

**ANALISIS DEVIASI HASIL PERHITUNGAN VOLUME *CUT AND FILL*
MENGUNAKAN METODE PENAMPANG RATA-RATA DAN
METODE BERBASIS GRID DARI DEM
(Studi Kasus: Kegiatan Perencanaan Lokasi Sumur Pengeboran Migas pada
PT. Pertamina Hulu Rokan Area Sumatra Selatan)**

(Skripsi)

Oleh

**Saprima Madhab Afif
NPM 2215071065**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**ANALISIS DEVIASI HASIL PERHITUNGAN VOLUME *CUT AND FILL*
MENGUNAKAN METODE PENAMPANG RATA-RATA DAN
METODE BERBASIS GRID DARI DEM
(Studi Kasus: Kegiatan Perencanaan Lokasi Sumur Pengeboran Migas pada
PT. Pertamina Hulu Rokan Area Sumatra Selatan)**

Oleh

SAPRIMA MADHAB AFIF

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

ANALISIS DEVIASI HASIL PERHITUNGAN VOLUME *CUT AND FILL* MENGUNAKAN METODE PENAMPANG RATA-RATA DAN METODE BERBASIS GRID DARI DEM (Studi Kasus: Kegiatan Perencanaan Lokasi Sumur Pengeboran Migas pada PT. Pertamina Hulu Rokan Area Sumatra Selatan)

Oleh

SAPRIMA MADHAB AFIF

Perhitungan volume *cut and fill* merupakan salah satu tahapan penting dalam pekerjaan tanah karena berpengaruh terhadap kebutuhan material dan perencanaan teknis konstruksi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan pada lokasi perencanaan pengeboran sumur PT. Pertamina Hulu Rokan untuk menganalisis hasil perhitungan volume *cut and fill* menggunakan variasi interval penampang serta metode berbasis grid dari DEM.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode penampang rata-rata dengan interval penampang 1 m, 5 m, dan 10 m serta metode berbasis grid dari DEM. Data yang digunakan berupa data topografi hasil pengukuran Lidar dengan elevasi rencana yang sama pada kedua metode. Analisis dilakukan dengan menghitung volume *cut and fill*, nilai deviasi, serta pengujian statistik menggunakan *paired sample t-test*.

Hasil deviasi menunjukkan nilai terkecil pada interval 1 m sebesar 2,23%, diikuti interval 5 m sebesar 2,40% dan interval 10 m sebesar 3,24%. Hasil uji t menunjukkan bahwa interval penampang 1 m tidak berbeda signifikan terhadap metode DEM pada volume *fill* (t hitung = 0,756; t tabel = 1,656) dan volume *cut* (t hitung = 0,346; t tabel = 1,656). Sementara itu, interval 5 m menunjukkan perbedaan signifikan pada volume *fill* (t hitung = 2,023; t tabel = 1,703) dan volume *cut* (t hitung = 3,539; t tabel = 1,703), sedangkan interval 10 m menunjukkan perbedaan signifikan pada volume *cut* (t hitung = 3,479; t tabel = 1,761) tetapi tidak pada volume *fill* (t hitung = 1,536; t tabel = 1,761). Hal ini menunjukkan bahwa interval penampang 1 m menghasilkan estimasi volume yang paling mendekati metode DEM.

Kata Kunci: *cut and fill*, DEM, deviasi, penampang rata-rata.

ABSTRACT

DEVIATION ANALYSIS OF CUT AND FILL VOLUME CALCULATION RESULTS USING THE AVERAGE END AREA METHOD AND GRID-BASED DEM METHOD (Case Study: Planning Activities for Oil and Gas Drilling Well Sites at PT. Pertamina Hulu Rokan, South Sumatra Area)

By

SAPRIMA MADHAB AFIF

The calculation of cut and fill volume is an important stage in earthwork activities because it affects material requirements and construction technical planning. Therefore, this study was conducted at the drilling well planning site of PT. Pertamina Hulu Rokan to analyze the results of cut and fill volume calculations using variations of cross-section intervals and a grid-based DEM method. The method used in this study is the average end area method with cross-section intervals of 1 m, 5 m, and 10 m, as well as a grid-based DEM method. The data used consist of LiDAR-derived topographic data with the same design elevation for both methods. The analysis was carried out by calculating cut and fill volumes, deviation values, and statistical testing using a paired sample t-test. The deviation analysis showed that the smallest deviation was obtained at the 1 m cross-section interval, with a value of 2.23%, followed by the 5 m interval at 2.40% and the 10 m interval at 3.24%. The deviation analysis showed that the smallest deviation was obtained at the 1 m cross-section interval, with a value of 2.23%, followed by the 5 m interval at 2.40% and the 10 m interval at 3.24%. The t-test results indicated that the 1 m interval did not show a significant difference from the DEM method for either fill volume (t-value = 0.756; t-table = 1.656) or cut volume (t-value = 0.346; t-table = 1.656). In contrast, the 5 m interval showed significant differences for both fill volume (t-value = 2.023; t-table = 1.703) and cut volume (t-value = 3.539; t-table = 1.703), while the 10 m interval showed a significant difference for cut volume (t-value = 3.479; t-table = 1.761) but not for fill volume (t-value = 1.536; t-table = 1.761). These results indicate that the 1 m cross-section interval produced volume estimates that were closest to those obtained using the DEM method.

Keywords: *cut and fill, DEM, deviation, average end area method.*

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : ANALISIS DEVIASI HASIL PERHITUNGAN VOLUME CUT AND FILL MENGGUNAKAN METODE PENAMPANG RATA-RATA DAN METODE BERBASIS GRID DARI DEM (Studi Kasus: Kegiatan Perencanaan Lokasi Sumur Pengeboran Migas pada PT. Pertamina Hulu Rokan Area Sumatra Selatan)

Nama Mahasiswa : Saprima Madhab Afif

Nomor Pokok Mahasiswa : 2215071065

Program Studi : S1 Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Romi Fadly, S.T., M.Eng.
NIP 197708242008121001



Atika Sari, S.T., M.T.
NIP 199204062022032007

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Geodesi dan Geomatika



Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM
NIP 196410121992031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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



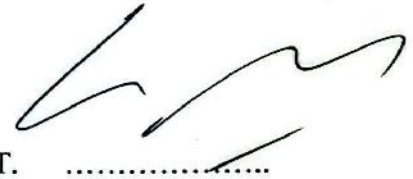
Sekretaris

: Atika Sari, S.T., M.T.



Penguji Utama Bukan Pembimbing

: Eko Rahmadi, S. T., M.T.



Dekan Fakultas Teknik

Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Juni 2026

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Sebagai civitas akademika Universitas Lampung Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Saprima Madhab Afif

NPM : 2215071065

Judul Skripsi : ANALISIS DEVIASI HASIL PERHITUNGAN VOLUME CUT AND FILL MENGGUNAKAN METODE PENAMPANG RATA-RATA DAN METODE BERBASIS GRID DARI DEM (Studi Kasus: Kegiatan Perencanaan Lokasi Sumur Pengeboran Migas Pada Pt. Pertamina Hulu Rokan Area Sumatra Selatan)

Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik

Dengan ini penulis menyatakan bahwa skripsi yang disusun bukan merupakan hasil terjemahan, saduran, maupun karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada perguruan tinggi lain. Dalam skripsi ini terdapat pendapat, kutipan, maupun tulisan dari pihak lain yang telah dicantumkan sumbernya secara jelas di dalam naskah serta tercantum pada daftar pustaka. Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya penyimpangan atau ketidakbenaran dalam pernyataan ini, penulis bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan dan ketentuan yang berlaku di Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 25 Juni 2026



Saprima Madhab Afif

NPM 2215071065

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Saprima Madhab Afif, lahir di Purbolinggo, Lampung Timur pada tanggal 16 Juni 2004. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, pasangan Bapak Imam Sahroni dan Ibu Sulastri. Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 2 Taman Fajar pada tahun 2010-2016. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Purbolinggo pada tahun 2016–2019, kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Purbolinggo pada tahun 2019–2022. Pada tahun 2022, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur UTBK-SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti organisasi kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Geodesi Universitas Lampung (HIMAGES UNILA) serta terlibat dalam berbagai kegiatan mahasiswa di bidang media dan informasi. Selain itu, penulis juga menjadi bendahara pada kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Pelita, Kecamatan Enggal, Kota Bandar Lampung Timur pada bulan Juli 2025. Pada bulan Agustus -November 2025, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Pertamina Hulu Rokan dengan kegiatan pengolahan cut and fill untuk desain elevasi pada lokasi pengeboran sumur SA-1, SC-1, dan SR-1, serta pengolahan cut and fill pada jalan akses menuju lokasi pengeboran sumur SR-1 di Sumatra Selatan.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, kesehatan, kekuatan, serta kemudahan yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Karya sederhana ini penulis persembahkan kepada orang-orang yang selalu hadir memberikan doa, dukungan, bantuan, serta semangat dalam setiap proses perjalanan penulis.

“Kepada kedua orang tua tercinta, terima kasih atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, dan dukungan yang tiada henti diberikan kepada penulis. Terima kasih karena selalu menjadi sumber kekuatan dan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan pendidikan ini. Skripsi ini menjadi bentuk kecil rasa terima kasih dan kebanggaan penulis untuk Bapak dan Ibu.”

Kepada Bapak/Ibu Dosen Pembimbing, Dosen Penguji, seluruh dosen, serta staf Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung, penulis mengucapkan terima kasih atas segala ilmu, bimbingan, arahan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

“Terakhir, penulis mempersembahkan skripsi ini untuk diri sendiri yang telah mampu bertahan, berjuang, dan tidak menyerah dalam menghadapi berbagai proses, tantangan, serta hambatan selama masa perkuliahan hingga akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini. Semua proses yang telah dilalui menjadi pelajaran berharga untuk terus tumbuh menjadi pribadi yang lebih baik ke depannya.”

MOTTO

"Sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan"

(QS. Al-Insyirah: 6)

“Jalan Panjang Kita Semoga Menyenangkan”

(Nadin Amizah)

“I don’t wanna be pretty, I wanna be iconic.”

(Rasu)

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “*Analisis Deviasi Hasil Perhitungan Volume Cut And Fill Menggunakan Metode Penampang Rata-Rata Dan Metode Berbasis Grid Dari Dem (Studi Kasus: Kegiatan Perencanaan Lokasi Sumur Pengeboran Migas Pada Pt. Pertamina Hulu Rokan Area Sumatra Selatan)*” merupakan salah satu tahapan yang harus ditempuh oleh mahasiswa dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hi. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
3. Ibu Anggun Tridiawati, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan skripsi .
5. Ibu Atika Sari, S.T., M.T. Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, masukan, serta motivasi dalam proses penyusunan skripsi .
6. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang penyempurnaan skripsi ini.
7. Bapak Wiragha Puja Hutama, selaku pembimbing (mentor) PT. Pertamina Hulu Rokan yang senantiasa memberikan saran, arahan, serta masukan berharga selama penyusunan Skripsi.

8. Kedua orang tua penulis, Bapak Imam Sahroni dan Ibu Sulastri, terima kasih atas segala doa, kasih sayang, dukungan moril maupun materil, serta perjuangan yang selalu diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dan penyusunan skripsi ini dengan baik.
9. Mba Wardatul Syahrul Hikmah dan Harakah Mujahada selaku kakak dan adik kandung penulis, terima kasih atas dukungan, semangat, serta doa yang selalu diberikan kepada penulis.
10. Salman Alfarisi, terima kasih atas segala doa, dukungan, semangat, dan motivasi yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah menjadi salah satu penyemangat bagi penulis dalam menghadapi berbagai tantangan hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
11. Vallin Difaressa Rangkuti dan Harend Anandatria selaku sahabat rumah penulis, terima kasih telah selalu hadir untuk mendengarkan cerita, memberikan dukungan, semangat, dan menjadi tempat berbagi dalam berbagai keadaan.
12. Risma Nanda Gustiani, Aulia Pasya, Elisa Indie, Abby Azasni Aditya, dan Dawai Nuansa selaku sahabat Mia 2 penulis, terima kasih atas segala bantuan, cerita, dukungan, dan kenangan yang telah diberikan kepada penulis.
13. Niken Ayu Lestari, Intan Chalisabilla, dan Zafira Liucantria selaku sahabat perkuliahan penulis, terima kasih atas kebersamaan, bantuan, semangat, serta dukungan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
14. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Angkatan 2022, terima kasih atas kebersamaan, pengalaman, dan perjuangan yang telah dilalui bersama selama masa perkuliahan.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih memiliki kekurangan. Namun, penulis berharap Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca

Bandar Lampung, Juni 2026

Saprima Madhab Afif

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Kerangka Teoritis.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Penelitian Terdahulu	8
2.2. Topografi.....	11
2.3. <i>Cut And Fill</i>	13
2.4. <i>Digital Elevation Model</i> (DEM)	14
2.5. Metode Perhitungan Volume Galian dan Timbunan (<i>Cut and Fill</i>).....	16
2.5.1. Metode Penampang Rata-Rata (<i>Average End Area</i>)	16
2.5.2. Metode Berbasis Grid Dari Dem	18
2.6. Sistem Informasi Geografis (SIG)	19
2.7. Deviasi Perhitungan Volume <i>Cut And Fill</i>	20
2.8. Interval Penampang dalam Perhitungan Volume <i>Cut And Fill</i>	22
2.9. Uji <i>Paired Sample T-Test</i>	23
III. METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Lokasi Penelitian.....	27
3.2. Diagram Alir Penelitian	28
3.3. Tahap Persiapan Penelitian	29
3.3.1. Studi Literatur	29
3.3.2. Pengumpulan Data	29
3.4. Tahap Pengolahan Data	31
3.4.1. Pengolahan Data Metode Penampang Rata-Rata	31
3.4.2. Pengolahan Data Metode Berbasis grid dari <i>Digital Elevation Model</i> (DEM).....	38

