Hasil Registrasi Data Pengukuran Terrestrial Laser Scanner Menggunakan Metode Multi Station Adjustment." By Jurusan Teknik Geodesi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, n.d.

Pfeifer, N., (2007, July 1-7), Overview of *TLS* System, Overall Processing and Applications, Ljubljana, Slovenia: ISPRS Summer School.

Prasetyo, E 2016. *Penggunaan Terrestrial Laser Scanner Untuk Pengukuran Volumetrik Stok Opname Batubara.*Universitas Gajah Mada 2016.

Purworaharjo, U. 1986. *Ilmu Ukur Tanah* . Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.

Quintero, M. S., Genechten, B. V., Heine, E., & Garcia, J. L. 2008. *Tools for Advanced Three-dimensional Surveying inRisk Awarness Project (3DRiskMapping).* Leonardo daVinci Programme of the European Union.

Reddington, J, 2005, HDS traing manual, Leica geosystem.

Rahayu, L.P 2014. *Studi Perbandingan Volume dengan menggunkan Total Station dengan Prisma dan Non Prisma.* Institut Teknologi Sepuluh Nopember 2014

Reshetyuk, Y. 2009. *Self-Calibration and Direct Georeferencing in Terrestrial Laser Scanning.*Stockholm: VDM Verlag.

Soeta'at, 2005, Fotogrametri Analitik, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Sujoko dan Prabowo,S 2009. *Buku Panduan Pelatihan Geologi Dasar, Pemetaan dan Perhitungan Cadangan.* Pangkal Pinang. PT. Timah (Persero) Tbk.

Teguh ,R dan Sudiadi, 2015. *Manajemen Proyek.* Palembang. Program Studi Sistem Informasi Sekolah Tinggi Manajemen Informatika GI MDP

Winardi. 2006. Penentuan Posisi Dengan GPS Untuk Survei Terumbu Karang. Jakarta. Puslit Oseanografi – Lipi

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Lampiran A

Tabel A1. Koordinat Detail Situasi Obyek (01)

No	E(m)	N(m)	Z(m)
1	683208,823	9201166,032	30,092
2	683210,439	9201166,215	30,115
3	683210,740	9201166,752	30,149
4	683211,123	9201166,34	30,106
5	683212,102	9201166,708	30,063
6	683213,103	9201167,296	30,082
7	683214,092	9201167,895	30,075
8	683214,455	9201168,750	30,060
9	683215,842	9201170,667	30,044
10	683216,920	9201172,868	30,047
11	683216,846	9201173,692	30,050
12	683217,810	9201174,368	30,087
13	683218,075	9201175,893	30,069
14	683218,749	9201177,537	30,022
15	683218,366	9201178,222	30,001
16	683219,670	9201179,149	30,062
17	683220,589	9201180,835	30,106
18	683220,559	9201182,457	30,095
19	683221,703	9201183,932	30,060
20	683222,790	9201186,532	29,991
21	683223,521	9201188,666	30,021
22	683225,754	9201191,822	30,061
23	683225,415	9201194,887	30,081

No	E(m)	N(m)	Z(m)
25	683227,938	9201202,052	30,024
26	683228,216	9201205,458	30,036
27	683227,815	9201206,051	30,060
28	683226,227	9201205,854	30,224
29	683223,946	9201207,132	30,114
30	683220,842	9201207,772	30,132
31	683216,564	9201206,502	29,899
32	683214,313	9201204,928	30,006
33	683212,394	9201202,28	29,948
34	683212,671	9201201,238	30,04
35	683213,284	9201200,317	30,089
36	683212,475	9201198,857	30,074
37	683211,094	9201198,749	30,079
38	683209,172	9201198,693	30,028
39	683207,202	9201197,833	30,019
40	683206,496	9201198,554	30,025
41	683205,535	9201197,909	30,061
42	683205,360	9201197,185	30,043
43	683205,351	9201196,589	30,062
44	683204,849	9201196,269	30,097
45	683203,828	9201196,123	30,010
46	683201,377	9201194,815	29,927
47	683201,815	9201195,200	30,014
48	683202,185	9201193,338	30,294
49	683201,142	9201192,955	29,990
50	683201,098	9201191,814	29,997
51	683199,968	9201191,082	29,940
52	683199,103	9201189,857	29,912

No	E(m)	N(m)	Z(m)
54	683197,799	9201187,73	29,895
55	683197,540	9201185,639	29,965
56	683198,093	9201183,527	30,006
57	683196,614	9201181,939	30,025
58	683195,727	9201180,682	30,151
59	683194,170	9201181,171	30,140
60	683193,623	9201181,102	30,071
61	683193,385	9201180,727	30,171
62	683193,824	9201179,005	30,036
63	683194,066	9201177,913	30,010
64	683194,751	9201176,343	29,979
65	683196,066	9201174,102	30,071
66	683197,290	9201172,681	30,085
67	683201,034	9201171,583	30,051
68	683202,583	9201168,981	30,132
69	683205,109	9201168,100	30,173
70	683206,922	9201166,189	30,142
71	683207,265	9201166,556	30,116
72	683208,016	9201166,055	30,110
73	683209,360	9201166,748	30,390
74	683210,024	9201168,002	31,014
75	683210,944	9201167,490	30,600
76	683212,257	9201168,417	30,549
77	683212,679	9201169,419	30,932
78	683214,794	9201174,413	30,915
79	683215,081	9201175,903	31,235
80	683215,575	9201177,241	31,071
81	683216,356	9201178,375	30,893

