

Gambar 3. 21 Tampilan <i>generate contour</i>	29
Gambar 3. 22 Tampilan hasil.....	30
Gambar 3. 23 <i>Draw Selection</i>	30
Gambar 3. 24 Tampilan Gambar	30
Gambar 3. 25 Tampilan <i>Shape Properties</i>	31
Gambar 3. 26 Pemilihan <i>Boundary</i>	31
Gambar 3. 27 <i>Export DEM</i>	32
Gambar 3. 28 Tampilan <i>save as</i>	32
Gambar 3. 29 Tampilan hasil	32
Gambar 3. 30 Tampilan <i>create point</i>	33
Gambar 3. 31 Tampilan <i>import point</i>	33
Gambar 3. 32 Tampilan <i>import point</i>	34
Gambar 3. 33 tampilan <i>point file format</i>	34
Gambar 3. 34 tampilan <i>creafe surface</i>	35
Gambar 3. 35 tampilan <i>select surface style</i>	35
Gambar 3. 36 tampilan <i>surface style</i>	36
Gambar 3. 37 Tampilan <i>sufrace style contour</i>	36
Gambar 3. 38 Tampilan <i>sufrace style contour</i>	37
Gambar 3. 39 Tampilan <i>toolspace prospector</i>	38
Gambar 3. 40 Tampilan <i>point groups</i>	38
Gambar 3. 41 Tampilan <i>area line</i>	39
Gambar 3. 42 Tampilan <i>modify</i>	39
Gambar 3. 43 tampilan <i>create sample line group</i>	40
Gambar 3. 44 tampilan <i>sample line tools</i>	40
Gambar 3. 45 tampilan <i>create sample lines by station range</i>	41
Gambar 3. 46 tampilan <i>Create Multiple section Views General</i>	42
Gambar 3. 47 tampilan <i>set band properties</i>	42
Gambar 3. 48 Tampilan <i>Cross Section</i>	42
Gambar 3. 49 Tampilan <i>section plan</i>	43
Gambar 3. 50 Tampilan <i>section plan</i>	43
Gambar 3. 51 tampilan <i>section sources</i>	44
Gambar 3. 52 tampilan <i>import point</i>	45

Gambar 3. 53 Tampilan <i>toolspace prospector</i>	46
Gambar 3. 54 hasil <i>import point</i>	46
Gambar 3. 55 hasil <i>import point</i>	47
Gambar 3. 56 tampilan <i>volumes and materials</i>	47
Gambar 3. 57 tampilan <i>create new volume</i>	47
Gambar 3. 58 tampilan <i>create surface</i>	48
Gambar 3. 59 tampilan <i>create surface</i>	48
Gambar 3. 60 hasil menggunakan <i>TIN Volume Surface</i>	49
Gambar 3. 61 tampilan <i>create surface</i>	49
Gambar 3. 62 tampilan <i>create surface</i>	50
Gambar 3. 63 Hasil menggunakan <i>grid volume surface</i>	50
Gambar 3. 64 tampilan <i>edit material</i>	51
Gambar 4. 1 Grafik metode <i>TIN</i>	55
Gambar 4. 2 Grafik metode <i>grid</i>	56
Gambar 4. 3 Grafik metode <i>average end area</i>	58
Gambar 4. 4 Grafik evaluasi <i>grid</i> dan <i>TIN</i>	60
Gambar 4. 5 Grafik evaluasi <i>average end area</i> dan <i>TIN</i>	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	15
Tabel 3. 1 Total volume <i>total station</i>	52
Tabel 3. 2 Total volume LiDAR	52
Tabel 4. 1 Volume <i>total station</i> dan LiDAR (TIN).....	54
Tabel 4. 2 Volume <i>total station</i> dan LiDAR (<i>Grid</i>).....	56
Tabel 4. 3 Volume <i>total station</i> dan LiDAR (<i>average end area</i>)	57
Tabel 4. 4 Perbandingan metode perhitungan	59
Tabel 4. 5 Volume timbunan <i>grid</i> dan TIN.....	60
Tabel 4. 6 Volume timbunan <i>average end area</i> dan TIN.....	61
Tabel 4. 7 volume timbunan berdasarkan <i>surface</i>	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan Jalan Tol Solo - Yogyakarta - NYIA Kulon Progo Seksi 2 Paket 2.2B merupakan proyek strategis nasional yang bertujuan mengurangi kepadatan lalu lintas. Untuk menjamin ketelitian data elevasi dan presisi perhitungan kuantitas material pada pekerjaan tanah timbunan, diperlukan analisis terhadap volume timbunan dari hasil pemetaan tanah eksisting. Jumlah titik ukur sampel yang terbatas dapat menyebabkan bentuk permukaan tanah tidak tergambarkan secara detail, sehingga pemodelan permukaan mengalami kesalahan interpolasi yang berpotensi membuat ketidaksesuaian kuantitas material aktual di lapangan.

Pengukuran permukaan tanah secara konvensional menggunakan *total station* memang memberikan presisi tinggi per titik, namun kerapatan titik sampelnya terbatas pada area bervegetasi yang luas. Untuk mengatasi kendala tersebut, teknologi LiDAR dimanfaatkan melalui pemancaran pulsa laser yang mampu menghasilkan jutaan titik *point cloud* 3D secara rapat dan detail.

Di sisi lain, pengolahan data topografi tersebut memanfaatkan perangkat lunak *Building Information Modeling* (BIM) yaitu Autodesk Civil 3D. Civil 3D menyediakan tiga metode perhitungan volume timbunan dengan pendekatan matematis yang berbeda, yaitu *Triangulated Irregular Network* (TIN), *grid*, dan *Average end area*. Di antara ketiga metode tersebut, metode TIN mampu merepresentasikan permukaan tanah yang tidak rata dan memiliki perubahan elevasi yang tajam dikarenakan metode TIN menggunakan seluruh titik koordinat dan elevasi secara langsung dari data pengukuran asli tanpa melalui proses penyederhanaan linier. Oleh karena itu, metode TIN dinilai paling sesuai untuk pemodelan permukaan di daerah bergelombang serta mampu meningkatkan akurasi perhitungan volume tanah (Wahyudi & Riyanto, 2023). Sebaliknya, metode *grid* memiliki keterbatasan berupa risiko terlewatnya detail kontur akibat penyederhanaan ukuran sel, sedangkan metode *Average end area* bergantung pada asumsi kelurusan linier antar penampang melintang yang berpotensi mengalami

penyederhanaan profil penampang melintang. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi untuk mengetahui apakah pengoptimalan kerapatan spasi pada metode *grid* dan penyempitan interval jarak penampang melintang pada metode *Average end area* mampu menghasilkan volume yang mendekati nilai acuan dari metode TIN.

Peninjauan ini fokus untuk menganalisis selisih volume timbunan khususnya STA 56+450 - 56+950 antara data *total station* dan UAV LiDAR, sekaligus mengevaluasi bagaimana metode *grid* dan *Average end area* dapat mendekati akurasi perhitungan metode TIN di Civil 3D.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Berapa besar selisih volume timbunan berdasarkan pengukuran permukaan tanah eksisting dari *total station* dan UAV LiDAR.
2. Menganalisis perbedaan hasil perhitungan volume yang dihasilkan oleh metode TIN, *grid*, dan *average end area* pada Civil 3D.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya selisih volume tanah timbunan antara akuisisi data *total station* dan UAV LiDAR. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi batas optimal kerapatan spasi metode *grid* serta interval penampang metode *average end area* agar mampu menghasilkan volume yang konsisten terhadap nilai acuan metode TIN pada Autodesk Civil 3D.

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini, terdapat juga manfaat bagi beberapa pihak berikut :

1.4.1 Manfaat Penelitian bagi Penulis

Dari penelitian tugas akhir ini penulis juga mendapatkan manfaat dari apa yang diteliti, yaitu sebagai berikut :

1. Mengembangkan wawasan dan pemahaman secara mendalam mengenai penggunaan teknologi geodesi modern dalam dunia teknik

- sipil, khususnya perbandingan penggunaan antara metode *total station* dan UAV LiDAR untuk perhitungan volume tanah.
2. Menambah keterampilan praktis dalam mengolah data lapangan berbentuk point cloud dan titik ukur dengan menggunakan perangkat lunak untuk menghasilkan analisis selisih volume yang akurat.
 3. Sebagai salah satu syarat akademis dalam menyelesaikan studi Diploma III program studi Teknologi Konstruksi Jalan dan Jembatan.

1.4.2 Manfaat Penelitian bagi Institusi Pendidikan.

Dari penelitian tugas akhir ini adapun manfaat bagi institusi pendidikan, yaitu sebagai berikut :

1. Menjadi referensi ilmiah dan pustaka akademis bagi institusi pendidikan, khususnya mengenai perhitungan volume tanah menggunakan metode TIN, *grid*, dan *average end area* berdasarkan data hasil pengukuran *total station* dan UAV LiDAR.
2. Memberikan kontribusi berupa studi kasus nyata yang dapat digunakan sebagai bahan evaluasi atau bahan ajar materi perkuliahan, khususnya pada mata kuliah Ilmu Ukur Tanah dan *Building Information Modeling* (BIM).
3. Menunjukkan peran aktif institusi pendidikan dalam mengikuti perkembangan teknologi industri konstruksi modern.

1.4.3 Manfaat Penelitian bagi Masyarakat Umum

Dari penelitian tugas akhir ini adapun manfaat bagi masyarakat umum, yaitu sebagai berikut :

1. Tersedianya informasi mengenai metode perhitungan volume tanah yang lebih akurat sehingga dapat mendukung pembangunan infrastruktur yang berkualitas.
2. Peningkatan akurasi perhitungan volume tanah yang mendukung pembangunan infrastruktur yang lebih efektif, efisien, dan berkualitas.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini lebih spesifik dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada area pekerjaan tanah timbunan badan jalan di proyek Jalan Tol Solo - Yogyakarta - NYIA Kulon Progo Seksi 2 Paket 2.2B khususnya pada STA 56+450 – 56+950.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data *total station* hasil survei aktual dalam format DWG, data LiDAR UAV dalam format LAS yang sudah dibersihkan dari *noise*, serta data timbunan eksisting dalam bentuk titik koordinat format dwg berupa titik koordinat yang telah tersedia dari pihak proyek.
3. Proses pemodelan permukaan eksisting atau DTM dan perhitungan volume murni menggunakan bantuan perangkat lunak Agisoft Metashape Professional dan Autodesk Civil 3D.
4. Penelitian ini membahas perbandingan akurasi hasil perhitungan volume tanah berdasarkan data hasil pengukuran *total station* dan UAV LiDAR menggunakan metode TIN, *grid*, dan *average end area*.
5. Volume timbunan yang dianalisis dalam penelitian ini dibatasi pada timbunan *mainroad*. Pada lokasi penelitian, timbunan *mainroad* berpotongan dengan *Ramp 1* dan *Ramp 3* sehingga area yang dianalisis hanya mencakup bagian *mainroad* dan tidak termasuk area ramp.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode *Total Station*

Terestris merupakan metode pengukuran bidang tanah yang dilakukan secara langsung di lapangan. Pengukuran dilakukan melalui teknik trilaterasi (jarak), triangulasi (sudut), maupun triangulaterasi (kombinasi sudut dan jarak). Data tersebut diperoleh menggunakan peralatan survei, seperti pita ukur dan *total station*, yang digunakan untuk menentukan posisi titik-titik pengukuran secara akurat (Pratama dkk., 2020).

Total station adalah alat ukur elektronik yang dikembangkan dari *theodolite* dan telah dilengkapi dengan kemampuan pengukuran sudut serta jarak secara digital. Dalam penggunaannya, alat ini memanfaatkan *reflector* sebagai target pengukuran yang berfungsi menggantikan bak ukur. *total station* mengintegrasikan teknologi *theodolite* dengan *Electronic Distance Measurement* (EDM), sehingga mampu melakukan pengukuran secara lebih cepat dan akurat (Ahmad dkk., 2024).

Kelebihan metode *terestris* menggunakan alat *total station* adalah dapat digunakan diberbagai situasi, hasil akurat, kecepatan dalam pengambilan data dan memiliki presisi tinggi. *total station* juga mudah melakukan pengolahan data seperti penggambaran dan perhitungan luas (Pratama dkk., 2020).

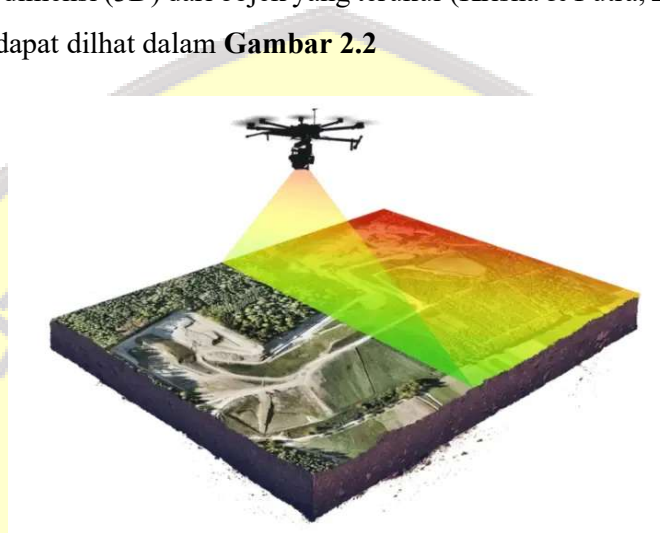
Pengoprasian *total station* membutuhkan minimal 2 orang sebagai operator alat dan *helper* seperti dalam **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Pengukuran Menggunakan Alat *Total station*
(Sumber : Geometri Makassar, 2026)

2.2 Metode Light Detection and Ranging (LiDAR)

LiDAR merupakan sensor yang bekerja dengan cara memancarkan sinar laser ke suatu objek di permukaan bumi, kemudian menerima kembali sinar yang dipantulkan oleh objek tersebut. Pantulan sinar laser yang diterima akan diolah untuk menentukan jarak antara sensor dan objek. Dengan memanfaatkan informasi posisi serta orientasi sensor, data tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan koordinat tiga dimensi (3D) dari objek yang terukur (Krisna & Putra, 2016). Contoh sinar LiDAR dapat dilihat dalam **Gambar 2.2**



Gambar 2. 2 Pengukuran Menggunakan LiDAR UAV
(Sumber : Geometri Mira, 2022)

Teknologi UAV banyak digunakan karena mampu membantu proses pengumpulan data lapangan secara lebih cepat dan efisien. Salah satu jenis data yang banyak digunakan dalam pemetaan dan survei konstruksi adalah *point cloud*, yaitu kumpulan titik-titik koordinat tiga dimensi yang dapat menggambarkan bentuk permukaan suatu objek atau area secara detail. Kini sensor LiDAR dapat dipasang pada UAV sehingga proses pengumpulan data menjadi lebih fleksibel dan efisien. Data hasil pemindaian selanjutnya diolah menjadi *point cloud* yang dapat merepresentasikan kondisi permukaan tanah maupun berbagai objek di lapangan dalam bentuk tiga dimensi (3D). (Kwon *et al.*, 2017).

UAV yang digunakan dalam penelitian ini adalah DJI Matrice 300 RTK (*Real-Time Kinematic*) yang bisa dilihat pada **Gambar 2.3**. UAV yang digunakan telah dilengkapi dengan sensor LiDAR untuk memperoleh data *point cloud*.



Gambar 2. 3 DJI Matrice 300 RTK
(Sumber : PT Adhi Karya, 2026)

2.3 Building Information Modelling (BIM)

BIM merupakan teknologi berbasis perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung proses perencanaan, pelaksanaan, hingga pengelolaan suatu bangunan selama siklus hidupnya. (Nelson & Sekarsari, 2019).

Penggunaan teknologi digital seperti BIM dan pemodelan 3D memberikan banyak manfaat dalam pelaksanaan proyek konstruksi. BIM dapat membantu meningkatkan ketelitian dalam proses perancangan dan mempermudah koordinasi selama proyek berlangsung. Penggunaan BIM juga dapat menghemat waktu dan biaya pada tahap perencanaan maupun perancangan. Visualisasi proyek yang ditampilkan dalam bentuk 3D membuat desain lebih mudah dipahami karena gambaran bangunan terlihat lebih jelas. BIM juga mampu menyimpan dan mengelola berbagai informasi proyek, seperti data geometris, material, dan estimasi biaya, dalam satu model yang terintegrasi. Saat ini, BIM telah banyak diterapkan di berbagai negara dan menjadi salah satu standar dalam industri konstruksi (Ramadhani & Rengganis, 2024).

2.3.1 Autodesk Civil 3D

Civil 3D adalah program desain berbasis model 3D yang menyediakan banyak fitur canggih seperti dapat menghasilkan model *trase horizontal*, profil *vertikal*, dan penampang melintang berdasarkan data survei yang telah diperoleh, perangkat lunak Civil 3D dapat memudahkan proses desain dan meningkatkan keakuratan hasil desain. Salah satu keunggulan utama perangkat lunak Civil 3D adalah dapat melakukan penyesuaian apabila terjadi perubahan

desain selama proses perencanaan. Dengan memanfaatkan data topografi dan hasil survei lapangan yang terintegrasi, Civil 3D dapat membantu insan teknik sipil dalam menyusun desain jalan yang sesuai dengan standar yang berlaku, sekaligus mempertimbangkan aspek keselamatan, efisiensi, dan kondisi lingkungan sekitar (Yuliyanti dkk., 2025).

Perhitungan yang digunakan Civil 3D untuk menghitung volume *cut and fill* terdapat 3 metode yaitu metode *surface to surface Triangulated Irregular Network* (TIN), *surface to surface grid* dan *average end area*,

Civil 3D tidak hanya menampilkan visualisasi bentuk lahan, tetapi juga memberikan fitur perhitungan volume pekerjaan tanah seperti *cut and fill*. Volume tersebut dapat dihitung melalui tiga metode yaitu :

1. *Surface to surface Triangulated Irregular Network* (TIN)

TIN *volume surface* merupakan permukaan yang dibentuk dari permukaan dasar (*base surface*) dan permukaan pembanding (*comparison surface*) untuk menghitung selisih elevasi di antara keduanya. Permukaan ini dapat digunakan untuk menampilkan kontur galian (*cut*) dan timbunan (*fill*), serta menghitung volume galian, timbunan, dan volume bersih (Autodesk, 2025). Dapat dilihat pada **Gambar 2.4** Tin menggunakan sudut segitiga untuk memperoleh nilai Z atau nilai selisih antara *eksisting ground* dan *finishing ground* lalu nilai Z dirata-ratakan dan dikalikan dengan luas segitiga dari bayangan permukaan, penjabaran rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{Z1 + Z2 + Z3}{3} \times A$$

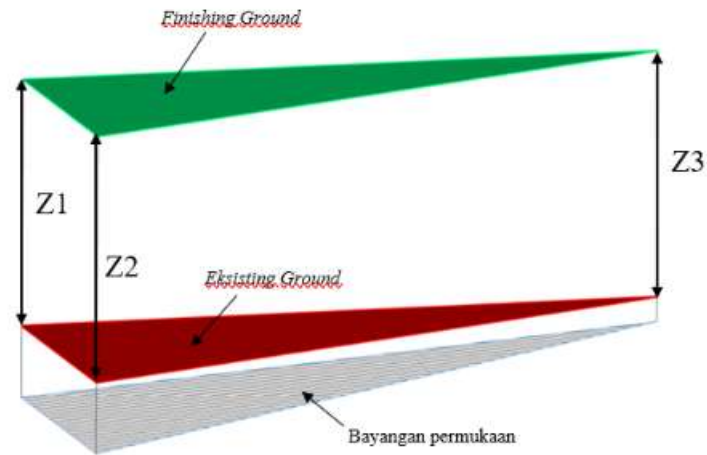
Keterangan :

V = Volume

A = Luas triangle

Z = Jarak antar *surface* berdasarkan sudut segitiga

3 = Jumlah sudut



Gambar 2.4 *Triangulated Irregular Network (TIN)*
(Sumber : Penulis, 2026)

2. Surface To Surface Grid

Grid volume surface adalah metode pendekatan untuk menghitung selisih antara permukaan acuan (*base surface*) dan permukaan pembandingan (*comparison surface*). Metode ini membentuk kotak (*grid*) dari kumpulan titik yang nilai *Z*nya merepresentasikan perbedaan elevasi antara kedua permukaan tersebut. Sehingga, nilai selisih yang dihasilkan oleh *grid volume surface* hanya akurat pada titik-titik perpotongan *grid* tersebut. Ketentuan ini berlaku untuk seluruh kombinasi jenis permukaan, baik *base* maupun *comparison surface* yang berbasis *grid*, TIN, maupun gabungan keduanya. (Autodesk, 2025), Pada **Gambar 2.5** cara *grid* mendapatkan *volume* yaitu dengan merata-rata nilai *Z* yang diperoleh dari nilai selisih jarak antara *existing ground* dengan *finishing ground* dari setiap sudut persegi (*grid*), lalu dikalikan dengan luas permukaan persegi (*grid*), dengan penjabaran rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{Z1 + Z2 + Z3 + Z4}{4} \times A$$

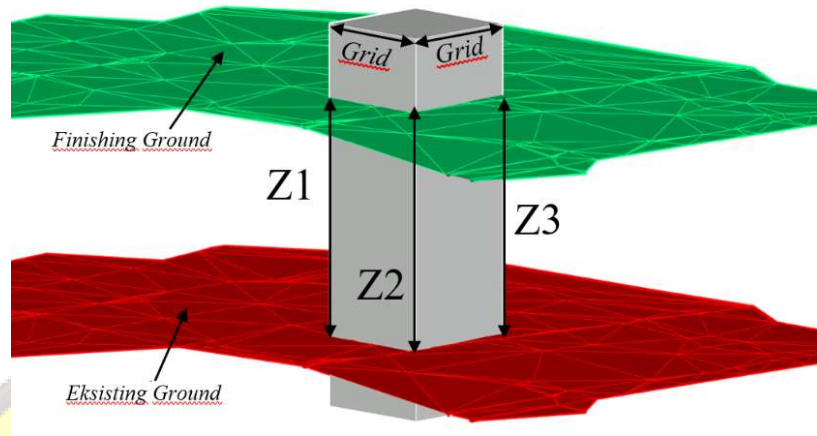
Keterangan :

V = Volume

Z = Jarak antar *surface* berdasarkan sudut

A = Luas kotak

4 = Jumlah sudut



Gambar 2.5 Grid
(Sumber : Penulis, 2026)

3. *Average end area*

Metode *average end area* adalah metode untuk menghitung volume di antara dua penampang melintang (*cross section*). Perhitungannya dilakukan dengan mengambil rata-rata luas kedua penampang, kemudian mengalikannya dengan jarak antar penampang sehingga diperoleh nilai *volume* (Autodesk, 2025). Seperti pada **Gambar 2.6**, *average end area* memperoleh *volume* dengan cara menghitung luasan penampang A1 dan penampang A2 lalu dirata-ratakan setelah itu dikalikan dengan jarak penampang, dengan penjabaran rumus sebagai berikut :

$$V = \left(\frac{A1 + A2}{2} \right) L$$

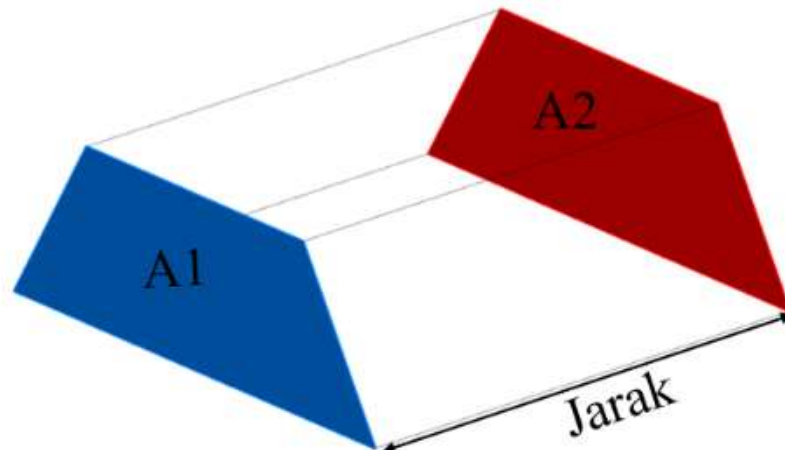
Keterangan :

V = Volume

L = Jarak antar area

A = Luas area

2 = Jumlah penampang



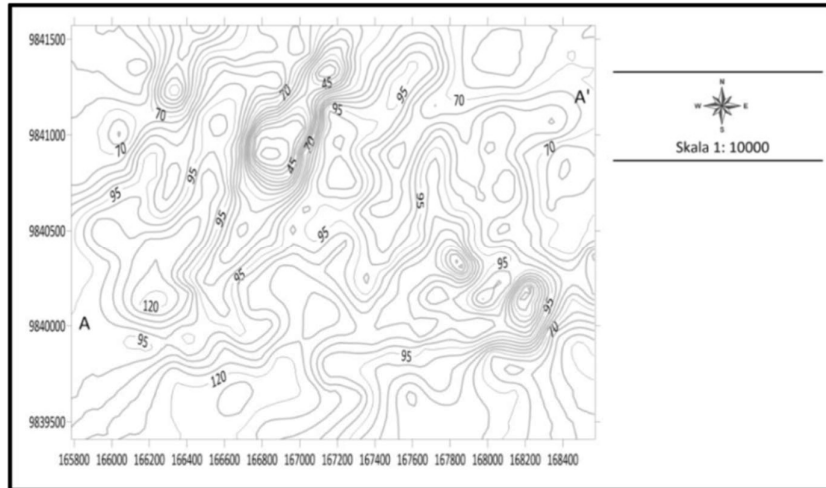
Gambar 2. 6 *Average end area*
(Sumber : Penulis, 2026)

2.4 Agisoft Metashape Professional

Agisoft metashape professional merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data foto udara hasil akuisisi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Perangkat lunak ini dapat menghasilkan berbagai produk pemetaan, seperti *dense point cloud*, model tiga dimensi (3D), *Digital Elevation Model* (DEM), *Digital Surface Model* (DSM), dan *orthomosaic*. Agisoft metashape juga mampu menggabungkan puluhan hingga ratusan foto udara sehingga menghasilkan model permukaan yang memiliki tingkat akurasi tinggi. Oleh karena itu, perangkat lunak ini banyak dimanfaatkan dalam kegiatan pemetaan, survei, dan dokumentasi kondisi permukaan bumi (Pinatik & Papilaya, 2024).

