

**PERHITUNGAN *VOLUME CUT AND FILL* PADA PEMBANGUNAN
KAWASAN INDUSTRI TANJUNG ENIM – *BACBIE (BUKIT ASAM COAL
BASED INDUSTRIAL ESTATE)***

(Tugas Akhir)

Oleh

**ANISA WULANDARI
1905061002**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**PERHITUNGAN *VOLUME CUT AND FILL* PADA PEMBANGUNAN
KAWASAN INDUSTRI TANJUNG ENIM – *BACBIE (BUKIT ASAM COAL
BASED INDUSTRIAL ESTATE)***

**Oleh
ANISA WULANDARI**

(Tugas Akhir)

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
AHLI MADYA (A.Md.) TEKNIK**

Pada

**Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PERHITUNGAN *VOLUME CUT AND FILL* PADA PEMBANGUNAN KAWASAN INDUSTRI TANJUNG ENIM – *BACBIE (BUKIT ASAM COAL BASED INDUSTRIAL ESTATE)*

Oleh

ANISA WULANDARI

Galian dan timbunan merupakan salah satu bagian terpenting dalam berbagai jenis proyek pengukuran. Perhitungan galian dan timbunan merupakan salah satu permasalahan yang ekstensif dan kompleks, oleh karena itu perhitungan *volume* galian dan timbunan harus dilakukan dengan teliti agar tidak ada pihak yang dirugikan.

Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan perhitungan *volume* galian dan timbunan pada pembangunan kawasan industri Tanjung Enim- *BACBIE*. Memanfaatkan data koordinat situasi permukaan tanah asli dan data permukaan tanah rencana. Perhitungan *volume* dengan metode kontur dan *DEM*, kemudian dilakukan perbandingan untuk mengetahui selisih hasil perhitungan *volume* terhadap *volume* asli.

Pada metode kontur menghasilkan perhitungan *volume cut* (galian) sebanyak 2.192.534,43 m³ dengan selisih perhitungan 1.757,48 m³ dengan presentase 0,08% terhadap *volume* asli dan *volume fill* (timbunan) sebanyak 1.173.556,71 m³ dengan selisih perhitungan 2.163,63 m³ dengan presentase 0,18% terhadap *volume* asli. Sedangkan pada metode *DEM* menghasilkan perhitungan *volume cut* (galian) sebanyak 2.160.319,43 m³ dengan selisih perhitungan 33.972,48 m³ dengan presentase 1,55% terhadap *volume asli* dan *volume fill* (timbunan) sebanyak 1.170.845,79 m³ dengan selisih perhitungan 4.874,54 m³ dengan presentase 0,41% terhadap *volume* asli.

Kata kunci : *Volume*, Galian, Timbunan, Kontur, *DEM*

ABSTRACT

CALCULATION OF CUT AND FILL VOLUME IN THE DEVELOPMENT OF TANJUNG ENIM INDUSTRIAL AREA – BACBIE (BUKIT ASAM COAL BASED INDUSTRIAL ESTATE)

By

ANISA WULANDARI

Cut and fill are one of the most important parts of any type of surveying project. Calculation of cut and fill is one of the extensive and complex problems, therefore the calculation of the volume of cut and fill must be carried out carefully so that no party is harmed. In this final project, the calculation of the volume of cut and fill in the development of the industrial area of Tanjung Enim-BACBIE is carried out. Utilize original ground level data and ground level plans. Volume calculation using the contour and DEM methods, then a comparison is made to find out the difference between the volume calculation results and the original volume. The contour method produces a cut volume calculation of 2.192.534,43 m³ with a calculation difference of 1.757,48 m³ with a percentage of 0,08% of the original volume and a fill volume of 1.173.556,71 m³ with a calculation difference of 2.163,63 m³ with a percentage of 0,18% of the original volume. Whereas the DEM method produces a cut volume calculation of 2.160.319,43 m³ with a calculation difference of 33.972,48 m³ with a percentage of 1,55% of the original volume and fill volume of 1.170.845,79 m³ with a calculation difference 4.874,54 m³ with a percentage of 0,41% of the original volume.

Keywords: Volume, Cut, Fill, Contours, DEM

Judul Laporan Tugas Akhir : **PERHITUNGAN VOLUME CUT AND FILL
PADA PEMBANGUNAN KAWASAN
INDUSTRI TANJUNG ENIM - BACBIE
(BUKIT ASAM COAL BASED INDUSTRIAL
ESTATE)**

Nama Mahasiswa : **Anisa Wulandari**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1905061002

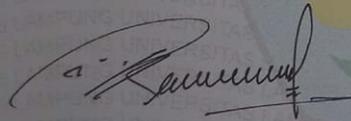
Program Studi : D3 Teknik Survey dan Pemetaan

Fakultas : Teknik

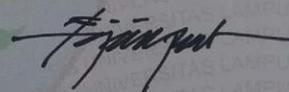
MENYETUJUI

Pembimbing 1

Pembimbing 2



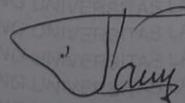
Romi Fadly, S.T., M.Eng.
NIP 19770824 200812 1 001



Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.
NIP 19720302 200604 1 002

MENGETAHUI

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

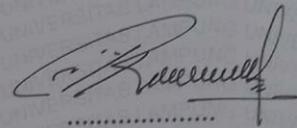


Ir. Fauzan Mardapa, M.T., IPM.
NIP 19641012 199203 1 002

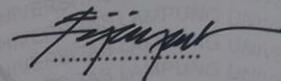
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

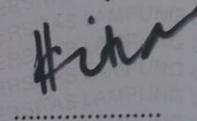
Ketua : **Romi Fadly, S.T., M.Eng.**



Sekretaris : **Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.**



Penguji : **Citra Dewi, S.T., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ↘
NIP 19750928 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian : **20 September 2023**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Penulis bernama ANISA WULANDARI dengan NPM 1905061002 dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam Tugas Akhir ini adalah hasil karya penulis berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah penulis dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dengan hasil dari rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dan lain-lain) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini penulis buat dan dapat dipertanggungjawabkan apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka penulis siap untuk mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, September 2023
Yang membuat pernyataan



Anisa Wulandari
NPM 1905061002

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jatimulyo pada tanggal 07 Desember 2000, anak ketiga dari pasangan Suropto dan Sri Sukini. Jenjang akademis penulis dimulai dengan menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Jatimulyo pada tahun 2013. Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Jatiagung pada tahun 2016. Sekolah Menengah Atas di SMAS Gajah Mada Bandar Lampung dengan jurusan Ilmu Pengetahuan Alam pada tahun 2019. Pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai mahasiswa program studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa sudah banyak hal penulis lakukan salah satunya kerja praktik. Penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Taram dalam Pembangunan Kawasan Industri Tanjung Enim- *BACBIE (Bukit Asam Coal Based Industrial Estate)* dari bulan Maret 2022 sampai Agustus 2022. Penulis juga mengerjakan Tugas Akhir dengan judul “Perhitungan *Volume Cut and Fill* Pada Pembangunan Kawasan Industri Tanjung Enim – *BACBIE (Bukit Asam Coal Based Industrial Estate)*” pada tahun 2023.

MOTTO

“Berproseslah semaksimal mungkin sampai kamu mampu mencapai apa yang kamu mau”

“Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras, tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan, tidak ada kemudahan tanpa doa”

(Ridwan Kamil)

“Orang lain gak akan paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tau hanya sebagian *success stories*, berjuanglah untuk diri sendiri walaupun gak ada yang tepuk tangan, kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini”

(Fardi Yandi)

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Kupersembahkan karya kecilku ini untuk Allah SWT.

Untuk KEDUA ORANG TUAKU yang telah memberikan cinta, kasih sayang dan selalu mendoakan keberhasilanku.