No	E(m)	N(m)	Z(m)
83	683218,200	9201182,146	31,094
84	683219,089	9201184,698	31,122
85	683220,170	9201186,953	31,040
86	683223,875	9201196,809	30,971
87	683223,205	9201198,195	31,029
88	683223,271	9201199,728	30,931
89	683224,399	9201201,248	30,731
90	683226,507	9201204,726	30,155
91	683226,097	9201205,383	30,582
92	683226,946	9201203,935	30,055
93	683226,647	9201203,227	30,024
94	683226,671	9201202,506	30,098
95	683222,069	9201198,231	31,716
96	683220,304	9201200,385	31,941
97	683220,304	9201200,385	31,941
98	683218,861	9201201,63	31,975
99	683216,926	9201202,861	32,094
100	683216,965	9201203,253	31,986
101	683219,895	9201204,04	32,131
102	683221,787	9201205,425	31,982
103	683223,198	9201203,575	31,651
104	683223,198	9201203,575	31,651
105	683223,609	9201202,792	31,630
106	683223,044	9201201,243	31,487
107	683221,754	9201200,291	31,619
108	683220,759	9201200,889	31,823
109	683222,459	9201200,926	31,447
110	683222,528	9201202,272	31,711

No	E(m)	N(m)	Z(m)
112	683221,859	9201203,322	31,796
113	683220,664	9201203,201	31,896
114	683222,729	9201204,481	31,809
115	683221,288	9201204,028	31,892
116	683222,349	9201205,013	31,720
117	683220,743	9201204,254	32,043
118	683223,603	9201205,700	30,973
119	683221,432	9201206,216	31,374
120	683218,521	9201203,684	31,870
121	683220,302	9201205,898	31,127
122	683219,192	9201205,518	31,115
123	683218,187	9201204,85	31,006
124	683216,397	9201204,192	30,855
125	683214,690	9201201,432	31,219
126	683215,198	9201200,405	31,403
127	683214,248	9201197,929	31,105
128	683202,923	9201190,618	31,272
129	683204,374	9201193,905	31,222
130	683200,957	9201187,763	30,917
131	683199,778	9201184,304	30,608
132	683199,669	9201183,122	30,633
133	683198,751	9201181,755	30,733
134	683197,871	9201179,395	30,892
135	683197,677	9201178,480	30,898
136	683196,011	9201177,845	31,075
137	683195,774	9201177,053	30,715
138	683194,286	9201180,165	30,488
139	683194,936	9201179,681	30,772

No	E(m)	N(m)	Z(m)
141	683195,821	9201180,197	30,443
142	683197,717	9201174,403	30,957
143	683199,154	9201173,614	30,801
144	683199,154	9201173,614	30,801
145	683202,054	9201172,86	30,862
146	683203,884	9201171,192	31,422
147	683206,213	9201169,291	30,97
148	683207,823	9201168,314	30,974
149	683216,994	9201201,495	32,686
150	683217,726	9201199,945	33,190
151	683216,657	9201199,710	32,486
152	683218,919	9201200,486	32,497
153	683216,833	9201196,802	33,051
154	683218,756	9201197,094	34,337
155	683220,723	9201197,115	33,141
156	683215,113	9201195,809	32,593
157	683216,667	9201195,444	33,202
158	683218,479	9201195,735	34,400
159	683221,196	9201195,186	32,665
160	683214,139	9201194,35	33,132
161	683215,664	9201193,748	33,143
162	683218,042	9201194,438	34,378
163	683219,935	9201193,358	32,844
164	683220,651	9201193,06	32,671
165	683217,327	9201193,337	34,395
166	683219,266	9201191,865	32,925
167	683219,884	9201191,778	32,760
168	683212,015	9201193,628	33,046

No	E(m)	N(m)	Z(m)
170	683213,558	9201191,228	33,101
171	683216,818	9201192,078	34,451
172	683219,039	9201190,641	32,870
173	683216,075	9201190,743	34,492
174	683218,159	9201188,861	32,855
175	683210,000	9201190,672	33,146
176	683211,554	9201187,995	33,225
177	683209,604	9201193,229	32,936
178	683206,528	9201191,793	33,021
179	683207,552	9201190,474	32,333
180	683209,009	9201189,088	33,599
181	683209,859	9201187,397	33,664
182	683211,010	9201186,122	33,075
183	683204,157	9201187,639	32,877
184	683204,544	9201187,075	32,590
185	683205,465	9201185,953	33,124
186	683206,465	9201185,259	32,580
187	683208,060	9201184,244	33,540
188	683209,079	9201183,498	32,937
189	683210,211	9201183,005	32,863
190	683212,112	9201182,501	33,929
191	683202,647	9201184,673	32,521
192	683204,711	9201183,584	33,424
193	683205,218	9201182,946	32,989
194	683208,887	9201180,082	32,798
195	683210,465	9201178,756	33,651
196	683203,073	9201179,810	33,260
197	683204,010	9201179,622	32,861