2.5 Kontur

Kontur merupakan garis imajiner yang menghubungkan titik-titik yang memiliki elevasi atau ketinggian yang sama pada suatu permukaan lahan. Garis kontur dapat menunjukkan bentuk permukaan tanah dan juga dapat memberi informasi tentang perbedaan elevasi antar titik dan nilai ketinggian sebenarnya terhadap bidang acuan. Informasi ini diperlihatkan dengan menggambarkan garis garis kontur secara rapat pada daerah terjal dan renggang pada daerah landai, serta menuliskan nilai kontur yang merupakan ketinggian garis diatas bidang acuan (Hasim dkk., 2015). Contoh garis kontur pada permukaan tanah dapat dilihat dalam **Gambar 2.7.**



Gambar 2. 7 Garis kontur
(Sumber : Rianto, 2023)

2.6 Digital Elevation Model (DEM)

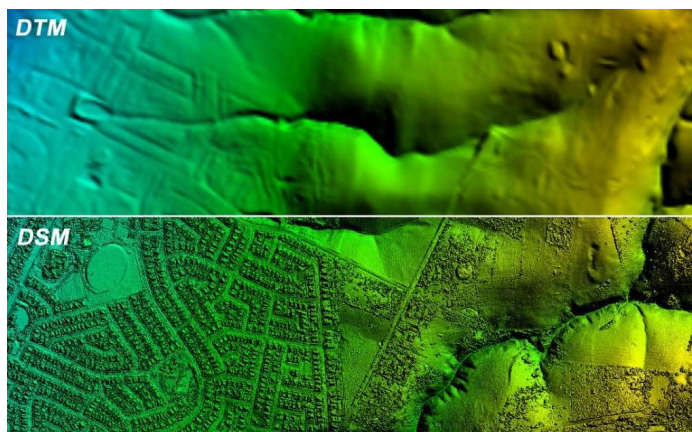
Digital Elevation Model (DEM) merupakan salah satu media penyajian bentuk permukaan bumi sehingga dapat divisualisasikan ke dalam tampilan 3D. DEM dapat dimanfaatkan sebagai model representasi serta alat analisis untuk mengkaji berbagai fenomena yang berhubungan dengan topografi dan kondisi permukaan bumi. (Ferry Sobatnu, 2016). DEM dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu:

1. Digital Surface Model (DSM)

DSM menyajikan lebih banyak informasi mengenai ketinggian termasuk semua objek yang berada di atas permukaan bumi seperti vegetasi, gedung, dan infrastruktur lainnya.

2. Digital Terrain Model (DTM)

DTM menyajikan informasi mengenai ketinggian permukaan tanah (*bare earth surface*) tanpa vegetasi maupun bangunan dan infrastruktur (Wirantiko dkk., 2020). Contoh perbedaan DTM dan DSM dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2. 8 Perbandingan DTM dan DSM
(Sumber : Zona Spasial, 2018)

2.7 Pekerjaan Tanah

Pekerjaan tanah merupakan tahapan awal dalam pembangunan infrastruktur. Proses ini mencakup kegiatan pengupasan tanah, pemotongan kontur, penggalian dan pengurungan yang bertujuan membentuk struktur dasar sesuai dengan desain geometrik yang telah dirancang (Syamsuar & Mumtaz, 2025). Pekerjaan tanah ini membutuhkan akurasi tinggi untuk menjamin stabilitas struktural serta ketepatan elevasi badan jalan. Pekerjaan timbunan juga sebagian dari pekerjaan tanah yang berfungsi untuk mengisi area cekungan atau elevasi rendah menggunakan material tertentu hingga mencapai elevasi rencana (Supit, 2020).

2.7.1 Pekerjaan Timbunan

Pekerjaan timbunan tanah merupakan aspek paling penting dalam pembangunan infrastruktur seperti badan jalan, lereng, dan tanggul (Fatmawati dkk., 2023). Timbunan pada jalan tol berfungsi untuk meningkatkan elevasi tanah yang rendah sesuai dengan elevasi rencana, dan sebagai pendukung struktur jalan agar mampu menahan beban lalu lintas sesuai rencana. Terdapat jenis utama pada timbunan tanah yang digunakan dalam pekerjaan timbunan yaitu sebagai berikut:

1. Timbunan Biasa/Umum

Timbunan biasa adalah jenis timbunan yang menggunakan material tanah biasa yang memenuhi persyaratan teknis tertentu untuk pengurungan umum di luar batas area struktural. Material untuk timbunan biasa ini umumnya diperoleh dari hasil galian atau diambil

dari lokasi Sumber bahan (*borrow pit*) di sekitar area proyek yang telah disetujui mutu dan karakteristik tanahnya (PT Pekerjaan Umum, 2025).

2. Timbunan Pilihan (*Selected Material*)

Timbunan pilihan merupakan jenis timbunan yang menggunakan material tanah atau batuan yang memiliki karakteristik serta persyaratan teknis yang lebih ketat dan spesifik dibandingkan dengan timbunan biasa. Material ini harus memiliki gradasi butiran yang baik, sifat plastisitas yang rendah, serta nilai daya dukung atau *California Bearing Ratio* (CBR) tertentu setelah dipadatkan sesuai dengan standar mutu yang disyaratkan kontrak (Pekerjaan Umum, 2025).

3. Timbunan Pilihan Berbutir (*granular selected fill*)

Timbunan pilihan butir merupakan klasifikasi material urukan berkualitas tinggi yang terdiri atas batuan atau pasir dengan gradasi butiran kasar yang terpilih secara selektif. Material ini wajib memenuhi standar kelulusan air yang baik, serta memiliki nilai *California Bearing Ratio* (CBR) yang sangat tinggi guna menjamin kekuatan struktural yang maksimal setelah melalui proses pemadatan (Pekerjaan Umum, 2025).

2.8 Estimasi Volume

Perhitungan estimasi volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) merupakan aspek penting dalam manajemen proyek konstruksi yang menjadi basis utama untuk penentuan progres fisik dan pengajuan opname pembayaran kontraktual (Ginting dkk., 2024). Kesalahan dalam perhitungan estimasi volume dapat menyebabkan pembengkakan anggaran biaya proyek (*volume error*) yang juga dapat menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan material *real* di lapangan yang berpotensi mengganggu jadwal pelaksanaan konstruksi.

Dalam perkembangannya, pemodelan geometri tanah modern untuk menghitung estimasi volume dilakukan secara digital melalui pembentukan model tiga dimensi yang dikenal sebagai *Digital Terrain Model* (DTM). Salah satu metode matematis komputerisasi yang memiliki keandalan tinggi dalam menghitung volume *cut and fill* secara global adalah metode volume komposit (*composite volume Method*).

Secara prinsip, metode volume komposit bekerja dengan cara menghitung selisih matematis secara langsung antara tinggi garis kontur permukaan tanah asli (*original surface*) terhadap garis permukaan elevasi tanah rencana (*design surface*) (Gultom dkk., 2020).

2.9 Penelitian Terdahulu

Terdapat penelitian terdahulu sebagai pembanding dan referensi untuk penelitian ini.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Judul dan Peneliti	Keterangan
<i>Credibility of 3D Volume Computation Using GIS for Pit Excavation and Roadway Constructions</i> (Khalil, 2015)	1. Tujuan Penelitian 2. Alat Penelitian a. Perangkat Keras : Laptop b. Perangkat Lunak : ArcGIS 10 (3D Analyst) dan Microsoft Excel 3. Hasil a. Hasil menunjukkan bahwa TIN dan sebagian besar metode <i>grid</i> menghasilkan volume yang sangat mendekati volume acuan pada permukaan dengan lereng landai. Pada lereng curam, Kriging memberikan hasil terbaik terhadap volume acuan. Jika dibandingkan dengan <i>average end area</i>, metode TIN, IDW, <i>Topo to Raster</i>, dan <i>Nearest Neighbor</i> memberikan hasil yang paling mendekati, sedangkan <i>Spline</i> dan <i>Kriging</i> menunjukkan penyimpangan yang lebih besar pada kondisi tertentu. Penelitian juga menyimpulkan bahwa distribusi titik sangat memengaruhi akurasi perhitungan volume.
<i>Accuracy Assessment of UAV LiDAR Compared to Traditional Total station for Geospatial Data Collection in Land Surveying Contexts</i> (Tamimi & Toth, 2024)	1. Tujuan Penelitian Menganalisis dan mengevaluasi tingkat akurasi data geospasial yang diperoleh menggunakan <i>UAV LiDAR</i> dibandingkan dengan <i>Total station</i> pada kegiatan survei

pemetaan lahan, serta menilai kelayakan UAV LiDAR sebagai alternatif metode survei konvensional

2. Alat Penelitian

- a. UAV DJI Matrice 350 RTK yang dilengkapi sensor LiDAR DJI Zenmuse L2
- b. DJI Terra untuk pengolahan data LiDAR
- c. *Total station*

3. Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa data UAV LiDAR memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan menghasilkan perbedaan elevasi yang lebih kecil dibandingkan hasil pengukuran *Total station*. UAV LiDAR mampu mengumpulkan data secara lebih cepat dengan cakupan area yang lebih luas, sehingga berpotensi menjadi alternatif yang efisien untuk survey topografi dan pemetaan geospasial, meskipun *Total station* tetap memberikan akurasi yang sangat baik untuk pengukuran titik secara detail.

(Sumber : Penulis, 2026)

Berdasarkan **Tabel 2.1** diatas, terdapat beberapa persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang dilakukan. Persamaannya terletak pada penggunaan Civil 3D untuk perhitungan volume timbunan, penerapan metode perhitungan volume seperti *Triangulated Irregular Network (TIN)*, *Grid Volume Surface*, dan *Average End Area*, serta pemanfaatan data hasil pengukuran *total station* dan UAV LiDAR. Perbedaannya, Khalil (2015) mengevaluasi keterpercayaan berbagai metode perhitungan volume pada ArcGIS berdasarkan metode interpolasi, sedangkan Tamimi dan Toth (2024) berfokus pada evaluasi akurasi data geospasial antara UAV LiDAR dan *total station*. Adapun penelitian ini membandingkan volume timbunan berdasarkan *surface* hasil pengukuran *total station* dan LiDAR menggunakan metode TIN, *Grid Volume Surface*, dan *Average End Area*, sehingga dapat dianalisis

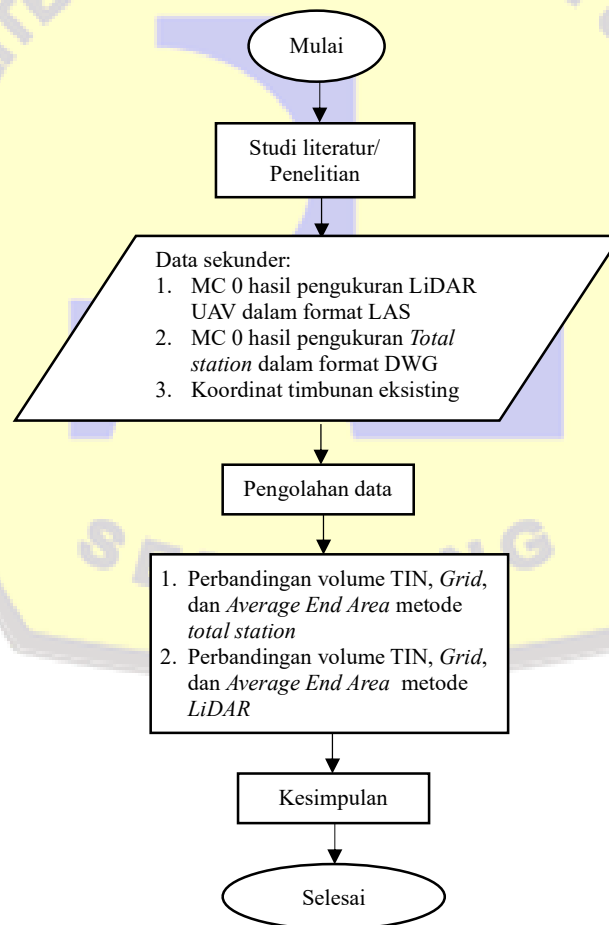
pengaruh perbedaan sumber data dan metode perhitungan terhadap hasil volume yang diperoleh.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir dan Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif, yaitu jenis penelitian yang dilaksanakan secara sistematis, terencana, dan terstruktur sejak tahap perencanaan hingga penyusunan desain penelitian. Penelitian ini menggunakan data berupa angka sebagai dasar dalam proses pengumpulan, pengolahan, analisis, dan penyajian hasil penelitian. Data yang diperoleh umumnya berbentuk angka, frekuensi, atau persentase yang digunakan untuk menguji hipotesis dan menjawab permasalahan penelitian (Syahroni, 2022).



3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam waktu 6 bulan yang dimulai dari tanggal 19 PT 2026 hingga 19 Juli 2026. Penelitian dilaksanakan pada Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Seksi 2 Paket 2.2B khususnya pada STA 56+450 – STA 56+950, alasan pemilihan lokasi tersebut sebagai studi kasus adalah karena lokasi yang dipilih telah mendapatkan perizinan dan disetujui oleh PT. Adhi Karya Proyek jalan tol Solo – Yogyakarta– NYIA Kulon Progo seksi 2 paket 2.2B. Gambar lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian
(Sumber : Penulis, 2026)

3.3 Subjek Penelitian

Penelitian ini memfokuskan pada perbandingan perhitungan volume menggunakan metode pengukuran *terestris* dengan *total station* dan metode pengukuran LiDAR UAV. Perbandingan dilakukan dengan menghitung volume berdasarkan *surface existing* yang dihasilkan dari masing-masing metode pada perangkat lunak Civil 3D. Selanjutnya, volume hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan volume timbunan *real* untuk memperoleh nilai selisih antara kedua metode pengukuran.

3.4 Etika Penelitian

Penelitian ini menggunakan data dari Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Seksi 2 Paket 2.2B yang melibatkan data kontur dan volume timbunan. Oleh karena itu, peneliti memastikan bahwa seluruh data yang digunakan

telah mendapatkan izin dari Bapak Gibran selaku mentor magang dan digunakan semata-mata untuk kepentingan akademik.

Dalam penyusunan penelitian ini, seluruh sumber yang digunakan dicantumkan melalui sitasi dan daftar pustaka sesuai kaidah penulisan ilmiah. Keaslian serta keakuratan data dan analisis yang disajikan dijaga agar penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang dibutuhkan yaitu data eksisting STA 56+450 – 56+950 dari LiDAR dan *total station* dan data timbunan aktual yang akan dijadikan koordinat, prosedur pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data sekunder.

3.5.1 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui koordinasi dan izin dari pihak kontraktor pelaksana, PT Ahdi Karya (Persero) Tbk,. Data yang diperoleh yaitu :

1. Koordinat MC-0 permukaan eksisting pengukuran *total station*.
2. Point Cloud MC-0 permukaan eksisting pengukuran LiDAR.
3. Koordinat MC-100 tanah timbunan.

3.6 Metode Pengolahan Data dan Analisa Data

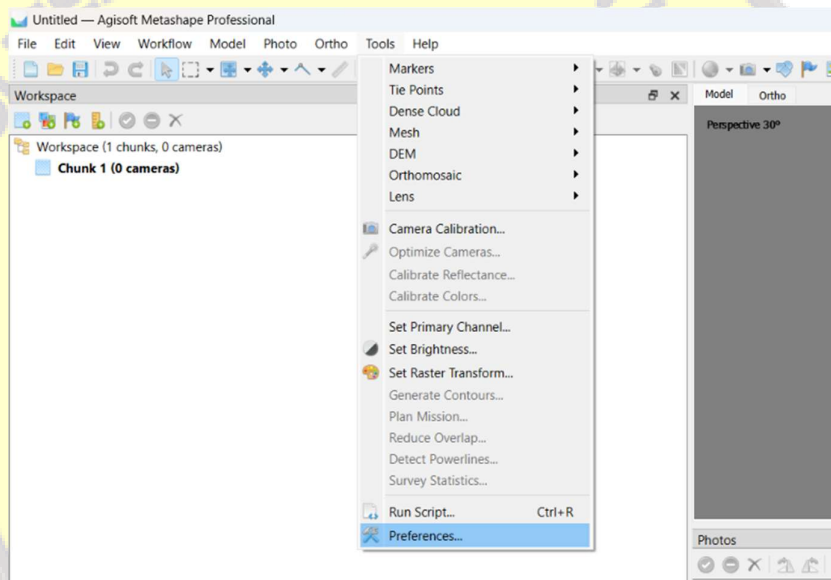
Pengolahan data dan analisis data merupakan langkah setelah pengumpulan data, langkah awal pengolahan data dilakukan dengan mengubah data *point cloud* dari LiDAR menjadi data koordinat menggunakan perangkat lunak agisoft metashape, setelah itu data koordinat dari LiDAR diolah bersama data koordinat dari total station dan koordinat tanah timbunan menggunakan perangkat lunak Civil 3D. Tahapan pengolahan data akan dijelaskan oleh peneliti.

3.6.1 Tahapan Pengolahan Data LiDAR

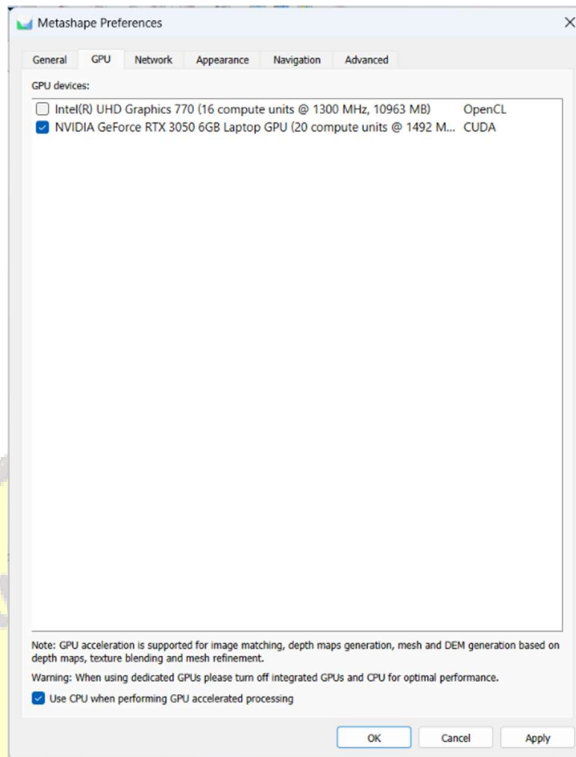
Proses pengolahan data pada Agisoft Metashape Professional yaitu merubah data *point cloud* LiDAR yang sudah difilter menjadi koordinat, berikut adalah langkah-langkahnya :

1. Mengaktifkan GPU (*Graphics Processing Unit*) atau VGA (*Video Graphics Array*)

Pengaktifan GPU atau VGA bertujuan untuk mempercepat dan mempermudah proses pengolahan data dari LiDAR karena terdapat banyak titik yang seharusnya diproses oleh GPU, biasanya laptop kelas menengah memiliki 2 GPU, untuk pemilihan GPU usahakan pilih *dedicated* GPU, dikarenakan GPU tersebut memiliki performa yang lebih kuat daripada *intergrated*, tampilan *tools* dan tampilan *preferences* dapat dilihat pada **Gambar 3.3** dan **Gambar 3.4**. Langkah mengaktifkan GPU dimulai dengan: Buka perangkat lunak Agisoft Metashape → Klik *tools* → *Preferences* → GPU → *Checklist* pada GPU dari NVIDIA → klik Ok.



Gambar 3.3 Tampilan Tools
(Sumber : Penulis, 2026)

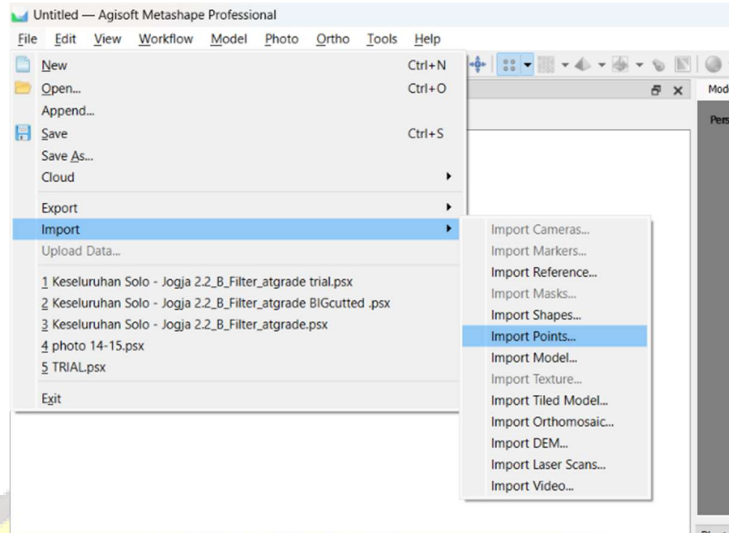


Gambar 3. 4 Tampilan Preferences
(Sumber : Penulis, 2026)

2. *Import point* dari *file* format *.las*

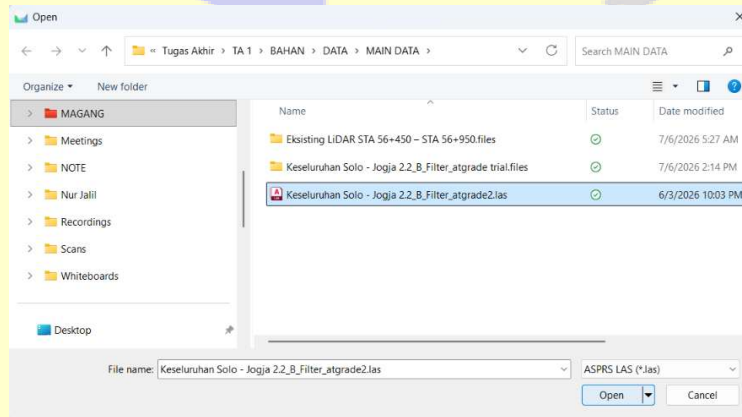
Dikarenakan *file* asli LiDAR berbentuk *.las* maka *file* harus di *import point* lalu *save file* dengan format *.spx* agar bisa diproses oleh Agisoft. Tahap detail sebagai berikut :

- a. Pilih menu *file* → *import* → *import point*, tampilan menu *file* dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



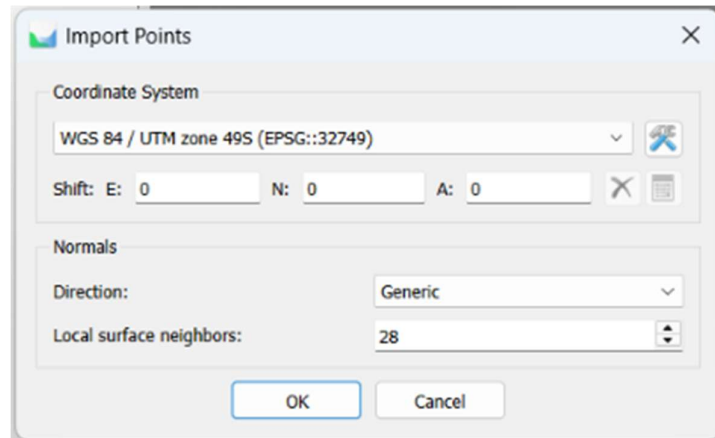
Gambar 3. 5 Tampilan menu *File*
(Sumber : Penulis, 2026)

- b. Pilih “Keseluruhan Solo – Jogja 2.2_B_Filter_atgrade2.las” → *open*, Tampilan *Folder* dapat dilihat pada **Gambar 3.6**



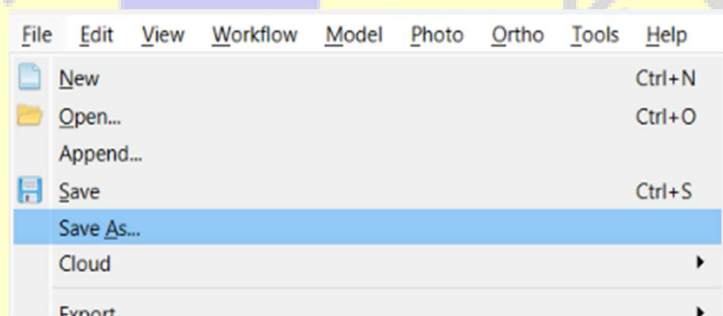
Gambar 3. 6 Tampilan *Folder*
(Sumber : Penulis, 2026)

- c. Pilih *Coordinate System* “WGS 84 / UTM zone 49S (EPSG::32749)” → *Ok*, Tampilan *import point* dapat dilihat pada **Gambar 3.7.**

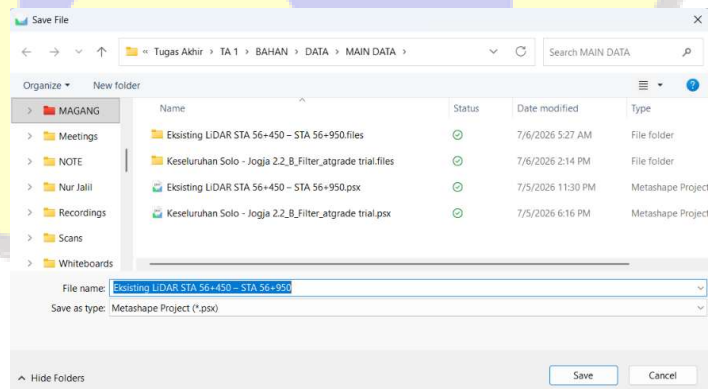


Gambar 3. 7 Tampilan *Import Point*
(Sumber : Penulis, 2026)

- d. Pilih *File* → *Save as* → beri nama “Eksisting LiDAR STA 56+450 – STA 56+950” → *save*, Tampilan menu *file* dan Tampilan *save file* dapat dilihat pada **Gambar 3.8** dan **Gambar 3.9**.