3.4.3. Analisis Deviasi Hasil Perhitungan Volume <i>Cut And Fill</i>	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1. Perhitungan Volume <i>Cut and Fill</i> Menggunakan Metode Penampang Rata-Rata	44
4.1.1. Visualisasi <i>Long Section</i> Berdasarkan Variasi Interval Penampang ..	44
4.1.2. Hasil Perhitungan Volume <i>Cut and Fill</i> Metode Penampang Rata-rata	48
4.2. Hasil Perhitungan Volume <i>Cut and Fill</i> Menggunakan Metode Berbasis Grid Dari Dem.....	50
4.3. Analisis Deviasi Hasil Perhitungan Volume <i>Cut and Fill</i>	52
4.3.1. Analisis Statistik Uji <i>Paired Sample T-Test</i>	56
V. KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN A HASIL DATA PASANGAN VOLUME <i>CUT AND FILL</i> KEDUA METODE	72
LAMPIRAN B CROSS SECTION HASIL VOLUME <i>CUT AND FILL</i>.....	79
LAMPIRAN C DATA SKUNDER.....	96
LAMPIRAN D TABEL T.....	99
LAMPIRAN F HASIL PETA	6

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian terdahulu.....	8
2. Perangkat keras	30
3. Perangkat lunak.....	30
4. Data penelitian	31
5. Hasil selisih volume <i>cut</i> kedua metode.....	52
6. Hasil selisih volume <i>fill</i> kedua metode	52
7. Hasil total deviasi <i>cut and fill</i>	54
8. Hasil data pasangan volume <i>cut and fill</i> kedua metode	56
9. Perhitungan t hitung.....	57
10. Perhitungan t <i>tabel</i>	59
11. Hasil perhitungan uji t.....	59
12. Hasil data pasangan volume <i>cut and fill</i> kedua metode	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Topografi.....	13
2. Galian dan timbunan	14
3. Digital elevation model (dem)	15
4. Volume cara potongan melintang rata-rata	18
5. Peta lokasi penelitian.....	27
6. Diagram alir	28
7. Gambar rencana pekerjaan pada potongan interval 1m	34
8. Gambar rencana pada potongan interval 5m.....	35
9. Gambar rencana pada potongan interval 10m.....	36
10. Pengolahan sesudah <i>boundaries</i>	37
11. Topografi.....	13
12. Galian dan timbunan	14
13. Digital elevation model (dem)	15
14. Volume cara potongan melintang rata-rata	18
15. Peta lokasi penelitian.....	27
16. Diagram alir	28
17. Gambar rencana pekerjaan pada potongan interval 1m	34
18. Gambar rencana pada potongan interval 5m.....	35
19. Gambar rencana pada potongan interval 10m.....	36
20. Pengolahan sesudah <i>boundaries</i>	37
21. Hasil peta sebaran volume <i>cut and fill</i> menggunakan metode dem	51

22. Hasil peta sebaran volume <i>cut and fill</i> menggunakan metode dem	51
23. <i>Cross section</i> sta 00+00 – 00+05 interval 1m.....	80
24. <i>Cross section</i> sta 00+06 – 00+11 interval 1m.....	80
25. Cross Section STA 00+12 – 00+17 Interval 1m.....	81
26. Cross Section STA 00+18 – 00+23 Interval 1m.....	81
27. Cross Section STA 00+24 – 00+29 Interval 1m.....	82
28. Cross Section STA 00+30 – 00+35 Interval 1m.....	82
29. Cross Section STA 00+36 – 00+41 Interval 1m.....	83
30. Cross Section STA 00+42 – 00+47 Interval 1m.....	83
31. Cross Section STA 00+48 – 00+53 Interval 1m.....	84
32. Cross Section STA 00+54 – 00+59 Interval 1m.....	84
33. Cross Section STA 00+60 – 00+65 Interval 1m.....	85
34. Cross Section STA 00+66 – 00+71 Interval 1m.....	85
35. Cross Section STA 00+72 – 00+77 Interval 1m.....	86
36. Cross Section STA 00+73 – 00+78 Interval 1m.....	86
37. Cross Section STA 00+79 – 00+84 Interval 1m.....	87
38. Cross Section STA 00+85 – 00+90 Interval 1m.....	87
39. Cross Section STA 00+98 – 00+99 Interval 1m.....	88
40. Cross Section STA 00+104 – 00+107 Interval 1m.....	88
41. Cross Section STA 00+108 – 00+113 Interval 1m.....	89
42. Cross Section STA 00+114 – 00+119 Interval 1m.....	89
43. Cross Section STA 00+120 – 00+125 Interval 1m.....	90
44. Cross Section STA 00+126 – 00+131 Interval 1m.....	90
45. Cross Section STA 00+132 – 00+137Interval 1m.....	91
46. Cross Section STA 00+138 Interval 1m.....	91
47. Cross Section STA 00+05 – 00+25 Interval 5m.....	92
48. Cross Section STA 00+30 – 00+55 Interval 5m.....	92
49. Cross Section STA 00+60 – 00+85 Interval 5m.....	93
50. Cross Section STA 00+90 – 00+115 Interval 5m.....	93
51. Cross Section STA 00+120 – 00+138 Interval 5m.....	94

52. Cross Section STA 00+10 – 00+60 Interval 10m.....	94
53. Cross Section STA 00+70 – 00+120 Interval 5m.....	95
54. Cross Section STA 00+130 – 00+150 Interval 10m.....	95
55. Kontur area penelitian.....	97
56. Batas area penelitian	98
57. DEM area penelitian	98

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pekerjaan tanah merupakan salah satu tahapan penting dalam proses perencanaan dan pelaksanaan konstruksi, pematangan lahan melalui pekerjaan galian dan timbunan bertujuan menciptakan platform pengeboran yang rata, stabil, dan mampu menopang beban peralatan berat seperti rig pengeboran pada lokasi sumur di wilayah kerja PT Pertamina Hulu Rokan (Rahmadani dkk., 2020). Pada tahap ini dilakukan pekerjaan galian (*cut*) dan timbunan (*fill*) guna membentuk elevasi serta kondisi lahan agar sesuai dengan desain yang telah direncanakan (Gultom dkk., 2020). Perhitungan volume pekerjaan tanah harus dilakukan secara teliti karena sangat berpengaruh terhadap perencanaan biaya, kebutuhan material, dan pengaturan waktu pelaksanaan. Selain itu, ketepatan perhitungan juga menentukan efisiensi pelaksanaan di lapangan serta mendukung keberhasilan proyek secara keseluruhan (Purwati, 2020). Kondisi topografi di lokasi perencanaan memiliki variasi ketinggian permukaan tanah yang cukup beragam, sehingga memerlukan penyesuaian melalui pekerjaan galian dan timbunan. Oleh karena itu, perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) perlu dilakukan secara cermat agar desain yang telah direncanakan dapat diterapkan secara efektif dan mendukung kelancaran pelaksanaan kegiatan pengeboran (Ginting dkk., 2024).

Dalam praktiknya, perhitungan volume pekerjaan tanah dapat dilakukan dengan berbagai metode. Salah satu metode yang umum digunakan adalah metode penampang rata-rata (*average end area*). Metode ini menghitung volume berdasarkan

luas penampang melintang pada jarak tertentu dan banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi karena perhitungannya relatif sederhana serta mudah diterapkan (Wahyudi dkk., 2023). Metode penampang rata-rata menghitung volume berdasarkan selisih luas penampang pada interval tertentu, sehingga relatif sederhana, mudah diterapkan, serta sesuai digunakan pada pekerjaan dengan bentuk lahan yang memanjang dan geometri yang relatif seragam (Arifandi 2021; Masagus dkk., 2019). Metode ini juga memungkinkan pengendalian perhitungan secara bertahap pada setiap segmen penampang, sehingga memudahkan proses evaluasi hasil perhitungan (Rochim dkk., 2021).

Di sisi lain, perkembangan teknologi pengolahan data spasial memungkinkan perhitungan volume dilakukan menggunakan pendekatan berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM). Metode ini memanfaatkan data elevasi dalam bentuk raster untuk menghitung selisih ketinggian antara permukaan eksisting dan permukaan rencana pada setiap piksel luasan tertentu (Musoffa dkk., 2021). Pendekatan ini memberikan estimasi volume yang lebih mendekati kondisi aktual lapangan, khususnya pada area dengan cakupan luas dan variasi kontur yang kompleks (Utama, 2025). Representasi perubahan elevasi yang bersifat berkelanjutan memungkinkan detail topografi tergambar lebih baik, sehingga potensi kehilangan informasi akibat penyederhanaan penampang dapat diminimalkan. (Guth dkk., 2021).

Berdasarkan perbedaan pendekatan perhitungan antara metode penampang rata-rata dan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM), keduanya berpotensi menghasilkan nilai volume pekerjaan tanah yang berbeda. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena metode penampang rata-rata merepresentasikan permukaan tanah berdasarkan interval penampang, sedangkan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM) merepresentasikan permukaan tanah berdasarkan resolusi piksel. Kondisi ini terutama dapat memengaruhi hasil perhitungan pada lokasi dengan variasi topografi yang cukup signifikan (Abikusna dkk., 2024). Oleh karena itu,

perbedaan hasil perhitungan volume perlu dianalisis untuk mengetahui besarnya selisih yang terjadi serta faktor-faktor yang memengaruhinya.

Penggunaan variasi interval penampang pada metode Average End Area menjadi salah satu aspek penting dalam penelitian ini karena perbedaan jarak interval dapat memengaruhi hasil perhitungan volume pekerjaan tanah. Semakin besar jarak interval penampang, detail perubahan topografi pada permukaan tanah dapat kurang tergambarkan sehingga hasil estimasi volume berpotensi berbeda. Sebaliknya, interval yang lebih rapat mampu merepresentasikan kondisi permukaan tanah dengan lebih detail, namun memerlukan waktu analisis dan proses perhitungan yang lebih besar. (Azzumardi dkk., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan variasi interval penampang yaitu 10 m, 5m, 1m untuk mengetahui interval yang paling optimal. Interval yang optimal diharapkan mampu memberikan keseimbangan antara tingkat akurasi perhitungan dengan efisiensi waktu dan sumber daya.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis deviasi hasil perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) pada perencanaan lokasi sumur pengeboran yang dihitung menggunakan metode penampang rata-rata dengan variasi interval penampang serta metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM). Analisis deviasi dilakukan untuk mengetahui besarnya selisih volume galian dan timbunan yang dihasilkan akibat perbedaan interval penampang dan perbedaan pendekatan representasi permukaan tanah secara diskrit dan kontinu. Melalui analisis ini, diharapkan diperoleh pemahaman mengenai kecenderungan perubahan nilai volume pada setiap variasi interval dibandingkan dengan metode grid dari *Digital Elevation Model* (DEM), sehingga dapat menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan metode dan interval penampang yang paling sesuai dengan karakteristik topografi lokasi perencanaan (Agustinus dkk., 2018).

1.2. Rumusan Masalah

Perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) pada perencanaan lokasi sumur memerlukan metode yang mampu menghasilkan nilai volume secara akurat. Metode penampang rata-rata dan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM) memiliki pendekatan perhitungan yang berbeda sehingga berpotensi menghasilkan nilai volume yang tidak sama meskipun menggunakan data topografi dan elevasi rencana yang sama. Selain itu, penggunaan variasi interval penampang pada metode penampang rata-rata diduga memengaruhi perhitungan volume pekerjaan tanah. Namun, pengaruh variasi interval penampang terhadap deviasi hasil perhitungan volume dibandingkan metode berbasis DEM masih perlu dikaji lebih lanjut.

Kondisi tersebut menunjukkan masih adanya perbedaan hasil perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) antara metode penampang rata-rata dengan variasi interval penampang dan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM), sehingga belum diketahui metode dan interval penampang yang paling sesuai untuk menghasilkan perhitungan volume pada perencanaan lokasi sumur.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka ada beberapa pertanyaan penelitian yang di ajukan, yaitu:

1. Bagaimana hasil perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) menggunakan metode penampang rata-rata dengan interval penampang 1 m, 5 m, dan 10 m pada perencanaan lokasi sumur?
2. Bagaimana hasil perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) menggunakan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM) pada perencanaan lokasi sumur?
3. Seberapa besar deviasi hasil perhitungan volume *cut and fill* antara metode penampang rata-rata dengan variasi interval penampang dan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM), serta bagaimana pengaruh interval penampang terhadap nilai deviasi dan hasil uji t yang diperoleh?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan nilai volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) menggunakan metode penampang rata-rata dengan interval penampang 1 m, 5 m, dan 10 m untuk mengetahui perbedaan hasil volume yang diperoleh pada setiap variasi interval penampang.
2. Mendapatkan nilai volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) menggunakan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM) untuk mendukung analisis deviasi hasil perhitungan volume antar metode.
3. Menganalisis pengaruh variasi interval penampang terhadap deviasi hasil perhitungan volume *cut and fill* antara metode penampang rata-rata dan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM), serta mengevaluasi signifikansi perbedaannya melalui uji t untuk mendukung pemilihan metode dan interval penampang yang optimal dalam perhitungan volume pekerjaan tanah.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi interval penampang 1 m, 5 m, dan 10 m terhadap hasil perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) menggunakan metode penampang rata-rata.
2. Memberikan informasi mengenai hasil perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) menggunakan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM) sebagai acuan dalam analisis perbedaan hasil perhitungan volume antar metode.
3. Memberikan dasar evaluasi mengenai pengaruh variasi interval penampang terhadap deviasi hasil perhitungan volume *cut and fill* antara metode penampang rata-rata dan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM), serta signifikansi perbedaannya berdasarkan hasil uji *t* untuk mendukung pemilihan

metode dan interval penampang yang optimal dalam perhitungan volume pekerjaan tanah.