No	E(m)	N(m)	Z(m)
199	683204,970	9201178,638	32,775
200	683205,532	9201178,370	32,963
201	683206,564	9201178,099	32,949
202	683207,002	9201177,862	32,769
203	683208,184	9201176,838	33,562
204	683209,376	9201176,274	34,278
205	683208,839	9201178,622	33,272
206	683201,999	9201176,811	33,104
207	683203,189	9201176,193	33,308
208	683205,352	9201175,040	33,082
209	683206,320	9201174,473	33,033
210	683208,486	9201174,464	34,260
211	683207,351	9201172,009	32,501
212	683199,317	9201175,889	32,111
213	683213,005	9201189,664	33,570
214	683214,723	9201189,217	34,688
215	683213,936	9201187,771	34,625
216	683213,598	9201186,662	34,462
217	683213,150	9201185,088	34,307
218	683216,585	9201187,518	33,086
219	683216,917	9201186,779	33,042
220	683215,561	9201186,305	33,243
221	683216,502	9201185,010	32,670
222	683215,274	9201183,971	32,875
223	683215,675	9201181,504	32,382
224	683213,859	9201179,301	32,667
225	683212,902	9201176,892	32,724
226	683211,915	9201172,864	32,410

No	E(m)	N(m)	Z(m)
228	683212,479	9201175,264	32,507
229	683211,412	9201172,606	32,350
230	683210,009	9201170,990	31,924
231	683206,899	9201170,706	31,962
232	683208,885	9201170,314	31,748
233	683210,598	9201171,722	32,301
234	683208,796	9201167,740	30,941
235	683211,125	9201168,384	30,937
236	683213,327	9201170,546	30,901
237	683214,148	9201172,247	30,959
238	683221,436	9201188,596	30,845
239	683222,201	9201190,523	30,919
240	683223,015	9201193,013	30,960
241	683223,980	9201195,540	30,785
242	683225,220	9201202,328	30,883
243	683225,329	9201203,836	30,899
244	683224,710	9201205,091	31,083
245	683222,780	9201206,125	31,030
246	683214,867	9201203,195	30,870
247	683211,264	9201197,225	30,960
248	683208,634	9201196,028	31,139
249	683206,067	9201194,995	31,060
250	683199,432	9201185,535	30,727
251	683197,753	9201180,840	30,778
252	683195,119	9201178,667	30,768
253	683196,606	9201175,983	30,810

Tabel A2. Koordinat Detail Situasi Obyek (02)

No	E(m)	N(m)	Z(m)
1	683130,145	9201244,613	31,393
2	683130,449	9201243,846	31,402
3	683131,469	9201243,292	31,205
4	683135,253	9201242,283	30,626
5	683139,463	9201241,783	30,477
6	683145,386	9201238,313	30,474
7	683150,278	9201234,071	30,487
8	683150,278	9201234,071	30,487
9	683151,498	9201234,575	30,498
10	683153,734	9201236,207	30,604
11	683154,857	9201236,365	30,641
12	683155,075	9201237,937	30,638
13	683156,324	9201236,700	30,684
14	683156,523	9201238,756	30,647
15	683158,819	9201240,618	30,743
16	683161,643	9201244,113	30,826
17	683163,256	9201247,893	30,913
18	683166,038	9201255,331	31,028
19	683167,317	9201261,230	31,056
20	683167,096	9201263,647	31,056
21	683169,027	9201266,253	31,121
22	683168,361	9201269,254	31,019
23	683170,186	9201270,616	31,007
24	683170,562	9201272,75	30,911
25	683169,734	9201274,284	30,804
26	683167,317	9201261,230	31,056

No	E(m)	N(m)	Z(m)
28	683172,775	9201280,842	30,657
31	683161,414	9201284,246	30,721
32	683159,566	9201284,846	30,775
33	683157,845	9201285,512	30,752
34	683154,514	9201286,211	30,807
35	683152,903	9201285,871	30,933
36	683151,291	9201284,568	31,018
37	683150,787	9201284,778	31,100
38	683150,242	9201283,758	31,363
39	683149,496	9201282,145	31,411
40	683147,557	9201280,122	31,469
41	683145,918	9201276,976	31,423
42	683143,675	9201272,012	31,269
43	683141,418	9201267,765	31,347
44	683138,914	9201263,226	30,847
45	683138,914	9201263,226	30,847
46	683135,292	9201256,901	30,813
47	683134,587	9201254,883	31,049
48	683132,645	9201252,162	31,295
49	683130,421	9201248,034	31,119
50	683153,928	9201280,961	33,771
51	683152,087	9201279,658	33,365
52	683150,876	9201277,254	33,608
53	683149,556	9201274,446	33,658
54	683148,541	9201272,511	33,562
55	683148,321	9201270,411	33,916
56	683147,489	9201269,498	33,936
57	683145,022	9201266,803	33,376

No	E(m)	N(m)	Z(m)
59	683143,970	9201264,261	33,304
60	683143,632	9201261,432	33,941
61	683141,339	9201260,000	32,898
62	683140,222	9201260,150	32,445
63	683139,119	9201258,036	32,343
64	683138,980	9201257,124	32,570
65	683137,763	9201254,761	32,652
66	683137,224	9201252,276	32,846
67	683137,224	9201252,276	32,846
68	683137,891	9201249,089	33,656
69	683137,292	9201248,192	33,469
70	683139,053	9201246,911	33,322
71	683139,637	9201246,699	33,111
72	683141,849	9201246,684	34,012
73	683145,317	9201245,429	34,245
74	683146,091	9201243,749	33,283
75	683146,898	9201243,610	33,188
76	683147,087	9201242,647	32,938
77	683148,029	9201241,562	33,007
78	683148,817	9201239,871	32,479
79	683149,459	9201239,995	32,828
80	683151,643	9201239,339	32,803
81	683151,736	9201239,841	32,550
82	683150,601	9201240,098	32,443
83	683149,568	9201241,261	32,666
84	683149,568	9201241,261	32,666
85	683151,058	9201246,150	34,298
86	683149,556	9201274,446	33,658