Gambar 3. 8 Tampilan menu *file*
(Sumber : Penulis, 2026)



Gambar 3. 9 Tampilan *save file*
(Sumber : Penulis, 2026)

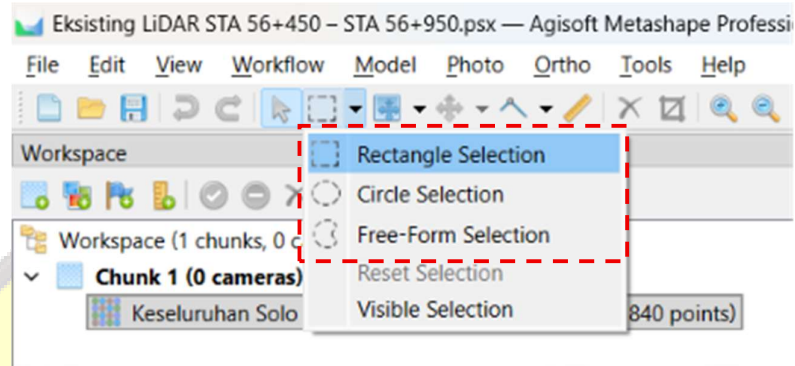
3. Pilih area disekitar STA 56+450 – STA 56+950

Dikarenakan data LiDAR yang dipakai yaitu hanya pada STA 56+450 – STA 56+950, maka hapus area yang tidak diperlukan

untuk mengurangi jumlah titik yang akan dijadikan koordinat, berikut langkah-langkahnya:

- a. Pilih salah 1(satu) diantara *draw rectangle*, *circle* atau *free-form selection* untuk memilih titik yang akan dihapus seperti pada

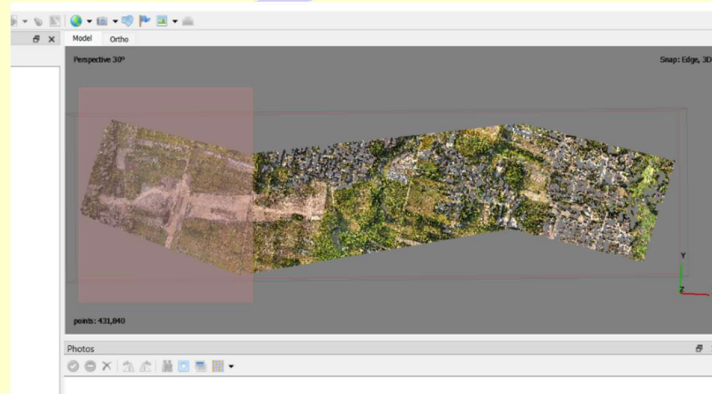
Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Tampilan *selection*

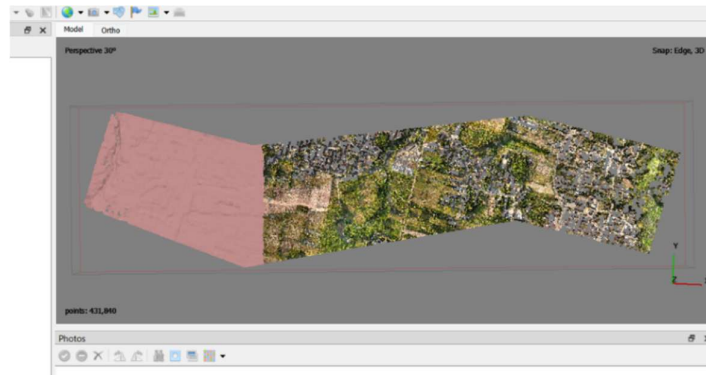
(Sumber : Penulis, 2026)

- b. Pilih area dengan menekan dan menyeret kursor lalu setelah area terpilih tekan delete, Seperti pada **Gambar 3.11**, **Gambar 3.12** dan **Gambar 3.13**

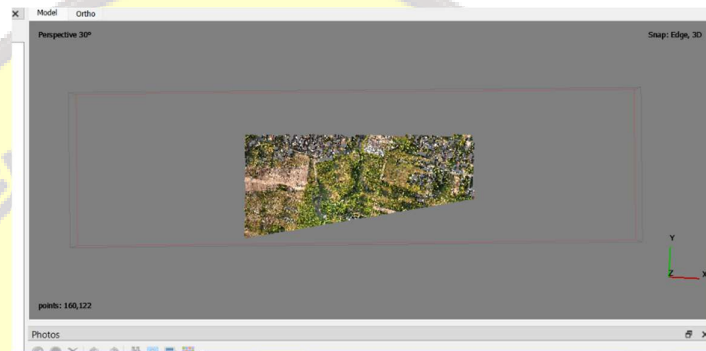


Gambar 3. 11 Tampilan memilih titik

(Sumber : Penulis, 2026)



Gambar 3. 12 Tampilah titik terpilih
(Sumber : Penulis, 2026)

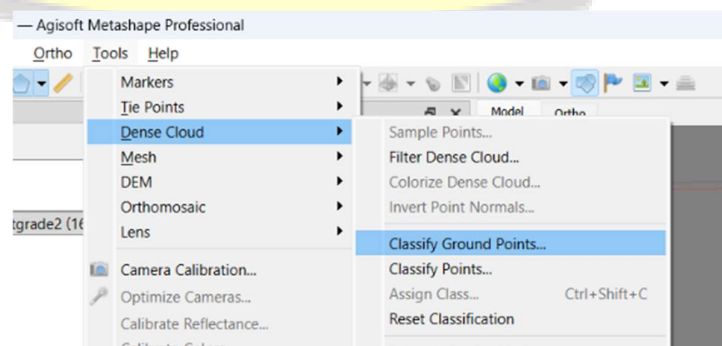


Gambar 3. 13 Tampilan titik yang sudah terhapus
(Sumber : Penulis, 2026)

4. Memisahkan vegetasi dan rumah

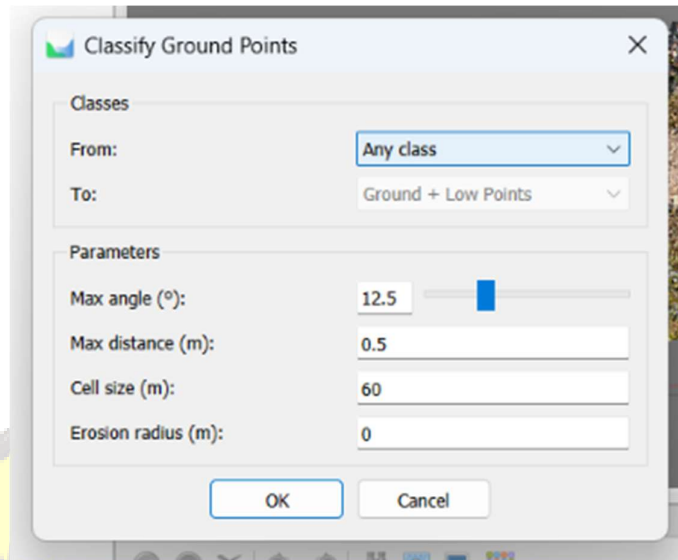
Setelah itu pisahkan vegetasi dan rumah dengan *ground* atau tanah dengan cara *Classify Ground Points*, berikut langkah-langkahnya:

- a. Pilih *Tools* → *Dense Cloud* → *Classify Ground Points* → pilih *any class* → *Ok*, Tampilan *dense cloud* dan tampilan *classify ground points* dapat dilihat pada **Gambar 3.14** dan **Gambar 3.15**.



Gambar 3. 14 Tampilan *dense cloud*

(Sumber : Penulis, 2026)

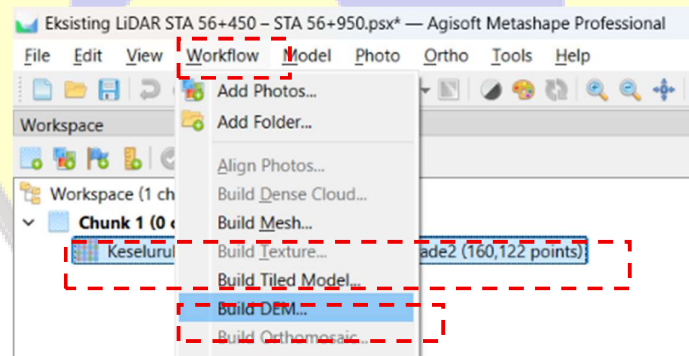


Gambar 3. 15 Tampilan *classify ground points*
(Sumber : Penulis, 2026)

5. Build DEM (*Digital Elevation Model*)

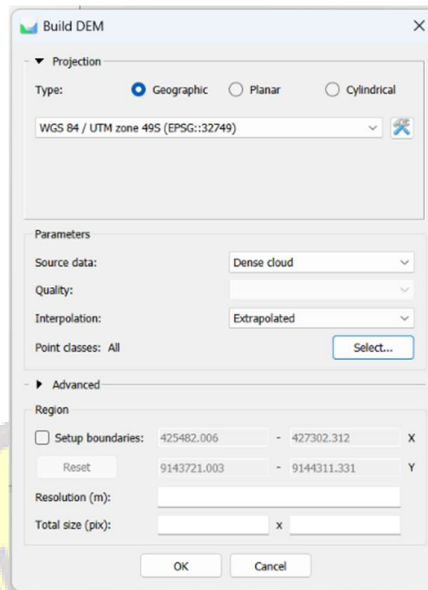
Build DEM bertujuan untuk membuat model elevasi digital secara 3D dengan cara yang menyatukan titik-titik tersebut menjadi sebuah permukaan peta elevasi yang utuh. Berikut adalah langkah-langkahnya:

- Pilih *Chunk* → buka menu *Workflow* → *Build DEM*, seperti pada **Gambar 3.16**.

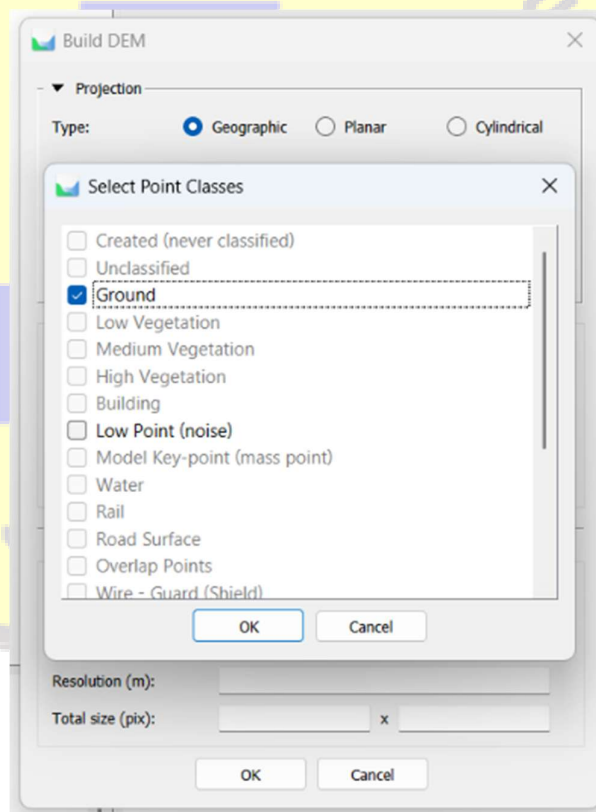


Gambar 3. 16 Tampilan *Workflow*
(Sumber : Penulis, 2026)

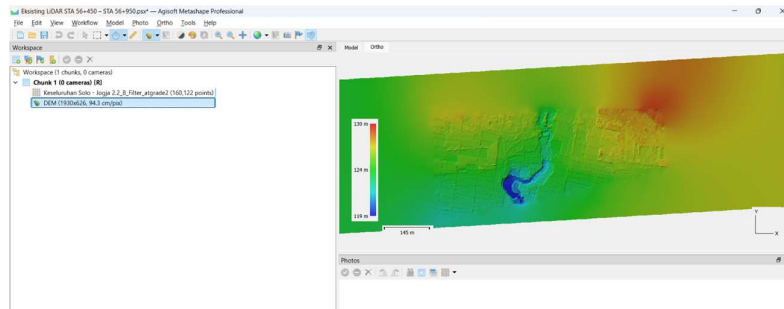
- Pilih *Extrapolated* pada *interpolation* → *Point classes* pilih *Ground* → Ok → Ok, seperti pada **Gambar 3.17** dan **Gambar 3.18**, tampilan DEM dapat dilihat pada **Gambar 3.19**.



Gambar 3. 17 Tampilan *Build DEM*
(Sumber : Penulis, 2026)



Gambar 3. 18 Tampilan *select point classes*
(Sumber : Penulis, 2026)

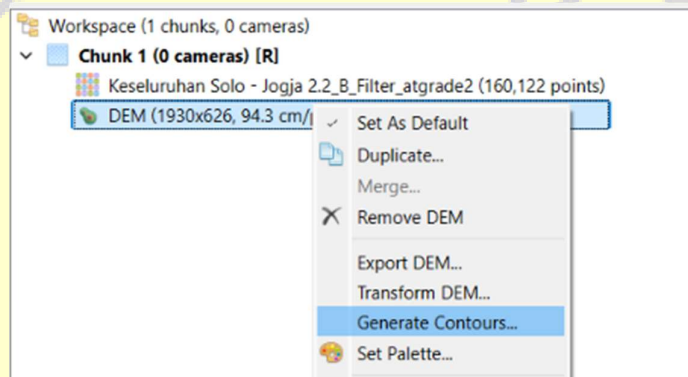


Gambar 3. 19 Tampilan DEM
(Sumber : Penulis, 2026)

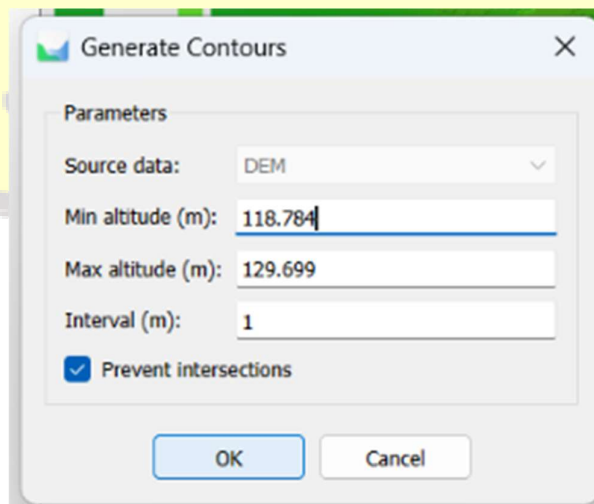
6. Generate Contour

Membuat kontur dari DEM, berikut langkah-langkahnya:

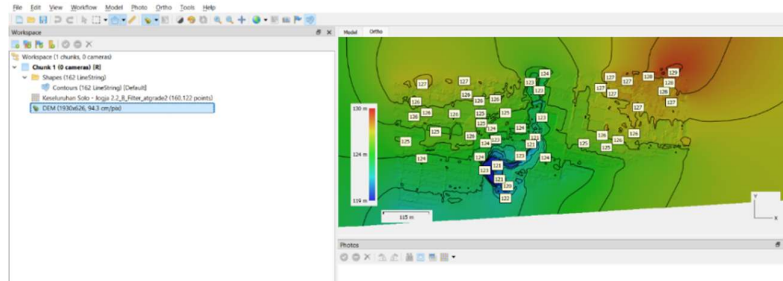
- a. Klik kanan *mouse* pada DEM → *Generate Contour* → *Ok*, seperti pada **Gambar 3.20** dan **Gambar 3.21**. Dan hasilnya dapat dilihat pada **Gambaar 3.22**.



Gambar 3. 20 Tampilan pilihan
(Sumber : Penulis, 2026)



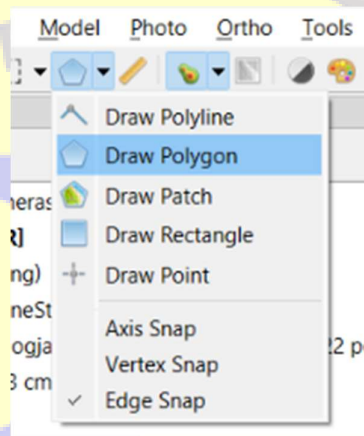
Gambar 3. 21 Tampilan *generatae contour*
(Sumber : Penulis, 2026)



Gambar 3. 22 Tampilan hasil
(Sumber : Penulis, 2026)

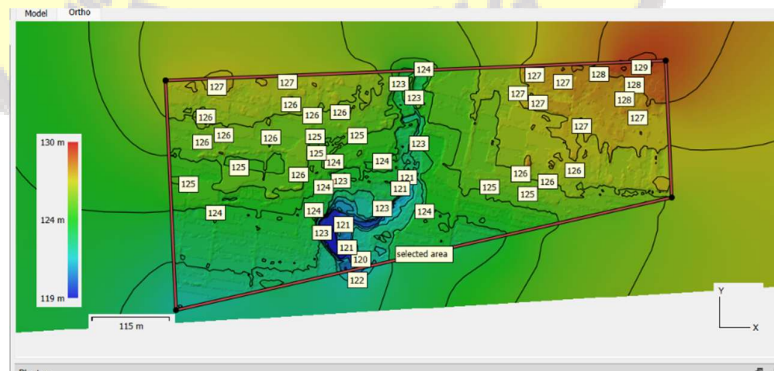
7. Memilih area yang akan di *export* sebagai file “.xyz”.

a. Pilih *Draw polygon* seperti pada **Gambar 3.23**

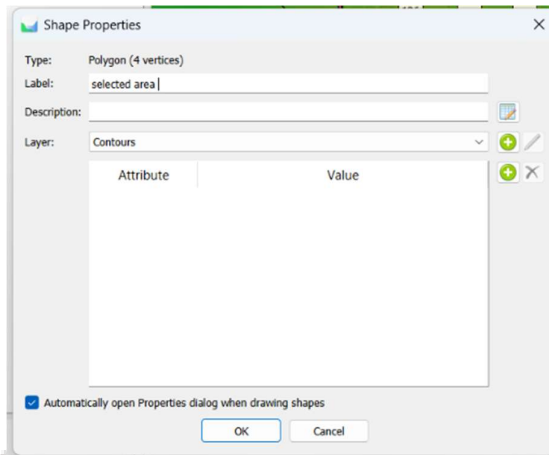


Gambar 3. 23 Draw Selection
(Sumber : Penulis, 2026)

b. Gambar pada bagian luar area yang akan dipilih → beri nama “Selected Area” → Ok , seperti pada **Gambar 3.24** dan **Gambar 3.25**.



Gambar 3. 24 Tampilan Gambar
(Sumber : Penulis, 2026)

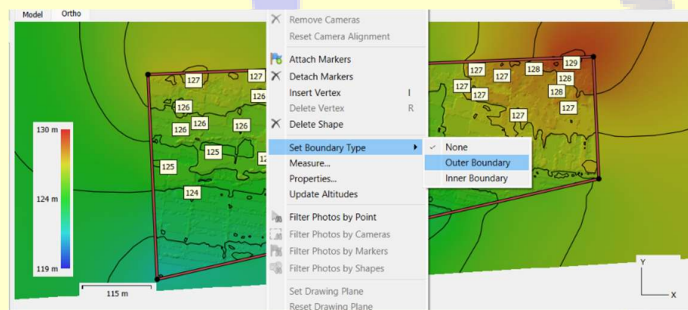


Gambar 3. 25 Tampilan *Shape Properties*
(Sumber : Penulis, 2026)

8. Pilih Boundary

Boundary merupakan area yang akan dipilih pada saat di-export, berikut adalah langkah-langkahnya:

- a. Klik kanan pada garis *polygon* yang sudah terbentuk pilih *Set Boundary type* → *Outer Boundary*, seperti pada **Gambar 3.26**

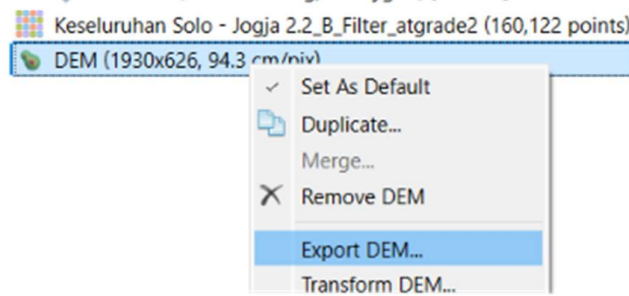


Gambar 3. 26 Pemilihan Boundary
(Sumber : Penulis, 2026)

9. Export DEM menjadi file .xyz

Mengubah DEM menjadi file .xyz yang akan di-import kedalam Civil 3D, berikut adalah langkah-langkahnya:

- a. Klik kanan pada DEM → *Export DEM* → beri nama “Eksisting LiDAR STA 56+450 – STA 56+950” → *Save*, Tampilan *Export DEM* dan Tampilan *save* dapat dilihat pada **Gambar 3.27** dan **Gambar 3.28**.



Gambar 3. 27 Export DEM
(Sumber : Penulis, 2026)



Gambar 3. 28 Tampilan *save as*
(Sumber : Penulis, 2026)

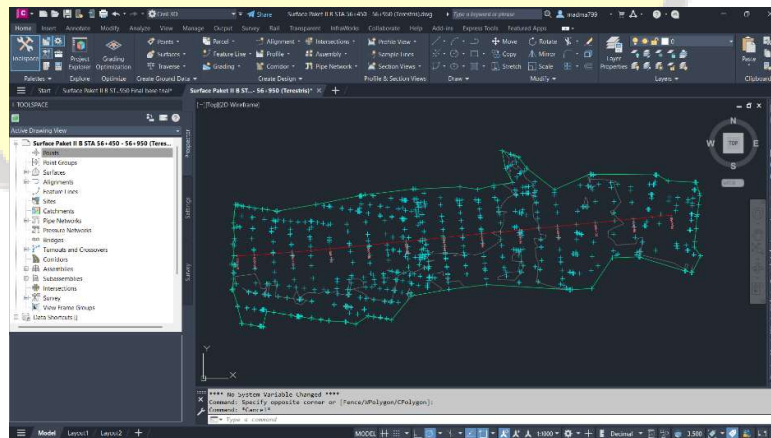
3.6.2 Tahap pengolahan Civil 3D

Pengolahan data koordinat eksisting *total station*, eksisting LiDAR dan realisasi timbunan menggunakan perangkat lunak Civil 3D yaitu dengan menggabungkan data-data koordinat ke dalam Civil 3D.

1. Membuka file *surface* eksisting dari *total station*

Membuka file *surface* eksisting di perangkat lunak Civil 3D sebagai dasar dari data pengolahan.

- Jalan kan perangkat lunak Civil 3D → *Open* → pilih file bernama “*Surface* Paket II B STA 56+450 – 56+950 (*Total station*)” → *open*. Untuk tampilan hasilnya bisa dilihat pada **Gambar 3.29**.