Untuk KAKAK yang telah memberikan kasih sayang, semangat dan selalu mendoakan keberhasilanku.

Untuk TEMAN- TEMAN DAN SAHABAT yang telah memberikan motivasi, semangat dan selalu mendoakan keberhasilanku.

Untuk SEMUA ORANG yang telah memberikan kasih sayang, semangat dan selalu mendoakan keberhasilanku.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “ **PERHITUNGAN *VOLUME CUT AND FILL* PADA PEMBANGUNAN KAWASAN INDUSTRI TANJUNG ENIM – *BACBIE (BUKIT ASAM COAL BASED INDUSTRIAL ESTATE)***”. Sholawat serta salam semoga tetap tercurah kepada nabi Muhammad SAW, yang dinantikan syafaatnya di yaumul akhir nanti.

Penulis menyadari bahwa laporan ini memiliki banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak – pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan pembuatan laporan Tugas Akhir antara lain:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Geomatika.
3. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, saran, dan nasihat dalam penulisan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, saran, dan nasihat dalam penulisan Tugas Akhir.
5. Ibu Citra Dewi, S.T., M.Eng. selaku penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran-saran pada seminar terdahulu sampai menuju ujian akhir.
6. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Survey dan Pemetaan Unila. Terima kasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan selama ini.
7. Bapak Teguh Karyadi, S.T. selaku Tenaga Ahli Geodesi PT. Taram

8. Bapak Herwanto, Mas Sulton Mufid dan seluruh team *engineering survey* PT. Taram.
9. Segenap pegawai di PT. Taram yang telah memberikan bimbingan dan masukan baik dalam pelaksanaan penelitian maupun dalam pembuatan proposal.
10. Kedua orang tua yang telah memberi dukungan secara materil dan moril.
11. Kedua kakak saya Ika Indriyani dan Dwi Aprianto yang telah memberi dukungan dan semangat.
12. Fitriana Herdini, Febda Ayu Ananda, Madani Rahma Putri, dan Lisa Ratnasari. Selaku teman yang telah kebersamai perkuliahan di prodi kurang lebih 3 tahun dan selalu memberikan motivasi dalam penulisan laporan Tugas Akhir. Terima kasih.
13. Keluarga besar angkatan 2019, yang telah sama – sama berjuang, membantu dan memberikan motivasi kepada penulis.

Semoga semua bantuan, semangat, dan kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan dari Tuhan YME dan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi setiap pembaca, seluruh pihak yang membutuhkan, dan dipergunakan dengan sebaik – baiknya. Mohon maaf apabila ada kesalahan dalam penulisan. Akhir kata, penulis ucapkan terimakasih.

Bandar Lampung, September 2023

Anisa Wulandari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Ruang Lingkup	3
1.6. Lokasi Kegiatan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Galian dan Timbunan (<i>Cut and Fill</i>).....	4
2.1.1. Peninjauan Lokasi	4
2.1.2. Pengukuran Lahan	5
2.1.3. Pengolahan Data Survey.....	5
2.2. Pengukuran Situasi	5
2.3. Kontur, Sifat, dan Interpolasinya.....	6
2.3.1. Sifat Garis Kontur.....	6
2.3.2. Interpolasi Garis Kontur	8
2.4. <i>Digital Elevation Model (DEM)</i>	9
2.5. Interpolasi <i>Digital Elevation Model</i>	9
2.6. Perhitungan <i>Volume</i> Galian dan Timbunan (<i>Cut and Fill</i>)	10
III. METODE PELAKSANAAN	14
3.1. Tahap Persiapan	15
3.1.1. Alat	15
3.1.2. Bahan.....	15
3.2. Tahap Pengumpulan Data.....	15
3.2.1. Data Primer.....	16
3.2.2. Data Sekunder	16
3.3. Tahap Pengolahan Data.....	17
3.3.1. Proses Pembuatan Kontur.....	17
3.3.2. Perhitungan <i>Volume Cut and Fill</i> Metode Kontur	19
3.3.3. Proses Pembuatan Data <i>Digital Elevation Model (DEM)</i>	20
3.3.4. Perhitungan <i>Volume Cut and Fill</i> Metode <i>DEM</i>	21
3.4. Perbandingan <i>Volume Cut and Fill</i>	22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1. Hasil Pembuatan Kontur	23
4.2. Hasil Perhitungan <i>Volume Cut and Fill</i> Metode Kontur	25
4.3. Hasil Pembuatan Data <i>DEM</i>	26
4.4. Hasil Perhitungan <i>Volume Cut and Fill</i> Metode <i>DEM</i>	27
4.5. Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Volume Cut and Fill</i>	28
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	30
5.1. Simpulan.....	30
5.2. Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data koordinat situasi permukaan tanah asli.....	16
2. Data permukaan tanah rencana	17
3. Hasil perhitungan <i>volume</i> metode kontur	26
4. Hasil perhitungan <i>volume</i> metode <i>DEM</i>	27
5. Perbandingan hasil <i>volume</i>	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi kajian	3
2. Galian dan Timbunan	4
3. Sifat garis kontur	7
4. Garis kontur sungai	7
5. Garis kontur jalan	7
6. Garis kontur jika terjal dan landai	8
7. Garis kontur punggung gunung dan lembah	8
8. Metode kontur	11
9. <i>Digital Elevation Model</i>	12
10. Diagram alir kegiatan	14
11. Tampilan titik koordinat	18
12. Tampilan garis kontur	19
13. Tampilan koordinat <i>format shapefile</i>	20
14. Tampilan pembuatan <i>DEM</i>	21
15. Hasil pembuatan kontur permukaan tanah asli	24
16. Hasil pembuatan kontur permukaan tanah rencana	25
17. Hasil pembuatan <i>DEM</i> permukaan tanah asli	26
18. Hasil pembuatan <i>DEM</i> permukaan tanah rencana	27
19. Grafik perbandingan <i>volume cut</i>	29
20. Grafik perbandingan <i>volume fill</i>	29

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Bukit Asam, Tbk. (PTBA) merupakan salah satu perusahaan BUMN yang bergerak di bidang pertambangan batu bara yang berkantor pusat di Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. PTBA sebagai satu-satunya BUMN yang bergerak di bidang pertambangan batu bara, serta sebagai salah satu pemegang ijin usaha penambangan batu bara beritikad baik bersama Pemerintah dan pihak terkait.

Berdasar Amanat Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian yaitu “pengembangan industri pengolahan difokuskan pada penguatan rantai pasok untuk menjamin ketersediaan bahan baku dan energi yang berkesinambungan dan terjangkau”, maka PTBA berupaya menjadikan momentum ini untuk mengembangkan bisnis industri hilirisasi batu bara yang terintegrasi dalam sebuah lokasi Kawasan Industri yang diberi nama Kawasan Industri Tanjung Enim – *BACBIE (Bukit Asam Coal Based Industrial Estate)*.

Untuk mewujudkan KI Tanjung Enim - BACBIE, maka dilakukan pembangunan. Dalam pekerjaan pembangunan kawasan industri Tanjung Enim ini melakukan serangkaian kegiatan yaitu pembuatan Master Plan dan Studi Kelayakan kawasan industri yang telah disusun pada tahun 2020 oleh PT.Taram dan Detail Engineering Design (DED) yang dikerjakan oleh PT.Taram pada tahun 2022.

Penulis melakukan penelitian pada pekerjaan pembangunan kawasan industri Tanjung Enim, didalam pekerjaan pembangunan kawasan industri Tanjung

Enim terdapat pekerjaan yang salah satunya yaitu galian dan timbunan. Galian dan timbunan (*cut and fill*) merupakan bagian terpenting dalam berbagai jenis proyek sipil dan pengukuran. Tujuan proses *cut and fill* adalah menjadikan permukaan tanah menjadi lebih rata sesuai desain yang diinginkan. Galian dan timbunan memiliki konsep yang sama dalam proses pengukuran dan perhitungannya (Rosida dkk, 2013).