No	E(m)	N(m)	Z(m)
88	683155,631	9201251,401	34,383
89	683156,095	9201253,369	34,343
90	683156,671	9201253,469	34,240
91	683157,075	9201254,386	34,152
92	683156,731	9201255,295	34,248
93	683155,715	9201255,109	33,976
94	683156,507	9201254,021	34,065
95	683156,518	9201254,710	33,957
96	683157,194	9201257,230	34,271
97	683156,798	9201258,332	33,977
98	683156,078	9201260,518	34,189
99	683156,174	9201263,151	34,175
100	683157,997	9201267,319	34,391
101	683159,153	9201267,370	34,570
102	683160,101	9201265,934	34,484
103	683158,292	9201262,021	34,269
104	683158,297	9201264,627	33,902
105	683157,643	9201262,623	34,090
106	683157,900	9201261,198	33,869
107	683159,011	9201258,673	34,041
108	683159,675	9201266,692	34,153
109	683159,498	9201264,886	34,283
110	683159,115	9201263,851	34,180
111	683160,006	9201277,464	34,677
112	683160,910	9201278,929	34,053
113	683162,498	9201279,432	33,140
114	683162,377	9201277,590	33,365
115	683159,115	9201263,851	34,180

No	E(m)	N(m)	Z(m)
117	683162,982	9201274,078	34,032
118	683161,743	9201271,093	34,250
119	683157,826	9201267,624	34,551
120	683162,728	9201267,910	33,840
121	683163,617	9201272,207	33,765
122	683164,214	9201274,975	34,020
123	683165,072	9201276,831	33,503
124	683164,223	9201279,506	33,105
125	683164,482	9201272,888	33,906
126	683163,047	9201270,187	33,711
127	683164,374	9201266,706	33,303
128	683162,421	9201264,450	33,652
129	683161,401	9201262,455	33,939
130	683161,887	9201260,365	33,422
131	683160,694	9201261,671	33,717
132	683161,680	9201265,078	33,470
133	683161,811	9201267,660	33,800
134	683162,247	9201269,770	33,524
135	683163,404	9201273,339	33,669
136	683163,581	9201275,739	33,557
137	683164,257	9201277,205	33,362
138	683152,569	9201262,883	34,299
139	683155,217	9201265,175	34,082
140	683151,576	9201258,696	34,443
141	683151,209	9201254,577	34,529
142	683151,945	9201253,255	34,260
143	683151,925	9201250,376	34,116
144	683150,457	9201248,293	34,476

No	E(m)	N(m)	Z(m)
146	683156,246	9201272,937	38,279
147	683155,536	9201280,701	34,064
148	683157,412	9201280,435	34,040
149	683159,154	9201279,645	33,978
150	683159,154	9201279,645	33,978
151	683153,760	9201275,162	36,109
152	683150,879	9201270,162	35,451
153	683149,773	9201264,974	36,037
154	683158,509	9201275,320	36,215
155	683159,349	9201273,797	36,107
156	683158,737	9201271,447	36,200
157	683153,474	9201266,582	35,412
158	683151,849	9201264,828	35,190
159	683150,444	9201261,121	35,094
160	683150,060	9201258,260	35,485
161	683149,084	9201255,850	35,706
162	683149,234	9201253,046	35,962
163	683148,491	9201250,977	36,473
164	683147,117	9201249,238	36,650
165	683144,768	9201247,869	35,807
166	683143,085	9201249,764	36,296
167	683143,085	9201249,764	36,296
168	683143,150	9201252,302	36,166
169	683145,048	9201254,676	36,289
170	683146,448	9201257,112	36,083
171	683146,056	9201258,706	35,555
172	683146,807	9201260,906	35,531
173	683147,746	9201262,858	35,708

No	E(m)	N(m)	Z(m)
175	683149,564	9201267,847	35,125
176	683152,328	9201272,927	35,864
177	683154,480	9201276,187	36,153
178	683151,907	9201242,049	33,107
179	683152,341	9201243,316	33,683
180	683153,337	9201244,456	33,882
181	683154,932	9201245,001	33,409
182	683156,257	9201247,164	33,669
183	683157,136	9201248,581	33,100
184	683145,449	9201251,083	37,976
185	683147,758	9201255,851	36,413
186	683148,156	9201259,708	36,134
187	683151,805	9201267,320	36,514
188	683153,436	9201269,339	37,074
189	683154,575	9201271,227	37,512
190	683155,368	9201272,199	37,930
191	683142,290	9201254,025	35,050
192	683141,524	9201250,319	35,472
193	683143,896	9201257,003	34,945
194	683147,786	9201247,188	35,216
195	683149,519	9201249,779	35,537
196	683150,704	9201236,790	31,412
197	683152,480	9201238,144	31,831
198	683154,662	9201240,666	31,540
199	683156,757	9201242,166	31,520
200	683161,454	9201253,119	32,011
201	683163,259	9201256,538	31,934
202	683164,470	9201260,421	31,903