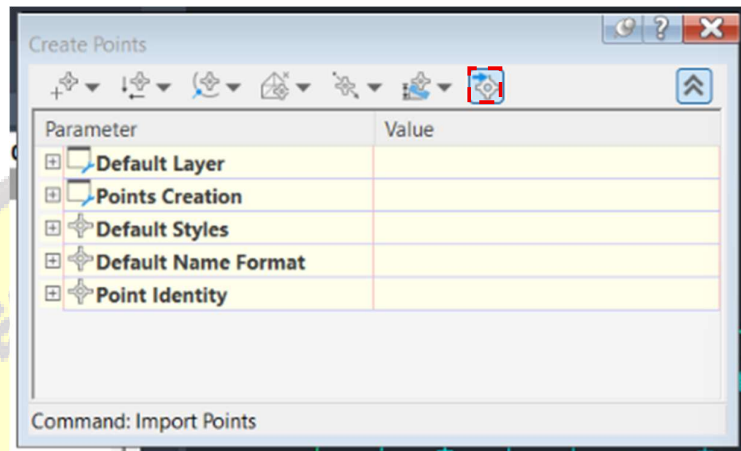


Gambar 3. 29 Tampilan hasil
(Sumber : Penulis, 2026)

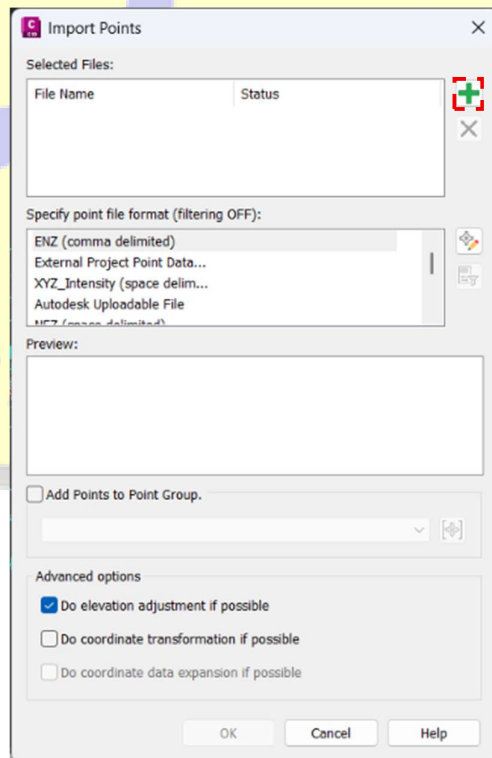
2. Menambahkan data koordinat realisasi timbunan

Memasukkan data koordinat realisasi timbunan ke dalam Civil 3D dengan perintah *import point*

- a. Klik kanan *point* pada menu *toolspace prospector* → *create* → klik *import point* → tambah *file* → pilih *file* “Koordinat Timbunan Total station 1” → *open*. Tampilan *create point* dan tampilan tambah *file* dapat dilihat pada **Gambar 3.30** dan **Gambar 3.31**.

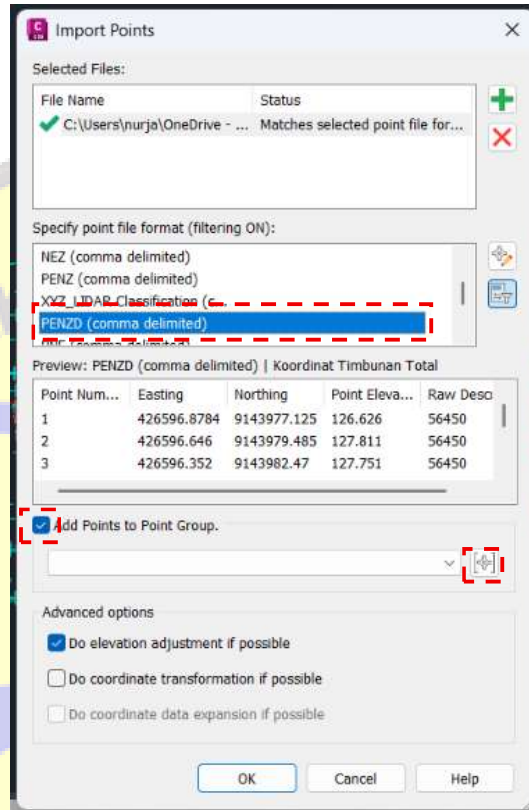


Gambar 3. 30 Tampilan *create point*
(Sumber : Penulis, 2026)

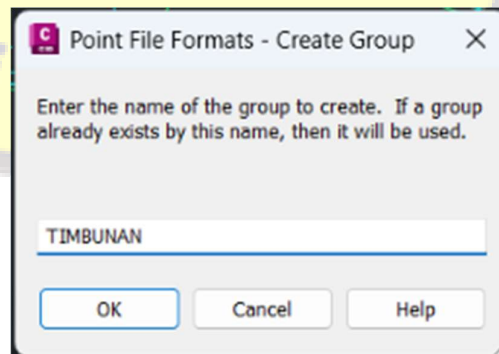


Gambar 3. 31 Tampilan *import point*
(Sumber : Penulis, 2026)

- b. Tampilan *import point* → *specify point file format* pilih PENZD (comma delimited) → *check list* pada *add point to point group* → *klik point file format* → beri nama *point group* “TIMBUNAN” → ok → ok. Untuk tampilan *import point* dan tampilan *point file format* dapat dilihat pada **Gambar 3.32** dan **Gambar 3.33**.



Gambar 3. 32 Tampilan *import point*
(Sumber : Penulis, 2026)

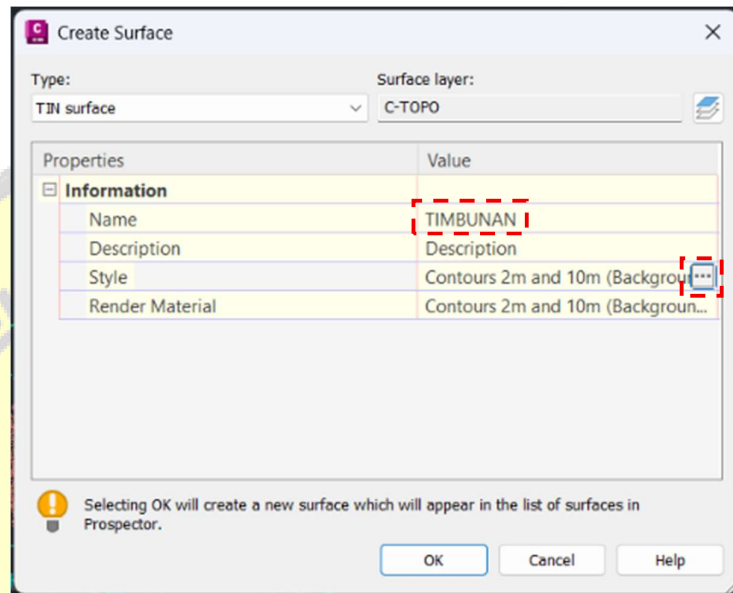


Gambar 3. 33 tampilan *point file format*
(Sumber : Penulis, 2026)

3. Pembuatan *Surface* pada timbunan

Pembuatan profil *surface* timbunan yang nantinya akan membentuk *surface* dari timbunan yang telah di-import.

- a. Klik kanan *surface* pada menu *toolspace prospector* → *create surface* → kolom beri nama “TIMBUNAN”. Tampilan *create surface* dapat dilihat pada **Gambar 3.34**.



Gambar 3. 34 tampilan *create surface*

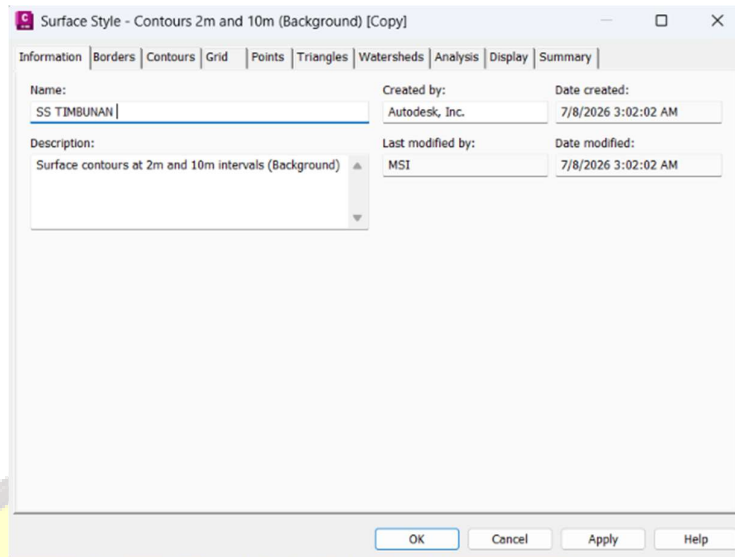
(Sumber : Penulis, 2026)

- b. Klik titik 3(tiga) pada *style* → menu *select surface style* klik tanda panah kebawah → *copy current selection* → pada menu *surface style, information* beri nama “SS TIMBUNAN”. Tampilan *select surface style* dan tampilan *surface style* dapat dilihat pada **Gambar 3.35** dan **Gambar 3.36**.



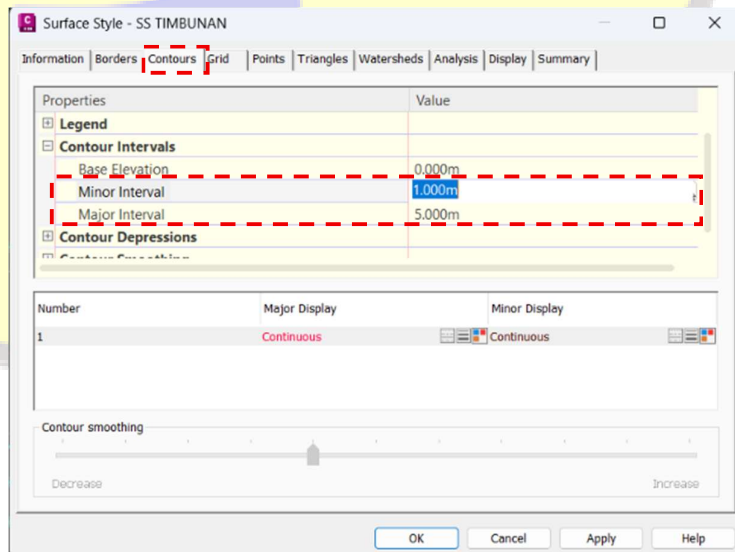
Gambar 3. 35 tampilan *select surface style*

(Sumber : Penulis, 2026)

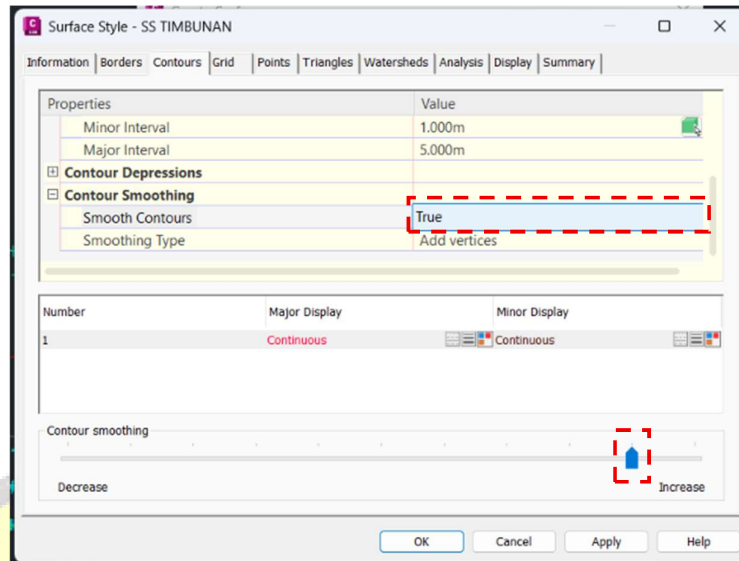


Gambar 3. 36 tampilan *surface style*
(Sumber : Penulis, 2026)

- c. Pada menu *contours* → *contours interval* rubah *minor interval* menjadi 1m dan *major interval* menjadi 5 m → pada *contour smoothing* rubah *smoothing contour* dari *false* menjadi *true* → pada menu *contour smoothing* tarik panah biru ke baris 10 → ok → *apply*. Tampilan *sufrace style contour* dapat dilihat pada **Gambar 3.37** dan **Gambar 3.38**.



Gambar 3. 37 Tampilan *sufrace style contour*
(Sumber : Penulis, 2026)

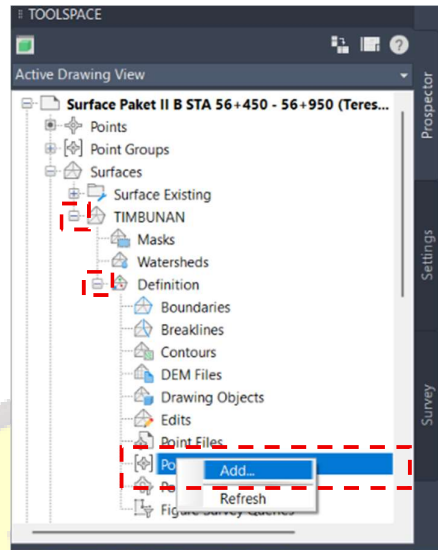


Gambar 3. 38 Tampilan *sufrace style contour*
(Sumber : Penulis, 2026)

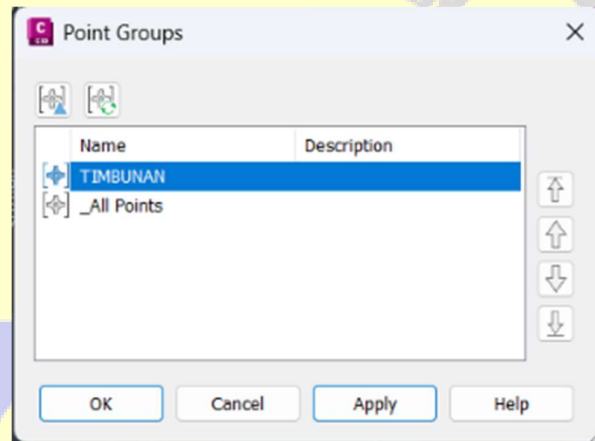
4. Pemasangan *surface* ke *point group* timbunan

Pemasangan profil *surface* yang telah dibuat untuk memberikan *surface* pada timbunan.

- a. Klik kanan *surface* pada menu *toolspace prospector* → klik tombol “+” pada “TIMBUNAN” → klik tombol “+” pada Definition → Klik kanan *point group* → add → pilih *point group* “TIMBUNAN” → *apply* → ok. Tampilan *toolspace prospector* dan tampilan *point groups* dapat dilihat pada **Gambar 3.39** dan **Gambar 3.40**.



Gambar 3. 39 Tampilan *toolspace prospector*
(Sumber : Penulis, 2026)

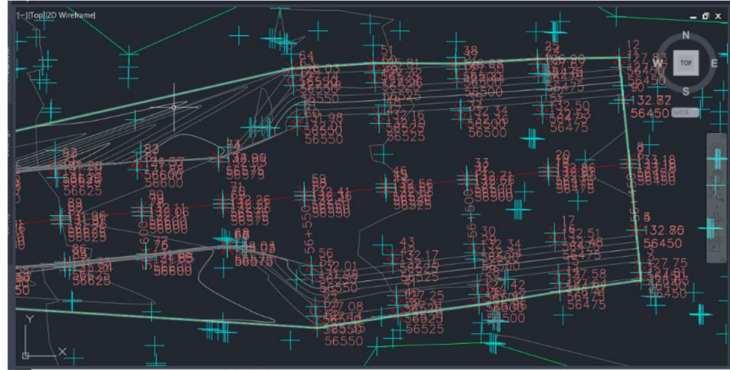


Gambar 3. 40 Tampilan *point groups*
(Sumber : Penulis, 2026)

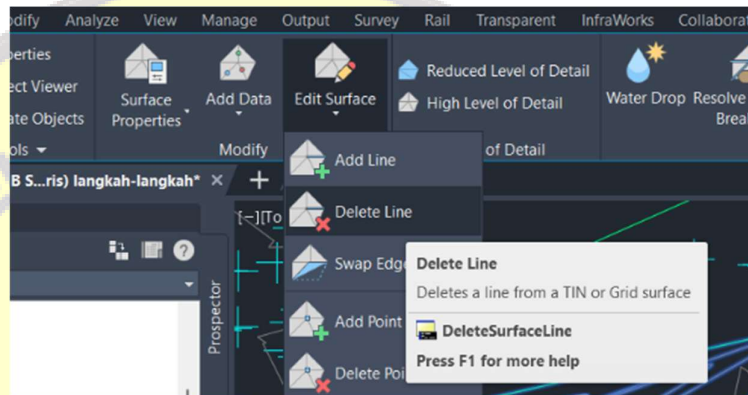
5. Penghapusan garis yang tidak sesuai

Terdapat garis yang terbentuk dari interpolasi urutan *point* dari proses Civil 3D sendiri yang terkadang terdapat kesalahan pada interpolasi yang membentuk *line* yang tidak sesuai dengan realisasinya.

- a. Klik area *line* → pada tampilan *modify* klik *Edit surface* → *Delete line* → pilih *line* yang tidak sesuai → *Enter*. Untuk tampilan *line* dan tampilan *modify* dapat dilihat pada **Gambar 3.41** dan **Gambar 3.42**.



Gambar 3. 41 Tampilan *area line*
(Sumber : Penulis, 2026)

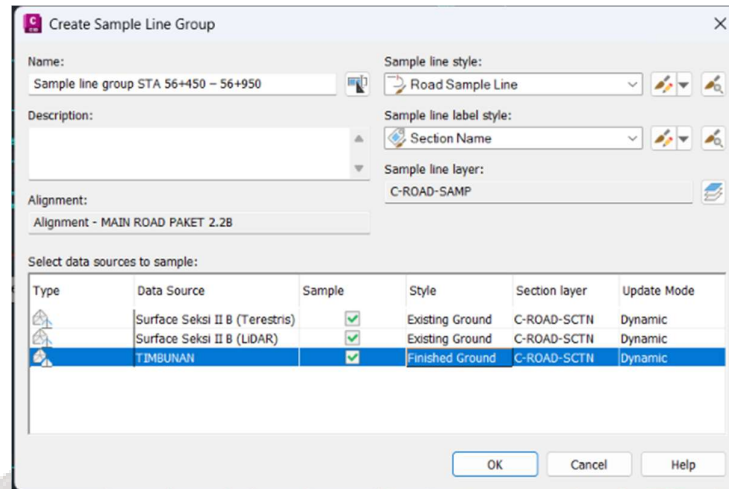


Gambar 3. 42 Tampilan *modify*
(Sumber : Penulis, 2026)

6. Pembuatan *cross section*

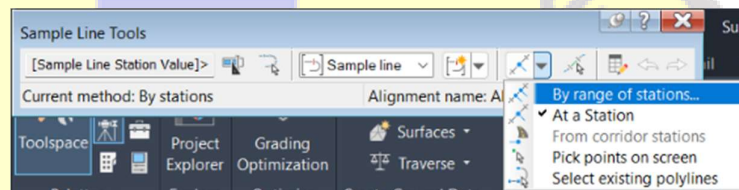
Pembuatan *cross section* diawali dengan membuat sample lines group setelah membuat *section view*.

- a. Pada menu *profile & section view* klik *sample lines* → klik pada *alignment* → pada menu *create sample line group* beri nama “*Sample line group STA 56+450 – 56+950*” → rubah style pada TIMBUNAN menjadi *finished ground* → ok. Untuk tampilan *create sample line group* dapat dilihat pada **Gambar 3.43**.



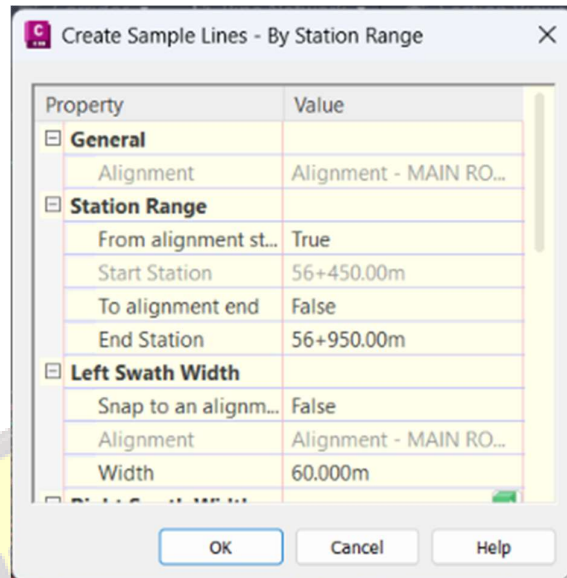
Gambar 3. 43 tampilan *create sample line group*
(Sumber : Penulis, 2026)

- b. Pada menu *sample line tools* pilih *by range of stations*, tampilan *sample line tools* dapat dilihat pada **Gambar 3.44**.



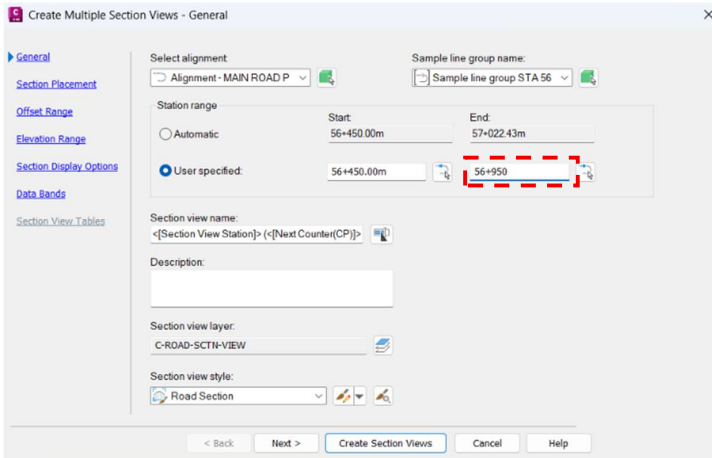
Gambar 3. 44 tampilan *sample line tools*
(Sumber : Penulis, 2026)

- c. Pada menu *create sample lines – by station range* rubah *to alignment end station* menjadi *false* → rubah end station menjadi “56+950m” → rubah *left* dan *right swath width* menjadi “60 m” → rubah ke 3(tiga) *sampling increments* menjadi “25 m” → rubah *at range start* dan *at range end* menjadi “true” → ok. Untuk tampilan *create sample lines – by station range* dapat dilihat pada **Gambar 3.45**.

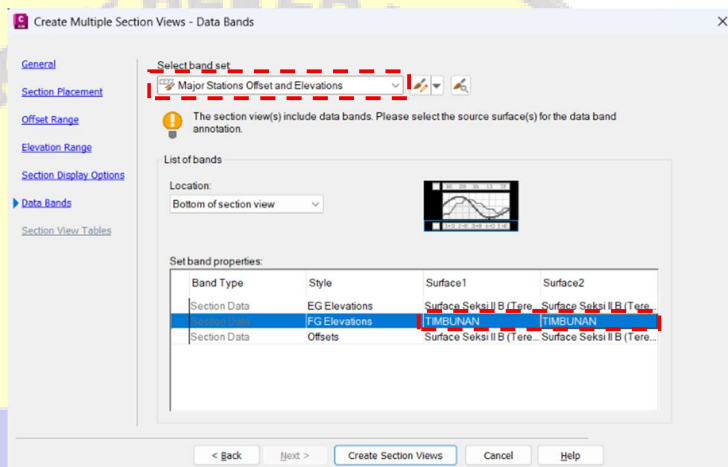


Gambar 3. 45 tampilan *create sample lines by station range*
(Sumber : Penulis, 2026)

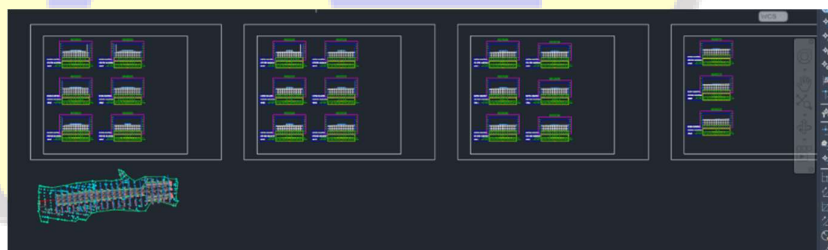
- d. Pada menu *profile & section view* klik *section views* → *Create Multiple Views* → pada menu *Create Multiple section Views* – *general* rubah *station range user specified end* “56+950” → *next* hingga *Section display option* → *check list* semua pada menu *draw* → rubah *style* timbunan menjadi “*Finished ground*” → *next* → rubah *select band set* menjadi “*Major Station Offset and Elevations*” → pada menu *set band properties* rubah *surface 1* dan *surface 2* pada *FG Elevation* menjadi “TIMBUNAN” → klik *create section views* → klik pada area kosong dan jangan terlalu dekat dengan *alignment* agar gambar *cross section* dan *alignment* tidak menumpuk. Untuk tampilan menu *Create Multiple section Views* – *general* dan tampilan menu *set band properties* dapat dilihat pada **Gambar 3.46** dan **Gambar 3.47**, Hasil dari pembuatan *cross section* dapat dilihat pada **Gambar 3.48**.