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk melakukan proses galian dan timbunan yaitu cara manual dengan cangkul atau sekop dapat dilakukan jika area yang dikerjakan tidak terlalu luas dan dalam. Namun biasanya alat galian dan timbunan yang sering digunakan yaitu *excavator*. Dalam Tugas Akhir ini, fokus kegiatan ada pada perhitungan *volume* galian dan timbunan menggunakan data elevasi permukaan tanah asli dan elevasi permukaan tanah rencana dengan menggunakan metode kontur dan *Digital Elevation Model (DEM)*. Kemudian hasil perhitungan dalam Tugas Akhir ini akan dibandingkan dengan *volume* asli dengan cara mencari selisih antara *volume* asli dengan *volume* hasil perhitungan ini. Perbandingan *volume* ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan metode yang dipakai apakah hasil perhitungan *volume* menggunakan metode kontur dan *DEM* mendekati dengan *volume* asli atau tidak.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah berupa perhitungan *volume* galian dan timbunan menggunakan data elevasi permukaan tanah asli dan elevasi permukaan tanah rencana pada pembangunan kawasan industri Tanjung Enim dengan metode kontur dan *DEM* yang hasil hitungannya akan dibandingkan dengan *volume* asli.

1.3. Tujuan

Tujuan dalam Tugas Akhir ini yaitu :

1. Mengetahui hasil perhitungan *volume* galian dan timbunan menggunakan metode kontur dan *DEM*.

- Mengetahui perbandingan hasil perhitungan volume galian dan timbunan menggunakan metode kontur dan *DEM* terhadap *volume* asli.

1.4. Manfaat

Manfaat yang didapatkan dalam Tugas Akhir ini yaitu mendapatkan informasi mengenai hasil perhitungan dan perbandingan *volume* galian dan timbunan pada pembangunan kawasan industri Tanjung Enim.

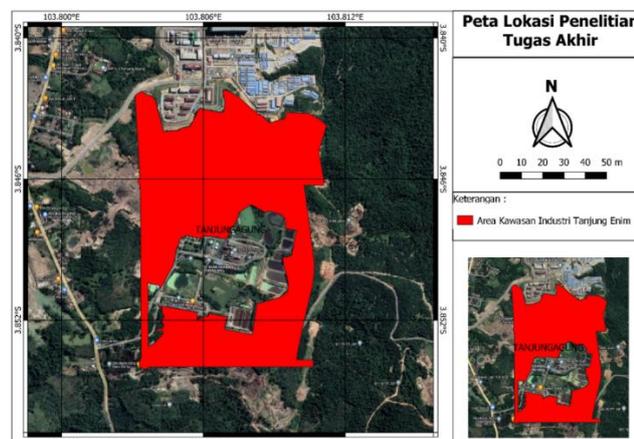
1.5. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam Tugas Akhir ini yaitu:

- Menghitung *volume* galian dan timbunan pada pembangunan kawasan industri Tanjung Enim menggunakan metode kontur dan *Digital Elevation Model (DEM)*.
- Melakukan perbandingan hasil perhitungan *volume* galian dan timbunan pada pembangunan kawasan industri Tanjung Enim dengan volume asli.
- Volume* asli atau *volume* acuan didapatkan dari PT. Taram yang dihitung menggunakan metode koordinat.

1.6. Lokasi Kegiatan

Lokasi kegiatan Tugas Akhir ini berada pada Blok Selatan milik PT. Bukit Asam Tbk yang berada di Kecamatan Tanjung Agung, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan, dapat dilihat pada gambar 1.

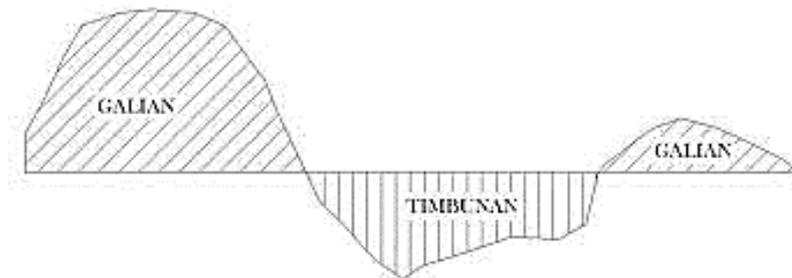


Gambar 1. Lokasi kajian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Galian dan Timbunan (*Cut and Fill*)

Galian dan timbunan (*cut and fill*) adalah proses pengerjaan tanah dengan cara menggali sejumlah massa tanah untuk kemudian ditimbun di tempat lain. Galian dan timbunan dapat diperoleh dari peta situasi yang dilengkapi dengan garis kontur atau dapat langsung dari lapangan dengan mengukur sipat datar profil melintang di sepanjang jalur proyek atau bangunan. Dalam proyek konstruksi, galian dan timbunan (*cut and fill*) hampir selalu tidak dapat dihindari. Hal ini disebabkan adanya perbedaan letak permukaan tanah asli dan permukaan tanah yang rencana yang disebabkan topografi daerah yang berbeda. (Purmaawijaya, 2008), galian dan timbunan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Galian dan Timbunan (Majid, 2017)

Berikut tahapan pekerjaan galian dan timbunan (*cut and fill*) yang perlu dilakukan:

2.1.1. Peninjauan Lokasi

Tujuan dari peninjauan lokasi adalah untuk mengetahui secara detail lokasi pengerjaan, seperti: tempat, akses jalan, kondisi lingkungan,

kondisi tanah, infrastruktur dan informasi pendukung lainnya. Data tersebut menjadi pertimbangan dalam perencanaan pembangunan atau *design ground*. Melalui perencanaan ini berfungsi untuk menentukan anggaran yang diperlukan.

2.1.2. Pengukuran Lahan

Pengukuran lahan dilakukan menggunakan alat *Total Station*. Tujuan dari pengukuran lahan pada galian dan timbunan yaitu untuk mengetahui secara pasti kontur tanah dan batas tanah di lokasi yang akan dilakukan pengerjaan, sehingga dapat dilakukan perhitungan volumenya.

2.1.3. Pengolahan Data Survey

Setelah mendapatkan data survey dilapangan, langkah terakhir adalah pengolahan data dengan menggunakan *software* pendukung dan dengan metode yang ada agar dapat mengetahui *volume cut and fill* dari lahan yang telah dilakukan pengukuran sebelumnya.

2.2. Pengukuran Situasi

Pengukuran situasi adalah suatu proses untuk mendapatkan titik detail topografi dilapangan untuk disajikan dalam bentuk gambar atau peta yang sesuai dengan letak dan kedudukan sebenarnya. Titik – titik detail situasi dapat dibedakan atas titik detail buatan seperti gedung, jalan, parit, dan sebagainya, serta titik detail alam seperti pohon, sungai, bukit, dan bentuk alam lainnya.

Pengukuran titik-titik detail situasi pada dasarnya dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu metode *tachymetri* dan metode polar. Metode polar menggunakan peralatan sederhana, seperti pita ukur, jalon, meja ukur, mistar, busur derajat, dan lain sebagainya. Metode *tachymetri* menggunakan alat ukur optis dan elektronis digital. Pengukuran metode *tachymetri* mempunyai keunggulan dalam hal ketepatan dan kecepatan dibandingkan metode polar.

Pengukuran titik-titik detail metode tachymetri ini lebih efektif untuk daerah pengukuran yang luas dan tidak beraturan.

Pengukuran titik-titik detail situasi dilakukan sesudah pengukuran kerangka dasar vertikal dan horisontal selesai. Pengukuran titik-titik detail situasi mempunyai orde ketelitian lebih rendah dibandingkan orde pengukuran kerangka dasar. Pengukuran ini menghasilkan posisi planimetris (X,Y) dan ketinggian (Z), (Purmawijaya 2008).