No	E(m)	N(m)	Z(m)
205	683167,049	9201280,200	31,688
206	683163,691	9201281,637	31,993
207	683160,246	9201282,956	31,683
208	683157,676	9201284,422	31,325
209	683152,314	9201283,999	31,760
210	683151,440	9201282,218	32,009
211	683145,644	9201271,379	32,124
212	683144,542	9201268,752	32,180
213	683143,077	9201266,961	32,282
214	683141,879	9201265,071	31,987
215	683139,907	9201251,275	34,388
216	683138,067	9201251,750	33,250
217	683136,791	9201250,190	32,999
218	683136,836	9201248,337	33,348

Tabel A3. Koordinat Detail Situasi GPS RTK Obyek (01)

No	E(m)	N(m)	Z(m)
1	683208,823	9201166,032	30,092
2	683210,439	9201166,215	30,115
3	683210,74	9201166,752	30,149
4	683211,123	9201166,34	30,106
5	683212,102	9201166,708	30,063
6	683213,103	9201167,296	30,082
7	683214,092	9201167,895	30,075
8	683214,455	9201168,750	30,060
9	683215,842	9201170,667	30,044
10	683216,920	9201172,868	30,047
11	683216,846	9201173,692	30,050
12	683217,800	9201174,368	30,087
13	683218,075	9201175,893	30,069
14	683218,749	9201177,537	30,022
15	683218,366	9201178,222	30,001
16	683219,670	9201179,149	30,062
17	683220,589	9201180,835	30,106
18	683220,559	9201182,457	30,095
19	683221,703	9201183,932	30,060
20	683222,790	9201186,532	29,991
21	683223,521	9201188,666	30,021
22	683225,754	9201191,822	30,061
23	683225,415	9201194,887	30,081
24	683227,823	9201199,731	30,065
25	683227,938	9201202,052	30,024
26	683195,727	9201180,682	30,151

No	E(m)	N(m)	Z(m)
28	683226,227	9201205,854	30,224
29	683223,946	9201207,132	30,114
30	683220,842	9201207,772	30,132
31	683216,564	9201206,502	29,899
32	683214,313	9201204,928	30,006
33	683212,394	9201202,280	29,948
34	683212,671	9201201,238	30,040
35	683213,284	9201200,317	30,089
36	683212,475	9201198,857	30,074
37	683211,094	9201198,749	30,079
38	683209,172	9201198,693	30,028
39	683207,202	9201197,833	30,019
40	683206,496	9201198,554	30,025
41	683205,535	9201197,909	30,061
42	683205,360	9201197,185	30,043
43	683205,351	9201196,589	30,062
44	683204,849	9201196,269	30,097
45	683203,828	9201196,123	30,010
46	683201,377	9201194,815	29,927
47	683201,815	9201195,200	30,014
48	683202,185	9201193,338	30,294
49	683201,142	9201192,955	29,990
50	683201,098	9201191,814	29,997
51	683199,968	9201191,082	29,940
52	683199,103	9201189,857	29,912
53	683198,793	9201188,570	29,895
54	683197,799	9201187,730	29,895
55	683197,540	9201185,639	29,965

No	E(m)	N(m)	Z(m)
57	683196,614	9201181,939	30,025
58	683195,727	9201180,682	30,151
59	683194,170	9201181,171	30,14
60	683193,623	9201181,102	30,071
61	683193,385	9201180,727	30,171
62	683193,824	9201179,005	30,036
63	683194,066	9201177,913	30,010
64	683194,751	9201176,343	29,979
65	683196,066	9201174,102	30,071
66	683197,290	9201172,681	30,085
67	683201,034	9201171,583	30,051
68	683202,583	9201168,981	30,132
69	683205,109	9201168,1	30,173
70	683206,922	9201166,189	30,142
71	683207,265	9201166,556	30,116
72	683208,016	9201166,055	30,110
73	683209,360	9201166,748	30,390
74	683210,024	9201168,002	31,014
75	683210,944	9201167,49	30,600
76	683212,257	9201168,417	30,549
77	683212,679	9201169,419	30,932
78	683214,794	9201174,413	30,915
79	683215,081	9201175,903	31,235
80	683215,575	9201177,241	31,071
81	683216,356	9201178,375	30,893
82	683217,139	9201180,197	31,192
83	683218,200	9201182,146	31,094
84	683219,089	9201184,698	31,122

No	E(m)	N(m)	Z(m)
86	683223,875	9201196,809	30,971
87	683223,205	9201198,195	31,029
88	683223,271	9201199,728	30,931
89	683224,399	9201201,248	30,731
90	683226,507	9201204,726	30,155
91	683226,097	9201205,383	30,582
92	683226,946	9201203,935	30,055
93	683226,647	9201203,227	30,024
94	683226,671	9201202,506	30,098
95	683222,069	9201198,231	31,716
96	683220,304	9201200,385	31,941
97	683220,304	9201200,385	31,941
98	683218,861	9201201,630	31,975
99	683216,926	9201202,861	32,094
100	683216,965	9201203,253	31,986
101	683219,895	9201204,040	32,131
102	683221,787	9201205,425	31,982
103	683223,198	9201203,575	31,651
104	683223,198	9201203,575	31,651
105	683223,609	9201202,792	31,630
106	683223,044	9201201,243	31,487
107	683221,754	9201200,291	31,619
108	683220,759	9201200,889	31,823
109	683222,459	9201200,926	31,447
110	683222,528	9201202,272	31,711
111	683221,196	9201201,828	31,790
112	683221,859	9201203,322	31,796
113	683220,664	9201203,201	31,896