Gambar 3. 46 tampilan *Create Multiple section Views General*
(Sumber : Penulis, 2026)



Gambar 3. 47 tampilan *set band properties*
(Sumber : Penulis, 2026)

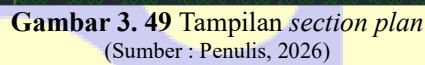


Gambar 3. 48 Tampilan *Cross Section*
(Sumber : Penulis, 2026)

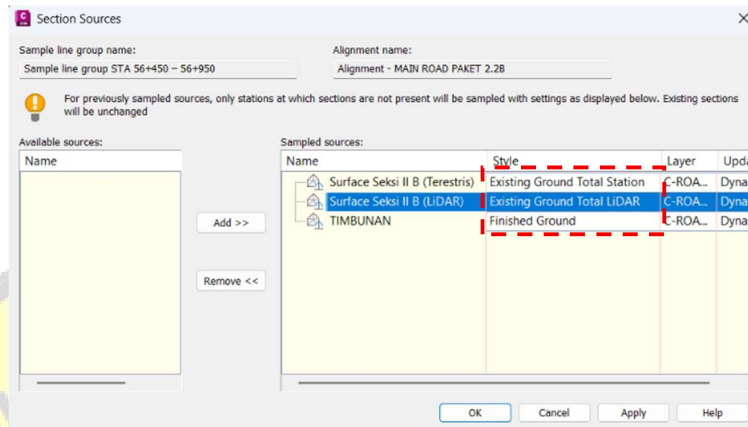
7. Edit section style

Untuk membedakan profil *section* dari eksisting *total station* dengan LiDAR dapat menggunakan warna berbeda, dengan mengedit bagian warna pada *section style* warna dapat disesuaikan.

- tampilan menu *section properties* dapat dilihat pada **Gambar 3.49** dan **Gambar 3.50**



- b. Klik pada *cross section* → pada menu *modify section* pilih *sample more sources* → pada menu *section sources* rubah *style* sesuai dengan *style* yang telah dibuat → *apply* → ok. Untuk tampilan *section sources* dapat dilihat pada **Gambar 3.51**

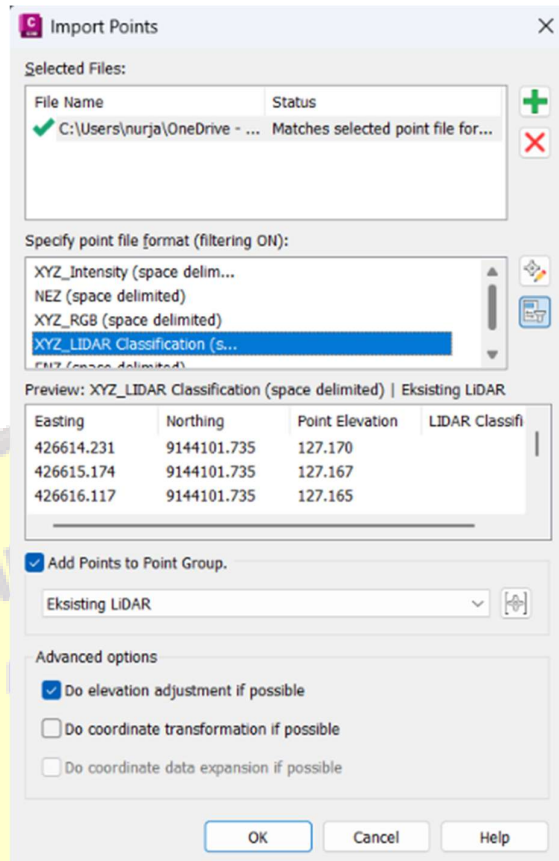


Gambar 3. 51 tampilan *section sources*
(Sumber : Penulis, 2026)

8. Memasukkan koordinat eksisting LiDAR

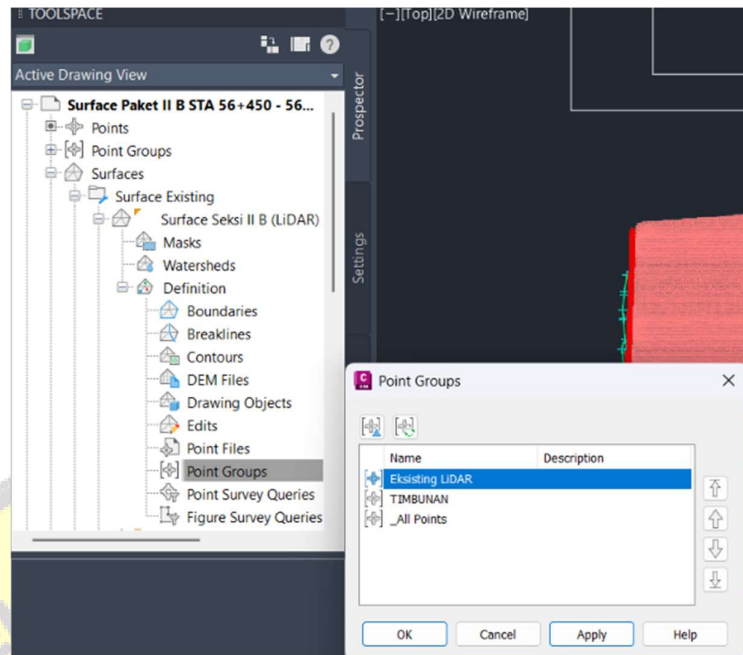
Memasukkan koordinat dari LiDAR dengan cara seperti memasukkan data koordinat eksisting *total station* yaitu dengan perintah *import point*, dikarenakan *surface* dari LiDAR sudah tersedia maka langkah yang dilakukan hanyalah *import point* dan memasukkan koordinat itu kedalam *profil surface*.

- a. Klik kanan *point* pada menu *toolspace prospector* → *create* → klik *import point* → tambah *file* → pilih *file* “Eksisting LiDAR STA 56+450 – STA 56+950” → *open*.
- b. Tampilan *import point* → *specify point file format* pilih XYZ LiDAR *classification (space delimited)* → *check list* pada *add point to point group* → klik *point file format* → beri nama *point group* “Eksisting LiDAR” → ok → ok. Untuk tampilan *import point* dapat dilihat pada **Gambar 3.52**

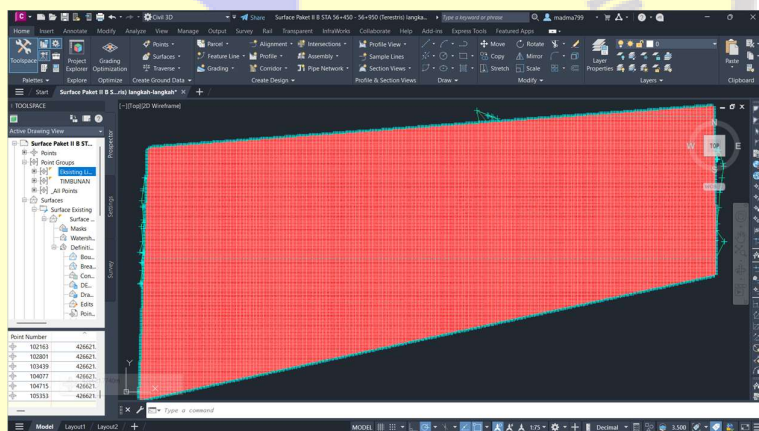


Gambar 3. 52 tampilan *import point*
(Sumber : Penulis, 2026)

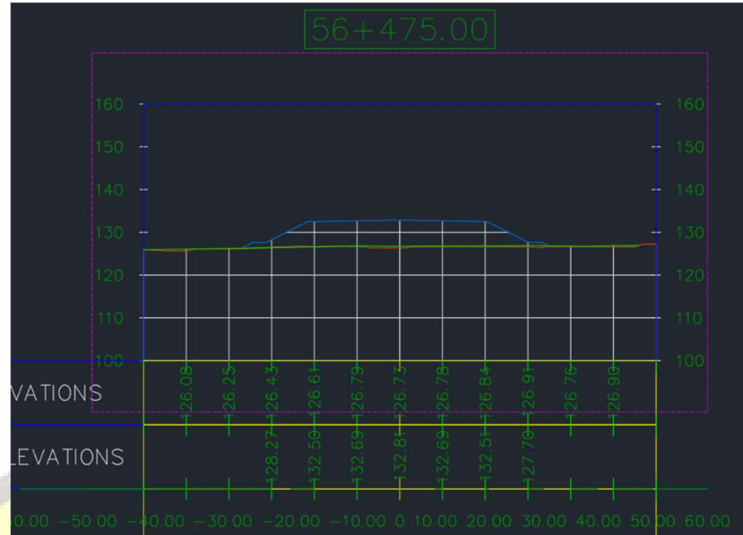
- c. Klik kanan *surface* pada menu *toolspace prospector* → klik tombol “+” pada *surface* → klik tombol “+” pada *surface Exisiting* → klik tombol “+” pada *surface* seksi II B (LiDAR) → klik tombol “+” pada *definition* → Klik kanan *point group* → *add* → pilih *point group* “Eksisting LiDAR” → *apply* → ok. Tampilan *toolspace prospector* dan Tampilan *point groups* dapat dilihat pada **Gambar 3.53** dan hasil *import point* dapat dilihat pada **Gambar 3.54** dan **Gambar 3.55**



Gambar 3. 53 Tampilan *toolspace prospector*
(Sumber : Penulis, 2026)



Gambar 3. 54 hasil *import point*
(Sumber : Penulis, 2026)

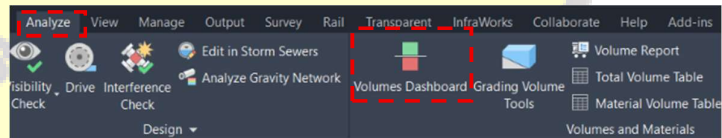


Gambar 3. 55 hasil *import point*
(Sumber : Penulis, 2026)

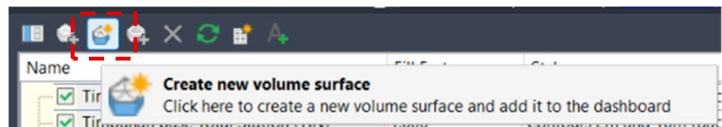
9. Menampilkan volume timbunan berdasarkan Pengolahan perhitungan *surface to surface type "TIN volume surface"*.

Perhitungan type *TIN volume surface* untuk “eksisting *total station to TIMBUNAN*” dan “Eksisting *LiDAR to TIMBUNAN*” melalui perintah *volumes dashboard*, berikut adalah langkah-langkahnya:

- a. Klik *analyze* → pada menu *volumes and materials* klik *volumes dashboard* → klik *create new volume surface*. Tampilan *volumes and materials* dan tampilan *create new volume* dapat dilihat pada **Gambar 3.56** dan **Gambar 3.57**.

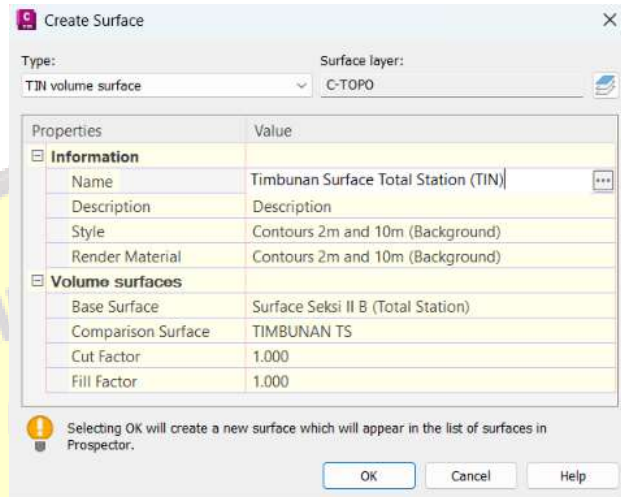


Gambar 3. 56 tampilan *volumes and materials*
(Sumber : Penulis, 2026)



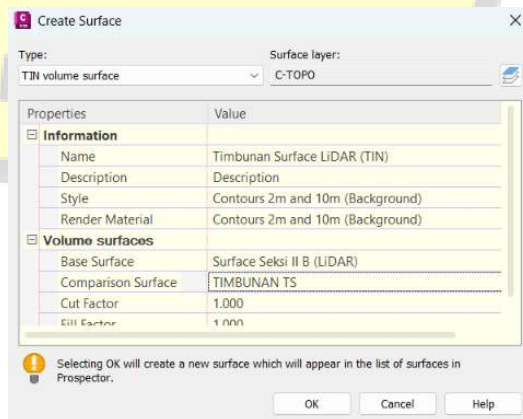
Gambar 3. 57 tampilan *create new volume*
(Sumber : Penulis, 2026)

- b. Pada tampilan *create surface* pilih type “*TIN volume surface*” → name “*Timbunan surface Total station (TIN)*” → base surface “*Surface seksi II B (Total station)*” → comparsion surface “*TIMBUNAN*” → ok. Untuk tampilan *create surface* dapat dilihat pada **Gambar 3.58**.



Gambar 3. 58 tampilan *create surface*
(Sumber : Penulis, 2026)

- c. Pada tampilan *create surface* pilih type “*TIN volume surface*” → name “*Timbunan Surface LiDAR (TIN)*” → base surface “*Surface seksi II B (LiDAR)*” → comparsion surface “*TIMBUNAN*” → ok. Untuk tampilan *create surface* dapat dilihat pada **Gambar 3.59** dan hasil dapat dilihat pada **Gambar 3.60**



Gambar 3. 59 tampilan *create surface*
(Sumber : Penulis, 2026)

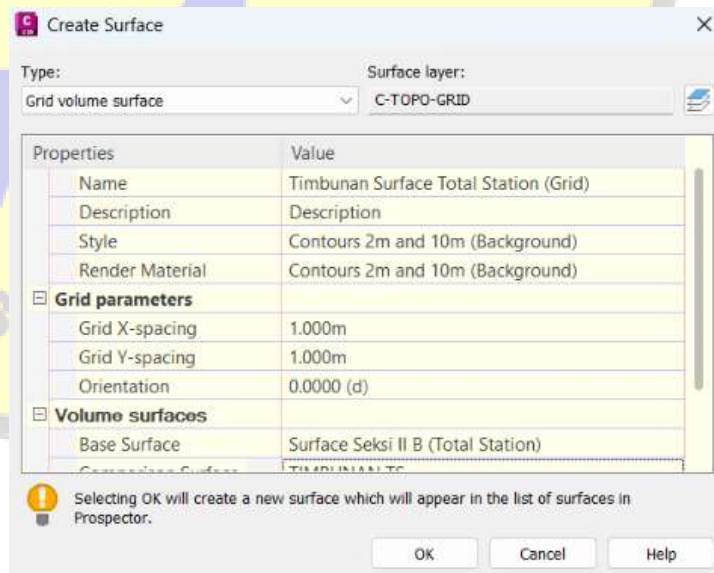
Name	Fill Factor	2d Area	Fill(adjusted)(Cu. M.)	Net(adjusted)(Cu. M.)
☒ Timbunan Surface Total Station (TIN)	1.000	22622.28	112907.93	112905.70 <Fill>
☒ Timbunan Surface LiDAR (TIN)	1.000	22622.28	112392.86	112359.22 <Fill>

Gambar 3. 60 hasil menggunakan *TIN Volume Surface*
(Sumber : Penulis, 2026)

10. Pengolahan perhitungan *surface to surface type “grid volume surface”*.

Perhitungan *type grid volume surface* untuk “eksisting *total station to TIMBUNAN*” dan “Eksisting *LiDAR to TIMBUNAN*” melalui perintah *volumes dashboard*, berikut adalah langkah-langkahnya:

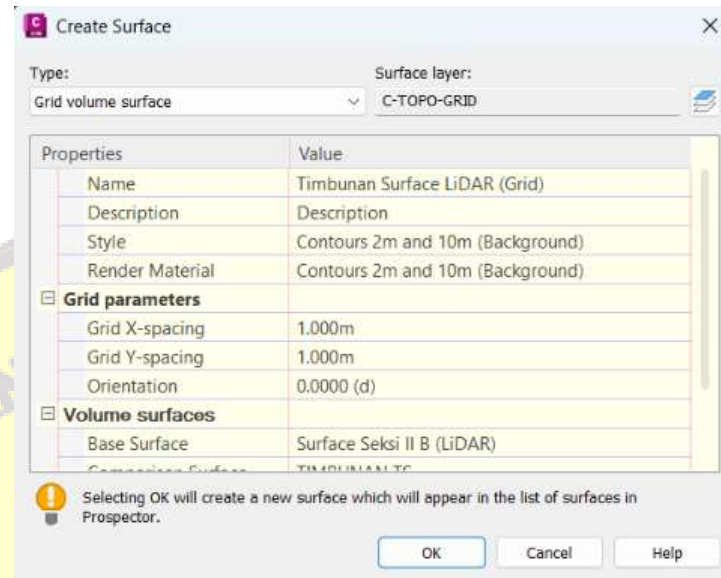
- Klik *analyze* → pada menu *volumes and materials* klik *volumes dashboard* → klik *create new volume surface*.
- pada tampilan *create surface* pilih *type “Grid volume surface”* → name “*Timbunan Surface Total station (Grid)*” → *Grid x* dan *y spacing* isi “*0,5 m*” → *base surface “Surface seksi II B (Total station)”* → *comparsion surface “TIMBUNAN”* → *ok*. Untuk tampilan *create surface* dapat dilihat pada **Gambar 3.61**.



Gambar 3. 61 tampilan *create surface*
(Sumber : Penulis, 2026)

- pada tampilan *create surface* pilih *type “Grid volume surface”* → name “*Timbunan surface LiDAR (Grid)*” → *grid x* dan *y spacing* isi “*1 m*” → *base surface “Surface*

seksi II B (LiDAR)” → *comparsion surface* “TIMBUNAN” → *ok*. Untuk tampilan *create surface* dapat dilihat pada **Gambar 3.62**, dan hasil dapat dilihat pada **Gambar 3.63**.



Gambar 3. 62 tampilan *create surface*
(Sumber : Penulis, 2026)

Name	Fill Factor	2d Area(sq.m)	Fill(adjusted)(Cu. M.)	Net(adjusted)(Cu. M.)
☒ Timbunan Surface Total Station (Grid)	1.000	22006.00	111035.96	111035.82<Fill>
☒ Timbunan Surface LiDAR (Grid)	1.000	22006.00	110504.18	110491.29<Fill>

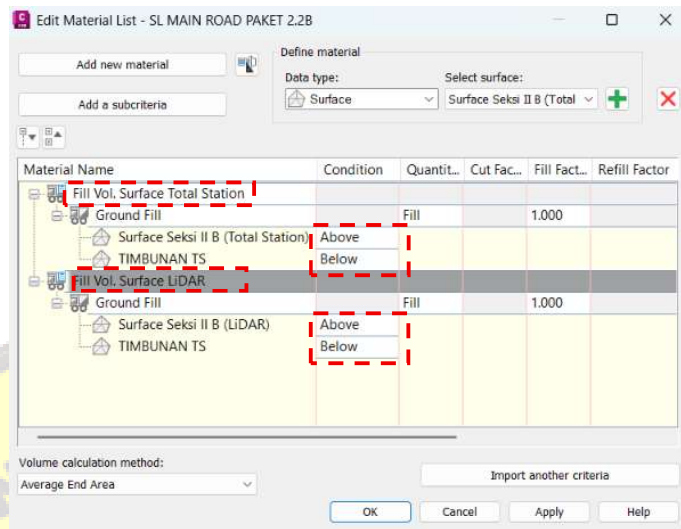
Gambar 3. 63 Hasil menggunakan *grid volume surface*
(Sumber : Penulis, 2026)

11. Perhitungan volume timbunan menggunakan *average end area*

Menghitung volume timbunan *average end area* dengan perintah *compute material* pada *surface* eksisting *total station* ke timbunan dan pada *surface* eksisting *lidar* ke timbunan.

- Pada *analyze* di menu *volumes and materials* klik *compute materials* → pilih “*cut and fill*” → *ok*.
- Pada tampilan *compute materials* pilih EG = *Surface* seksi II B (*Total station*) → Datum = TIMBUNAN → *ok* → *Import another criteria* → pilih “*cut and fill*” → *ok* → pilih EG = *Surface* seksi II B (*Lidar*) → Datum = TIMBUNAN.
- Pada menu *edit material list* klik “*material list (4)*” rubah nama menjadi “*Fill Vol. Surface Total station*” → klik “*material list (6)*” rubah nama menjadi “*Fill Vol. Surface*

LiDAR” → rubah *condition* seperti pada **Gambar 3.64** → *apply* → ok.



Gambar 3. 64 tampilan *edit material*
(Sumber : Penulis, 2026)

12. Menampilkan Volume Timbunan

Menampilkan volume timbunan dalam bentuk tabel dengan perintah, berikut adalah langkah-langkahnya:

- Pada *analyze* di menu *volumes and materials* klik *Total volume table* → pada *selected material list* pilih “*Fill Vol. Surface Total station*” → *maximum row per table* = 21 → ok → letakkan pada area kosong, kiri untuk *Total station* dan kanan untuk LiDAR.

Untuk hasil dapat dilihat pada **Tabel 3.1** bahwa Perhitungan volume dilakukan dengan metode *Average end area*, yaitu menggunakan rata-rata luas penampang timbunan pada dua STA yang berurutan kemudian dikalikan dengan jarak antar penampang. Hasil perhitungan pada setiap interval ditampilkan sebagai Fill Volume, sedangkan Cumulative Fill Volume menunjukkan akumulasi volume timbunan hingga STA terakhir. Total volume timbunan yang diperoleh pada segmen STA 56+450–56+950 adalah 114.674 m³, dan pada **Tabel 3.2** hasil perhitungan volume timbunan menggunakan data hasil survei UAV LiDAR. Nilai *Fill Area*

merepresentasikan luas penampang timbunan pada setiap STA, sedangkan *Fill Volume* merupakan volume timbunan antarpemampang. Selanjutnya, *Cumulative Fill Volume* menunjukkan akumulasi volume timbunan sepanjang segmen yang dianalisis. Dari hasil tersebut diperoleh total volume timbunan kumulatif sebesar 114.674 m³ pada akhir segmen, yaitu STA 56+950.

Tabel 3. 1 Total volume total station

Station	Fill Area	Fill Volume	Cumulative Fill Vol
56+450.00	321,320	0,000	0,000
56+475.00	322,950	8053,390	8053,390
56+500.00	346,600	8369,390	16422,780
56+525.00	380,930	9094,070	25516,850
56+550.00	409,260	9877,320	35394,170
56+575.00	187,350	7457,560	42851,730
56+600.00	204,100	4893,120	47744,840
56+625.00	243,050	5589,430	53334,270
56+650.00	289,620	6658,360	59992,630
56+675.00	255,730	6816,830	66809,460
56+700.00	249,390	6313,930	73123,390
56+725.00	241,360	6134,300	79257,690
56+750.00	231,360	5908,980	85166,670
56+775.00	208,140	5493,780	90660,450
56+800.00	185,910	4925,630	95586,090
56+825.00	171,480	4467,340	100053,420
56+850.00	148,050	3994,080	104047,500
56+875.00	105,610	3420,690	107468,190
56+900.00	105,220	2885,330	110353,520
56+925.00	85,620	2385,420	112738,940
56+950.00	69,190	1935,060	114674,000

(Sumber : Penulis, 2026)

Tabel 3. 2 Total volume LiDAR

Station	Fill Area	Fill Volume	Cumulative Fill Vol
56+450.00	326,360	0,000	0,000
56+475.00	332,240	8232,440	8232,440
56+500.00	356,330	8607,130	16839570,000
56+525.00	385,220	9269,340	26108,900
56+550.00	419,280	10056,190	36165,100

56+575.00	191,260	7631,710	43796,810
56+600.00	204,040	4941,250	48738,050
56+625.00	239,650	5546,110	54284,170
56+650.00	290,620	6628,320	60912,490
56+675.00	257,270	6848,610	67761,100
56+700.00	252,590	6373,220	74134,320
56+725.00	237,400	6124,820	80259,130
56+750.00	234,920	5903,920	86163,050
56+775.00	215,160	5625,990	91789,040
56+800.00	189,530	5058,610	96847,650
56+825.00	141,390	4136,420	100984,070
56+850.00	143,970	3566,990	104551,070
56+875.00	116,360	3254,100	107805,170
56+900.00	92,640	2612,400	110417,570
56+925.00	63,240	1948,480	112366,050
56+950.00	66,890	1626,650	113992,700

(Sumber : Penulis, 2026)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan Volume Timbunan

Pada penelitian ini volume timbunan dihitung menggunakan perangkat lunak Civil 3D. Perhitungan volume timbunan menggunakan 2 metode, yaitu metode *surface to surface* dan metode *average end area*. Pada metode *surface to surface* terdapat 2 tipe model yaitu TIN volume *surface* dan *grid volume surface*, berikut hasil perhitungan:

4.1.1 Metode *Surface to Surface* (TIN)

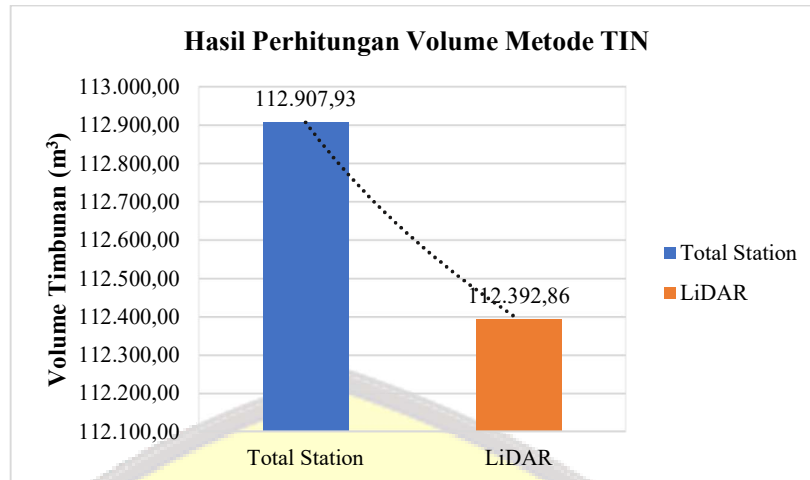
Apabila dibandingkan, volume hasil pengukuran menggunakan *total station* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan UAV LiDAR dengan selisih sebesar 515,07 m³ atau sekitar 0,46% dari volume *total station*. Hasil dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4. 1 Volume *total station* dan LiDAR (TIN)

<i>Surface</i> Eksisting	<i>Volume</i> (m ³)
<i>Total Station</i>	112.907,930
LiDAR	112.392,860
Selisih	515,070

(Sumber : Penulis, 2026)

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, hasil perbandingan tersebut disajikan pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4. 1 Grafik Metode Perhitungan TIN

(Sumber : Penulis, 2026)

Berdasarkan **Tabel 4.1**, dapat dilihat bahwa volume timbunan yang diperoleh dari data *total station* memiliki nilai yang lebih besar daripada volume yang diperoleh dari data UAV LiDAR. Namun, adanya perbedaan kerapatan dan distribusi titik antara data *total station* dan UAV LiDAR tetap memengaruhi representasi permukaan sehingga menghasilkan perbedaan volume.