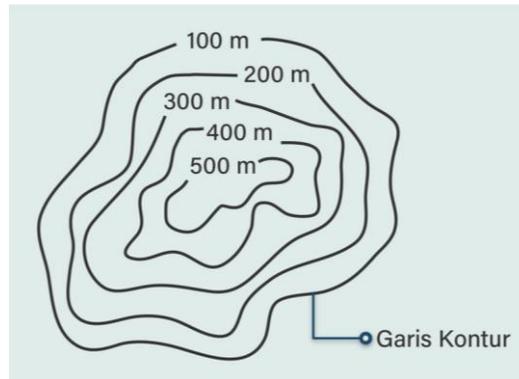
2.3. Kontur, Sifat, dan Interpolasinya

Garis kontur adalah garis khayal yang menghubungkan titik – titik dengan ketinggian yang sama. Tujuan pembuatan garis kontur di atas peta adalah untuk memperlihatkan naik – turunnya keadaan permukaan tanah. Aplikasi lebih lanjut dari garis kontur adalah untuk memberikan informasi *slope* (kemiringan tanah rata – rata), irisan profil memanjang dan profil melintang (*long section* atau *cross section*) permukaan tanah terhadap jalur proyek (bangunan) dan perhitungan galian serta timbunan (*cut dan fill*) permukaan tanah asli terhadap ketinggian vertikal garis atau bangunan. Garis-garis kontur merupakan cara yang banyak dilakukan untuk melukiskan bentuk permukaan tanah dan ketinggian pada peta, karena memberikan ketelitian yang lebih baik (Purmaawijaya, 2008).

2.3.1. Sifat Garis Kontur

Garis kontur memiliki sifat sebagai berikut (Purmaawijaya, 2008):

- a. Berbentuk kurva tertutup, tidak bercabang, tidak berpotongan, satu garis kontur mewakili ketinggian tertentu, garis kontur bernilai lebih rendah mengelilingi garis kontur yang bernilai lebih tinggi, dapat dilihat pada gambar 3.

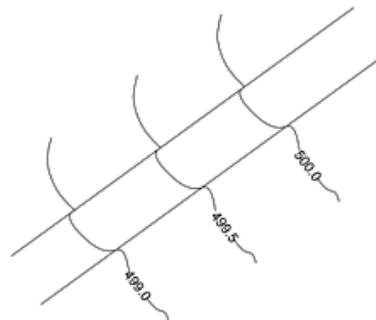


Gambar 3. Sifat garis kontur (Rabbani, 2021)

- b. Menjorok ke arah hulu jika melewati sungai, menjorok ke arah jalan menurun jika melewati permukaan jalan dan tidak tergambar jika melewati bangunan, dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.

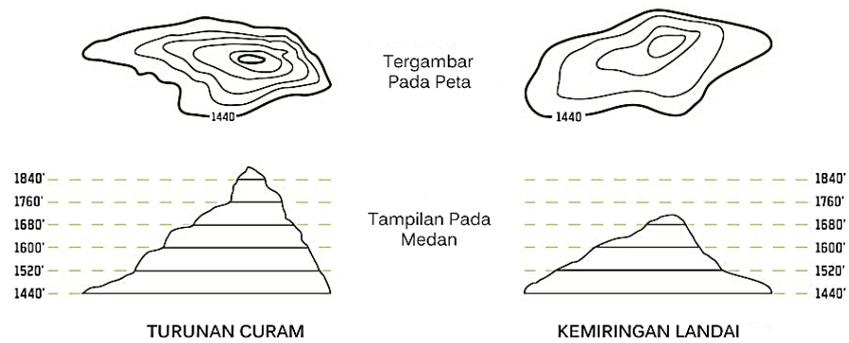


Gambar 4. Garis kontur sungai



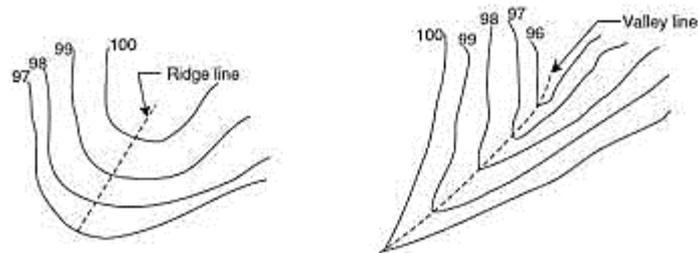
Gambar 5. Garis kontur jalan (Indosurta Group, 2021)

- c. Garis kontur yang rapat menunjukkan keadaan permukaan tanah yang terjal, dan garis kontur yang jarang menunjukkan keadaan permukaan yang landai, dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Garis kontur jika terjal dan landai
(Just Indonesia Summit, 2018)

- d. Rangkaian garis kontur yang berbentuk huruf "U" menandakan punggung gunung. Dan rangkaian garis kontur yang berbentuk huruf "V" menandakan suatu lembah/jurang, dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Garis kontur punggung gunung dan lembah (Hakim, 2019)

2.3.2. Interpolasi Garis Kontur

Penarikan garis kontur berdasarkan posisi ketinggian titik (*spots height*) maka akan menjadi lebih mudah dan halus penarikan garis konturnya. penarikan garis kontur diperoleh menggunakan cara perhitungan interpolasi, bila titik – titik detail yang diperoleh belum mewujudkan titik – titik dengan ketinggian yang sama, maka penarikan garis kontur dilakukan dengan cara perhitungan interpolasi. Data yang harus dimiliki untuk melakukan interpolasi garis kontur yaitu jarak antara 2 titik tinggi diatas peta. Hasil dari perhitungan interpolasi ini adalah posisi titik garis kontur yang melewati garis penghubung antara 2 titik tinggi, yaitu berupa jarak garis kontur terhadap posisi titik pertama atau kedua, (Purmaawijaya, 2008).

$$\frac{P-P_0}{P_1-P_0} \times D \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

P : Titik yang akan dicari ketinggiannya

P₀ : Titik dengan nilai terkecil

P₁ : Titik dengan nilai terbesar

D : Jarak antar titik tinggi

2.4. *Digital Elevation Model (DEM)*

DEM adalah data digital yang menggambarkan bentuk permukaan bumi yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampel dari permukaan tanah. Berbentuk piksel yang umumnya berbentuk kotak dengan ukuran panjang dan lebar yang sama dan mengandung informasi nilai ketinggian yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat. Data *DEM* sendiri dapat dibuat dengan *interpolation technique* menggunakan data hasil pengukuran lapangan (Purwanto, 2015).

Data *DEM* juga dapat dimanfaatkan dalam berbagai aspek kehidupan, seperti dalam bidang kebencanaan *DEM* dapat dipergunakan untuk membuat peta rawan bencana banjir dan tanah longsor, dalam bidang manajemen sumberdaya. *DEM* juga dapat digunakan untuk mendapatkan lokasi penambangan dan dapat digunakan untuk perhitungan *volume*.

2.5. *Interpolasi Digital Elevation Model*

Proses interpolasi dilakukan menggunakan metode *Topo to Raster* yang tersedia didalam *ArcGIS 10.3*. *Topo to raster* di dalam *ArcGIS 10.3* merupakan suatu *tool* yang disediakan khusus untuk pembuatan *DEM*. *DEM* yang dibuat dengan *topo to raster* akan secara otomatis dikoreksi sehingga *DEM* tersebut memenuhi kriteria hidrologi.

Topo to raster berasal dari program ANUDEM yang dikembangkan oleh Michael Hutchinson (Hutchinson, 1988, 1989, 1996, 2000, 2001, 2008, 2009). ANUDEM untuk memproduksi DEM dalam skala besar.