1.5. Kerangka Teoritis

Pada penelitian ini, kerangka pemikiran dibagi menjadi dua bagian, yaitu batasan masalah dan sistematika penulisan.

a. Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada perhitungan volume pekerjaan tanah berupa *cut and fill* pada perencanaan lokasi pengeboran sumur yang dikelola oleh PT. Pertamina Hulu Rokan.
2. Metode perhitungan volume yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada metode penampang rata-rata dan metode berbasis grid dari DEM.
3. Variasi interval penampang pada metode penampang rata-rata dibatasi pada jarak 1 m, 5 m, dan 10 m.
4. Analisis penelitian difokuskan pada perbandingan hasil volume *cut and fill*, nilai deviasi, serta hasil uji t antara metode penampang rata-rata dan metode berbasis grid dari DEM.
5. Pengujian statistik dalam penelitian ini menggunakan uji t berpasangan (*paired sample t-test*) untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan signifikan antara kedua metode perhitungan volume.
6. Penelitian ini tidak melakukan validasi langsung terhadap kondisi lapangan, sehingga hasil analisis hanya didasarkan pada data topografi dan hasil pengolahan volume.
7. Penelitian ini tidak membahas aspek biaya pekerjaan tanah, metode pelaksanaan konstruksi, waktu pekerjaan, maupun analisis stabilitas tanah, dan hanya dibatasi pada analisis perhitungan volume *cut and fill*.

b. Sistematika Penulisan

Pada penulisan ini menggunakan sistematika penulisan yang mengacu pada Panduan Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung 2020. Penulisan skripsi disusun dalam lima bab yang saling berkaitan, yaitu Bab 1 Pendahuluan yang memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kerangka teoritis, dan hipotesis; Bab 2 Tinjauan Pustaka yang membahas landasan teori terkait pekerjaan tanah, perhitungan volume *cut and fill*, metode penampang rata-rata, metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM), serta penelitian terdahulu yang relevan; Bab 3 Metodologi Penelitian yang menjelaskan tahapan penelitian, data yang digunakan, metode pengolahan data, dan prosedur perhitungan volume pekerjaan tanah pada elevasi rencana yang sama; Bab 4 Hasil dan Pembahasan yang memaparkan hasil perhitungan serta perbandingan volume pekerjaan tanah menggunakan kedua metode; serta Bab 5 Penutup yang berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini disusun dengan mengacu pada sejumlah penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan topik. Kajian-kajian tersebut digunakan sebagai landasan untuk memperdalam pemahaman penulis serta memberikan referensi dalam penyusunan dan pengembangan penelitian ini. Uraian mengenai penelitian terdahulu selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian terdahulu

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil
1.	(Sari dkk., 2025)	Perbandingan Hasil Perhitungan Volume Timbunan Tanggul dengan Metode Penampang Rata-Rata Menggunakan <i>AutoCAD Civil 3D</i> dengan Menggunakan <i>Microsoft Excel</i>	Metode penampang rata-rata dengan perhitungan volume menggunakan perangkat lunak <i>AutoCAD Civil 3D</i> dan <i>Microsoft Excel</i> .	Perhitungan volume timbunan menunjukkan perbedaan persentase terhadap volume acuan, dengan selisih 0,43% menggunakan <i>Microsoft Excel</i> dan 1,16% menggunakan <i>AutoCAD</i> berdasarkan toleransi ASTM 2,5%.

Tabel 1. (Lanjutan)

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil
2.	(Abikusna dkk., 2024)	Analisis Perbandingan Volume pada Tikungan Jalan Menggunakan Metode Perhitungan Volume pada Aplikasi Pengolah Data Survei	Metode penampang rata-rata dan composite volume dengan <i>paired sample t-test</i> dan uji toleransi ASTM	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penampang rata-rata dan composite volume layak digunakan dalam perhitungan volume berdasarkan hasil <i>paired sample t-test</i> . Pada uji toleransi ASTM, metode penampang rata-rata menghasilkan selisih volume <i>cut</i> dan <i>fill</i> yang lebih kecil dibandingkan composite volume sehingga hasil perhitungannya dinilai lebih mendekati data acuan.
3.	(Sitanggang dkk., 2025)	Perbandingan Hasil Perhitungan Volume <i>Cut And Fill</i> Menggunakan Metode Kontur dan <i>Digital Elevation Model</i> (DEM) Pada Pembangunan Kawasan Smartpolitan Subang	Metode kontur, dengan perhitungan volume dilakukan menggunakan <i>AutoCAD Civil 3D</i> serta pengolahan data spasial dan analisis volume menggunakan <i>ArcGIS</i> .	Metode kontur menghasilkan selisih volume yang lebih kecil dibandingkan metode DEM, dengan hasil <i>cut</i> 1.076.866,62 m ³ dan <i>fill</i> 406.635,55 m ³ , sedangkan metode DEM menghasilkan <i>cut</i> 1.057.011,21 m ³ dan <i>fill</i> 405.587,19 m ³ .

Tabel 1. (Lanjutan)

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil
4.	(Azzumardi dan Budisusanto, 2022)	Analisis Interval Jarak Profil Terhadap Perhitungan Volume pada Jalan Lurus dan Jalan Berkelok	Perhitungan volume menggunakan metode penampang rata-rata serta pengaruhnya pada jalan lurus dan jalan berkelok.	Hasil menunjukkan bahwa standar deviasi volume <i>cut</i> dan <i>fill</i> pada jalan lurus lebih besar dibandingkan jalan berkelok, sehingga perubahan interval perhitungan volume lebih berpengaruh pada jalan lurus daripada jalan berkelok.
5.	(Saprima,2026)	Analisis Hasil Perhitungan Volume <i>Cut And Fill</i> Menggunakan Metode Penampang Rata-Rata Dan Metode Berbasis Grid Dari Dem (Studi Kasus: Kegiatan Perencanaan Lokasi Sumur Pengeboran Migas Pada Pt. Pertamina Hulu Rokan Area Sumatra Selatan	Metode Penampang Rata-rata dengan variasi interval dan metode berbasis DEM	

Penelitian mengenai perhitungan volume pekerjaan tanah menunjukkan perbedaan pendekatan antara penelitian terdahulu dan penelitian saat ini. Penelitian terdahulu umumnya berfokus pada perbandingan metode perhitungan volume secara umum, seperti metode penampang rata-rata, *cross section*, kontur, dan *Digital Elevation Model* (DEM), dengan penekanan pada perbedaan hasil berdasarkan metode atau

perangkat lunak yang digunakan. Sebagian besar penelitian tersebut belum secara spesifik mengaitkan perbedaan hasil perhitungan volume dengan variasi parameter teknis dalam satu metode, khususnya jarak interval penampang.

Penelitian ini berfokus pada analisis perbedaan atau deviasi hasil perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) antara metode penampang rata-rata dengan variasi interval penampang 1 m, 5 m, dan 10 m serta metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM). Penelitian ini tidak bertujuan untuk menentukan metode yang paling akurat atau paling benar, melainkan untuk mengidentifikasi besarnya perbedaan hasil volume yang dihasilkan akibat penggunaan metode dan variasi interval penampang yang berbeda pada lokasi penelitian.

Dengan demikian, celah penelitian (*research gap*) dalam studi ini adalah belum adanya kajian yang secara khusus membahas deviasi hasil perhitungan volume cut and fill antara metode penampang rata-rata dengan variasi interval penampang dan metode berbasis DEM pada perencanaan lokasi sumur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pengaruh jarak antar penampang terhadap perbedaan volume *cut and fill* yang dihasilkan.

2.2. Topografi

Topografi merupakan kondisi permukaan suatu wilayah yang menunjukkan perbedaan ketinggian dan bentuk lahan, termasuk tingkat kemiringan serta karakteristik lereng (Stefano dan Endayani, 2023). Keadaan topografi menggambarkan variasi kontur lahan, di mana semakin rapat kontur yang terbentuk menunjukkan kemiringan lereng yang semakin curam. Dalam perencanaan pembangunan konstruksi, lahan dengan topografi relatif landai dan kemiringan lereng yang kecil lebih diutamakan karena memiliki tingkat keamanan dan stabilitas yang lebih baik (Purwati, 2020).

Topografi pada wilayah dataran, perbukitan, hingga pegunungan sangat berkaitan dengan perbedaan ketinggian relatif dan kemiringan lereng yang memengaruhi karakteristik lahan.

Pengukuran topografi juga memiliki peranan penting dalam pekerjaan penggalian dan penimbunan tanah. Kegiatan penggalian dan penimbunan merupakan bagian dari pekerjaan tanah yang sangat berkaitan dengan perhitungan volume. Perhitungan volume menjadi aspek yang krusial karena menentukan jumlah tanah yang harus digali atau ditimbun sesuai dengan rencana proyek. Volume tanah yang dimaksud mencakup perhitungan material galian maupun timbunan yang bersifat padat, seperti pada kegiatan *cut and fill*, sehingga hasil pengukuran topografi yang akurat sangat dibutuhkan untuk mendukung perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan tanah secara efektif (Priyadinata dan Siregar, 2022).

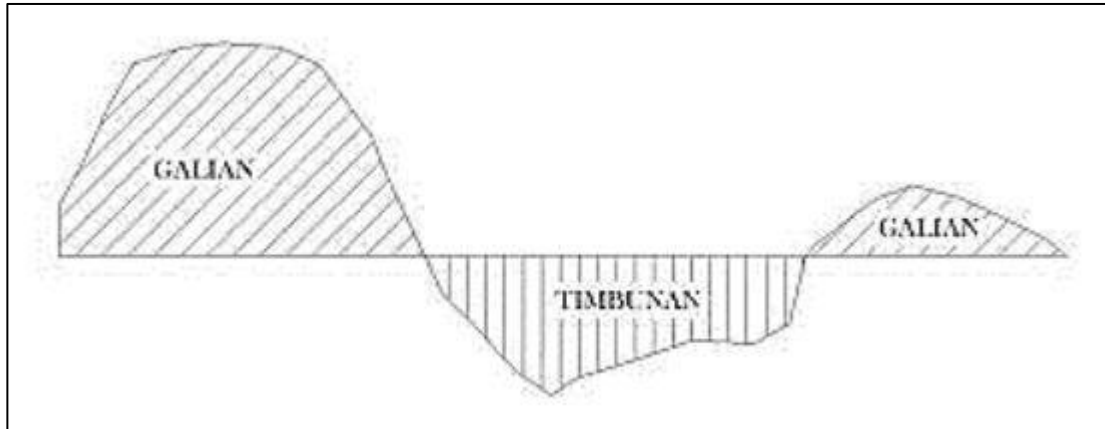


Gambar 1. Topografi
(Sumber : Data Pribadi, 2025)

2.3. Cut And Fill

Cut and fill merupakan kegiatan pemindahan tanah, di mana material tanah digali dari suatu lokasi kemudian digunakan atau ditimbunkan pada lokasi lain yang membutuhkan. Proses *cut and fill* dilakukan untuk menghasilkan permukaan tanah yang lebih rata sesuai dengan kondisi yang direncanakan (Priyadinata dan Siregar 2022). *Cut and fill* juga menjadi salah satu pekerjaan utama dalam kegiatan konstruksi, terutama pada area yang memiliki kondisi lahan miring atau topografi yang tidak rata sehingga diperlukan perbaikan elevasi permukaan tanah. Penerapan

cut and fill umumnya dilakukan pada tahap pembukaan lokasi baru maupun sebelum pekerjaan pembangunan jalan sebagai bagian dari proses pematangan lahan. Dalam pelaksanaannya, pekerjaan *cut and fill* memerlukan perencanaan dan pengukuran yang teliti agar proses pemindahan tanah dapat dilakukan secara efektif dan sesuai dengan kebutuhan lapangan (Ariansyah dkk., 2022).



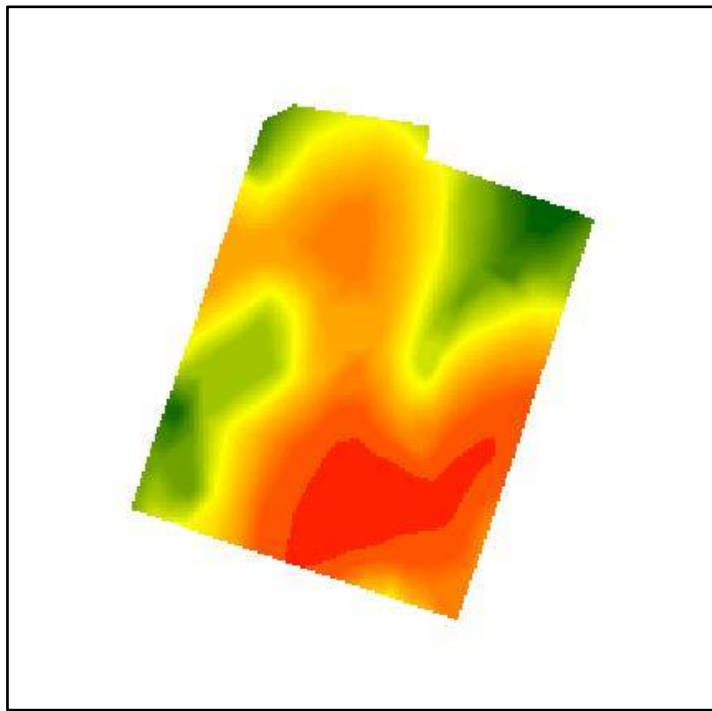
Gambar 2. Galian dan timbunan
(Sumber: Majid, 2020)

Proses *cut and fill* bertujuan untuk Meminimalkan penggunaan volume galian dan timbunan pada tanah, sehingga pekerjaan pemindahan tanah dan pekerjaan stabilitas tanah dasar dapat dikurangi, waktu penyelesaian proyek dapat dipercepat, dan biaya pembangunan dapat se-efisien mungkin.(Gultom dkk., 2020) .Besarnya volume *cut and fill* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti elevasi rencana, kemiringan lereng, dan kondisi topografi wilayah pekerjaan. Selisih elevasi antara permukaan tanah eksisting dan elevasi rencana akan menentukan jumlah tanah yang perlu digali atau ditimbun (Purwati 2020).

2.4. Digital Elevation Model (DEM)

Digital Elevation Model (DEM) merupakan data digital yang menggambarkan bentuk permukaan bumi berdasarkan himpunan titik-titik koordinat hasil pengambilan

sampel dari permukaan tanah (Kevin dkk., 2019). Data DEM direpresentasikan dalam bentuk piksel-piksel yang umumnya berbentuk persegi dengan ukuran panjang dan lebar yang sama, di mana setiap piksel mengandung informasi nilai ketinggian yang mendefinisikan kondisi permukaan bumi pada lokasi tersebut (Wulandari, 2023). Representasi ini memungkinkan permukaan tanah divisualisasikan dan dianalisis secara digital menggunakan sistem berbasis komputer.



Gambar 3. *Digital elevation model (DEM)*
(Sumber: Data Pribadi, 2025)

DEM dapat digunakan untuk menyusun peta rawan bencana seperti banjir dan tanah longsor. Sementara itu, dalam bidang pengelolaan sumber daya, DEM dimanfaatkan untuk penentuan lokasi penambangan serta perhitungan volume, termasuk perhitungan volume pekerjaan tanah *cut and fill* (Alves, 2019). Oleh karena itu, DEM menjadi data yang penting dalam berbagai analisis spasial yang memerlukan informasi ketinggian permukaan bumi.