4.1.2 Metode *Surface To Surface (Grid)*

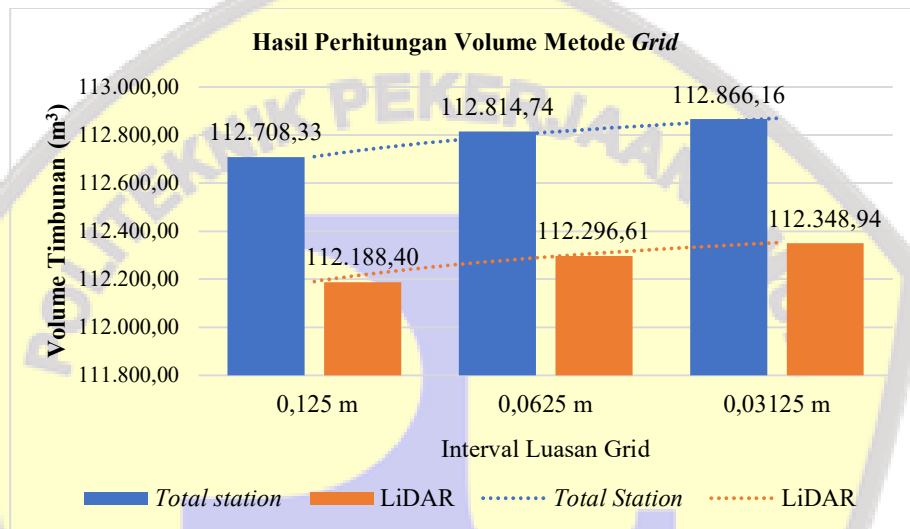
Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *grid*, volume yang diperoleh dari data *total station* lebih besar dibandingkan dengan data LiDAR pada seluruh ukuran *grid* dari *trial and error*, pada *grid* 0,125 m, volume hasil perhitungan *total station* sebesar 112.708,330 m³, sedangkan LiDAR sebesar 112.188,400 m³ dengan selisih 519,930 m³. Ketika ukuran *grid* diperkecil menjadi 0,0625 m, volume meningkat menjadi 112.814,740 m³ untuk *total station* dan 112.296,610 m³ untuk LiDAR, sedangkan selisihnya sedikit berkurang menjadi 518,170 m³. Hal yang sama terjadi pada *grid* 0,03125 m, di mana volume kembali meningkat menjadi 112.866,160 m³ untuk *total station* dan 112.348,940 m³ untuk LiDAR dengan selisih 517,220 m³. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran *grid* yang digunakan, representasi permukaan tanah menjadi semakin detail sehingga volume yang dihitung semakin mendekati hasil metode TIN, sementara selisih volume antara *total station* dan LiDAR juga semakin kecil, dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 2 Volume *total station* dan LiDAR (*Grid*)

Interval luasan grid (m)	Volume (m ³)		
	<i>Total Station</i>	LiDAR	Selisih
0,125	112.708,330	112.188,400	519,930
0,0625	112.814,740	112.296,610	518,170
0,03125	112.866,160	112.348,940	517,220

(Sumber : Penulis, 2026)

Hasil perbandingan volume timbunan secara visual disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4. 2 Grafik Metode *Grid*

(Sumber : Penulis, 2026)

Seperti yang dapat dilihat pada grafik diatas, semakin kecil ukuran *grid* yang digunakan, volume timbunan yang dihitung cenderung meningkat, sedangkan selisih volume antara data *total station* dan LiDAR sedikit menurun. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh kerapatan *grid* dan titik-titik yang membentuk model permukaan, namun penggunaan jarak *grid* yang semakin rapat dapat mempengaruhi kinerja dari perangkat keras yang digunakan.

4.1.3 Metode *Average End Area*

Hasil perhitungan volume timbunan menggunakan metode *Average end area* menunjukkan bahwa volume dari data *total station* selalu lebih besar dibandingkan LiDAR pada seluruh interval jarak penampang. Pada jarak 25 m jarak ini menyesuaikan data proyek yang menggunakan jarak 25 m per STA

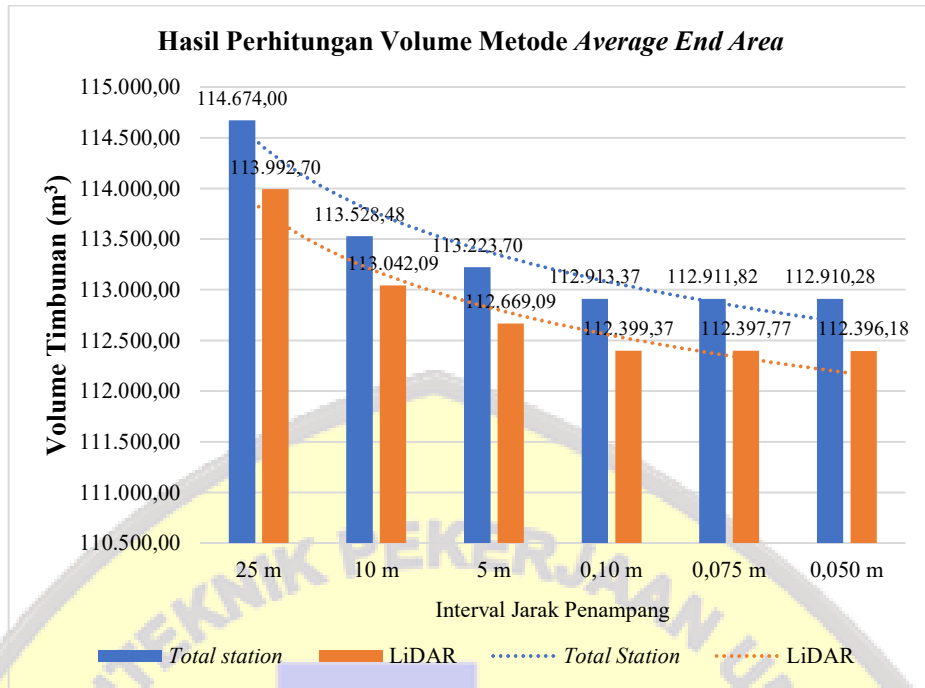
lalu diperoleh nilai selisih volume sebesar 681,300 m³ (0,594%), kemudian jarak diperpendek menjadi 10 m lalu mendapatkan nilai selisih sebesar 486,390 m³ (0,428%) pada jarak penampang 10 m yang merupakan selisih terkecil, lalu di turunkan lagi jaraknya menjadi 5 m dan mendapatkan nilai selisih sebesar 554,610 m³ (0,490%), selanjutnya jarak penampang diperpendek lagi menjadi 0,10 m pada jarak ini mendapatkan nilai selisih sebesar 514,000 m³ (0,455%) dan untuk jarak penampang 0,075 m hingga 0,050 m menghasilkan peningkatan nilai selisih yang tidak signifikan. Berdasarkan dari interval jarak penampang 25 m hingga ke 0,10 m yang hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Volume *total station* dan LiDAR (*average end area*)

Interval jarak penampang (m)	Volume			
	Total Station (m ³)	LiDAR (m ³)	Selisih (m ³)	Perbandingan hasil (%)
25	114.674,000	113.992,700	681,300	0,594
10	113.528,480	113.042,090	486,390	0,428
5	113.223,700	112.669,090	554,610	0,490
0,10	112.913,370	112.399,370	514,000	0,455
0,075	112.911,820	112.397,770	514,050	0,455
0,050	112.910,280	112.396,180	514,100	0,455

(Sumber : Penulis, 2026)

Berdasarkan **Tabel 4.3** hasil perbandingan volume timbunan secara visual disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4. 3 Grafik metode *average end area*
(Sumber : Penulis, 2026)

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa volume yang diperoleh dari *data total station* selalu lebih besar dibandingkan data LiDAR pada seluruh interval penampang dan terjadi penurunan pada interval jarak penampang di 25 m, 10 m, 5 m dan 0,10 m.

4.2 Analisis Selisih Dan Perbandingan Volume

Berikut merupakan analisis hasil perhitungan volume timbunan Total Station dan LiDAR menggunakan metode perhitungan TIN *volume surface*, *grid volume surface* dan *average end area*. Dengan menggunakan metode perhitungan berbeda, selisih volume yang dihasilkan dapat dikaitkan dengan perbedaan karakteristik geometri dan kerapatan data hasil pengukuran *total station* dan LiDAR. Berikut adalah selisih volume timbunan dari masing-masing metode perhitungan yang mana hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

4.2.1 Analisis Selisih Volume Antara Data *Total Station* dan UAV LiDAR

Hasil perbandingan metode perhitungan dapat dilihat dalam **Tabel 4.4**

Tabel 4. 4 Perbandingan metode perhitungan

Metode Perhitungan	Interval Luasan Grid dan Panjang Penampang (m)	Volume			
		<i>Total Station</i> (m ³)	LiDAR (m ³)	Selisih (m ³)	Perbandingan hasil (%)
TIN	-	112.907,930	112.392,860	515,070	0,456
<i>Grid</i>	0,125	112.708,330	112.188,400	519,930	0,461
	0,0625	112.814,740	112.296,610	518,170	0,459
	0,03125	112.866,160	112.348,940	517,220	0,458
	25	114.674	113.992,700	681,300	0.594
<i>Average End Area</i>	10	113.528,480	113.042,090	486,390	0.428
	5	113.223,700	112.669,090	554,610	0.490
	0,10	112.913,370	112.399.370	514	0,455
	0,075	112.911,820	112.397,770	514,050	0,455
	0,050	112.910,280	112.396,180	514,100	0,455

(Sumber : Penulis, 2026)

Pada hasil perhitungan yang sudah diperoleh, TIN mendapatkan nilai volume sebesar 112.907,93 m³ untuk surface *total station*, 112.392,86 m³ untuk surface LiDAR, untuk metode *grid* hasil nilai volume yang sedara dengan TIN pada *space grid* 0.03125 m yang hasilnya yaitu 112.866,16 m³ pada *total station*, 112.348,94 m³ pada lidar dan untuk metode *average end area* hasil volume yang setara dengan TIN yaitu pada jarak antar penampang di 0,05 m dengan hasil 112.910,28 m³ pada *total station* dan 112.396,18 m³.

4.2.2 Evaluasi Kerapatan Spasi Metode *Grid* terhadap Acuan TIN

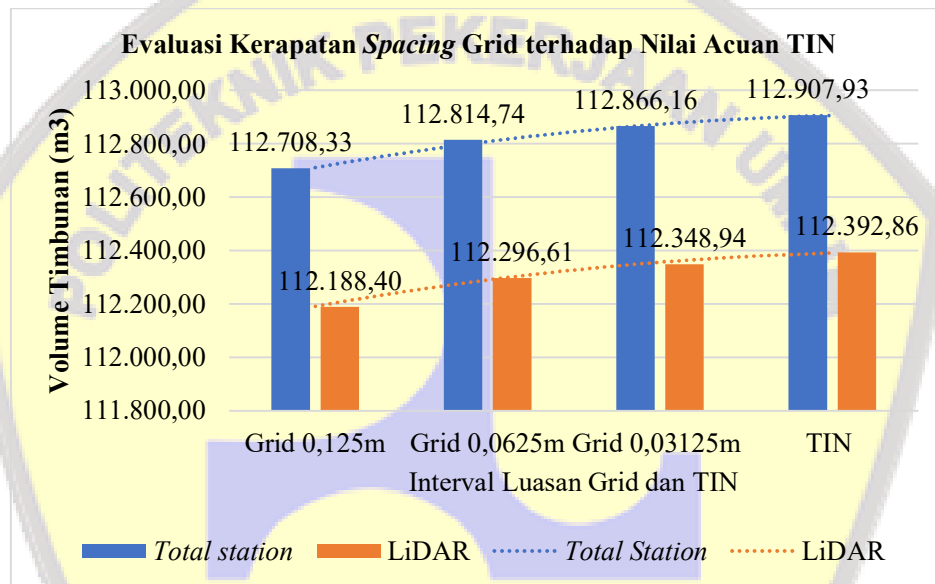
Berdasarkan **Tabel 4.5**, hasil perhitungan menunjukkan bahwa semakin kecil spasi *grid*, volume timbunan yang diperoleh semakin mendekati hasil metode TIN. Pada data *total station*, volume meningkat dari 112.708,33 m³ menjadi 112.866,16 m³, sedangkan pada data LiDAR meningkat dari 112.188,40 m³ menjadi 112.348,94 m³. Selain itu, selisih volume antara *total station* dan LiDAR juga menurun dari 519,93 m³ menjadi 517,22 m³, sementara metode TIN memiliki selisih terkecil sebesar 515,07 m³. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan spasi *grid* yang lebih rapat menghasilkan volume yang semakin mendekati metode TIN.

Tabel 4. 5 Volume timbunan *grid* dan TIN

Metode Perhitungan	Luasan Grid (m)	Volume			
		Total Station (m ³)	LiDAR (m ³)	Selisih (m ³)	Perbandingan hasil (%)
TIN	-	112.907,930	112.392,860	515,070	0,456
Grid	0,125	112.708,330	112.188,400	519,930	0,461
	0,0625	112.814,740	112.296,610	518,170	0,459
	0,03125	112.866,160	112.348,940	517,220	0,458

(Sumber : Penulis, 2026)

Hasil perbandingan volume timbunan secara visual disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4. 4 Grafik evaluasi *grid* dan TIN

(Sumber : Penulis, 2026)

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.1**, dapat dilihat bahwa semakin rapat ukuran spasi *grid*, akurasi perhitungannya semakin tinggi dan nilai volumenya secara konsisten naik mendekati nilai volume metode TIN. Pada spasi *grid* yang lebih renggang (0,125 m), nilai volume yang dihasilkan merupakan yang paling rendah, yaitu sebesar 112.708,33 m³ untuk *Total Station* dan 112.118,40 m³ untuk LiDAR. Namun, ketika spasi *grid* dirapatkan hingga 0,03125 m, *trendline* bergerak menanjak dan nilainya hampir sejajar menyentuh nilai volume metode TIN (112.907,93 m³ untuk *Total Station* dan 112.392,86 m³ untuk LiDAR). Hal ini membuktikan bahwa pengoptimalan

ukuran spasi *grid* di bawah 0,03125 m mampu merepresentasikan permukaan tanah semakin presisi mendekati akurasi pemodelan 3D milik metode TIN.

4.2.3 Evaluasi Interval Jarak Penampang Metode *Average end area* terhadap Nilai TIN

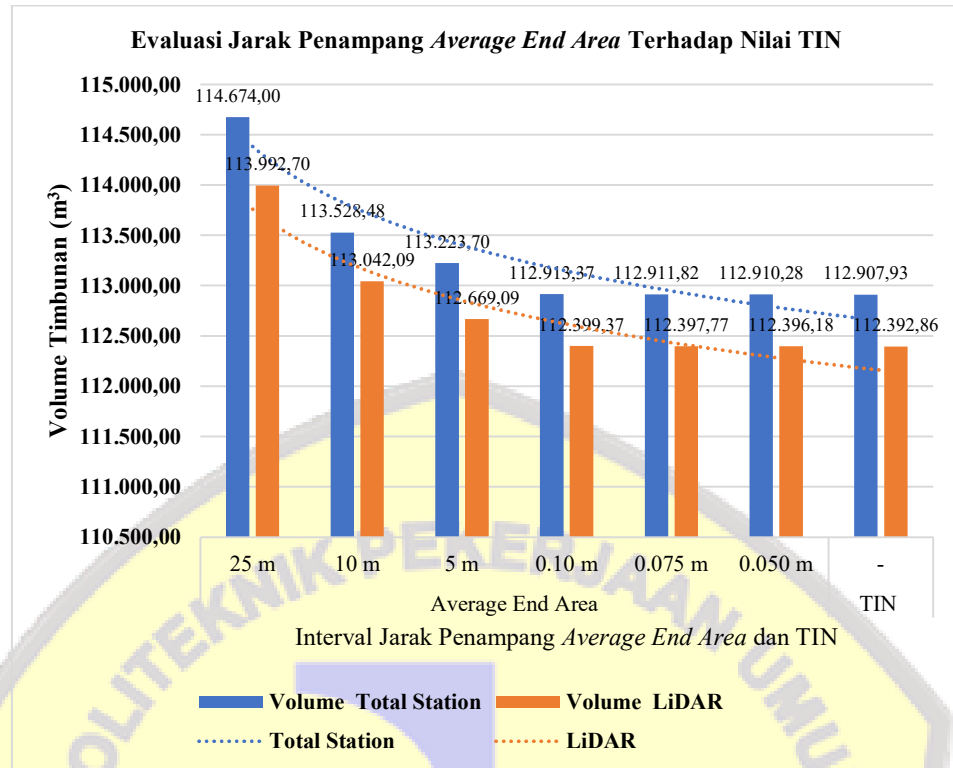
Evaluasi metode *grid* adalah untuk mengetahui jarak penampang yang optimal dan mampu menghasilkan volume yang mendekati TIN, rekapitulasi hasil perhitungan volume timbunan dengan berbagai ukuran jarak penampang yang dapat dilihat pada **Tabel 4.6**

Tabel 4. 6 Volume timbunan *average end area* dan TIN

Metode Perhitungan	Jarak Penampang (m)	Volume			
		Total Station (m ³)	LiDAR (m ³)	Selisih (m ³)	Perbandingan hasil (%)
TIN	-	112.907,930	112.392,860	515,070	0,456
	25	114.674,000	113.992,700	681,300	0.594
	10	113.528,480	113.042,090	486,390	0.428
<i>Average End Area</i>	5	113.223,700	112.669,090	554,610	0.490
	0,10	112.913,370	112.399.370	514	0,455
	0,075	112.911,820	112.397,770	514,050	0,455
	0,050	112.910,280	112.396,180	514,100	0,455

(Sumber : Penulis, 2026)

Berdasarkan **Tabel 4.6** Hasil perbandingan volume timbunan secara visual disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.5 Grafik evaluasi *average end area* dan TIN
(Sumber : Penulis, 2026)

Berdasarkan **Gambar 4.2**, terlihat bahwa semakin rapat jarak penampang melintang pada metode *average end area*, hasil perhitungan volumenya akan semakin mengecil dan semakin mendekati nilai volume dari metode TIN. Saat jarak antar penampang masih panjang (25 m), hasil volumenya menjadi paling besar yaitu 114.674,00 m³ untuk TS dan 113.992,70 m³ untuk LiDAR karena banyak detail lekukan tanah eksisting di tengahnya yang terlewat. Namun, begitu jarak penampangnya dirapatkan hingga 0,10 m sampai 0,050 m, garis grafik mulai mendatar dan hasilnya mendekati nilai volume dari TIN yaitu 112.907,93 m³ untuk TS dan 112.392,86 m³ untuk LiDAR. Mendatarnya grafik ini membuktikan bahwa jarak 0,10 m hingga 0,050 m adalah jarak paling optimal untuk menghasilkan angka volume yang mendekati dengan metode TIN.

4.3 Analisis Selisih dan Pembahasan

Hasil dari perhitungan TIN menghasilkan selisih 515,07 m³, *grid* 519,93 m³ dan *average end area* 514,10 m³, dari hasil tersebut TIN memperoleh nilai selisih

sebesar 0,46%, *grid* sebesar 0.46% pada jarak *grid* 0,03125 m, dan *average end area* sebesar 0,45% pada jarak antar penampang 0,05 m, seperti pada **Tabel 4.5**

Tabel 4. 7 volume timbunan berdasarkan *surface*

Metode Perhitungan	Interval Luasan Grid dan Panjang Penampang (m)	Volume			
		Total Station (m ³)	LiDAR (m ³)	Selisih (m ³)	Perbandingan hasil (%)
TIN	-	112.907,930	112.392,860	515,070	0,456
Grid	0.125	112.708,330	112.188,400	519,930	0,461
	0.0625	112.814,740	112.296,610	518,170	0,459
	0.03125	112.866,160	112.348,940	517,220	0,458
	25	114.674,000	113.992,700	681,300	0,594
	10	113.528,480	113.042,090	486,390	0,428
Average End Area	5	113.223,700	112.669,090	554,610	0,490
	0.10	112.913,370	112.399.370	514,000	0,455
	0.075	112.911,820	112.397,770	514,050	0,455
	0.050	112.910,280	112.396,180	514,100	0,455

(Sumber : Penulis, 2026)

Berdasarkan **Tabel 4.5** dapat disimpulkan bahwa :

1. Perbedaan alat ukur *total station* dengan LiDAR

Secara keseluruhan, volume timbunan yang dihasilkan dari pengukuran *surface* eksisting *total station* selalu lebih besar dibandingkan dengan *surface* eksisting LiDAR pada keseluruhan metode perhitungan.

2. Metode perhitungan TIN

Metode ini menghasilkan selisih paling kecil diantara metode lainnya tanpa melakukan penyederhanaan permukaan tanah eksisting, dengan begitu TIN memiliki tingkat akurasi yang tinggi hal ini sesuai dengan penelitian Wahyudi & Riyanto, 2023 yang membahas bahwa metode TIN dinilai paling sesuai untuk pemodelan permukaan di daerah bergelombang serta mampu meningkatkan akurasi perhitungan volume tanah.

3. Pengaruh ukuran *grid* pada metode *grid volume surface*

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *grid*, semakin kecil ukuran spasi *grid* atau luasan persegi, maka nilai volume yang

diperoleh semakin mendekati hasil perhitungan metode TIN *Volume Surface*. Pada penelitian ini, *grid* berukuran 0,03125 m menghasilkan volume kurang mendekati metode TIN, yaitu sebesar 112.708,33 m³ pada data *total station* dan 112.188,40 m³ pada data LiDAR, dikarenakan perangkat hanya bisa memproses hingga jarak *grid* 0,03125 m.

4. Metode *Average end area*

Metode *average end area* menghasilkan nilai selisih paling rendah di antara semua metode perhitungan yang digunakan, yaitu sebesar 112.910,28 m³ untuk alat *total station* dan 112.396,18 m³ untuk alat LiDAR, dinyatakan paling kecil selisihnya namun tidak dapat disimpulkan bahwa metode *average end area* memiliki tingkat akurasi yang tertinggi dikarenakan hasil ini dipengaruhi oleh penyederhanaan linier pada kontur permukaan eksisting.

penggunaan jarak penampang yang semakin rapat seperti pada jarak 0,050 m akan membuat perangkat keras bekerja dengan keras.

4.4 Analisis Teknis Penyebab Perbedaan pada *surface*

Pada penelitian ini *total station* dan LiDAR memiliki selisih yang tidak terlalu signifikan, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor-faktor sebagai berikut :

1. Kerapatan Titik (*Point Density*)

LiDAR menghasilkan titik pengukuran yang lebih banyak dan rapat sehingga bentuk permukaan tanah dapat digambarkan dengan lebih detail. Sementara itu, *total station* hanya mengukur beberapa titik pada permukaan tanah, sehingga detail permukaan di antara titik-titik tersebut dapat terlewat.

2. Pembentukan Segitiga TIN

Perbedaan jumlah titik pengukuran menyebabkan model *Triangulated Irregular Network* (TIN) yang dihasilkan menjadi berbeda. Data LiDAR membentuk TIN yang lebih rapat sehingga model permukaan tanah dapat menghasilkan kontur asli secara lebih detail. Sebaliknya, data *total station* membentuk TIN yang lebih renggang sehingga model permukaan tanah menjadi lebih sederhana dan kurang mampu menggambarkan variasi kontur yang kecil.

3. Faktor Akses

Pengukuran menggunakan *total station* pada medan yang banyak vegetasi sehingga sulit dijangkau sering menghasilkan jumlah titik pengukuran yang lebih sedikit karena keterbatasan akses di lapangan. Sebaliknya, LiDAR yang dioperasikan dari udara mampu menjangkau area tersebut dengan lebih mudah sehingga menghasilkan sebaran titik yang lebih rapat dan cakupan data yang lebih luas namun LiDAR memiliki kelemahan jika terdapat object elevated atau jembatan yang membuat permukaan bawah jembatan atau elevated tidak dapat diukur.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan volume timbunan yang didasarkan pada pemodelan permukaan eksisting dari pengukuran LiDAR dan *total station*, diperoleh selisih volume sebesar 0,46% pada metode TIN, 0,46% pada metode *grid*, dan 0,45% pada metode *average end area*.