Topo to raster menginterpolasi nilai ketinggian untuk setiap piksel raster dengan memperhatikan beberapa *constraint*. *Topo to raster* juga dapat dijalankan dengan input berbasis *file*. Metode *Topo to Raster* punya efisiensi yang mirip dengan *Inverse Distance Weighting (IDW)* (Indarto dan Prasetyo, 2014).

2.6. Perhitungan *Volume Galian dan Timbunan (Cut and Fill)*

Menurut Purwati (2020) dalam menentukan *volume* galian dan timbunan satuan yang biasa digunakan adalah *Feet kubik (ft³)*, *yard kubik (yd³)* dan meter kubik (m³) dipakai dalam hitungan pengukuran *volume* tanah, walaupun *yard kubik* adalah satuan yang paling umum dalam pekerjaan tanah $1\text{yd}^3 = 27\text{ft}^3$, $1\text{m}^3 = 35,315\text{ft}^3$. Namun biasanya di Indonesia digunakan meter kubik (m³) sebagai satuan dalam menentukan jumlah *volume*.

Pengukuran *volume* secara langsung jarang dikerjakan dalam pengukuran tanah, karena sulit untuk menerapkan dengan sebenar-benarnya sebuah satuan terhadap material yang terlibat. Sebagai gantinya dilakukan pengukuran tak langsung. Untuk memperolehnya dilakukan pengukuran garis dan luas yang mempunyai kaitan dengan *volume* yang direncanakan (Purwati, 2020).

Metode perhitungan yang digunakan sebagai berikut:

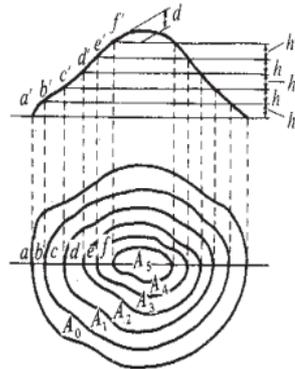
1. Metode Kontur

Metode kontur memanfaatkan ketinggian kontur garis yang digambar pada peta topografi area pekerjaan dari muka tanah asli dan muka tanah rencana/*design*, untuk menghitung *volume* galian dan timbunan. Dalam metode ini *volume* dihitung berdasarkan perbedaan elevasi dari kedua permukaan, prinsipnya hampir sama dengan metode penampang rata-rata (Raja dkk, 2019), metode kontur dapat dilihat pada gambar 8.

$$V = H \times \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- V : Volume tanah (m³)
- A : Luas Penampang (m²)
- H : Interval elevasi antar kontur (m)



Gambar 8. Metode kontur (Purmaawijaya, 2008)

Misal :

A1 (Kontur 1) : dengan luas 100 m², A2 (kontur 2) : dengan luas 90 m².
 Garis kontur 1 dan 2 dijumlah dan dibagi 2, hasilnya dikali dengan interval elevasi misal 3 m. Jadi : $\frac{100+90}{2} \times 3 = 285 \text{ m}^3$, dan seterusnya dilakukan hal yang sama sampai ketinggian elevasi yang diinginkan.

2. Metode DEM

Data DEM terdiri dari piksel yang umumnya berbentuk kotak dengan ukuran panjang dan lebar yang sama, serta mengandung informasi nilai ketinggian, maka untuk rumus perhitungan volume data DEM yaitu luas sebuah piksel (LP) dikali dengan ketinggiannya (H). Dengan tentunya perhitungan volume akan melibatkan lebih dari satu piksel penyusun data raster (Map Visian Indonesia 2021), DEM dapat dilihat pada gambar 9. Rumus perhitungan volume data DEM sebagai berikut:

$$V = \sum_{i=1}^n LP \times H \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