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

Pengukuran volume secara langsung jarang dilakukan dalam pekerjaan pengukuran tanah karena sulit menerapkan satuan ukur secara tepat terhadap material yang terlibat. Oleh karena itu, perhitungan volume umumnya dilakukan secara tidak langsung. Metode ini diperoleh melalui pengukuran jarak dan luas tertentu yang memiliki keterkaitan dengan volume tanah yang akan dihitung sesuai dengan rencana pekerjaan (Purwati, 2020). Metode perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.5.1. Metode Penampang Rata-Rata (*Average End Area*)

Potongan melintang rata-rata merupakan penampang yang dibuat melintang terhadap suatu area pengukuran tanah, yang menggambarkan jarak serta perbedaan elevasi pada titik-titik tertentu. Penampang ini digunakan untuk menunjukkan kondisi permukaan tanah secara melintang sehingga perubahan elevasi dapat diamati dengan jelas. Data potongan melintang rata-rata selanjutnya dimanfaatkan sebagai dasar dalam perhitungan volume pekerjaan tanah, terutama pada kegiatan *cut and fill* (I. Azzumardi dkk., 2022).

Metode penampang rata-rata didasarkan pada serangkaian luas penampang melintang yang diambil sepanjang suatu garis atau trase pekerjaan. Jarak antar penampang ditentukan berdasarkan karakteristik umum permukaan tanah serta tingkat ketelitian perhitungan volume yang diinginkan. Selain penampang utama, penampang tambahan dapat dibuat pada titik-titik tertentu yang mengalami perubahan kemiringan signifikan di sepanjang garis tengah. Berdasarkan kondisi permukaan tanah, bentuk penampang melintang dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu satu bagian penampang, dua bagian penampang, tiga bagian penampang, penampang lereng sisi bukit dua bagian, serta penampang dengan banyak bagian (Firmansyah dkk., 2022) Apabila luas penampang melintang pada dua titik berurutan masing-

masing dinyatakan sebagai A_1 dan A_2 yang dapat dilihat pada Gambar 1, serta diasumsikan bahwa perubahan luas penampang di antara kedua titik tersebut bersifat linier terhadap jarak, maka luas penampang dirata-ratakan. Selanjutnya, volume tanah di antara dua penampang tersebut diperoleh dengan mengalikan luas rata-rata penampang dengan jarak antar penampang. Metode ini banyak digunakan karena konsep perhitungannya sederhana dan mudah diterapkan pada pekerjaan tanah dengan kondisi topografi yang relatif seragam (Fikri Musoffa dkk., 2021). Menurut Azzumardi dan Budisusanto, (2022) Luas galian dan timbunan pada setiap penampang kemudian dihitung menggunakan prinsip metode koordinat sesuai dengan persamaan 1 berikut:

$$A = \frac{1}{2} |(\sum_{i=1}^n X_n Y_n^{-1}) - (\sum_{i=1}^n X_n Y_n^{+1})| \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

A : Luas penampang (m^2)

Y : Nilai ordinat (m)

X : Nilai absis (m)

n : Jumlah data

Selanjutnya untuk perhitungan volume galian dan timbunan, dilakukan menggunakan prinsip perhitungan penampang rata-rata, dengan persamaan 2

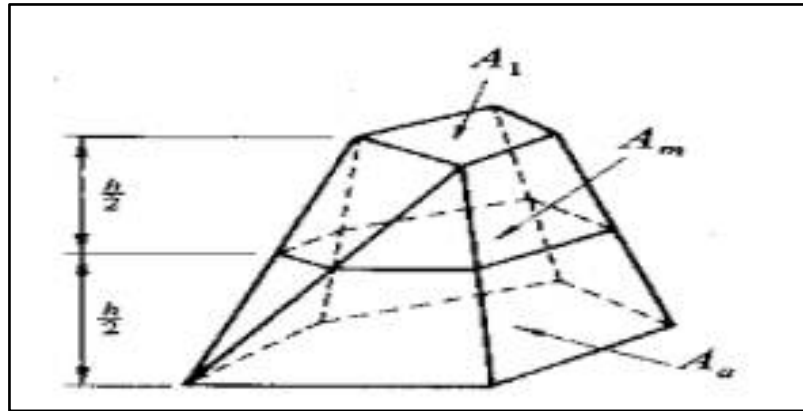
$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \times L \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

V : Volume *cut* atau *fill* (m^3).

A_1 dan A_2 : Luas penampang pada dua section berurutan (m^2).

L : Jarak antar penampang



Gambar 4. Volume cara potongan melintang rata-rata
Sumber : (Purwati, 2020)

2.5.2. Metode Berbasis Grid Dari Dem

Perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) berbasis *Digital Elevation Model* (DEM) dilakukan dengan memanfaatkan data elevasi permukaan tanah yang direpresentasikan dalam bentuk raster (Sitanggang dkk., 2025). Data DEM tersusun atas piksel-piksel berbentuk persegi dengan ukuran panjang dan lebar yang sama, di mana setiap piksel memiliki nilai ketinggian tertentu yang menggambarkan kondisi topografi permukaan tanah. Representasi raster ini memungkinkan analisis perhitungan volume dilakukan secara menyeluruh pada seluruh area kajian dengan mempertimbangkan variasi elevasi pada setiap bagian lokasi (Izza, 2019).

Prinsip dasar perhitungan volume *cut and fill* berbasis DEM adalah membandingkan elevasi permukaan tanah eksisting dengan elevasi rencana pada setiap piksel raster (Sitanggang dkk., 2025). Selisih nilai elevasi tersebut menentukan jenis pekerjaan tanah yang terjadi, di mana piksel dengan elevasi eksisting lebih tinggi dari elevasi rencana dikategorikan sebagai galian (*cut*), sedangkan piksel dengan elevasi eksisting lebih rendah dari elevasi rencana dikategorikan sebagai timbunan (*fill*). Selisih elevasi pada setiap piksel kemudian digunakan untuk menghitung volume galian dan timbunan secara akumulatif. Secara matematis, volume pekerjaan tanah berbasis

DEM dihitung dengan mengalikan luas satu piksel dengan selisih ketinggian pada piksel tersebut (Wulandari, 2023). Karena data raster terdiri atas banyak piksel, maka volume total diperoleh dari penjumlahan volume seluruh piksel dalam area kajian. Rumus perhitungan volume berbasis DEM dapat dinyatakan sebagai persamaan 3 berikut:

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

Keterangan:

V : volume *cut atau fill*

LP : luas piksel

H : Nilai Ketinggian Piksel

n : Batas Atas Penjumlahan

i : Indeks Penjumlahan

2.6. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, mengelola, menganalisis, dan menyajikan data yang memiliki referensi spasial (Rahmawati dkk., 2024). SIG memungkinkan pengolahan data permukaan bumi secara terintegrasi melalui penggabungan informasi keruangan dan atribut, sehingga mampu merepresentasikan kondisi fisik suatu wilayah secara digital (Meidodga dkk., 2023). Dalam penelitian ini, SIG berperan sebagai alat utama dalam pengolahan data topografi dan elevasi yang berasal dari hasil pemetaan LiDAR.

Pemanfaatan SIG dalam penelitian ini difokuskan pada pengolahan data Digital Elevation Model (DEM) sebagai representasi permukaan tanah eksisting (Prayoga dkk., 2020). Melalui analisis berbasis raster, SIG digunakan untuk membandingkan elevasi eksisting dengan elevasi rencana pada area penelitian sehingga dapat dihitung besaran volume pekerjaan tanah berupa galian dan timbunan (*cut and fill*) (Yumai ,

2019). Selain itu, kemampuan SIG dalam mengelola resolusi spasial dan luas piksel memungkinkan perhitungan volume dilakukan secara sistematis dan konsisten pada setiap sel raster. Dengan demikian, SIG menjadi komponen penting dalam mendukung analisis deviasi volume pekerjaan tanah yang dihasilkan dari perbandingan metode berbasis DEM dan metode penampang rata-rata (Kartika dan Wahyudi, 2022).

2.7. Deviasi Perhitungan Volume *Cut And Fill*

Deviasi merupakan suatu nilai yang menunjukkan adanya selisih atau perbedaan antara dua data atau lebih yang dibandingkan. Dalam analisis data, deviasi digunakan untuk menggambarkan tingkat variasi hasil yang muncul akibat adanya perbedaan metode, parameter, maupun pendekatan perhitungan yang digunakan. (Setiani dan Aprillia, 2026). Deviasi tidak selalu menunjukkan adanya kesalahan dalam suatu perhitungan, melainkan menunjukkan adanya perbedaan hasil yang diperoleh dari proses pengolahan data yang berbeda. Semakin besar nilai deviasi yang diperoleh, maka semakin besar pula perbedaan hasil antar data yang dibandingkan. Sebaliknya, semakin kecil nilai deviasi yang dihasilkan, maka semakin kecil pula variasi hasil yang diperoleh.

Dalam perhitungan volume pekerjaan tanah, deviasi digunakan untuk mengetahui besarnya perbedaan hasil volume *cut and fill* yang diperoleh dari dua metode perhitungan yang berbeda. Deviasi perhitungan volume *cut and fill* merupakan selisih atau perbedaan nilai volume *cut and fill* yang diperoleh dari penggunaan metode atau parameter perhitungan yang berbeda (Firmansyah dkk., 2023). Deviasi tidak dimaksudkan untuk menunjukkan tingkat akurasi atau kesalahan suatu metode, melainkan untuk menggambarkan adanya variasi hasil yang muncul akibat perbedaan pendekatan dalam perhitungan. Dalam perhitungan volume pekerjaan tanah, deviasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti metode perhitungan, interval penampang, resolusi data elevasi, serta karakteristik topografi. Perbedaan parameter

dan teknik pengolahan data tersebut dapat menyebabkan variasi nilai volume pada proses perhitungan pekerjaan tanah. Oleh karena itu, deviasi digunakan untuk menunjukkan besarnya perbedaan hasil volume yang diperoleh dari penggunaan metode atau parameter perhitungan yang berbeda (Rahmani dkk., 2025).

Perhitungan deviasi dilakukan dengan mencari selisih antara volume hasil metode penampang rata-rata dan volume hasil metode berbasis DEM. Pada penelitian pekerjaan tanah, deviasi umumnya dihitung menggunakan nilai absolut agar hasil selisih yang diperoleh tidak bernilai negatif. Penggunaan nilai absolut bertujuan untuk menunjukkan besarnya perbedaan volume tanpa memperhatikan arah selisihnya. Dengan demikian, nilai deviasi dapat menggambarkan besar kecilnya perbedaan hasil perhitungan volume antar metode. Menurut Syafique (2023) rumus deviasi volume dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$D = V_1 - V_2 \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

D : Deviasi volume (m³)

V₁ : Volume metode penampang rata-rata (m³)

V₂ : Volume metode berbasis DEM (m³)

Selain menghitung deviasi volume dalam satuan meter kubik, dilakukan juga perhitungan persentase deviasi untuk mengetahui besarnya perbedaan hasil perhitungan dalam bentuk persentase. Persentase deviasi digunakan untuk mempermudah interpretasi tingkat perbedaan hasil volume antar metode. Rumus persentase deviasi dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$Presentase = \frac{Deviasi}{Total Volume} \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

Dengan demikian, analisis deviasi dapat digunakan untuk mengetahui besarnya perbedaan hasil volume cut and fill antara metode yang dibandingkan. Nilai deviasi

dan persentase deviasi memberikan gambaran mengenai tingkat variasi hasil perhitungan volume yang diperoleh dari penggunaan metode maupun parameter yang berbeda. Oleh karena itu, analisis deviasi dapat digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi konsistensi hasil perhitungan volume pada pekerjaan tanah.

2.8. Interval Penampang dalam Perhitungan Volume *Cut And Fill*

Interval penampang adalah jarak antar penampang melintang yang digunakan dalam metode penampang rata-rata untuk menghitung volume pekerjaan tanah (Firmansyah dan Budisusanto, 2022). Penentuan jarak interval ini berpengaruh terhadap jumlah penampang yang terbentuk serta tingkat ketelitian dalam merepresentasikan kondisi permukaan tanah pada area penelitian (Rachman, 2024). Semakin kecil interval penampang yang digunakan, jumlah penampang yang dihasilkan akan semakin banyak, sehingga variasi elevasi permukaan tanah dapat digambarkan secara lebih detail (Rachman, 2024; Hariyadi, 2025).

Sebaliknya, penggunaan interval penampang yang lebih besar akan menghasilkan jumlah penampang yang lebih sedikit, sehingga perubahan elevasi antar penampang direpresentasikan secara lebih sederhana. Perbedaan jarak interval penampang tersebut dapat menimbulkan perbedaan hasil perhitungan volume cut and fill, khususnya pada wilayah dengan kondisi topografi yang tidak seragam (Azzumardi dan Budisusanto, 2022). Oleh karena itu, interval penampang menjadi salah satu faktor teknis yang berpengaruh dalam menentukan besarnya volume galian dan timbunan yang dihitung menggunakan metode penampang rata-rata.

2.9. Uji *Paired Sample T-Test*

Uji t merupakan salah satu metode analisis statistik yang digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara dua nilai rata-rata data. Uji ini termasuk dalam analisis statistik parametrik yang umumnya digunakan ketika data yang dianalisis memiliki distribusi normal serta jumlah sampel relatif terbatas. Tujuan utama dari uji t adalah untuk menguji hipotesis penelitian dengan membandingkan nilai rata-rata suatu kelompok data terhadap kelompok data lainnya atau terhadap nilai tertentu (Putri dkk., 2023).

Kasus data berpasangan umumnya terjadi ketika satu objek penelitian diberikan dua perlakuan atau metode yang berbeda. Meskipun pengamatan dilakukan pada data yang sama, penelitian tetap menghasilkan dua kelompok data, yaitu hasil perhitungan volume menggunakan metode penampang rata-rata dan metode berbasis grid DEM.. Menurut Sugiyono (2007) uji t dua sampel berpasangan digunakan untuk menganalisis perbedaan rata-rata pada dua kondisi yang berasal dari kelompok data yang sama, uji ini dilakukan dengan menghitung selisih nilai pada setiap pasangan data, kemudian dianalisis berdasarkan rata-rata selisih dan standar deviasi selisih data tersebut. Pada penelitian ini, uji *paired sample t-test* digunakan untuk membandingkan hasil volume cut dan fill antara metode penampang rata-rata pada interval 1 m, 5 m, dan 10 m terhadap metode berbasis grid DEM. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan signifikan antar metode berdasarkan nilai t hitung dan t tabel.