Sementara itu, metode TIN merupakan metode dengan tingkat akurasi tertinggi karena memodelkan kontur tanah secara langsung tanpa penyederhanaan linier, lalu *average end area* dan *grid* terbukti mampu menghasilkan perhitungan volume yang mendekati nilai TIN ketika parameternya dirapatkan, metode *average end area* mencapai batas interval optimal pada jarak penampang 0,10 m hingga 0,05 m, sedangkan metode *grid* dapat mencapai tingkat presisi yang mendekati TIN jika spasi *grid* dibawah 0,03125 m.

5.2 Saran

Berdasarkan data perhitungan pada metode *grid*, hasil tersebut belum mendekati metode TIN pada jarak *grid* 0,03125 m, dikarenakan perangkat yang digunakan pada penelitian ini tidak memadai, saran untuk penelitian kedepan untuk menggunakan metode *grid* dengan jarak dibawah 0,03125 m dengan perangkat yang memiliki spesifikasi *high end*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S., Cholilul, C., & Helmi, F. (2024). *Pelatihan Penggunaan Dan Pengolahan Data Hasil Pengukuran Total Station Di Cv. Investama Karya Konsultan*. 28–29. <https://doi.org/10.24929/Rn.V2i1.3108>
- Autodesk. (2025a). *About Creating A Grid Volume Surface*. <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2026/ENU/?guid=GUID-62EC28FA-E636-4134-9153-4EE3328154A1>.
- Autodesk. (2025b). *About Creating A TIN Volume Surface*. <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2026/ENU/?guid=GUID-34F74D97-A43A-4710-940B-6A9FE8A78E3E>.
- Autodesk. (2025c). *About Surface Stage Storage Volume Calculation Methods*. <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2026/ENU/?guid=GUID-5D4A56B4-2438-452B-BC75-DC9F0D82D7E8>.
- Borhan, A. S., Fajrin, & Arini, D. (2025). *Perbandingan Volume Run Of Mine Dengan Menggunakan Data Hasil Pengukuran Terrestrial Laser Scanner Dan Unmanned Aerial Vehicle*. *Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan*, 3(3), 214–224. <https://doi.org/10.61132/Globe.V3i3.1066>
- Fatmawati, R. E., Putra, P. P., & Nurtjahjaningtyas, I. (2023). *Soil Improvement And Embankment Stability Using A Combination Of Preloading And Prefabricated Vertical Drain (PVD)*. *INERSIA Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 19(1), 83–92. <https://doi.org/10.21831/Inersia.V19i1.58658>
- Haribowo, & Andre Primantyo H. (2024). *Studi Perbandingan Perhitungan Volume Galian Dan Timbunan Menggunakan Data Total Station Dan Drone (UAV)*. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(1), 616–626. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jtresda.2024.004.01.052>

- Gultom, Ryanto Imanuel, Rassarandi, Farouki Dinda, Siagian, & Gomgom Pangihutan. (2020). Perhitungan Volume Galian Dan Timbunan Dengan Metode Cut & Fill Pada Pembangunan Jalan Dan Area Parkir Rusun 2 Kawasan Industrial Panbil Muka .
- Hasim, I. S., Rizqan, B. S., Rplp, D., & A, A. F. (2015). Rancangan Elemen, Sistem Sirkulasi, Dan Tata Hijau Lanskap Pada Lahan Kontur Di Hotel Padma Bandung. Dalam Jurnal Reka Karsa © Jurusan Teknik Arsitektur Itenas | No.1 | (Vol. 3).
<https://doi.org/10.26760/Rekakarsa.V3i1.631>
- Jasmine Ramadhani, & Retno Putri Rengganis. (2024). Analisis Penggunaan Teknologi Digital : *Building Information Modeling* (BIM) Dan Pemodelan 3D Dalam Meningkatkan Keakuratan Desain Arsitektur. *Imajinasi : Jurnal Ilmu Pengetahuan, Seni, Dan Teknologi*, 1(4), 155–160.
<https://doi.org/10.62383/Imajinasi.V1i4.466>
- Kementrian Pekerjaan Umum. (2025). Spesifikasi Umum Bina Marga 2025.
- Krisna, W., & Putra, E. (2016). Sistem Kerja Sensor Laser Pada LIDAR. Dalam Jurnal Media Komunikasi *Geografi* (Vol. 17).
- Kwon, S., Park, J. W., Moon, D., Jung, S., & Park, H. (2017). *Smart Merging Method For Hybrid Point Cloud Data Using UAV And LIDAR In Earthwork Construction*. *Procedia Engineering*, 196, 22–23.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.168>
- Nelson, & Sekarsari, J. (2019). Faktor Yang Memengaruhi Penerapan *Building Information Modeling* (Bim) Dalam Tahapan Pra Konstruksi Gedung Bertingkat. Dalam Jurnal Mitra Teknik Sipil (Vol. 2, Nomor 4).
- Pinatik, N., & Papilaya, F. (2024). *Pengolahan Foto Udara Uav (Unmanned Aerial Vehicle) Menggunakan Software Agisoft Metashape*.
<https://jurnalftik.unisi.ac.id/index.php/jupel/article/view/2838>
- Pratama, A., Suharno, A., Syaifullah, S., Tinggi, P., & Nasional, J. (2020). Teknik-Teknik Pengukuran Dan Pemetaan Kadastral Pada Program Ptsl Di Kantah

Lombok Timur. Dalam *Jurnal Tunas Agraria* (Vol. 3, Nomor 2).
<https://doi.org/10.31292/jta.v3i2.108>

Sugiharto. (2023). *Analisis Perbandingan Antara Metode Lidar Dan Terrestrial* .

Supit, D. D. (2020). Analisa Produktivitas Dan Efisiensi Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah, Dan Pekerjaan Perkerasan Berbutir: Studi Kasus: Proyek Rehabilitasi Ring Road Ii–Paniki. *Journal Dynamic Saint*, 5(1), 906–917.

Syahroni, M. I. (2022). Prosedur Penelitian Kuantitatif. *Jurnal Al-Musthafa Stit Al-Aziziyah Lombok Barat*, 43(3).
<https://scholar.archive.org/work/yxmfnfakwpne4rnpbb2rrrognoe/access/wa>
[yback/https://ejournal.stitaziziyah.ac.id/index.php/ejam/article/download/50/45](https://ejournal.stitaziziyah.ac.id/index.php/ejam/article/download/50/45)

Syamsuar, M. Z. P., & Mumtaz, M. D. A. (2025). Analisis Perbandingan Volume Timbunan Menggunakan Civil3d Terhadap Metode Konvensional Pada Jalan Tol Probowangi Sta. 4+275-4+500.

Wirantiko, M., Handayani, H. H., & Cahyono, A. B. (2020). Studi Pembuatan Dtm Menggunakan Metode Slope Based Filtering Dan Grid Based Filtering (Studi Kasus: Kelurahan Wonokromo Dan Lontar, Kota Surabaya) *Study Of Dtm Determination Using Slope Based Filtering And Grid Based Filtering (Case Study: Wonokromo And Lontar Sub-District, Surabaya)*. 16(1), 47.
<https://doi.org/10.12962/geoid.v16i1.1668>

Yuliyanti, E., Komarudin, Sitorus, P. H., Prasajo, N. D. A., & Azis, A. B. (2025). Penguatan Literasi Teknologi Dalam Bidang Teknik Sipil Melalui Pelatihan Pembuatan Trase Jalan Menggunakan Autocad Civil 3d Untuk Mahasiswa Di Wilayah Jabodetabek. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bhinneka*, 4(1), 417.
<https://doi.org/10.58266/jpmb.v4i1.233>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Koordinat Timbunan Aktual

Lampiran 2 Koordinat Eksisting LiDAR

Lampiran 3 *Cross Section*

Lampiran 4 Tabel Total Volume

Lampiran 5 Timbunan Aktual

Lampiran 6 *Surface* Eksisting LiDAR

Lampiran 7 *Surface* Eksisting *Total Station*

Lampiran 8 Lembar Asistensi





Lampiran 1

Koordinat Timbunan Aktual

Point	Easting	Northing	Elevation
1	426596.8784	9143977.125	126.626
2	426596.646	9143979.485	127.811
3	426596.352	9143982.47	127.751
4	426595.372	9143992.422	132.751
5	426595.3622	9143992.522	132.798
6	426593.4879	9144011.556	133.181
7	426593.3654	9144012.8	133.181
8	426593.2429	9144014.044	133.181
9	426591.4495	9144032.255	132.815
10	426591.4397	9144032.355	132.768
11	426590.4597	9144042.307	127.768
12	426590.1657	9144045.292	127.828
13	426572.0961	9143973.687	126.407
14	426571.8537	9143976.149	127.644
15	426571.5596	9143979.135	127.584
16	426570.5997	9143988.882	132.482
17	426570.3345	9143991.575	132.509
18	426568.6082	9144009.106	132.861
19	426568.4857	9144010.35	132.811
20	426568.3632	9144011.594	132.861
21	426566.7516	9144027.958	132.532
22	426566.4864	9144030.651	132.505
23	426565.5264	9144040.4	127.607
24	426565.2324	9144043.386	127.667
25	426565.0827	9144044.906	126.903
26	426547.3775	9143969.6	125.863
27	426547.0611	9143972.812	127.416
28	426546.7671	9143975.798	127.416
29	426545.8071	9143985.547	132.341
30	426545.542	9143988.24	132.341
31	426543.7285	9144006.656	132.711
32	426543.606	9144007.9	132.661
33	426543.4835	9144009.144	132.711
34	426541.7842	9144026.4	132.365
35	426541.5191	9144029.092	132.338
36	426540.5591	9144038.841	127.44
37	426540.2651	9144041.827	127.5
38	426540.1053	9144043.45	126.684
39	426522.5827	9143966.288	125.707
40	426522.2689	9143969.476	127.309
41	426521.9749	9143972.461	127.249
42	426521.0149	9143982.21	132.147
43	426520.7497	9143984.903	132.174
44	426518.8489	9144004.206	132.562
45	426518.7264	9144005.45	132.512

46	426518.6039	9144006.694	132.562
47	426516.7826	9144025.189	132.19
48	426516.5175	9144027.881	132.163
49	426515.5575	9144037.63	127.265
50	426515.2635	9144040.616	127.325
51	426514.9664	9144043.633	125.809
52	426497.8278	9143962.573	125.349
53	426497.4765	9143966.14	127.141
54	426497.1825	9143969.125	127.081
55	426496.2225	9143978.874	131.979
56	426495.9573	9143981.567	132.006
57	426493.9692	9144001.756	132.412
58	426493.8467	9144003	132.362
59	426493.7242	9144004.244	132.412
60	426491.7465	9144024.326	132.008
61	426491.4813	9144027.019	131.981
62	426490.5214	9144036.767	127.083
63	426490.2274	9144039.753	127.143
64	426490.01	9144041.96	126.034
65	426470.3082	9143986.93	125.033
66	426470.3082	9143986.93	132.013
67	426470.2361	9143987.662	132.028
68	426469.0895	9143999.306	132.262
69	426468.967	9144000.55	132.212
70	426468.8445	9144001.794	132.262
71	426467.6979	9144013.437	132.028
72	426467.5758	9144014.677	132.004
73	426445.4771	9143983.987	124.846
74	426445.4771	9143983.987	131.854
75	426445.3565	9143985.212	131.878
76	426444.2099	9143996.856	132.112
77	426444.0874	9143998.1	132.062
78	426443.9649	9143999.344	132.112
79	426442.8183	9144010.987	131.878
80	426442.5805	9144013.403	131.854
81	426420.6434	9143981.07	123.942
82	426420.6434	9143981.07	131.711
83	426420.4768	9143982.762	131.728
84	426419.3302	9143994.406	131.962
85	426419.2077	9143995.65	131.912
86	426419.0852	9143996.894	131.962
87	426417.9386	9144008.537	131.728
88	426417.6734	9144011.23	131.701
89	426417.5759	9144012.221	131.204
90	426395.8137	9143978.114	131.43
91	426395.8137	9143978.114	131.557

92	426395.5972	9143980.312	131.579
93	426394.4506	9143991.956	131.813
94	426394.3281	9143993.2	131.763
95	426394.2056	9143994.444	131.813
96	426393.059	9144006.087	131.579
97	426392.7938	9144008.78	131.552
98	426392.5708	9144011.045	130.414
99	426370.9858	9143975.137	131.176
100	426370.9858	9143975.137	131.371
101	426370.9827	9143975.169	131.387
102	426370.7175	9143977.862	131.414
103	426369.5709	9143989.506	131.648
104	426369.4484	9143990.75	131.598
105	426369.3259	9143991.994	131.648
106	426368.1793	9144003.637	131.414
107	426367.9141	9144006.33	131.387
108	426367.567	9144009.855	129.616
109	426346.1565	9143972.176	123.887
110	426346.1565	9143972.176	130.896
111	426346.103	9143972.719	131.169
112	426345.8378	9143975.412	131.197
113	426344.6912	9143987.056	131.431
114	426344.5687	9143988.3	131.381
115	426344.4462	9143989.544	131.431
116	426343.2996	9144001.187	131.197
117	426343.0344	9144003.88	131.169
118	426342.5684	9144008.612	128.792
119	426321.3267	9143969.22	130.37
120	426321.2238	9143970.265	130.896
121	426320.9582	9143972.962	130.923
122	426319.8116	9143984.606	131.157
123	426319.6891	9143985.85	131.107
124	426319.5666	9143987.094	131.157
125	426318.42	9143998.737	130.923
126	426318.1548	9144001.43	130.896
127	426317.5755	9144007.314	127.94
128	426296.495	9143966.282	129.795
129	426296.3441	9143967.815	130.568
130	426296.0785	9143970.512	130.595
131	426294.9319	9143982.156	130.829
132	426294.8094	9143983.4	130.779
133	426294.6869	9143984.644	130.829
134	426293.5403	9143996.287	130.595
135	426293.2747	9143998.984	130.568
136	426292.5907	9144005.931	127.074
137	426271.6625	9143963.355	129.174

138	426271.4645	9143965.365	130.184
139	426271.1989	9143968.062	130.211
140	426270.0523	9143979.706	130.445
141	426269.9298	9143980.95	130.395
142	426269.8073	9143982.194	130.445
143	426268.6607	9143993.837	130.211
144	426268.3951	9143996.534	130.184
145	426267.6228	9144004.376	126.244
146	426267.6228	9144004.376	124.821
147	426246.8239	9143960.487	128.524
148	426246.5848	9143962.915	129.742
149	426243.781	9143991.387	129.772
150	426244.9276	9143979.744	130.006
151	426245.0501	9143978.5	129.956
152	426244.9276	9143979.744	130.006
153	426243.781	9143991.387	129.772
154	426243.5154	9143994.084	129.745
155	426221.9883	9143957.589	127.805
156	426221.7051	9143960.465	129.25
157	426221.4395	9143963.162	129.277
158	426220.2929	9143974.806	129.511
159	426220.1704	9143976.05	129.461
160	426220.0479	9143977.294	129.511
161	426218.9013	9143988.937	129.277
162	426218.6357	9143991.634	129.25
163	426197.197	9143954.243	126.805
164	426196.8255	9143958.015	128.7
165	426196.5599	9143960.712	128.727
166	426195.4133	9143972.356	128.961
167	426195.2908	9143973.6	128.911
168	426195.1683	9143974.844	128.961
169	426194.0217	9143986.487	128.727
170	426193.7561	9143989.184	128.7
171	426172.4946	9143949.992	125.324
172	426171.9458	9143955.565	128.127
173	426171.6802	9143958.262	128.155
174	426170.5336	9143969.906	128.371
175	426170.4111	9143971.15	128.371
176	426170.2886	9143972.394	128.371
177	426169.142	9143984.037	128.137
178	426168.8764	9143986.734	128.11
179	426168.2042	9143993.561	124.677
180	426147.7749	9143945.766	124.007
181	426147.0545	9143953.131	127.707
182	426146.7906	9143955.828	127.734
183	426145.6515	9143967.472	127.778

184	426145.5298	9143968.716	127.728
185	426145.4081	9143969.96	127.778
186	426144.269	9143981.605	127.544
187	426144.2972	9143981.316	127.517
188	426122.767	9143943.855	123.81
189	426122.1134	9143950.774	127.286
190	426121.8585	9143953.472	127.313
191	426120.7583	9143965.12	127.185
192	426120.6407	9143966.365	127.135
193	426120.5231	9143967.609	127.185
194	426119.4229	9143979.257	126.924
195	426119.168	9143981.955	126.924
196	426118.7279	9143986.614	124.585
197	426118.7279	9143986.614	124.285
198	426097.6619	9143942.343	123.724
199	426097.1129	9143948.569	126.849
200	426096.8749	9143951.269	126.867
201	426095.8472	9143962.923	126.629
202	426095.7374	9143964.169	126.579
203	426095.6276	9143965.414	126.381
204	426094.5999	9143977.069	126.381
205	426094.6254	9143976.78	126.354



Lampiran 2
Koordinat eksisting LiDAR

Karena jumlah data koordinat LiDAR yang cukup banyak, penyajiannya dilakukan dalam bentuk QR Code untuk memudahkan akses pada data koordinat.





Lampiran 3

Cross section



TUGAS AKHIR

Tugas Akhir
Perbandingan Volume Timbunan
Berdasarkan *Surface* Eksisting
Hasil Pengukuran LiDAR Dan
Total Station Menggunakan Tiga
Metode Perhitungan

DOSEN PEMBIMBING I

Bhima Dhanardono, S.T., M.Eng.
198202082010121003

DOSEN PEMBIMBING II

Fikri Auza'i Ikhwan, S.T., M.Eng.
199604162025061006

KETERANGAN

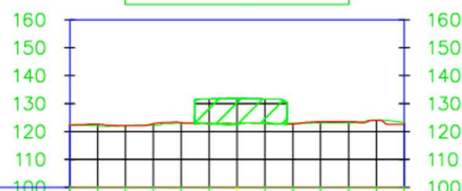
CROSS SECTION

DIBUAT DAN DIAJUKAN OLEH :

Nur Jalil
232123

Stefani L.A. Simatupang
232147

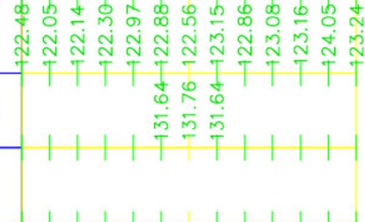
56+650.00



EXISTING ELEVATIONS

PROPOSED ELEVATIONS

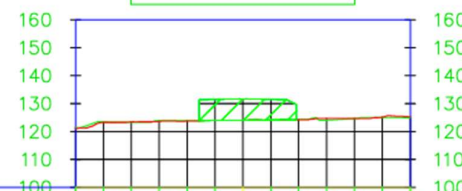
OFFSET



EXISTING ELEVATIONS

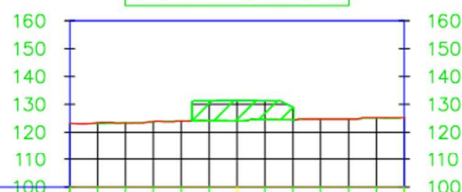
PROPOSED ELEVATIONS

OFFSET



56+675.00

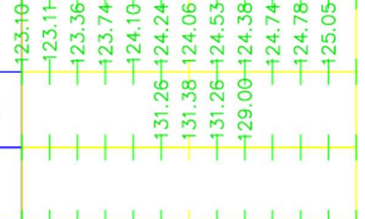
56+700.00



EXISTING ELEVATIONS

PROPOSED ELEVATIONS

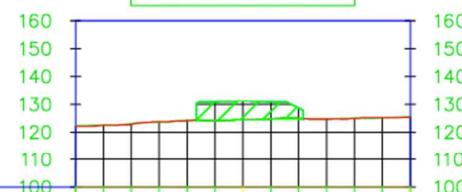
OFFSET



EXISTING ELEVATIONS

PROPOSED ELEVATIONS

OFFSET



56+725.00



TUGAS AKHIR

Tugas Akhir
Perbandingan Volume Timbunan
Berdasarkan *Surface* Eksisting
Hasil Pengukuran LiDAR Dan
Total Station Menggunakan Tiga
Metode Perhitungan

DOSEN PEMBIMBING I

Bhima Dhanardono, S.T., M.Eng.
198202082010121003

DOSEN PEMBIMBING II

Fikri Auza'i Ikhwani, S.T., M.Eng.
199604162025061006

KETERANGAN

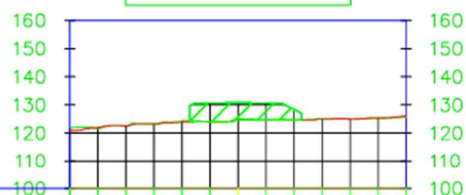
CROSS SECTION

DIBUAT DAN DIAJUKAN OLEH :

Nur Jalil
232123

Stefani L.A. Simatupang
232147

56+750.00

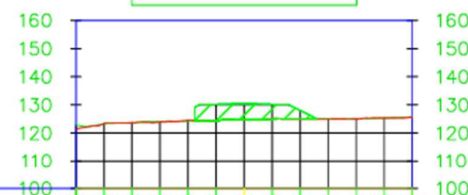


EXISTING ELEVATIONS

PROPOSED ELEVATIONS

OFFSET

56+775.00

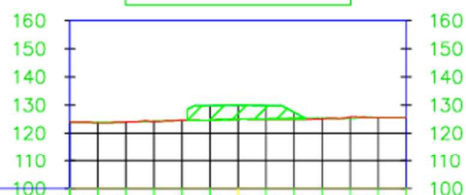


EXISTING ELEVATIONS

PROPOSED ELEVATIONS

OFFSET

56+800.00

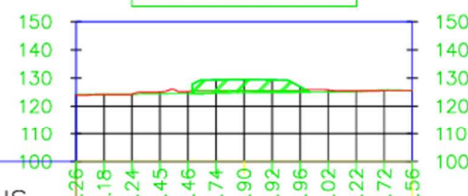


EXISTING ELEVATIONS

PROPOSED ELEVATIONS

OFFSET

56+825.00



EXISTING ELEVATIONS

PROPOSED ELEVATIONS

OFFSET

Karena jumlah data *Cross Section* yang cukup banyak, penyajiannya dilakukan dalam bentuk QR Code untuk memudahkan akses pada data koordinat.