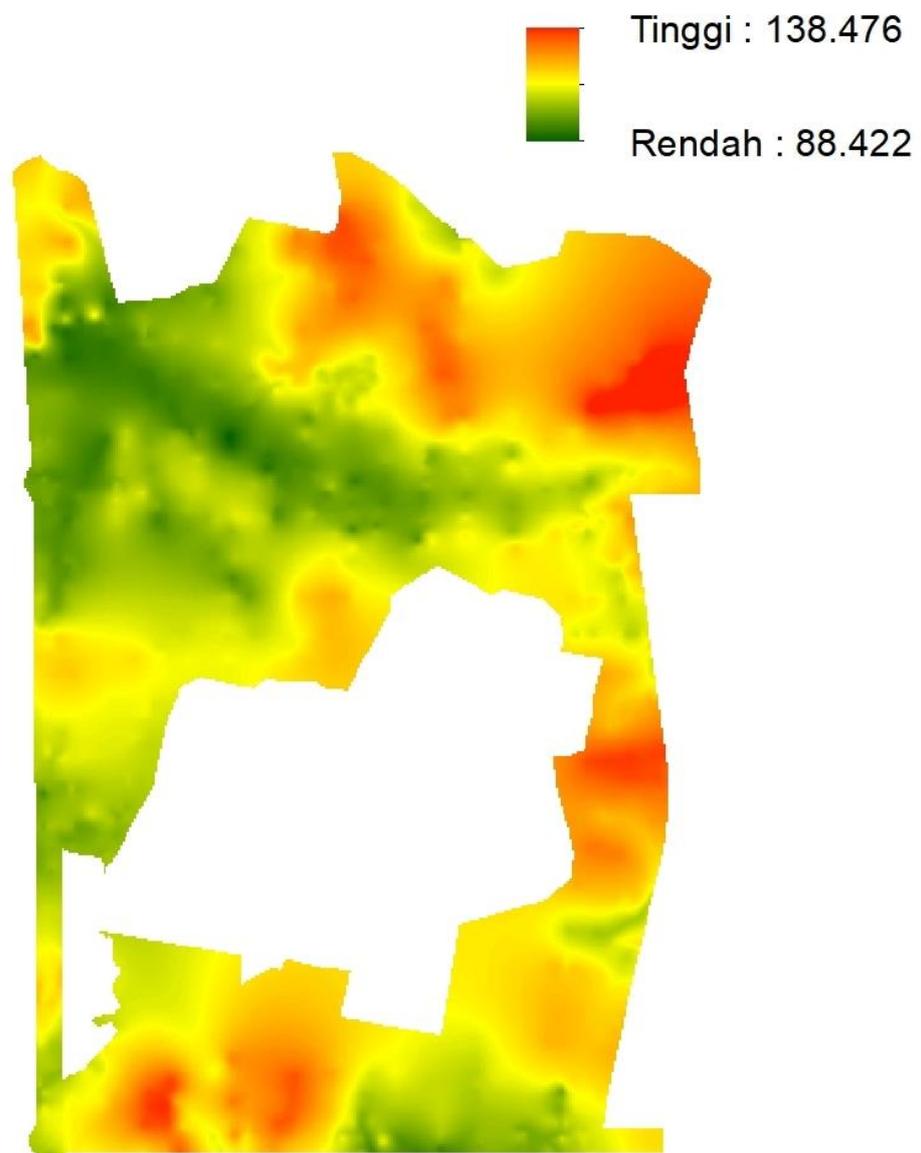
V : *Volume*

i : Indeks Penjumlahan

n : Batas Atas Penjumlahan

LP : Luas Pikel

H : Nilai Ketinggian Pikel



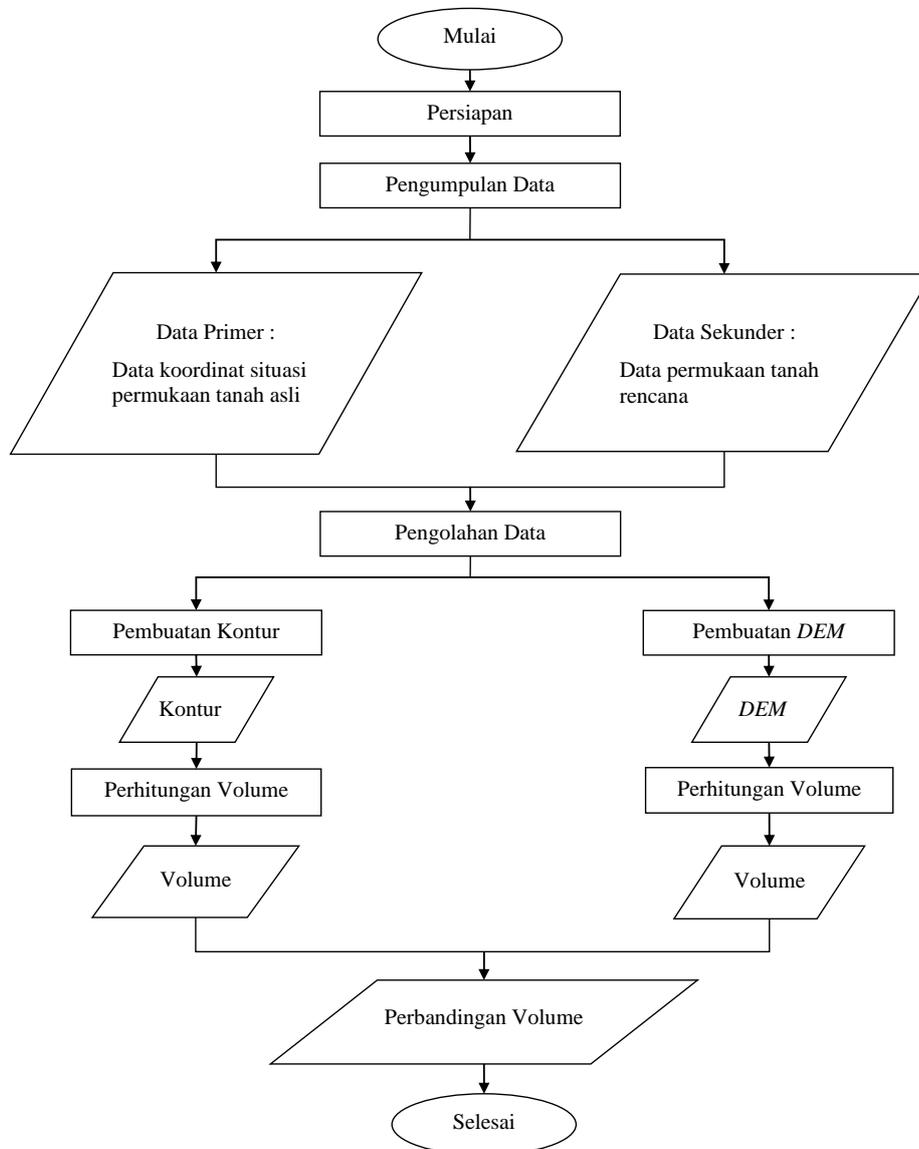
Gambar 9. *Digital Elevation Model* (pribadi)

Misal :

Langkah awal sebelum menghitung *volume* menggunakan *DEM* yaitu mencari luas *DEM* dengan cara ukuran piksel x jumlah piksel, misalnya pada gambar di atas ukuran piksel 9 m² dan jumlah piksel ada 29 maka luas *DEM* adalah 261 m². Selanjutnya luas *DEM* yang sudah dicari dikali dengan ketinggian *DEM*, dimisalkan *DEM* mempunyai ketinggian 3 m. Maka $V = 261 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} = 783 \text{ m}^3$.

III. METODE PELAKSANAAN

Proses perhitungan *volume* galian dan timbunan (*cut and fill*) dilakukan dengan metode kontur dan *DEM*. Metode pelaksanaan selama proses perhitungan *volume* galian dan timbunan dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Diagram alir kegiatan

3.1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan pada Tugas Akhir ini meliputi persiapan alat dan bahan. Alat dan bahan yang digunakan yaitu :

3.1.1. Alat

Alat yang digunakan pada kegiatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Perangkat Keras (*hardware*)

Perangkat keras yang digunakan dalam kegiatan ini yaitu satu set laptop Asus VivoBook Max X441U dengan spesifikasi *Core-i3*.

b. Perangkat Lunak (*software*)

Perangkat lunak yang digunakan pada kegiatan Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. *Autocad civil 3D 2018* untuk melakukan perhitungan *volume* metode kontur.
2. *ArcGis versi 10.3* digunakan untuk pengolahan data spasial dan perhitungan *volume* metode *DEM*.

3.1.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada kegiatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data koordinat situasi permukaan tanah asli.
2. Data permukaan tanah rencana.

3.2. Tahap Pengumpulan Data

Dalam Tugas Akhir ini memerlukan beberapa data sebagai pendukung dalam kegiatan mengenai hasil perhitungan *volume* galian dan timbunan menggunakan metode kontur dan *DEM* pada pembangunan kawasan industri Tanjung Enim. Data yang diperlukan dalam kegiatan ini yaitu, sebagai berikut:

3.2.1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari lapangan. Data hasil pengukuran menggunakan *Total Station* diarea lahan kawasan industri Tanjung Enim berupa data survey topografi sebelum dilakukan penggalian dan penimbunan pada muka tanah asli. Berikut cuplikan data koordinat situasi permukaan tanah asli dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data koordinat situasi permukaan tanah asli

No	X(m)	Y(m)	Z(m)	Ket
1	367.146,330	9.574.797,876	99,865	P.12
2	367.141,950	9.574.801,336	99,858	a
3	367.140,574	9.574.802,424	92,312	b
4	367.136,558	9.574.805,606	99,357	c
5	367.133,638	9.574.807,916	98,635	d
6	367.128,690	9.574.811,831	99,180	e
7	367.119,945	9.574.818,847	98,519	f
8	367.113,554	9.574.824,240	98,215	g
9	367.110,856	9.574.826,407	98,612	h
10	367.107,150	9.574.828,718	100,539	i

3.2.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang tersedia dalam berbagai bentuk. Biasanya sumber data ini lebih banyak sebagai data statistik atau data yang sedang diolah sedemikian rupa sehingga siap digunakan. Pada kegiatan Tugas Akhir ini data sekunder yang digunakan adalah data permukaan tanah rencana/*design surface* yang didapatkan melalui kantor PT. Taram. Berikut cuplikan data permukaan tanah rencana dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data permukaan tanah rencana

No	X(m)	Y(m)	Z(m)	Ket
1	367.102,000	9.575.214,000	95,5	P1
2	367.119,000	9.575.215,000	95,5	P2
3	367.135,000	9.575.216,000	95,5	P3
4	367.104,000	9.575.188,000	95,5	P4
5	367.120,000	9.575.189,000	95,5	P5
6	367.137,000	9.575.190,000	95,5	P6
7	367.111,000	9.575.089,000	96,4	P7
8	367.127,000	9.575.090,000	96,4	P8
9	367.143,000	9.575.091,000	96,4	P9
10	367.117,000	9.574.989,000	98,6	P10