Menurut Nuryadi (2017) Dalam *paired sample t-test*, langkah awal yang dilakukan adalah menghitung nilai deviasi atau selisih setiap pasangan data. Deviasi diperoleh dari pengurangan nilai data pertama terhadap data kedua pada setiap pasangan pengamatan. Rumus deviasi dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$Deviasi = X_1 - X_2 \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

X_1 : Data pertama

X_2 : Data kedua

Setelah nilai deviasi diperoleh, dilakukan perhitungan rata-rata deviasi untuk mengetahui nilai rata-rata selisih dari seluruh pasangan data. Rata-rata deviasi dihitung dengan menjumlahkan seluruh nilai deviasi kemudian dibagi dengan jumlah data. Rumus rata-rata deviasi dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$D = \frac{\sum Deviasi}{n} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

D : Rata- Rata Selisih

$\sum deviasi$: Jumlah seluruh deviasi

n : Jumlah data

Selanjutnya dilakukan perhitungan standar deviasi deviasi untuk mengetahui tingkat penyebaran nilai deviasi terhadap rata-ratanya. Standar deviasi menunjukkan besar kecilnya variasi data selisih yang diperoleh dari pasangan data yang diuji. Rumus standar deviasi dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n-1}} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan

S : Standar deviasi

D : Rata rata deviasi

n : Jumlah data

Nilai rata-rata deviasi, standar deviasi, kemudian digunakan untuk menghitung nilai t hitung. Nilai t hitung digunakan untuk mengetahui besarnya perbedaan rata-rata antar pasangan data yang diuji. Rumus t hitung pada *paired sample t-test* dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$t_{\text{hit}} = \frac{D}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

t : nilai t hitung

D : Rata rata selisih

S : standar deviasi

n : jumlah data

Menurut Rahmani dkk, (2025) penentuan nilai t tabel dilakukan menggunakan derajat kebebasan (*degree of freedom/df*) yang dihitung dengan rumus berikut:

$$df = n - 1 \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

df : derajat kebebasan (*degree of freedom*)

n : jumlah data

Menurut Azzumardi (2022), pengujian *paired sample t-test* dilakukan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 5% ($\alpha = 0,05$) atau tingkat kepercayaan 95%. Hasil perhitungan nilai t kemudian dibandingkan dengan nilai t tabel pada tingkat signifikansi tertentu. Kriteria pengujian hipotesis adalah sebagai berikut:

1. Apabila t hitung > t tabel, maka terdapat perbedaan yang signifikan sehingga H_0 ditolak.
2. Apabila t hitung < t tabel, maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan sehingga H_0 diterima.

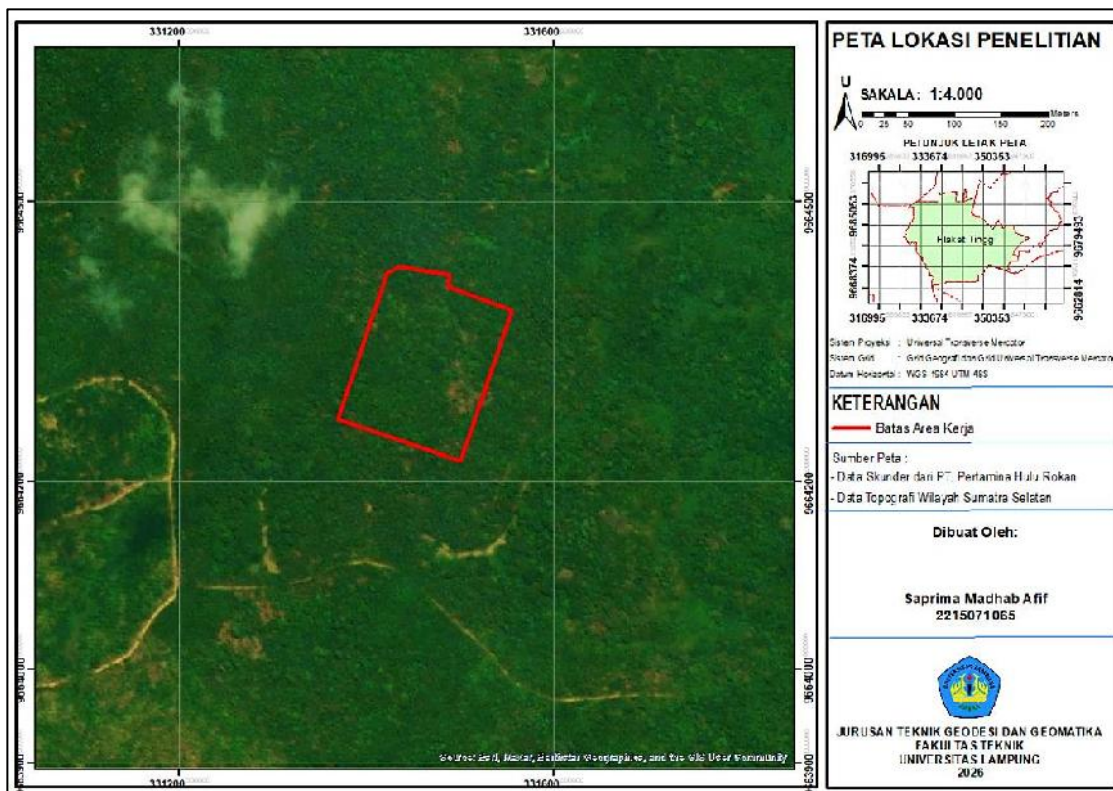
Dengan demikian, uji t digunakan untuk mengetahui apakah perbedaan nilai yang

diperoleh dari data yang dianalisis menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik atau tidak.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

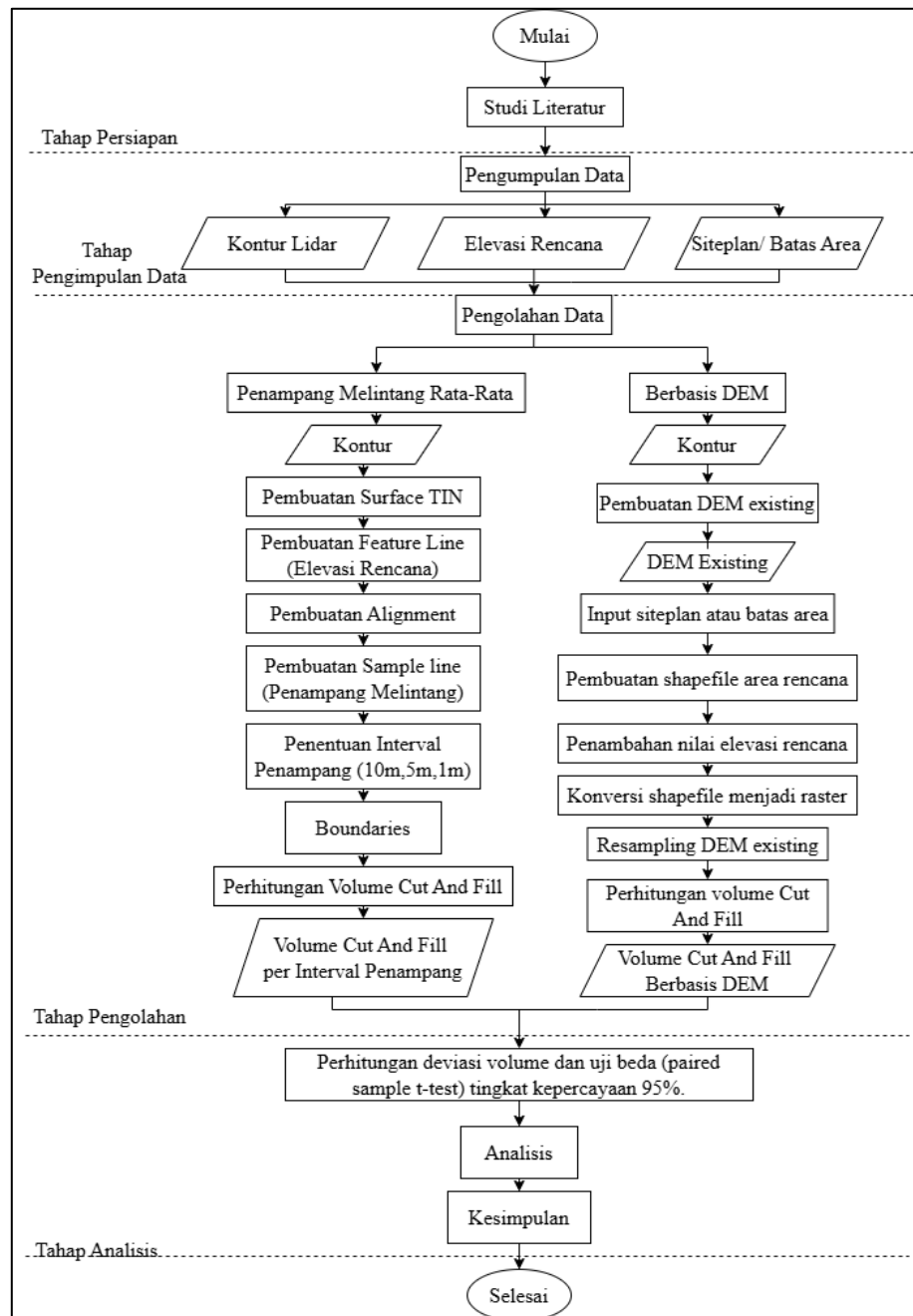
Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Plakat Tinggi, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan, pada area kerja milik PT. Pertamina Hulu Rokan. Area perencanaan lokasi pengeboran sumur memiliki luas sekitar 3,71 hektar dengan dimensi kurang lebih $165 \text{ m} \times 225 \text{ m}$. Adapun peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta lokasi penelitian

3.2. Diagram Alir Penelitian

Berikut diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini pada Gambar 3 yang menunjukkan tahapan pelaksanaan penelitian secara sistematis dari tahap awal hingga tahap akhir.



Gambar 6. Diagram alir

3.3. Tahap Persiapan Penelitian

Tahapan persiapan dalam pelaksanaan penelitian ini meliputi berbagai kegiatan yang dilakukan sebelum proses pengolahan dan analisis data, dengan tujuan untuk mendukung kelancaran penelitian serta memastikan data dan kebutuhan penelitian telah tersedia sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

3.3.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap awal penelitian yang bertujuan untuk memperoleh konsep serta teori yang relevan dengan permasalahan yang dikaji. Pada tahap ini, penulis menelaah dan menghimpun berbagai sumber informasi, seperti buku, jurnal ilmiah, situs web, serta referensi pendukung lainnya. Informasi yang diperoleh digunakan untuk memperdalam pemahaman terhadap topik penelitian yang dipilih. Tahap ini penting dilakukan guna merumuskan hipotesis awal agar pelaksanaan penelitian dapat berjalan secara lebih terarah.

3.3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap penelitian yang bertujuan untuk memperoleh data yang dibutuhkan, baik berupa data primer maupun data sekunder. Pada penelitian ini, data diperoleh dari perusahaan terkait sebagai sumber utama, serta didukung oleh sumber lain yang relevan. Data yang telah dihimpun digunakan sebagai dasar dalam proses analisis penelitian. Adapun jenis data dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

1. Peralatan yang Dipakai dalam Perhitunga Volume *Cut And Fill*

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Penggunaan kedua

jenis peralatan tersebut bertujuan untuk mendukung proses pengolahan, analisis, serta visualisasi data penelitian sehingga seluruh tahapan penelitian dapat dilakukan dengan lebih efektif dan terstruktur. Adapun rincian peralatan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Perangkat keras

No	Nama Peralatan	Tipe/Spesifikasi	Fungsi
1	Laptop	<ul style="list-style-type: none"> • RAM 16 GB • <i>Prosesor Intel Core i5</i> • Sistem operasi <i>Windows 11</i> 	Digunakan untuk menjalankan perangkat lunak pengolahan data, analisis, dan penyusunan laporan penelitian.
2	Mouse		Digunakan untuk mengontrol pergerakan kursor pada layar laptop.

Tabel 3. Perangkat lunak

No	Nama Perangkat Lunak	Fungsi
1	Pemodelan permukaan tanah berbasis CAD	Digunakan untuk pengolahan pekerjaan tanah (<i>cut and fill</i>) menggunakan metode penampang rata-rata.
2	Perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG)	Digunakan untuk pengolahan dan analisis data berbasis DEM dalam perhitungan volume <i>cut and fill</i> .
3	<i>Microsoft Word</i>	Digunakan untuk penyusunan dan penulisan laporan penelitian.
4	<i>Microsoft Excel</i>	Digunakan untuk mengolah, menganalisis, dan membandingkan hasil perhitungan volume pekerjaan tanah.

2. Data Penelitian yang Digunakan dalam Perhitungan Volume *Cut And Fill*

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data penelitian

No	Data	Jenis Data	Sumber	Tahun	Data Awal
1	Kontur	Skunder	Pengukuran Lidar dari PT Pertamina Hulu Rokan	2025	Vektor (DWG-Lidar)
2	Siteplan / Batas Area Kerja	Skunder	PT Pertamina Hulu Rokan	2025	Vektor (DWG)
3	Desain Elevasi	Skunder	PT Pertamina Hulu Rokan	2025	Vektor

3.4. Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan dua pendekatan, yaitu metode penampang rata-rata dengan bantuan perangkat lunak pemodelan permukaan tanah berbasis CAD dan metode berbasis *Digital Elevation Model* (DEM) menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Setiap tahapan pengolahan data disusun secara sistematis untuk memperoleh hasil perhitungan volume yang dapat dibandingkan secara objektif.