No	E(m)	N(m)	Z(m)
115	683221,288	9201204,028	31,892
116	683222,349	9201205,013	31,720
117	683220,743	9201204,254	32,043
118	683223,603	9201205,700	30,973
119	683221,432	9201206,216	31,374
120	683218,521	9201203,684	31,870
121	683220,302	9201205,898	31,127
122	683219,192	9201205,518	31,115
123	683218,187	9201204,85	31,006
124	683216,397	9201204,192	30,855
125	683214,690	9201201,432	31,219
126	683215,198	9201200,405	31,403
127	683214,248	9201197,929	31,105
128	683202,923	9201190,618	31,272
129	683204,374	9201193,905	31,222
130	683200,957	9201187,763	30,917
131	683199,778	9201184,304	30,608
132	683199,669	9201183,122	30,633
133	683198,751	9201181,755	30,733
134	683197,871	9201179,395	30,892
135	683197,677	9201178,48	30,898
136	683196,011	9201177,845	31,075
137	683195,774	9201177,053	30,715
138	683194,286	9201180,165	30,488
139	683194,936	9201179,681	30,772
140	683194,928	9201179,683	30,769
141	683195,821	9201180,197	30,443
142	683197,717	9201174,403	30,957

No	E(m)	N(m)	Z(m)
144	683199,154	9201173,614	30,801
145	683202,054	9201172,860	30,862
146	683203,884	9201171,192	31,422
147	683206,213	9201169,291	30,970
148	683207,823	9201168,314	30,974
149	683216,994	9201201,495	32,686
150	683217,726	9201199,945	33,190
151	683216,657	9201199,710	32,486
152	683218,919	9201200,486	32,497
153	683216,833	9201196,802	33,051
154	683218,756	9201197,094	34,337
155	683220,723	9201197,115	33,141
156	683215,113	9201195,809	32,593
157	683216,667	9201195,444	33,202
158	683218,479	9201195,735	34,400
159	683221,196	9201195,186	32,665
160	683214,139	9201194,350	33,132
161	683215,664	9201193,748	33,143
162	683218,042	9201194,438	34,378
163	683219,935	9201193,358	32,844
164	683220,651	9201193,06	32,671
165	683217,327	9201193,337	34,395
166	683219,266	9201191,865	32,925
167	683219,884	9201191,778	32,760
168	683212,015	9201193,628	33,046
169	683213,069	9201191,860	33,251
170	683213,558	9201191,228	33,101
171	683216,818	9201192,078	34,451

No	E(m)	N(m)	Z(m)
173	683216,075	9201190,743	34,492
174	683218,159	9201188,861	32,855
175	683210000	9201190,672	33,146
176	683211,554	9201187,995	33,225
177	683209,604	9201193,229	32,936
178	683206,528	9201191,793	33,021
179	683207,552	9201190,474	32,333
180	683209,009	9201189,088	33,599
181	683209,859	9201187,397	33,664
182	683211,010	9201186,122	33,075
183	683204,157	9201187,639	32,877
184	683204,544	9201187,075	32,590
185	683205,465	9201185,953	33,124
186	683206,465	9201185,259	32,580
187	683208,060	9201184,244	33,540
188	683209,079	9201183,498	32,937
189	683210,211	9201183,005	32,863
190	683212,112	9201182,501	33,929
191	683202,647	9201184,673	32,521
192	683204,711	9201183,584	33,424
193	683205,218	9201182,946	32,989
194	683208,887	9201180,082	32,798
195	683210,465	9201178,756	33,651
196	683203,073	9201179,810	33,260
197	683204,010	9201179,622	32,861
198	683204,561	9201179,127	32,992
199	683204,970	9201178,638	32,775
200	683205,532	9201178,370	32,963

No	E(m)	N(m)	Z(m)
202	683207,002	9201177,862	32,769
203	683208,184	9201176,838	33,562
204	683209,376	9201176,274	34,278
205	683208,839	9201178,622	33,272
206	683201,999	9201176,811	33,104
207	683203,189	9201176,193	33,308
208	683205,352	9201175,040	33,082
209	683206,32	9201174,473	33,033
210	683208,486	9201174,464	34,26
211	683207,351	9201172,009	32,501
212	683199,317	9201175,889	32,111
213	683213,005	9201189,664	33,57
214	683214,723	9201189,217	34,688
215	683213,936	9201187,771	34,625
216	683213,598	9201186,662	34,462
217	683213,150	9201185,088	34,307
218	683216,585	9201187,518	33,086
219	683216,917	9201186,779	33,042
220	683215,561	9201186,305	33,243
221	683216,502	9201185,010	32,670
222	683215,274	9201183,971	32,875
223	683215,675	9201181,504	32,382
224	683213,859	9201179,301	32,667
225	683212,902	9201176,892	32,724
226	683211,915	9201172,864	32,410
227	683211,381	9201176,789	33,192
228	683212,479	9201175,264	32,507
229	683211,412	9201172,606	32,350

No	E(m)	N(m)	Z(m)
231	683206,899	9201170,706	31,962
232	683208,885	9201170,314	31,748
233	683210,598	9201171,722	32,301
234	683208,796	9201167,74	30,941
235	683211,125	9201168,384	30,937
236	683213,327	9201170,546	30,901
237	683214,148	9201172,247	30,959
238	683221,436	9201188,596	30,845
239	683222,201	9201190,523	30,919
240	683223,015	9201193,013	30,960
241	683223,980	9201195,540	30,785
242	683225,220	9201202,328	30,883
243	683225,329	9201203,836	30,899
244	683224,710	9201205,091	31,083
245	683222,780	9201206,125	31,030
246	683214,867	9201203,195	30,870
247	683211,264	9201197,225	30,960
248	683208,634	9201196,028	31,139
249	683206,067	9201194,995	31,060
250	683199,432	9201185,535	30,727
251	683197,753	9201180,84	30,778
252	683195,119	9201178,667	30,768
253	683196,606	9201175,983	30,810