3.3. Tahap Pengolahan Data

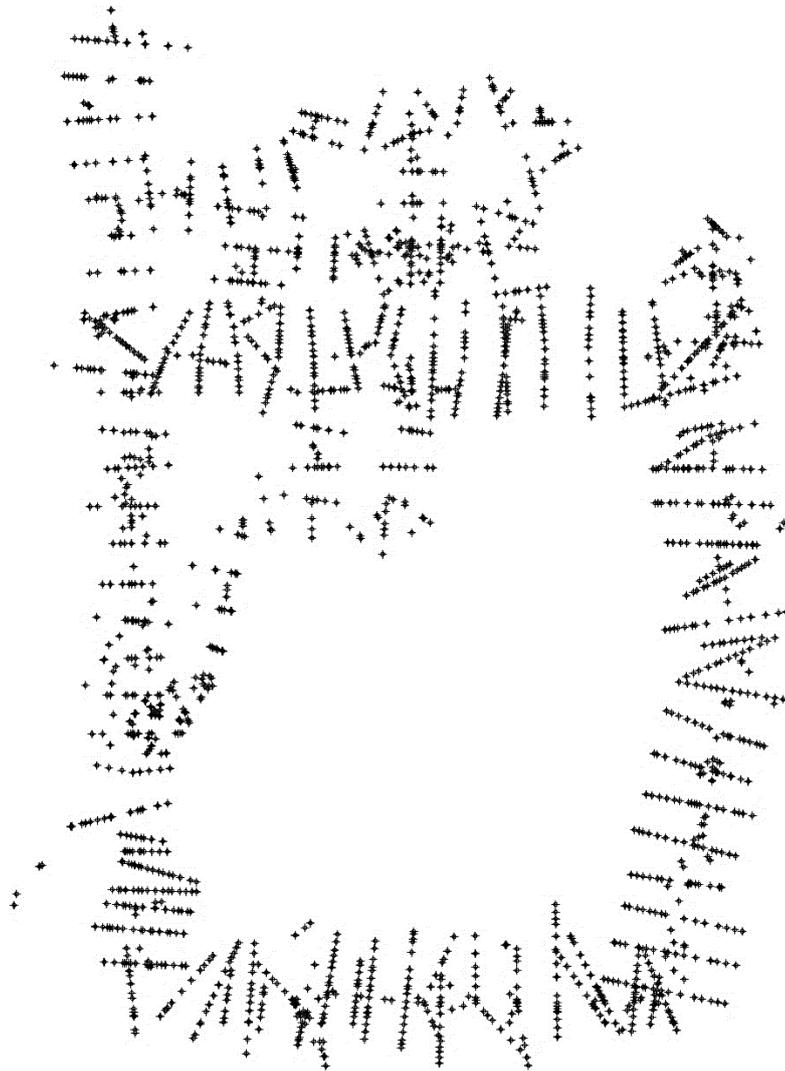
Tahap pengolahan data pada Tugas Akhir ini menggunakan perangkat lunak *Autocad civil 3D 2018* untuk melakukan perhitungan volume metode kontur serta *ArcGis 10.3* untuk pengolahan data spasial dan perhitungan *volume* metode *DEM*.

3.3.1. Proses Pembuatan Kontur

Proses pembuatan kontur sebagai berikut:

1. Melakukan *input* data koordinat

Menginput titik koordinat yang telah disiapkan dalam bentuk *notepad* kedalam *software* Civil 3D 2018. Tampilan titik koordinat dapat dilihat pada gambar 11.



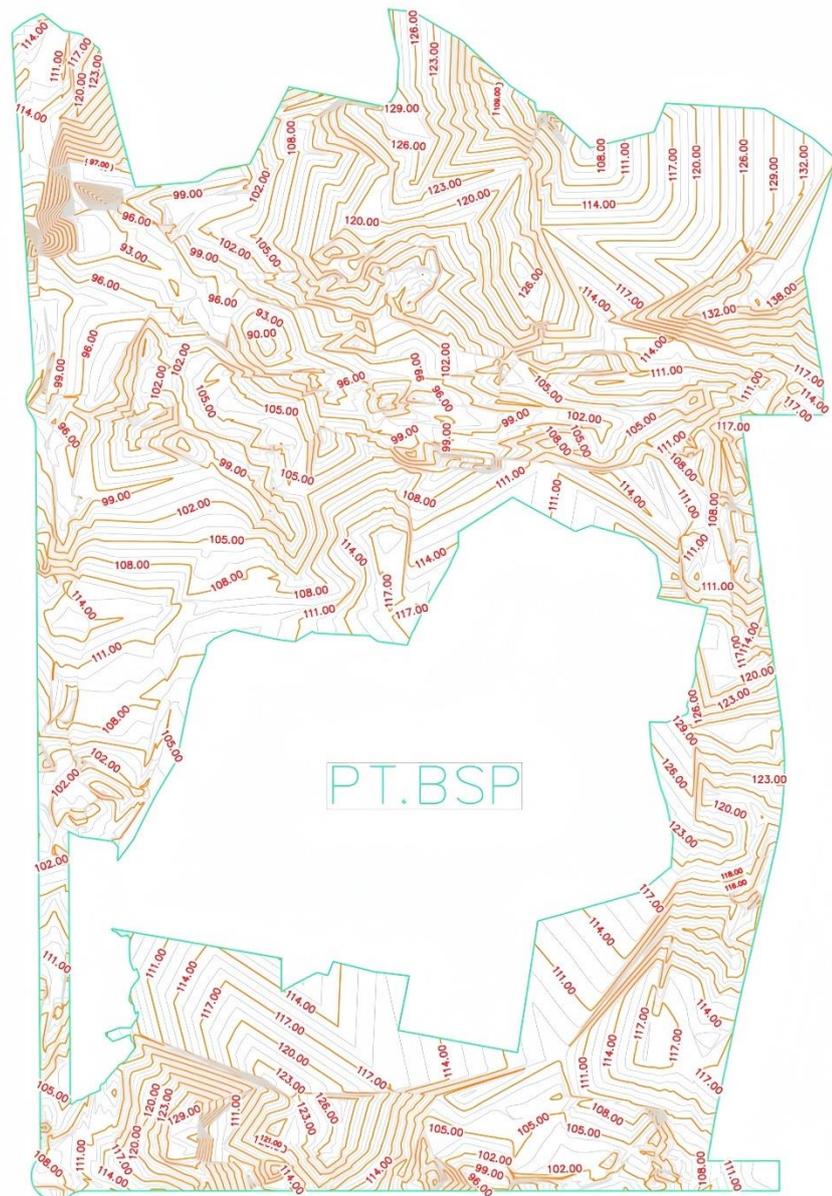
Gambar 11. Tampilan titik koordinat

2. Membuat *surface*

Surface merupakan permukaan tanah yang bentuknya digambarkan oleh garis kontur.

3. Membuat kontur

Setelah membuat *surface* selanjutnya yaitu membuat kontur dengan *add* data titik koordinat pada *point group surface* yang telah dibuat, Tampilan garis kontur dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Tampilan garis kontur

3.3.2. Perhitungan *Volume Cut and Fill* Metode Kontur

Proses perhitungan *volume* dengan metode kontur sebagai berikut:

Kontur muka tanah asli (*Original Surface*) dan muka tanah rencana (*Design Surface*) yang telah diperoleh, selanjutnya melakukan perhitungan *volume*. Menghitung *volume* dengan menggunakan *volumes dashboard* yang berada di *analyze* pada aplikasi *civil 3D*. *Volume* yang diperoleh yaitu berupa *cut and fill*.