3.4.1. Pengolahan Data Metode Penampang Rata-Rata

Tahapan penelitian pada metode penampang melintang rata-rata dilakukan secara sistematis mulai dari pengolahan data kontur hingga perhitungan volume *cut and fill* pada setiap variasi interval penampang. Alur penelitian tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

a. Kontur

Tahap awal penelitian menggunakan data kontur sebagai representasi kondisi topografi permukaan tanah eksisting. Kontur berfungsi untuk menunjukkan perbedaan elevasi pada area penelitian sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam proses pembentukan model permukaan tanah. Selain itu, data kontur bertujuan untuk memberikan informasi bentuk relief medan sebelum dilakukan analisis *cut and fill*.

b. *Surface* TIN

Data kontur yang telah tersedia kemudian diolah menjadi *surface* TIN (*Triangulated Irregular Network*). *Surface* TIN berfungsi untuk membentuk model permukaan tanah digital yang merepresentasikan kondisi topografi secara tiga dimensi. Tahap ini bertujuan untuk mempermudah proses analisis elevasi, pembuatan penampang, serta perhitungan volume galian dan timbunan secara lebih akurat.

c. *Feature Line* (Elevasi Rencana)

Tahap berikutnya yaitu membuat *feature line* sebagai elevasi rencana dengan nilai desain sebesar 59 m. *Feature line* berfungsi sebagai acuan elevasi perencanaan yang akan dibandingkan dengan kondisi permukaan tanah eksisting. Tujuan tahap ini yaitu untuk menentukan batas antara area galian (*cut*) dan area timbunan (*fill*) pada setiap penampang yang dianalisis.

d. *Alignment*

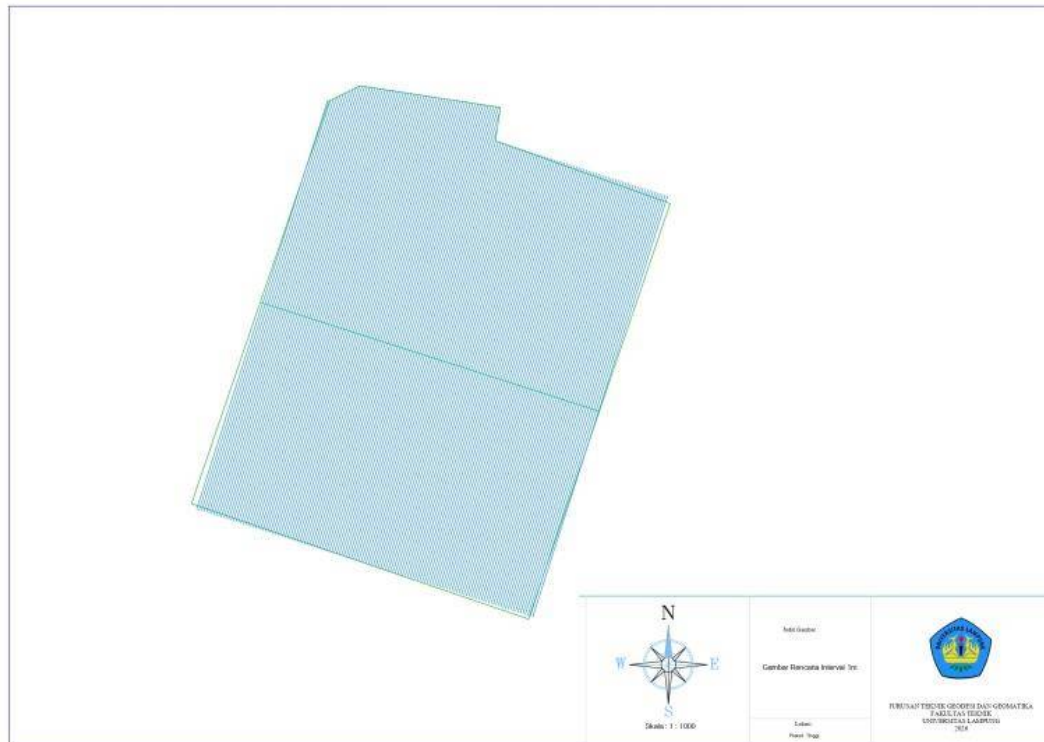
Setelah elevasi rencana dibuat, dilakukan pembuatan *alignment* sebagai jalur trase penelitian. *Alignment* berfungsi sebagai acuan utama dalam penyusunan profil memanjang (*long section*) dan profil melintang (*cross section*). Selain itu, *alignment* bertujuan untuk menentukan arah lintasan analisis volume *cut and fill* sepanjang area penelitian secara sistematis dan teratur.

e. *Sample Line* (Penampang Melintang)

Tahap selanjutnya yaitu membuat *sample line* atau penampang melintang berdasarkan *alignment* yang telah ditentukan. *Sample line* berfungsi untuk merepresentasikan kondisi topografi pada setiap stasiun (STA) sepanjang *alignment*. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh data penampang melintang yang nantinya digunakan dalam perhitungan luas galian dan timbunan.

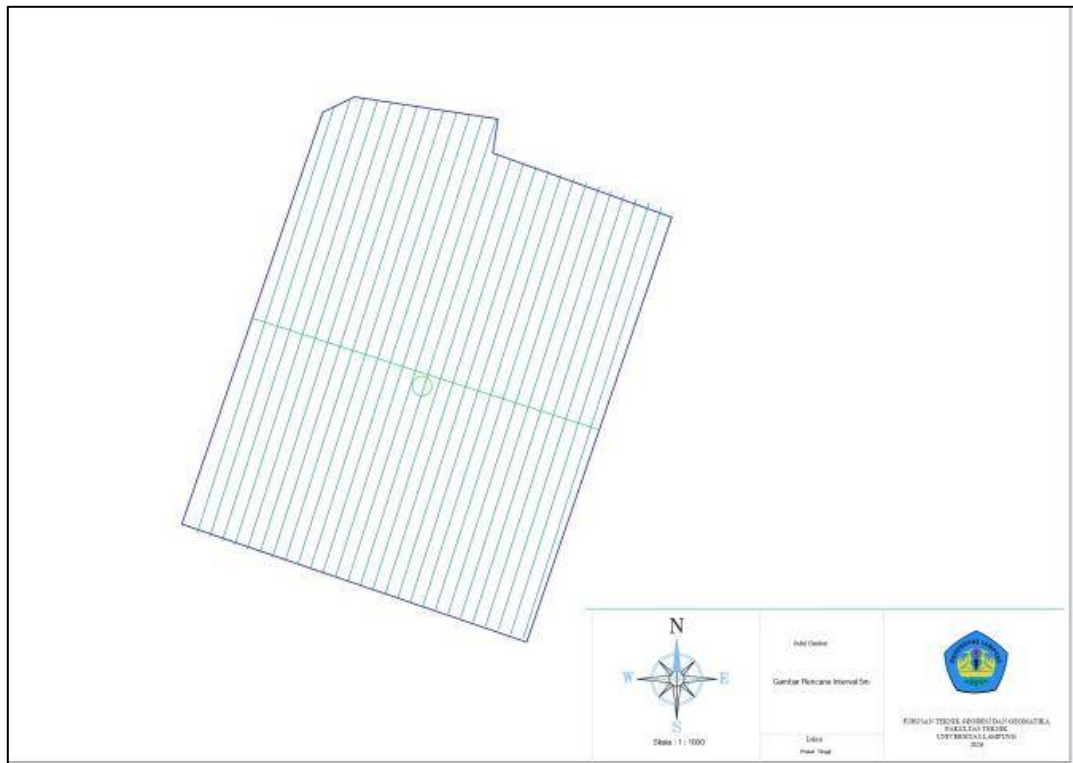
f. Penentuan Interval Penampang (10 m, 5 m, 1 m)

Penampang melintang yang telah dibuat kemudian diberikan variasi interval sebesar 10 m, 5 m, dan 1 m. Variasi interval ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak antar penampang terhadap hasil perhitungan volume *cut and fill*. Selain itu, penentuan interval berfungsi untuk mengatur tingkat kerapatan penampang sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian representasi kondisi permukaan tanah pada setiap variasi interval. Pada interval 1 meter, penampang melintang ditarik setiap jarak 1 meter sehingga menghasilkan jumlah potongan yang sangat banyak dan tampak rapat pada tampilan *plan view* gambar rencana dapat dilihat pada Gambar 7.



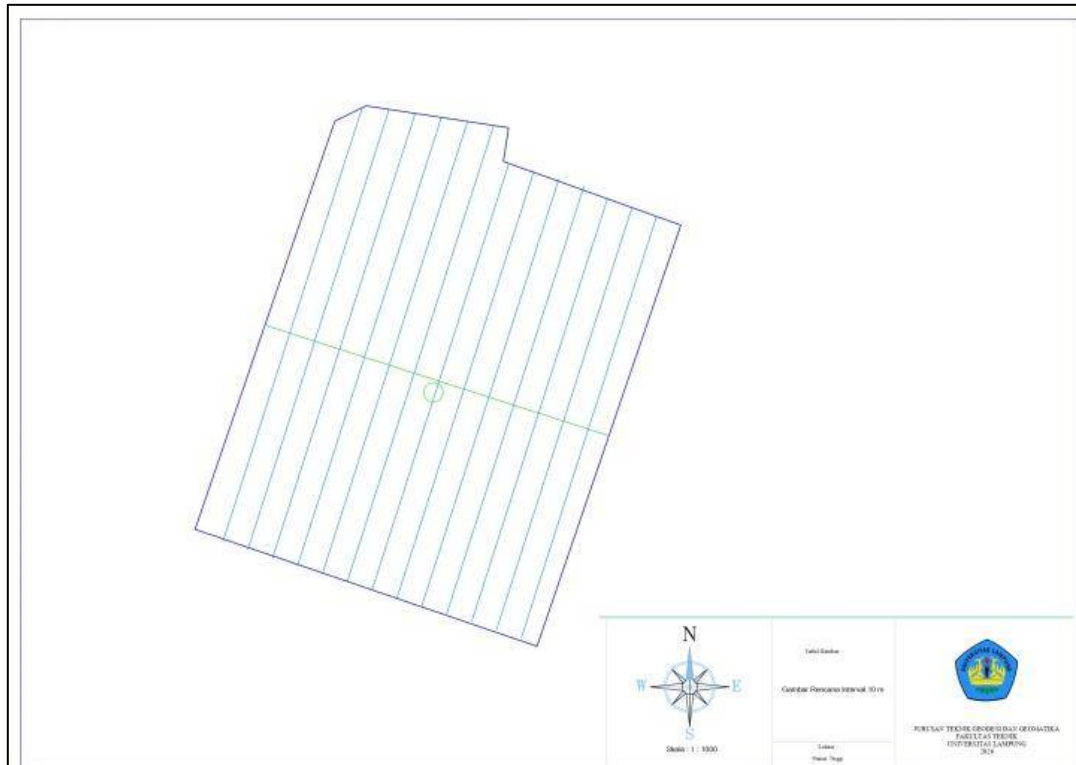
Gambar 7. Gambar rencana pekerjaan pada potongan interval 1m

Kerapatan tersebut memungkinkan perubahan elevasi permukaan tanah tergambar secara lebih rinci sehingga hasil perhitungan luas penampang dan volume menjadi lebih detail. Pada gambar rencana tersebut dihasilkan sebanyak kurang lebih 138 potongan penampang melintang, sedangkan garis tengah yang ditampilkan merupakan garis *alignment* yang digunakan untuk membentuk profil memanjang (*long section*) pada area perencanaan. Sementara itu, pada interval 5 meter, penampang melintang dibuat setiap 5 meter sehingga jarak antar potongan terlihat lebih renggang dibandingkan interval 1 meter dimana gambar tersebut bisa dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Gambar rencana pada potongan interval 5m

Interval ini masih mampu merepresentasikan variasi permukaan tanah secara cukup baik, namun dengan jumlah penampang yang lebih sedikit, yaitu menghasilkan sebanyak 29 penampang melintang. Garis tengah yang ditampilkan merupakan garis *alignment* yang digunakan untuk menghasilkan profil memanjang (*long section*) pada area perencanaan. Selanjutnya, pada interval 10 meter, penampang melintang dibuat setiap 10 meter sepanjang *alignment* sehingga jumlah potongan yang terbentuk paling sedikit dan tampak jarang pada gambar rencana yang dapat dilihat pada Gambar 9.

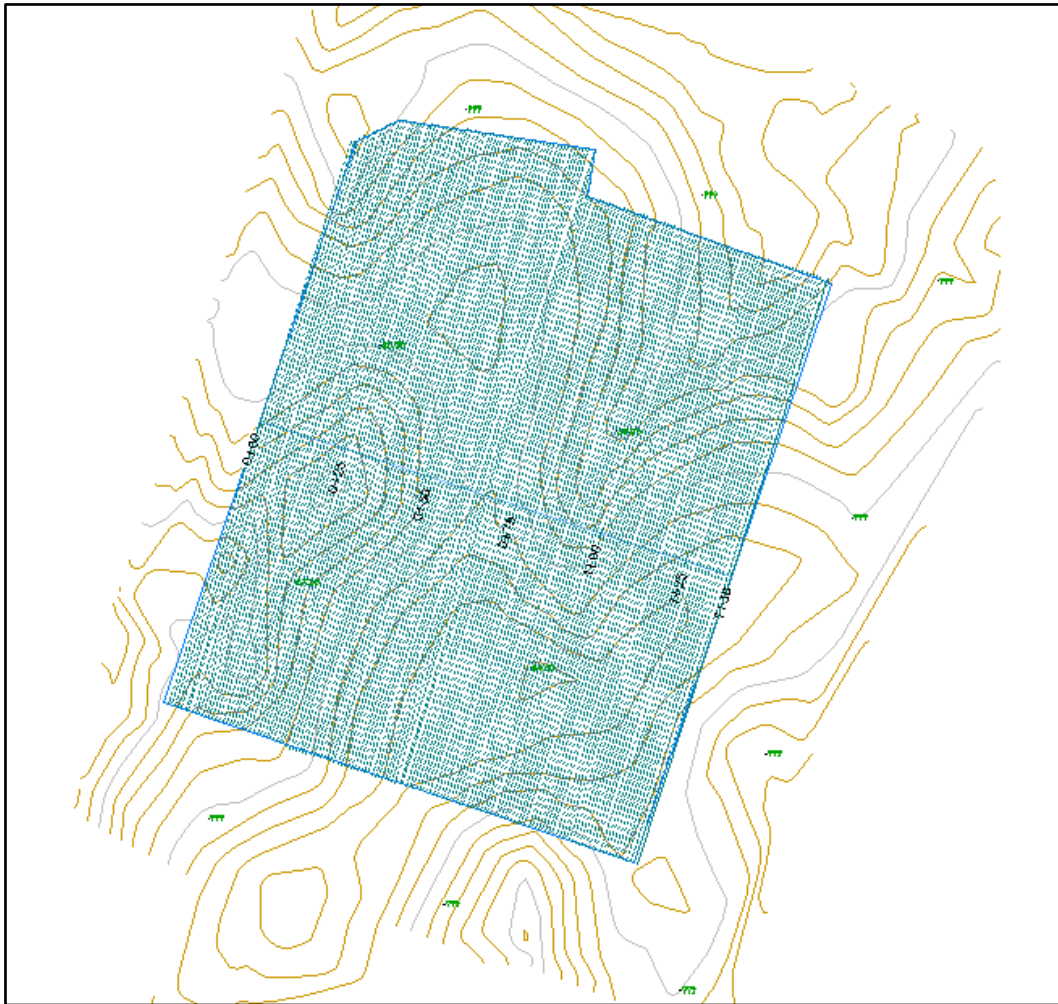


Gambar 9. Gambar rencana pada potongan interval 10m

Kondisi ini menyebabkan representasi perubahan elevasi menjadi lebih umum karena detail variasi kecil permukaan tanah tidak seluruhnya terakomodasi, yaitu menghasilkan sebanyak 15 penampang melintang. Garis tengah yang ditampilkan merupakan garis *alignment* yang digunakan untuk menghasilkan profil memanjang (*long section*) pada area perencanaan.