Tabel A4. Koordinat GPS RTK Obyek (02)

No	E(m)	N(m)	Z(m)
1	683130,145	9201244,613	31,393
2	683130,449	9201243,846	31,402
3	683131,469	9201243,292	31,205
4	683135,253	9201242,283	30,626
5	683139,463	9201241,783	30,477
6	683145,386	9201238,313	30,474
7	683150,278	9201234,071	30,487
8	683150,278	9201234,071	30,487
9	683151,498	9201234,575	30,498
10	683153,734	9201236,207	30,604
11	683154,857	9201236,365	30,641
12	683155,075	9201237,937	30,638
13	683156,324	9201236,700	30,684
14	683156,523	9201238,756	30,647
15	683158,819	9201240,618	30,743
16	683161,643	9201244,113	30,826
17	683163,256	9201247,893	30,913
18	683166,038	9201255,331	31,028
19	683167,317	9201261,230	31,056
20	683167,096	9201263,647	31,056
21	683169,027	9201266,253	31,121
22	683168,361	9201269,254	31,019
23	683170,186	9201270,616	31,007
24	683170,562	9201272,75	30,911
25	683169,734	9201274,284	30,804
26	683170,704	9201277,497	30,741

No	E(m)	N(m)	Z(m)
28	683172,775	9201280,842	30,657
31	683161,414	9201284,246	30,721
32	683159,566	9201284,846	30,775
33	683157,845	9201285,512	30,752
34	683154,514	9201286,211	30,807
35	683152,903	9201285,871	30,933
36	683151,291	9201284,568	31,018
37	683150,787	9201284,778	31,100
38	683150,242	9201283,758	31,363
39	683149,496	9201282,145	31,411
40	683147,557	9201280,122	31,469
41	683145,918	9201276,976	31,423
42	683143,675	9201272,012	31,269
43	683141,418	9201267,765	31,347
44	683138,914	9201263,226	30,847
45	683138,914	9201263,226	30,847
46	683135,292	9201256,901	30,813
47	683134,587	9201254,883	31,049
48	683132,645	9201252,162	31,295
49	683130,421	9201248,034	31,119
50	683153,928	9201280,961	33,771
51	683152,087	9201279,658	33,365
52	683150,876	9201277,254	33,608
53	683149,556	9201274,446	33,658
54	683148,541	9201272,511	33,562
55	683148,321	9201270,411	33,916
56	683147,489	9201269,498	33,936
57	683145,022	9201266,803	33,376

No	E(m)	N(m)	Z(m)
59	683143,970	9201264,261	33,304
60	683143,632	9201261,432	33,941
61	683141,339	9201260,000	32,898
62	683140,222	9201260,150	32,445
63	683139,119	9201258,036	32,343
64	683138,980	9201257,124	32,570
65	683137,763	9201254,761	32,652
66	683137,224	9201252,276	32,846
67	683137,224	9201252,276	32,846
68	683137,891	9201249,089	33,656
69	683137,292	9201248,192	33,469
70	683139,053	9201246,911	33,322
71	683139,637	9201246,699	33,111
72	683141,849	9201246,684	34,012
73	683145,317	9201245,429	34,245
74	683146,091	9201243,749	33,283
75	683146,898	9201243,610	33,188
76	683147,087	9201242,647	32,938
77	683148,029	9201241,562	33,007
78	683148,817	9201239,871	32,479
79	683149,459	9201239,995	32,828
80	683151,643	9201239,339	32,803
81	683151,736	9201239,841	32,550
82	683150,601	9201240,098	32,443
83	683149,568	9201241,261	32,666
84	683149,568	9201241,261	32,666
85	683151,058	9201246,150	34,298
86	683153,564	9201246,257	34,192

No	E(m)	N(m)	Z(m)
88	683155,631	9201251,401	34,383
89	683156,095	9201253,369	34,343
90	683156,671	9201253,469	34,240
91	683157,075	9201254,386	34,152
92	683156,731	9201255,295	34,248
93	683155,715	9201255,109	33,976
94	683156,507	9201254,021	34,065
95	683156,518	9201254,710	33,957
96	683157,194	9201257,230	34,271
97	683156,798	9201258,332	33,977
98	683156,078	9201260,518	34,189
99	683156,174	9201263,151	34,175
100	683157,997	9201267,319	34,391
101	683159,153	9201267,370	34,570
102	683160,101	9201265,934	34,484
103	683158,292	9201262,021	34,269
104	683158,297	9201264,627	33,902
105	683157,643	9201262,623	34,090
106	683157,900	9201261,198	33,869
107	683159,011	9201258,673	34,041
108	683159,675	9201266,692	34,153
109	683159,498	9201264,886	34,283
110	683159,115	9201263,851	34,180
111	683160,006	9201277,464	34,677
112	683160,910	9201278,929	34,053
113	683162,498	9201279,432	33,140
114	683162,377	9201277,590	33,365
115	683163,163	9201275,889	33,594