3.3.3. Proses Pembuatan Data *Digital Elevation Model (DEM)*

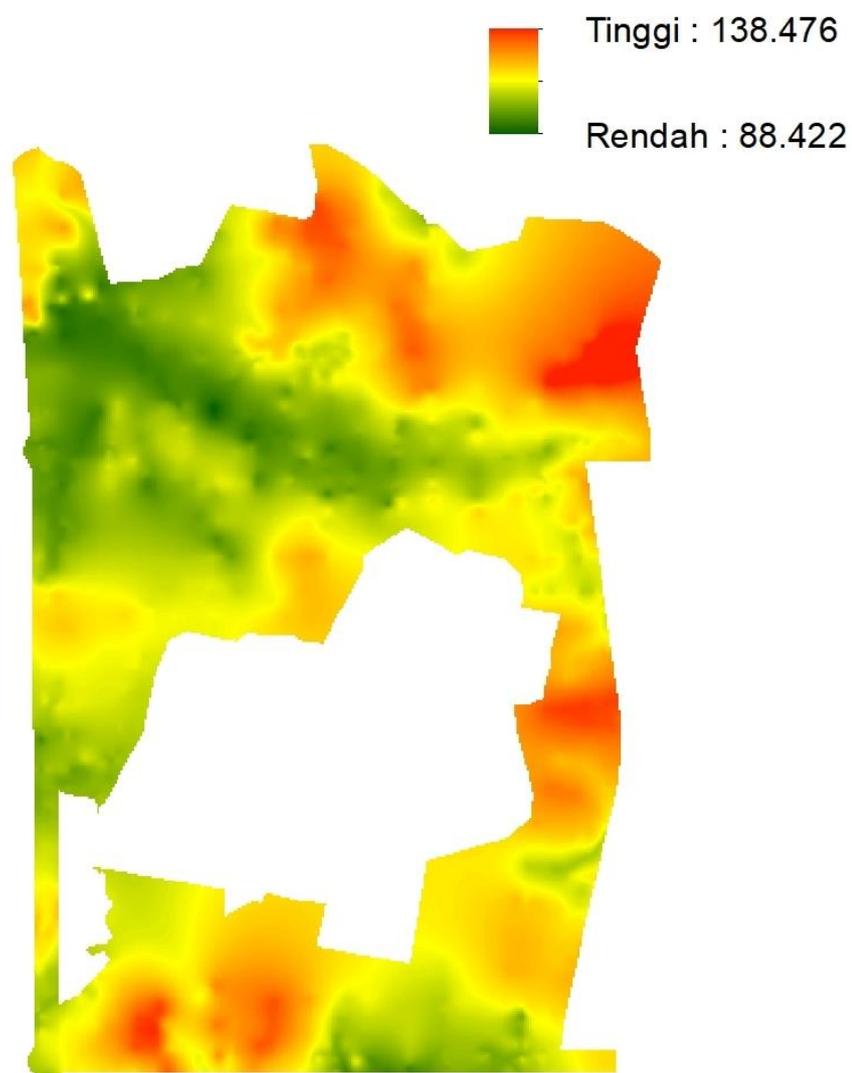
Proses pembuatan data *DEM* sebagai berikut:

1. Melakukan *input* data koordinat yang telah diubah menjadi *format shapefile* kedalam aplikasi *ArcGIS*. Tampilan titik koordinat dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Tampilan koordinat *format shapefile*

2. Hasil *input* data koordinat *format shapefile* selanjutnya diolah dengan metode *topo to raster* menggunakan *3D analyst tools* yang berada di *ArcToolbook*. Tampilan *DEM* dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Tampilan pembuatan *DEM*

3.3.4. Perhitungan *Volume Cut and Fill Metode DEM*

Proses perhitungan *volume* menggunakan data *DEM* yaitu, dapat dipastikan data *DEM* memiliki sistem koordinat proyeksi seperti *Universal Transverse Mercator (UTM)* dengan satuan dalam meter, karena satuan *volume* yang ingin dihasilkan adalah meter kubik (m^3). Perhitungan dilakukan melalui aplikasi *ArcGis 10.3* dengan metode *cut fill* menggunakan *3D analyst tools* yang tersedia di *ArcToolbox*.

3.4. Perbandingan *Volume Cut and Fill*

Perbandingan *volume cut and fill* dilakukan dengan mencari selisih hasil perhitungan *volume* metode kontur dan *DEM* dengan *volume* asli. Setelah mendapatkan selisih hasil perhitungan antara *volume* asli terhadap metode kontur dan metode *DEM*, kemudian hasil selisih tersebut dihitung menggunakan rumus presentase.

Volume asli didapatkan dari PT.Taram, yang diolah menggunakan metode koordinat. Metode koordinat yaitu metode yang dihitung menggunakan *microsoft excel* yang memanfaatkan data koordinat X, Y, dan elevasi Z.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Dari kegiatan Tugas Akhir ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada metode kontur menghasilkan perhitungan *volume cut* (galian) sebanyak 2.192.534,43 m³ dan *volume fill* (timbunan) sebanyak 1.173.556,71 m³. Sedangkan pada metode *DEM* menghasilkan perhitungan *volume cut* (galian) sebanyak 2.160.319,43 m³ dan *volume fill* (timbunan) sebanyak 1.170.845,79 m³.
2. Pada metode kontur selisih perhitungan *volume cut* (galian) diperoleh 1.757,48 m³ dengan presentase 0,08% dan selisih perhitungan *volume fill* (timbunan) diperoleh 2.163,63 m³ dengan presentase 0,18% terhadap *volume* asli. Sedangkan pada metode *DEM* selisih perhitungan *volume cut* (galian) diperoleh 33.972,38 m³ dengan presentase 1,55% dan selisih perhitungan *volume fill* (timbunan) diperoleh 4.874,54 m³ dengan presentase 0,41% terhadap *volume* asli.
3. Dari kedua metode yang digunakan, metode kontur menghasilkan nilai selisih lebih kecil terhadap *volume* asli dibandingkan menggunakan metode *DEM*.

5.2. Saran

Untuk menghitung *volume cut and fill* (galian dan timbunan) sebaiknya mencoba menggunakan semua metode yang ada seperti metode kontur, *DEM*, cross section, dan koordinat, sehingga dapat mengetahui metode terbaik yang dapat digunakan untuk merepresentasikan bentuk permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hakim, I. 2019. *Garis Kontur: Pengertian, Peraturan, serta Cara Membuat dan Membacanya*. Insanpelajar.Com. <https://insanpelajar.com/garis-kontur/>. Diakses pada 19 Maret 2023.
- Indarto, dan Prasetyo, D. R. 2014. Pembuatan Digital Elevation Model Resolusi 10m dari Peta RBI dan Survei GPS dengan Algoritma ANUDEM. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 2(1), 21955.
- Indosurta Group. 2021. *Definisi Sifat-sifat Kontur*. Indosurta.Co.Id. <https://indosurta.co.id/blog/definisi-dan-sifat-sifat-kontur/>. Diakses pada 19 Maret 2023.
- Just Indonesia Summit. 2018. *Cara Sederhana Belajar Membaca Peta Topografi*. <http://kisahpendakiangunungraung.blogspot.com/2018/08/cara-membaca-peta-topografi-how-to-read.html>. Diakses pada 19 Maret 2023.
- Majid, A. H. 2017. *Perhitungan Volume Galian Timbunan Dan Estimasi Biaya*. (Proyek Akhir). Universitas Jember. Jawa Timur.
- Map Vision Indonesia. 2021. *Menghitung Volume Data Raster*. <https://mapvisionindo.com/tutorial-menghitung-volume-data-raster-menggunakan-qgis>. Diakses pada 11 Maret 2023.
- Purmaawijaya, I. M. 2008. *Teknik Survei dan Pemetaan Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Purwanto, T. H. 2015. *Digital Terrain Modelling*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Purwati, D. N. 2020. Pengukuran Topografi Untuk Menghitung Volume Cut and Fill pada Perencanaan Pembangunan Perumahan di KM. 10 Kota Balikpapan. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil*, 4(1), 12–23.
- Rabbani, A. 2021. *Garis Kontur: Pengertian, Fungsi, Sifat, Karakteristik, Peraturan Dasar, dan Macamnya*. Sosial79.Com. <https://www.sosial79.com/2021/12/garis-kontur-pengertian-fungsi-sifat.html>. Diakses pada 19 Maret 2023.

Raja, A., Sai, silvester sari, dan Yuliananda, A. 2019. Analisis Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Data Gridding Dan Tanpa Gridding. *Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang*, 1–8.

Rosida, A., Kahar, S., dan Awaluddin, M. 2013. Perbandingan Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Metode Cross Section Dan Aplikasi Lain (Studi Kasus: Bendungan Pandanduri Lotim). *Jurnal Geodesi Undip* (Vol. 2, Issue 3).