g. *Boundaries*

Tahap berikutnya yaitu membuat *boundaries* pada permukaan (*surface*). *Boundaries* berfungsi sebagai batas area analisis sehingga proses perhitungan volume *cut and fill* hanya dilakukan pada wilayah penelitian yang telah ditentukan yg dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Pengolahan sesudah *boundaries*

Pembuatan *boundaries* dilakukan dengan mengikuti batas area perencanaan atau *siteplan* sehingga area di luar lokasi penelitian tidak ikut terhitung dalam proses analisis volume. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan ketelitian perhitungan volume galian dan timbunan serta memastikan hasil analisis sesuai dengan batas pekerjaan tanah yang direncanakan. Selain itu, penggunaan *boundaries* juga membantu membatasi tampilan surface agar model permukaan menjadi lebih teratur dan mudah dianalisis pada proses pembuatan penampang maupun perhitungan volume *cut and fill*.

h. Perhitungan Volume Cut and Fill

Perhitungan luas penampang menggunakan metode koordinat pada Persamaan (1) dilakukan dengan memanfaatkan koordinat titik-titik pembentuk bidang galian atau timbunan pada setiap penampang melintang. Titik koordinat tersebut disusun secara berurutan sesuai bentuk bidang penampang, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan prinsip perkalian silang antar koordinat titik. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk memperoleh luas area galian (*cut area*) dan timbunan (*fill area*) pada masing-masing penampang.

Setelah luas penampang diperoleh, dilakukan perhitungan volume *cut and fill* menggunakan metode penampang rata-rata sesuai Persamaan (2). Perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan luas dua penampang yang berurutan, kemudian hasilnya dibagi dua untuk memperoleh luas rata-rata penampang. Selanjutnya, nilai luas rata-rata tersebut dikalikan dengan jarak antar penampang sesuai interval yang digunakan sehingga diperoleh volume pada segmen tersebut. Proses perhitungan dilakukan pada seluruh pasangan penampang sepanjang *alignment*, kemudian seluruh volume tiap segmen dijumlahkan untuk memperoleh total volume galian dan timbunan.

3.4.2. Pengolahan Data Metode Berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM)

Pengolahan data berbasis *grid* dari *Digital Elevation Model* (DEM) dilakukan menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). DEM digunakan sebagai representasi permukaan tanah eksisting dalam bentuk data raster yang diperoleh melalui proses interpolasi data kontur hasil pemetaan LiDAR tahun 2025. Data kontur yang semula berbentuk vektor kemudian dikonversi menjadi permukaan raster dengan ukuran sel sebesar $0,7436 \text{ m} \times 0,7436 \text{ m}$ sesuai hasil pengaturan resolusi spasial pada proses pembentukan DEM. Ukuran grid tersebut menghasilkan luas piksel sebesar $\pm 0,553 \text{ m}^2$ pada setiap sel raster. Penggunaan metode berbasis

DEM bertujuan untuk memperoleh representasi permukaan tanah yang lebih detail karena setiap piksel memiliki informasi elevasi yang dapat digunakan dalam analisis volume *cut and fill*. Tahapan pengolahan data metode berbasis DEM dilakukan sebagai berikut:

a. DEM Existing

Tahap awal dilakukan dengan mengolah data kontur menjadi DEM existing sebagai representasi kondisi awal permukaan tanah. Data kontur hasil pemetaan LiDAR diinterpolasi sehingga membentuk permukaan raster yang memiliki informasi elevasi pada setiap piksel. Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan model permukaan tanah digital yang mampu menggambarkan kondisi topografi eksisting secara detail dan kontinu pada seluruh area penelitian. DEM existing tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar utama dalam proses analisis perhitungan volume *cut and fill*.

b. Pembuatan Shapefile Area Rencana

Setelah DEM existing terbentuk, dilakukan input *siteplan* atau batas area penelitian untuk membuat *shapefile* area rencana. Tahap ini bertujuan untuk menentukan batas wilayah analisis sehingga proses perhitungan volume hanya dilakukan pada area yang direncanakan. Selain itu, *shapefile* area rencana juga digunakan sebagai dasar dalam pembentukan elevasi desain pada area penelitian.

c. Penambahan Elevasi Rencana

Tahap berikutnya yaitu menambahkan nilai elevasi rencana pada *attribute table shapefile* sesuai elevasi desain sebesar 59 m. Penambahan elevasi dilakukan untuk membentuk permukaan rencana yang nantinya dibandingkan dengan kondisi permukaan tanah existing. Tahap ini bertujuan untuk menentukan area yang termasuk galian (*cut*) dan timbunan (*fill*) berdasarkan selisih elevasi antara permukaan tanah eksisting dan elevasi rencana.

d. Konversi *Shapefile* Menjadi DEM Elevasi Rencana

Shapefile yang telah memiliki atribut elevasi rencana kemudian dikonversi menjadi data raster sehingga menghasilkan DEM elevasi rencana. Tahap ini dilakukan agar data existing dan data rencana memiliki format yang sama, yaitu berbentuk raster berbasis grid. Dengan format data yang seragam, proses analisis perbedaan elevasi antar permukaan dapat dilakukan secara lebih sistematis pada setiap sel raster.

e. *Resampling* DEM

Tahap selanjutnya dilakukan proses *resampling* DEM existing untuk menyamakan resolusi spasial dengan DEM elevasi rencana. Penyamaan resolusi dilakukan agar ukuran grid pada kedua DEM menjadi sama sehingga setiap piksel dapat dibandingkan secara langsung. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan ketelitian hasil analisis volume *cut and fill* serta mengurangi kesalahan akibat perbedaan ukuran piksel antar data raster.

f. Perhitungan Volume *Cut and Fill* Berbasis DEM

Setelah seluruh data memiliki resolusi spasial yang sama, dilakukan proses perhitungan volume *cut and fill* berbasis DEM menggunakan Persamaan (3). Perhitungan volume dilakukan berdasarkan selisih elevasi antara DEM existing dan DEM elevasi rencana pada setiap sel raster dengan mempertimbangkan luas piksel DEM sebesar $\pm 0,553 \text{ m}^2$ dan nilai perbedaan elevasi tiap grid. Selisih elevasi bernilai positif menunjukkan area timbunan (*fill*), sedangkan selisih elevasi bernilai negatif menunjukkan area galian (*cut*). Hasil perhitungan volume pada seluruh piksel kemudian diakumulasikan sehingga diperoleh total volume *cut* dan *fill* pada area penelitian.

3.4.3. Analisis Deviasi Hasil Perhitungan Volume *Cut And Fill*

Analisis deviasi hasil perhitungan volume *cut and fill* dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan volume antara metode penampang rata-rata dan metode berbasis *grid DEM* pada elevasi rencana yang sama. Analisis ini difokuskan pada besarnya deviasi volume yang muncul akibat perbedaan metode perhitungan serta variasi interval penampang yang digunakan. Selain itu, dilakukan pengujian statistik menggunakan *paired sample t-test* dengan tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) atau tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui apakah perbedaan volume yang dihasilkan kedua metode tersebut bersifat signifikan secara statistik atau tidak. Tingkat kepercayaan 95% dipilih karena nilai tersebut mampu memberikan tingkat keyakinan yang tinggi terhadap hasil pengujian, sehingga kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pengambilan keputusan statistik dapat diminimalkan. Penggunaan tingkat signifikansi 5% juga menunjukkan bahwa penelitian masih menerima kemungkinan kesalahan sebesar 5% dalam proses pengujian hipotesis. Tahapan analisis deviasi dan uji statistik dilakukan sebagai berikut:

a. Perhitungan Deviasi Volume

Tahap pertama dilakukan dengan menghitung deviasi volume antara metode penampang rata-rata dan metode berbasis DEM menggunakan Persamaan (4). Perhitungan dilakukan dengan membandingkan hasil volume *cut* dan *fill* dari kedua metode pada elevasi rencana yang sama untuk mengetahui besarnya selisih volume yang dihasilkan. Selanjutnya, nilai deviasi *cut* dan *fill* dijumlahkan sehingga diperoleh total deviasi volume pada masing-masing interval penampang. Setelah total deviasi diperoleh, dilakukan perhitungan persentase deviasi menggunakan Persamaan (5). Perhitungan dilakukan dengan membandingkan total deviasi terhadap total volume hasil perhitungan dari kedua metode, kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai persentase tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat perbedaan hasil perhitungan volume antara metode penampang rata-rata dan metode berbasis DEM sehingga interpretasi hasil

analisis menjadi lebih mudah dilakukan.

b. Perhitungan Deviasi Antar Data

Setelah data volume dari kedua metode diperoleh, dilakukan perhitungan deviasi antar pasangan data menggunakan Persamaan (6). Perhitungan dilakukan dengan membandingkan nilai volume hasil metode penampang rata-rata dan metode berbasis DEM pada lokasi pengamatan yang sama sehingga diperoleh selisih volume pada setiap pasangan data. Nilai selisih tersebut menunjukkan besarnya perbedaan hasil perhitungan antara kedua metode pada masing-masing interval penampang. Selanjutnya, seluruh nilai deviasi yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam proses pengujian statistik untuk mengetahui tingkat perbedaan antar metode secara kuantitatif.

c. Perhitungan Rata-Rata Deviasi

Nilai deviasi yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung rata-rata deviasi menggunakan Persamaan (7). Perhitungan rata-rata deviasi dilakukan dengan menjumlahkan seluruh nilai deviasi dari pasangan data yang diuji, kemudian membaginya dengan jumlah pasangan data yang digunakan dalam penelitian. Nilai rata-rata deviasi tersebut digunakan untuk mengetahui kecenderungan umum besarnya perbedaan hasil volume antara metode penampang rata-rata dan metode berbasis DEM sehingga dapat memberikan gambaran tingkat selisih rata-rata dari kedua metode perhitungan tersebut.

d. Perhitungan Standar Deviasi

Tahap berikutnya yaitu menghitung standar deviasi menggunakan Persamaan (8). Perhitungan standar deviasi dilakukan dengan mencari selisih antara setiap nilai deviasi terhadap rata-rata deviasi, kemudian setiap selisih tersebut dikuadratkan dan dijumlahkan. Setelah itu, hasil penjumlahan dibagi dengan jumlah data dikurangi satu ($n-1$), lalu diakarkan untuk memperoleh nilai standar deviasi. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat penyebaran nilai deviasi

terhadap nilai rata-ratanya. Semakin besar nilai standar deviasi, maka variasi selisih antar pasangan data semakin besar. Sebaliknya, apabila nilai standar deviasi kecil maka data deviasi cenderung lebih seragam.

e. Perhitungan Nilai *t hitung*

Nilai rata-rata deviasi dan standar deviasi yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung nilai *t hitung* menggunakan Persamaan (9). Perhitungan dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata deviasi terhadap tingkat penyebaran data yang ditunjukkan oleh standar deviasi serta mempertimbangkan jumlah pasangan data yang digunakan dalam penelitian. Nilai *t hitung* yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk mengetahui apakah perbedaan volume antara metode penampang rata-rata dan metode berbasis DEM menunjukkan perbedaan yang signifikan atau tidak secara statistik.

Penentuan nilai *t tabel* dilakukan menggunakan derajat kebebasan (*degree of freedom/df*) sesuai Persamaan (10). Setelah nilai *df* diperoleh, nilai *t tabel* ditentukan menggunakan tabel distribusi *t* pada tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) atau tingkat kepercayaan 95% sebagaimana dijelaskan oleh Junaedi yg dapat dilihat pada lampiran D. Penggunaan tingkat kepercayaan 95% dilakukan karena nilai tersebut merupakan standar yang umum digunakan dalam penelitian statistik untuk memberikan tingkat keyakinan yang tinggi terhadap hasil pengujian serta mengurangi kemungkinan kesalahan dalam pengambilan keputusan hipotesis.

Selanjutnya, nilai *t hitung* dibandingkan dengan nilai *t tabel* untuk menentukan signifikansi perbedaan kedua metode. Apabila nilai *t hitung* lebih besar dari *t tabel* maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara metode penampang rata-rata dan metode berbasis *grid DEM*. Sebaliknya, apabila nilai *t hitung* lebih kecil dari *t tabel* maka H_0 diterima sehingga tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua metode perhitungan volume *cut and fill* tersebut.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis deviasi perhitungan volume *cut and fill*, diperoleh gambaran mengenai perbedaan hasil antar metode yang digunakan. Oleh karena itu, dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan volume pekerjaan tanah menggunakan metode penampang rata-rata dengan variasi interval penampang 1 m, 5 m, dan 10 m, diperoleh hasil volume *fill* dan *cut* yang berbeda pada setiap interval. Interval penampang 1 m menghasilkan volume *fill* sebesar 24.906,63 m³ dan volume *cut* sebesar 30.832,41 m³. Interval penampang 5 m menghasilkan volume *fill* sebesar 24.109,89 m³ dan volume *cut* sebesar 30.744,33 m³, sedangkan interval penampang 10 m menghasilkan volume *fill* sebesar 23.139,31 m³ dan volume *cut* sebesar 30.647,04 m³. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar interval penampang yang digunakan, volume *fill* dan *cut* yang diperoleh cenderung semakin kecil akibat berkurangnya tingkat kedetailan representasi topografi pada lokasi penelitian.
2. Hasil perhitungan volume pekerjaan tanah menggunakan metode berbasis grid dari *Digital Elevation Model* (DEM) menghasilkan volume *fill* sebesar 24.636,46 m³ dan volume *cut* sebesar 28.675,99 m³. Hasil tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis deviasi terhadap metode penampang rata-rata. Berdasarkan perhitungan deviasi, interval penampang 1 m menghasilkan total deviasi *cut and*

fill terkecil sebesar 2.426,59 m³ (2,23%), diikuti interval 5 m sebesar 2.594,91 m³ (2,40%), dan interval 10 m sebesar 3.468,20 m³ (3,24%). Hal ini menunjukkan bahwa interval penampang 1 m menghasilkan estimasi volume yang paling mendekati hasil perhitungan menggunakan metode DEM pada lokasi penelitian.