No	E(m)	N(m)	Z(m)
117	683162,982	9201274,078	34,032
118	683161,743	9201271,093	34,250
119	683157,826	9201267,624	34,551
120	683162,728	9201267,910	33,840
121	683163,617	9201272,207	33,765
122	683164,214	9201274,975	34,020
123	683165,072	9201276,831	33,503
124	683164,223	9201279,506	33,105
125	683164,482	9201272,888	33,906
126	683163,047	9201270,187	33,711
127	683164,374	9201266,706	33,303
128	683162,421	9201264,450	33,652
129	683161,401	9201262,455	33,939
130	683161,887	9201260,365	33,422
131	683160,694	9201261,671	33,717
132	683161,680	9201265,078	33,470
133	683161,811	9201267,660	33,800
134	683162,247	9201269,770	33,524
135	683163,404	9201273,339	33,669
136	683163,581	9201275,739	33,557
137	683164,257	9201277,205	33,362
138	683152,569	9201262,883	34,299
139	683155,217	9201265,175	34,082
140	683151,576	9201258,696	34,443
141	683151,209	9201254,577	34,529
142	683151,945	9201253,255	34,260
143	683151,925	9201250,376	34,116
144	683150,457	9201248,293	34,476

No	E(m)	N(m)	Z(m)
146	683156,246	9201272,937	38,279
147	683155,536	9201280,701	34,064
148	683157,412	9201280,435	34,040
149	683159,154	9201279,645	33,978
150	683159,154	9201279,645	33,978
151	683153,760	9201275,162	36,109
152	683150,879	9201270,162	35,451
153	683149,773	9201264,974	36,037
154	683158,509	9201275,320	36,215
155	683159,349	9201273,797	36,107
156	683158,737	9201271,447	36,200
157	683153,474	9201266,582	35,412
158	683151,849	9201264,828	35,190
159	683150,444	9201261,121	35,094
160	683150,060	9201258,260	35,485
161	683149,084	9201255,850	35,706
162	683149,234	9201253,046	35,962
163	683148,491	9201250,977	36,473
164	683147,117	9201249,238	36,650
165	683144,768	9201247,869	35,807
166	683143,085	9201249,764	36,296
167	683143,085	9201249,764	36,296
168	683143,150	9201252,302	36,166
169	683145,048	9201254,676	36,289
170	683146,448	9201257,112	36,083
171	683146,056	9201258,706	35,555
172	683146,807	9201260,906	35,531
173	683147,746	9201262,858	35,708

No	E(m)	N(m)	Z(m)
175	683149,564	9201267,847	35,125
176	683152,328	9201272,927	35,864
177	683154,480	9201276,187	36,153
178	683151,907	9201242,049	33,107
179	683152,341	9201243,316	33,683
180	683153,337	9201244,456	33,882
181	683154,932	9201245,001	33,409
182	683156,257	9201247,164	33,669
183	683157,136	9201248,581	33,100
184	683145,449	9201251,083	37,976
185	683147,758	9201255,851	36,413
186	683148,156	9201259,708	36,134
187	683151,805	9201267,320	36,514
188	683153,436	9201269,339	37,074
189	683154,575	9201271,227	37,512
190	683155,368	9201272,199	37,930
191	683142,290	9201254,025	35,050
192	683141,524	9201250,319	35,472
193	683143,896	9201257,003	34,945
194	683147,786	9201247,188	35,216
195	683149,519	9201249,779	35,537
196	683150,704	9201236,790	31,412
197	683152,480	9201238,144	31,831
198	683154,662	9201240,666	31,540
199	683156,757	9201242,166	31,520
200	683161,454	9201253,119	32,011
201	683163,259	9201256,538	31,934
202	683164,470	9201260,421	31,903

No	E(m)	N(m)	Z(m)
204	683168,464	9201278,065	31,480
205	683167,049	9201280,2	31,688
206	683163,691	9201281,637	31,993
207	683160,246	9201282,956	31,683
208	683157,676	9201284,422	31,325
209	683152,314	9201283,999	31,760
210	683151,44	9201282,218	32,009
211	683145,644	9201271,379	32,124
212	683144,542	9201268,752	32,180
213	683143,077	9201266,961	32,282
214	683141,879	9201265,071	31,987
215	683139,907	9201251,275	34,388
216	683138,067	9201251,75	33,250
217	683136,791	9201250,19	32,999
218	683136,836	9201248,337	33,348

Dokumentasi Penelitian

Pengambilan data Terrestrial Laser Scanner

Pengambilan data Total Station

Stockpile Batubara PT. Barkalin Surabaya

Pengambilan data GPS RTK

BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Bojonegoro, pada 29 September 1995. Pendidikan dasar hingga Pendidikan menengah ke atas di Bojonegoro, perguruan tinggi ditempuh dan diselesaikan penulis di Surabaya. Penulis memulai pendidikan Strata 1 di Jurusan Teknik Geomatika FTSP ITS pada tahun 2014 dengan Nomor Registrasi Peserta (NRP) 03311440000033. Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif di berbagai kegiatan organisasi. Penulis juga aktif dalam beberapa proyek bidang Terestris. Penulis memilih bidang Geodesi Surveying dengan sub bidang Terestrial dalam penulisan tugas akhir yang berjudul "Studi Pengukuran Volumetrik Timbunan dengan Menggunakan Instrument Terrestrial Laser Scanner, Total Station, serta GPS RTK".