Lampiran 4

Tabel total volume

Volume Report

Project: C:\Users\ACER\Downloads\Surface Paket II B STA 56+450 - 56+950
FINAL.dwg

Alignment: Alignment - MAIN ROAD PAKET 2.2B
 Sample Line Group: SL MAIN ROAD PAKET 2.2B
 Start Sta: 56+450.000
 End Sta: 56+950.000

<u>Station</u>	<u>Cut Area</u> (Sq.m.)	<u>Cut Volume</u> (Cu.m.)	<u>Reusable Volume</u> (Cu.m.)	<u>Fill Area</u> (Sq.m.)	<u>Fill Volume</u> (Cu.m.)	<u>Cum. Cut Vol.</u> (Cu.m.)	<u>Cum. Reusable Vol.</u> (Cu.m.)	<u>Cum. Fill Vol.</u> (Cu.m.)	<u>Cum. Net Vol.</u> (Cu.m.)
56+450.000	0.00	0.00	0.00	321.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56+475.000	0.00	0.00	0.00	322.95	8053.39	0.00	0.00	8053.39	-8053.39
56+500.000	0.00	0.00	0.00	346.60	8369.39	0.00	0.00	16422.78	-16422.78
56+525.000	0.00	0.00	0.00	380.93	9094.07	0.00	0.00	25516.85	-25516.85
56+550.000	0.00	0.00	0.00	409.26	9877.32	0.00	0.00	35394.17	-35394.17
56+575.000	0.00	0.00	0.00	187.35	7457.56	0.00	0.00	42851.73	-42851.73
56+600.000	0.00	0.00	0.00	204.10	4893.12	0.00	0.00	47744.84	-47744.84
56+625.000	0.00	0.00	0.00	243.05	5589.43	0.00	0.00	53334.27	-53334.27
56+650.000	0.00	0.00	0.00	289.62	6658.36	0.00	0.00	59992.63	-59992.63
56+675.000	0.00	0.00	0.00	255.73	6816.83	0.00	0.00	66809.46	-66809.46
56+700.000	0.00	0.00	0.00	249.39	6313.93	0.00	0.00	73123.39	-73123.39
56+725.000	0.00	0.00	0.00	241.36	6134.30	0.00	0.00	79257.69	-79257.69
56+750.000	0.00	0.00	0.00	231.36	5908.98	0.00	0.00	85166.67	-85166.67
56+775.000	0.00	0.00	0.00	208.14	5493.78	0.00	0.00	90660.45	-90660.45
56+800.000	0.00	0.00	0.00	185.91	4925.63	0.00	0.00	95586.09	-95586.09
56+825.000	0.00	0.00	0.00	171.48	4467.34	0.00	0.00	100053.42	-100053.42
56+850.000	0.00	0.00	0.00	148.05	3994.08	0.00	0.00	104047.50	-104047.50
56+875.000	0.00	0.00	0.00	125.61	3420.69	0.00	0.00	107468.19	-107468.19
56+900.000	0.00	0.00	0.00	105.22	2885.33	0.00	0.00	110353.52	-110353.52
56+925.000	0.00	0.00	0.00	85.62	2385.42	0.00	0.00	112738.94	-112738.94
56+950.000	0.00	0.00	0.00	69.19	1935.06	0.00	0.00	114674.00	-114674.00

Volume Report

Project: C:\Users\ACER\Downloads\Surface Paket II B STA 56+450 - 56+950
FINAL.dwg

Alignment: Alignment - MAIN ROAD PAKET 2.2B
 Sample Line Group: SL Collection - 1
 Start Sta: 56+450.000
 End Sta: 56+950.000

<u>Station</u>	<u>Cut Area</u> (Sq.m.)	<u>Cut Volume</u> (Cu.m.)	<u>Reusable Volume</u> (Cu.m.)	<u>Fill Area</u> (Sq.m.)	<u>Fill Volume</u> (Cu.m.)	<u>Cum. Cut Vol.</u> (Cu.m.)	<u>Cum. Reusable Vol.</u> (Cu.m.)	<u>Cum. Fill Vol.</u> (Cu.m.)	<u>Cum. Net Vol.</u> (Cu.m.)
56+450.000	0.00	0.00	0.00	321.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56+460.000	0.00	0.00	0.00	319.75	3205.32	0.00	0.00	3205.32	-3205.32
56+470.000	0.00	0.00	0.00	321.75	3207.49	0.00	0.00	6412.81	-6412.81
56+480.000	0.00	0.00	0.00	326.29	3240.23	0.00	0.00	9653.04	-9653.04
56+490.000	0.00	0.00	0.00	338.09	3321.93	0.00	0.00	12974.97	-12974.97
56+500.000	0.00	0.00	0.00	346.60	3423.45	0.00	0.00	16398.42	-16398.42
56+510.000	0.00	0.00	0.00	360.16	3533.77	0.00	0.00	19932.19	-19932.19
56+520.000	0.00	0.00	0.00	374.58	3673.68	0.00	0.00	23605.87	-23605.87
56+530.000	0.00	0.00	0.00	386.22	3804.02	0.00	0.00	27409.89	-27409.89
56+540.000	0.00	0.00	0.00	397.94	3920.81	0.00	0.00	31330.70	-31330.70
56+550.000	0.00	0.00	0.00	409.26	4035.98	0.00	0.00	35366.68	-35366.68
56+560.000	0.00	0.00	0.00	243.93	3265.94	0.00	0.00	38632.62	-38632.62
56+570.000	0.00	0.00	0.00	205.94	2249.36	0.00	0.00	40881.98	-40881.98
56+580.000	0.00	0.00	0.00	193.04	1994.90	0.00	0.00	42876.88	-42876.88
56+590.000	0.00	0.00	0.00	198.38	1957.11	0.00	0.00	44833.99	-44833.99
56+600.000	0.00	0.00	0.00	204.10	2012.43	0.00	0.00	46846.42	-46846.42
56+610.000	0.00	0.00	0.00	217.53	2108.15	0.00	0.00	48954.57	-48954.57
56+620.000	0.00	0.00	0.00	227.31	2224.21	0.00	0.00	51178.78	-51178.78
56+630.000	0.00	0.00	0.00	253.64	2404.80	0.00	0.00	53583.58	-53583.58
56+640.000	0.00	0.00	0.00	269.91	2617.80	0.00	0.00	56201.37	-56201.37
56+650.000	0.00	0.00	0.00	289.62	2797.66	0.00	0.00	58999.03	-58999.03
56+660.000	0.00	0.00	0.00	277.20	2834.11	0.00	0.00	61833.14	-61833.14
56+670.000	0.00	0.00	0.00	262.67	2699.37	0.00	0.00	64532.51	-64532.51
56+680.000	0.00	0.00	0.00	254.00	2583.36	0.00	0.00	67115.87	-67115.87
56+690.000	0.00	0.00	0.00	251.49	2527.47	0.00	0.00	69643.34	-69643.34
56+700.000	0.00	0.00	0.00	249.39	2504.39	0.00	0.00	72147.74	-72147.74
56+710.000	0.00	0.00	0.00	245.70	2475.43	0.00	0.00	74623.17	-74623.17
56+720.000	0.00	0.00	0.00	242.51	2441.03	0.00	0.00	77064.20	-77064.20
56+730.000	0.00	0.00	0.00	239.47	2409.88	0.00	0.00	79474.08	-79474.08

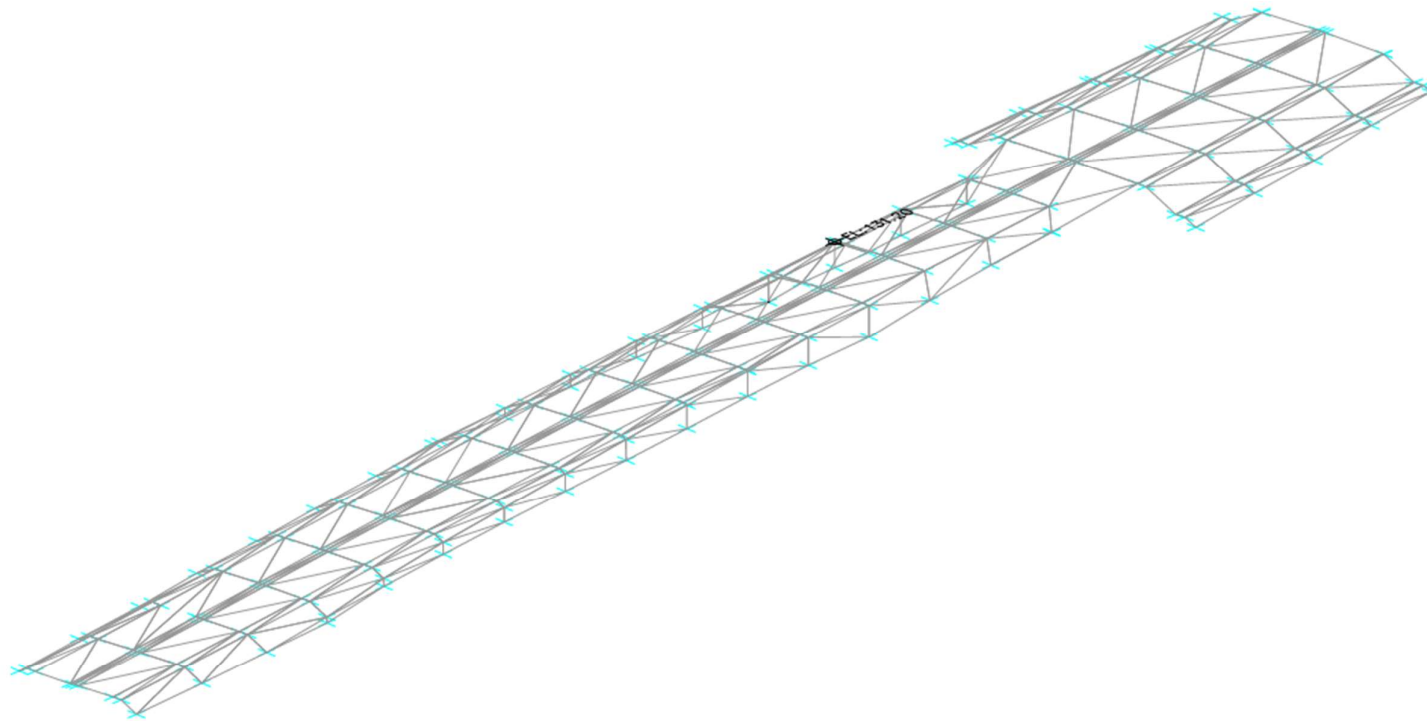
56+740.000	0.00	0.00	0.00	235.55	2375.09	0.00	0.00	81849.17	-81849.17
56+750.000	0.00	0.00	0.00	231.36	2334.53	0.00	0.00	84183.69	-84183.69
56+760.000	0.00	0.00	0.00	226.75	2290.52	0.00	0.00	86474.22	-86474.22
56+770.000	0.00	0.00	0.00	216.63	2216.90	0.00	0.00	88691.11	-88691.11
56+780.000	0.00	0.00	0.00	193.43	2050.31	0.00	0.00	90741.42	-90741.42
56+790.000	0.00	0.00	0.00	191.51	1924.67	0.00	0.00	92666.10	-92666.10
56+800.000	0.00	0.00	0.00	185.91	1887.07	0.00	0.00	94553.16	-94553.16
56+810.000	0.00	0.00	0.00	178.90	1824.02	0.00	0.00	96377.18	-96377.18
56+820.000	0.00	0.00	0.00	174.14	1765.19	0.00	0.00	98142.37	-98142.37
56+830.000	0.00	0.00	0.00	166.04	1700.92	0.00	0.00	99843.29	-99843.29
56+840.000	0.00	0.00	0.00	155.40	1607.20	0.00	0.00	101450.49	-101450.49
56+850.000	0.00	0.00	0.00	148.05	1517.22	0.00	0.00	102967.71	-102967.71
56+860.000	0.00	0.00	0.00	139.63	1438.40	0.00	0.00	104406.11	-104406.11
56+870.000	0.00	0.00	0.00	130.42	1350.25	0.00	0.00	105756.36	-105756.36
56+880.000	0.00	0.00	0.00	121.32	1258.70	0.00	0.00	107015.06	-107015.06
56+890.000	0.00	0.00	0.00	113.00	1171.62	0.00	0.00	108186.68	-108186.68
56+900.000	0.00	0.00	0.00	105.22	1091.09	0.00	0.00	109277.78	-109277.78
56+910.000	0.00	0.00	0.00	97.61	1014.14	0.00	0.00	110291.92	-110291.92
56+920.000	0.00	0.00	0.00	89.65	936.29	0.00	0.00	111228.20	-111228.20
56+930.000	0.00	0.00	0.00	80.77	852.10	0.00	0.00	112080.30	-112080.30
56+940.000	0.00	0.00	0.00	73.69	772.32	0.00	0.00	112852.62	-112852.62
56+950.000	0.00	0.00	0.00	69.19	714.40	0.00	0.00	113567.02	-113567.02

Karena jumlah data Tabel Total Volume yang cukup banyak, penyajiannya dilakukan dalam bentuk QR Code untuk memudahkan akses pada data koordinat.





Lampiran 5
Timbunan Aktual



TUGAS AKHIR

Tugas Akhir
Perbandingan Volume Timbunan
Berdasarkan *Surface* Eksisting
Hasil Pengukuran LiDAR Dan
Total Station Menggunakan Tiga
Metode Perhitungan

DOSEN PEMBIMBING I

Bhima Dhanardono, S.T., M.Eng.
198202082010121003

DOSEN PEMBIMBING II

Fikri Auza'i Ikhwan, S.T., M.Eng.
199604162025061006

KETERANGAN

TIMBUNAN AKTUAL

DIBUAT DAN DIAJUKAN OLEH :

Nur Jalil
232123

Stefani L.A. Simatupang
232147



Lampiran 6

Surface Eksisting LiDAR



TUGAS AKHIR

Tugas Akhir
Perbandingan Volume Timbunan
Berdasarkan *Surface* Eksisting
Hasil Pengukuran LiDAR Dan
Total Station Menggunakan Tiga
Metode Perhitungan

DOSEN PEMBIMBING I

Bhima Dhanardono, S.T., M.Eng.
198202082010121003

DOSEN PEMBIMBING II

Fikri Auza'i Ikhwan, S.T., M.Eng.
199604162025061006

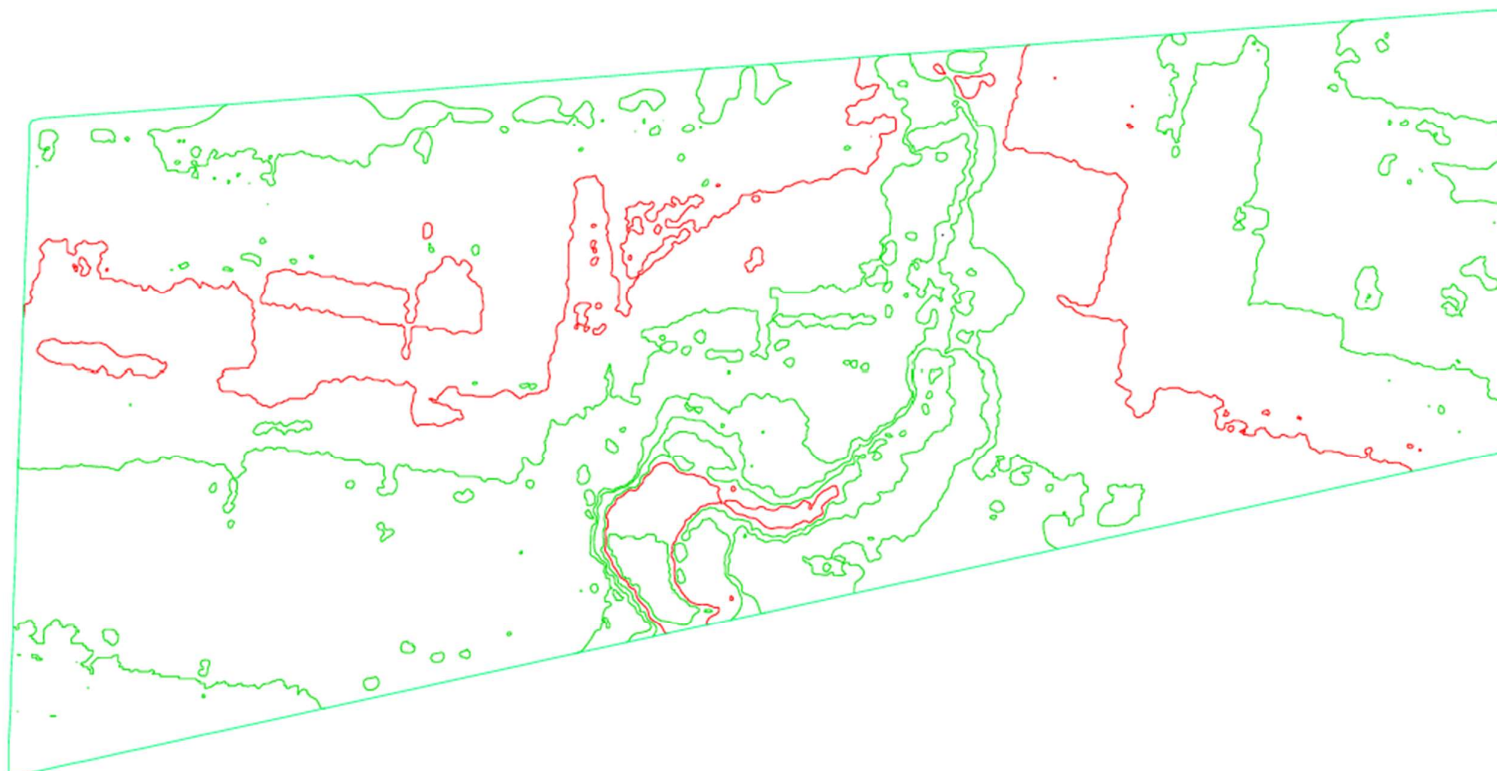
KETERANGAN

SURFACE EXSISTING
PENGUKURAN *LiDAR*

DIBUAT DAN DIAJUKAN OLEH :

Nur Jalil
232123

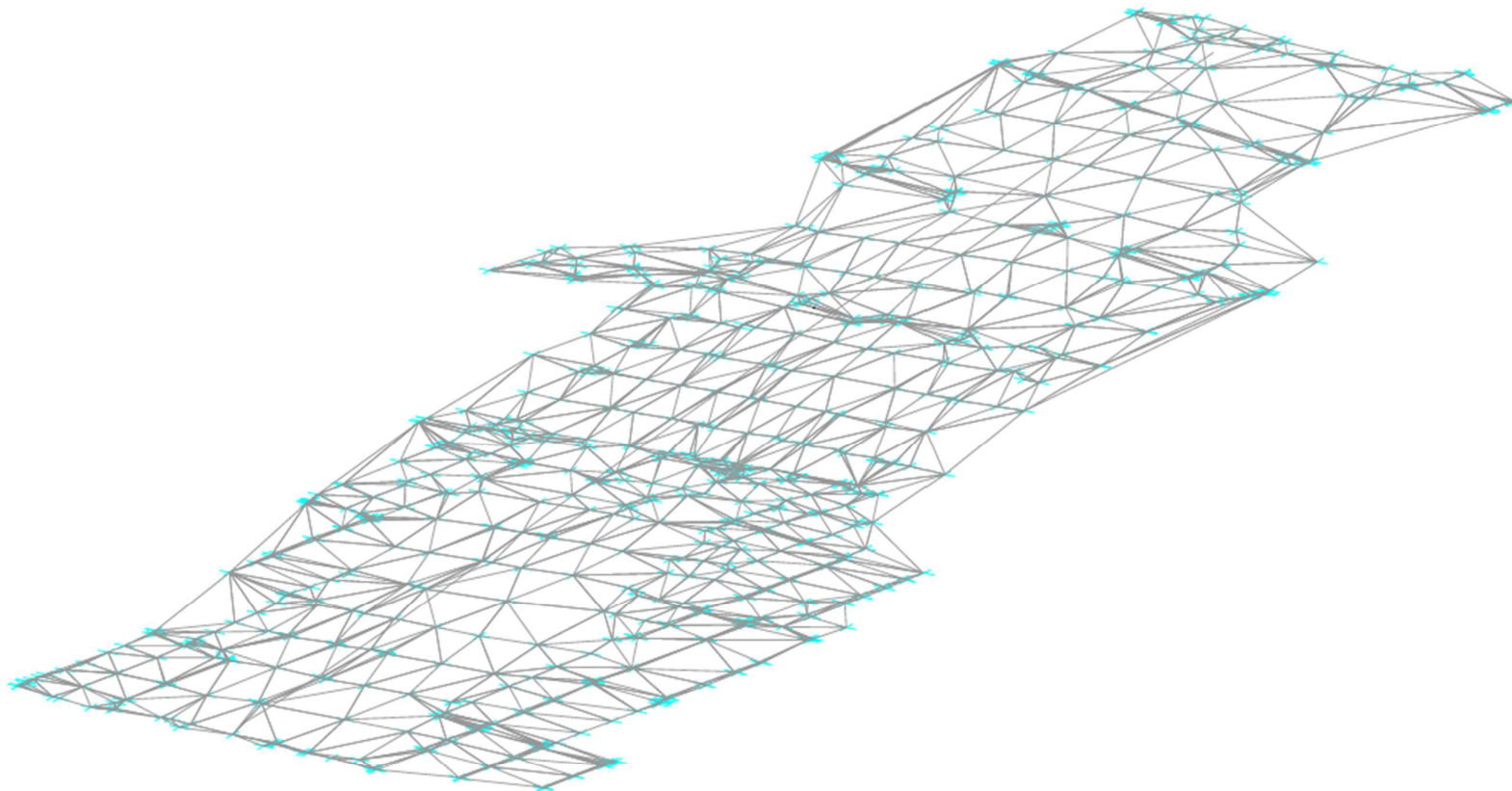
Stefani L.A. Simatupang
232147





Lampiran 7

Surface Eksisting *Total Station*



TUGAS AKHIR

Tugas Akhir
Perbandingan Volume Timbunan
Berdasarkan *Surface* Eksisting
Hasil Pengukuran LiDAR Dan
Total Station Menggunakan Tiga
Metode Perhitungan

DOSEN PEMBIMBING I

Bhima Dhanardono, S.T., M.Eng.
198202082010121003

DOSEN PEMBIMBING II

Fikri Auza'i Ikhwan, S.T., M.Eng.
199604162025061006

KETERANGAN

SURFACE EXSISTING
PENGUKURAN TOTAL STATION

DIBUAT DAN DIAJUKAN OLEH :

Nur Jalil
232123

Stefani L.A. Simatupang
232147



Lampiran 8
Lembar Asistensi

LEMBAR ASISTENSI

Nama Mahasiswa 1/NIM : Nur Jalil/232123
 Nama Mahasiswa 2/NIM : Stefani Lyra Aulia Simatupang/232147
 Nama Proyek : Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulonprogo
 Seksi 2 Paket 2.2
 Nama Perusahaan : PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.
 Lokasi : Jl. Ring Road Barat No.35, Kranggan, Gamping, Sleman, D.I.Y.
 Nama Dosen Pembimbing : Bhima Dhanardono, S.T., M. Eng.

No	Tanggal	Uraian	Tandatangan
1.	20/02/2026	1. Pemilihan judul tugas akhir 2. Perbaikan abstrak 3. Perbandingan terhadap 3 penelitian sejenis dan serupa	
2.	11/03/2026	1. Pemilihan judul tugas akhir 2. Pemilihan rekomendasi judul dari dosen pembimbing	
3.	03/04/2026	1. Pengajuan judul tugas akhir "INTEGRASI DATA BIAYA KE DALAM MODEL 3D (BIM 5D) UNTUK ANALISA ESTIMASI ANGGARAN PEMBANGUNAN PIER HEAD PSB" 2. Pertimbangan penggunaan E-HSD sebagai acuan estimasi biaya	
4.	16/04/2026	1. Pertimbangan pemilihan judul a. Mengembangkan judul analisis biaya pembangunan pierhead PSB. b. Mencari judul baru.	
5.	30/04/2026	1. Pengajuan judul baru "PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME TIMBUNAN DAN MENGGUNAKAN METODE TOTAL STATION DAN DRONE LIDAR DENGAN ANALISIS DEVIASI"	
6.	01/05/2026	1. MENC Mencari 3 penelitian sejenis kemudian dibandingkan perbedaannya. 2. Penulisan kesimpulan dan saran dari setiap penelitian.	

LEMBAR ASISTENSI

Nama Mahasiswa 1/NIM : Nur Jalil/232123
 Nama Mahasiswa 2/NIM : Stefani Lyra Aulia Simatupang/232147
 Nama Proyek : Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulonprogo
 Seksi 2 Paket 2.2
 Nama Perusahaan : PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.
 Lokasi : Jl. Ring Road Barat No.35, Kranggan, Gamping, Sleman, D.I.Y.
 Nama Dosen Pembimbing : Bhima Dhanardono, S.T., M. Eng.

No	Tanggal	Uraian	Tandatangan
7.	15/06/2026	1. Pembahasan konsep dari perencanaan 2. Perbaikan metode perhitungan perhitungan dengan mengahay volume timbunan 3. Perbaikan bagan alir 4. Menentukan susunan masalah 5. Menentukan parameter perencanaan	
8.	06/07/2026	1. Perbaikan judul tugas akhir 2. Perbaikan tujuan pustaka 3. Perbaikan perhitungan lerakul 4. Penambahan data primer 5. Perbaikan langkah-langkah pengolahan data	
9.	13/07/2026	1. Pemberian gambar pada penjelasan langkah-langkah perhitungan 2. Menambahkan penjelasan metode perhitungan volume timbunan pada tujuan pustaka 3. Penambahan argumentasi mengenai tingkat akurasi 4. Perbaikan format penulisan angka 5. Perbaikan kata pada "Base" 6. Perbaikan isi tabel yang tidak terlihat 7. Perbaikan kalimat pada hasil analisis data 8. Perbaikan kesimpulan.	

LEMBAR ASISTENSI

Nama Mahasiswa 1/NIM : Nur Jalil/232123
 Nama Mahasiswa 2/NIM : Stefani Lyra Aulia Simatupang/232147
 Nama Proyek : Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulonprogo
 Seksi 2 Paket 2.2
 Nama Perusahaan : PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.
 Lokasi : Jl. Ring Road Barat No.35, Kranggan, Gamping, Sleman, D.I.Y.
 Nama Dosen Pembimbing : Bhima Dhanardono, S.T., M. Eng.

No	Tanggal	Uraian	Tandatangan
10.	21/07/26	1. Pendahuluan utamakan pemikiran sendiri Yang relevan menggunakan tanda hubung Yang Jelas 2. Permasalahan dibuat sederhana & spesifik, 3. Pastikan Semua referensi dicantumkan dalam daftar pustaka	
11.	23/07/26	1. data koordinat Yang banyak ditampilkan melalui QR Code 2. Kata "Tinjauan" diganti "Penelitian" 3. Buat tabel tanpa garis Vertikal 4. fokuskan Penelitian pada Tin, Grid. dan Average End Area 5. Tambahkan tabel Perbandingan 3 Metode	
12.	24/07/26	1. Buat Jarak interval mendekati TIN Permetode 2. Buat grafik Perbandingan Metode 3. Paragraf tin di bab 2 Sempurnakan.	
13.	27/07/26	1. masukan fenomena dimana Average end Area dan Grid dapat mendekati hasil TIN 2. Buat ilustrasi TIN dengan Segitiga Yang lebih sederhana 3. Tambahkan rumus TIN, Grid, dan AEA Pada BAB II 4. Analisis apakah ketiga metode bersifat konsisten 5. Tambahkan trendline pada grafik	
14.	29/07/26	1. Tambahkan grafik per metode	
15.	30/07/26	2. rapikan istilah kata ACC	