3. Variasi interval penampang berpengaruh terhadap hasil perhitungan volume *cut and fill*. Hasil uji t menunjukkan bahwa interval penampang 1 m tidak memiliki perbedaan yang signifikan terhadap metode DEM pada volume *fill* (t hitung = 0,756; t tabel = 1,656) dan volume *cut* (t hitung = 0,346; t tabel = 1,656). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian, interval penampang 1 m mampu merepresentasikan variasi elevasi permukaan tanah yang relatif beragam secara lebih rinci sehingga menghasilkan estimasi volume yang mendekati metode DEM. Sebaliknya, interval penampang 5 m dan 10 m memiliki jarak antar penampang yang lebih renggang sehingga beberapa perubahan elevasi lokal tidak terwakili secara optimal dan menyebabkan perbedaan hasil yang lebih besar terhadap metode DEM. Berdasarkan hasil deviasi dan uji t, interval penampang 1 m direkomendasikan untuk digunakan karena menghasilkan deviasi terkecil, yaitu 0,55% pada volume *fill* dan 0,57% pada volume *cut*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan metode dan interval penampang sangat berpengaruh terhadap hasil perhitungan volume *cut and fill*, sehingga perlu disesuaikan dengan kebutuhan tingkat ketelitian dan karakteristik topografi agar diperoleh hasil yang akurat dan sesuai kondisi lapangan pada perencanaan area pengeboran sumur migas milik PT. Pertamina Hulu Rokan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya maupun untuk pihak terkait adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan data pembanding tambahan, seperti *truck count* atau hasil perhitungan volume berdasarkan ritase dan kapasitas muatan truk, sehingga hasil perhitungan volume *cut and fill* dapat dibandingkan secara langsung dengan kondisi aktual di lapangan. Penggunaan data pembanding tersebut diharapkan dapat meningkatkan validitas hasil perhitungan volume yang diperoleh.
2. Pada penerapan metode penampang rata-rata, disarankan untuk mempertimbangkan penempatan penampang pada area yang mengalami perubahan topografi yang signifikan, seperti puncak gundukan, perubahan kemiringan lereng, batas area galian dan timbunan, serta titik-titik patahan permukaan tanah. Penempatan penampang yang mengikuti karakteristik topografi lapangan diharapkan mampu merepresentasikan kondisi permukaan tanah secara lebih akurat dibandingkan penggunaan interval penampang yang seragam, sehingga dapat meningkatkan ketelitian hasil perhitungan volume *cut and fill*.
3. Kepada PT Pertamina Hulu Rokan disarankan untuk menggunakan interval penampang yang lebih rapat, seperti interval 1 m, pada area dengan variasi elevasi yang cukup beragam untuk memperoleh hasil perhitungan volume yang lebih representatif terhadap kondisi topografi aktual. Meskipun demikian, interval penampang 5 m dan 10 m tetap dapat digunakan dengan mempertimbangkan kebutuhan efisiensi waktu dan sumber daya dalam proses pengolahan data. Oleh karena itu, pemilihan interval penampang sebaiknya disesuaikan dengan

karakteristik topografi lokasi serta tingkat ketelitian yang dibutuhkan dalam perencanaan area pengeboran sumur migas.

4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian pada lokasi dengan karakteristik topografi yang berbeda, seperti area yang relatif datar maupun area dengan topografi bergelombang, untuk mengevaluasi konsistensi pengaruh variasi interval penampang terhadap hasil perhitungan volume *cut and fill*. Hal ini diperlukan karena hasil penelitian ini merupakan studi kasus pada lokasi tertentu, sehingga rekomendasi interval penampang yang diperoleh belum tentu menghasilkan tingkat ketelitian yang sama pada kondisi topografi yang berbed

DAFTAR PUSTAKA

- Abikusna, Setia, Lin Prasetyani, And Rida Fariani. 2024. Tinjauan Perbandingan Metode Perhitungan Volume Timbunan Di Proyek Sierra Intercultural School Secara Manual Dan Fotogrametri. *Politeknik Astra* 15 (8): 76–86.
- Alves, Escolastico. 2019. Perbandingan Antara Dem Foto Udara Dengan Dem Topografi, 0–22.
- Ariansyah, Ardi, Yusup Yulianto, And Endang Permana. 2022. Pelaksanaan Pekerjaan Cut And Fill Pada Proyek Pembangunan Kawasan. *Jurnal Teknik* 6 (2): 18–28.
- Arifandi, Yudi. 2021. Estimasi Cadangan Sumberdaya Bahan Galian (Pasirbatu) Menggunakan Metode Penampang Dan Metode Kontur Desa Pasir Sialang, Kecamatan Bangkinang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.
- Azizi, Masagus, Razak Karim, And Irfan Marwanza. 2019. Prediksi Volume Longsor Tambang Terbuka Nikel Menggunakan Metode Keseimbangan Batas 3 Dimensi. *Indonesian Mining Professionals Journal Volume* 1 (1): 43–48.
- Azzumardi, Ilham Alfin, And Yanto Budisusanto. 2022. Analisis Interval Jarak Profil Melintang Terhadap Perhitungan Volume Pada Jalan Lurus Dan Jalan Berkelok. *Journal Of Geodesy And Geomatics* 18 (1): 124–35.
- Azzumardi, Ilham, Yanto Budisusanto, And Yuwono. 2022a. Analisis Interval Jarak Profil Melintang Terhadap Perhitungan Volume Pada Jalan Lurus Dan Jalan Berkelok. *Journal Of Geodesy And Geomatics* 18 (1): 124–35.
- Firmansyah, Ivan, Yuwono, And Yanto Budisusanto. 2022. Analisis Perbandingan Volume Pada Tikungan Jalan Menggunakan Metode Perhitungan Volume Yang Ada Pada Aplikasi Pengolah Data Survei. *Jurnal Teknik Its* 11 (2): 109–14.
- Ginting, Edoa, Riyanto Haribowo, And Andre Hendrawan. 2024. Studi Perbandingan Perhitungan Volume Galian Dan Timbunan Menggunakan Data Total Station Dan Drone (Uav). *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air* 04 (01): 616–25.

- Gultom, Ryanto, Farouki Rassarandi, And Gomgon Siagian. 2020. Perhitungan Volume Galian Dan Timbunan Dengan Metode Cut & Fill Pada Pembangunan Jalan Dan Area Parkir Rusun 2 Kawasan Industrial Panbil Muka Kuning. *Engineerineg And Science* 6 (1): 702–9.
- Guth, Peter L, Adriaan Van Niekerk, And Carlos H Grohmann. 2021. Digital Elevation Models : Terminology And Definitions. *Remote Sensing*, 1–19.
- Hariyadi, Katon. 2025. Pengukuran Topografi Dan Perhitungan Volume Cut And Fill Untuk Perencanaan Pembangunan Terasering Pada Area Longsor (Studi Kasus : Desa Sijantang Koto , Kecamatan Talawi , Kota Sawahlunto , Sumatera Barat).
- Kartika, Setiawati, And Prasetyo Wahyudi. 2022. Analisa Pengukuran Volume Galian Timbunan Menggunakan Metode Fotogrametri Dan Terestris Pada Proyek Rest Area Km 19 B Bekasi, 55–60.
- Kevin, Franstein, Yudo Prasetyo, And Abdi Sukmono. 2019. Analisis Akurasi Dtm Hasil Ekstraksi Data Pemetaan Airborne Lidar Skala Besar Menggunakan Algoritma Cloth Simulation Filtering, Parameter-Free Ground Filtering Dan Simple Morphological Filtering Terhadap Slope Based Filtering. *Jurnal Geodesi Undip* 8:195–204.
- Lailia, Rahmawati, Wenny Febrian, And Fachruzzaki. 2024. Pengembangan Sistem Informasi Geografis (Sig) Untuk Analisis Spasial Dalam Pengambilan Keputusan. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran* 7 (2): 4058–68.
- Lama, Agustinus, Silvester Sai, And Andika Maburur. 2018. Analisis Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Data Pada Pekerjaan Bendungan. *Malang: Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang.*, 1–8.
- Majid, Abdul Haris. 2020. Perhitungan Volume Galian Timbunan Dan Estimasi Biaya Universitas Jember.
- Meidodga, Ishak, Alfi Syahrin, And Reza Putra. 2023. Pemanfaatan Data Geospasial Dalam Mewujudkan Sistem Informasi Pertanahan Multiguna Bagi Multipihak. *Jurnal Widya Bhumi* 3 (3): 62–80.
- Musoffa, Muhammad, Abdi Sukmono, And Zainul Ulum. 2021. Kajian Pemanfaatan Metode Fotogrametri Dengan Uav Low Cost Untuk Pekerjaan Cut And Fill Pada Pembangunan Bandara Dhoho Kabupaten Kediri. *Prosiding Fit Isi* 1:333.
- Nuryadi, Tutut Astuti, And Endang Utami. 2017. *Dasar-Dasar Statistik Penelitian*.
- Prayoga, Rizky, Levana Aprani, And Achmad Ruchlihadiana. 2020. Analisis

Pembentukan Dem (Digital Elevation Model) Untuk Keperluan Peta Dasar Menggunakan Metode Tin (Triangulated Irregular Network) Dan Natural Neighbor. *Doctoral Dissertation, Universitas Winaya Mukti*, 1–9.

- Priyadinata, Raka, And Chandra Siregar. 2022. Perbandingan Analisis Perhitungan Cut And Fill Menggunakan Data Topografi Yang Dilakukan Dengan Pengukuran Manual Dan Digital. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil 2* (2): 215–28.
- Purwati, Dwi. 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): 13–23.
- Putri, Azka, Rahma Hilmia, And Salwa Almaliyah. 2023. Pengaplikasian Uji T Dalam Penelitian Eksperimen. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika 4* (3): 1978–87.
- Rachman, Muzacky. 2024. Analysis Of Slope Stability With Geotextile Reinforcement Using Limit Equilibrium And Finite Element Methods.
- Rahmadani, Eria, Idharmahadi Adha, And Ofik Purwadi. 2020. Aplikasi Hasil Eksperimen Pemadatan Tanah Untuk Konstruksi Embung Berdasarkan Metode Tekanan. *Jrsdd 8* (2): 259–68.
- Rahmani, Diah, Risnawati, And Muhammad Hamdani. 2025. Uji T-Student Dua Sampel Saling Berpasangan/Dependend (Paired Sample T – Test). *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan Indonesia 4* (2): 568–76.
- Rochim, Nur, Agus Triantoro, And Romla Hakim. 2021. Evaluasi Kondisi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri Untuk Meningkatkan Produktifitas Alat Angkut Pada Pt Madhani Talatah Nusantara. *Jurnal Himasapta 6* (1): 27–32.
- Sari, Atika, Riska Amanda, Armijon, And Safri Rahayu. 2025. Perbandingan Hasil Perhitungan Volume Timbunan Tanggul Dengan Metode Penampang Rata-Rata Menggunakan Autocad Civil 3d Dengan Menggunakan Microsoft Excel. *Jurnal Deformasi 10* (1): 18–25.
- Setiani, Dewi, Murad, And Ricka Aprillia. 2026. Analisis Perbedaan Volume Material Antara Metode Truck Count Dan Mine Survey Pada Kegiatan Penambangan Terbuka (Studi Kasus Pit Lokma Pt . Serinding Sumber Makmur , Kalimantan Barat). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah 14* (1): 410–25.
- Sitanggang, Boy, Yulsup Yulianto, And Endang Ruhendi. 2025. Perbandingan Hasil Perhitungan Volume Cut And Fill Menggunakan Metode Kontur Dan Digital Elevation Model (Dem) Pada Pembangunan Kawasan Subang Smartpolitan.

Mesa 9 (2): 44–50.

- Stefano, Andrew, And Sri Endayani. 2023. Pemetaan Topografi Di Area Perkebunan Kelapa Sawit Wanasari, Kecamatan Muara Wahau, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. *Buletin Loupe* 19 (01): 17–26. <https://doi.org/10.51967/Buletinloupe.V19i01.2419>.
- Sugiyono. 2007. *Statistika Untuk Penelitian*. In Alfabeta, Bandung, 383 Hlm.
- Syafique, Mohd, Hepryandi Luwyk, And Djanas Usup. 2023. Perbandingan Volume Overburden Removal Menggunakan Foto Udara Dji Phantom 4 Dan Hasil Survey Total Station Trimble C5 Pada Pit Cap Pt . Insani Baraperkasa. *Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung*, 84–88.
- Tulloh, M, Yuwono, And Akbar Kurniawan. 2020. Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Bersih Galian Dan Timbunan (Net Volume) Dengan Metode Trapezoidal Dan Borrow Pit Pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3d. *Jurnal Of Geodesy And Geomatics* 16 (1): 106–20.
- Utama, Wisnu. 2025. Pengukuran Topografi Dan Perhitungan Cut & Fill Dengan Alat Gps Geodetic Metode Rtk Ntrip Dan Pengolahan Data Dengan Perangkat Lunak Civil 3d. *Institut Teknologi Indonesia*, No. 2008, 82–88.
- Wahyudi, D P, And A Riyanto. 2023. Akurasi Perhitungan 3d Volume Galian Proyek Pembangunan Jalan. *Jurnal Manajemen Teknologi Dan Teknik Sipil* 6 (1): 72–83. <https://doi.org/10.30737/Jurmateks.V6i1.4734>.
- Wulandari, Anisa. 2023. Perhitungan Volume Cut And Fill Pada Pembangunan Kawasan Industri Tanjung Enim – Bacbie (Bukit Asam Coal Based Industrial Estate).
- Yumai, Yanuaris, Sonny Tilaar, And Vicky Makarau. 2019. Kajian Pemanfaatan Lahan Permukiman Di Kawasan Perbukitan Kota Manado. *Jurnal Spasial* 6 (3): 862–71.