

# IMPLEMENTASI *SETTLEMENT PLATE* UNTUK PERHITUNGAN VOLUME TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK

Alex Sadar<sup>\*1</sup>, M. Abdul Basyid<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional  
Bandung

e-mail: [alexsadar75@gmail.com](mailto:alexsadar75@gmail.com)<sup>\*1</sup>

## Abstrak

Pekerjaan timbunan yang dibangun di atas tanah lunak umumnya menghadapi permasalahan penurunan tanah (*settlement*) akibat proses konsolidasi. Ketidakpastian dalam memperhitungkan besarnya penurunan tanah berpotensi mengakibatkan perbedaan antara volume timbunan yang direncanakan dan volume aktual di lapangan, sehingga dapat berdampak pada meningkatnya biaya serta terganggunya jadwal pelaksanaan proyek. Untuk memantau besarnya penurunan tanah tersebut, salah satu instrumen geoteknik yang banyak digunakan adalah *settlement plate*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan *settlement plate* dalam perhitungan volume timbunan pada konstruksi yang berdiri di atas tanah lunak. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data hasil monitoring *settlement plate*, data elevasi timbunan, serta data geoteknik tanah dasar. Selanjutnya, data penurunan yang diperoleh dianalisis guna mengetahui besarnya *settlement* yang terjadi selama masa konstruksi dan digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan volume timbunan aktual agar elevasi rencana dapat tercapai. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata penurunan (*settlement*) pada zona Q adalah 1.054 Meter dengan penurunan maksimal pada pengamatan SP-Q03 sebesar 1.955 Meter dan penurunan terkecil pada pengamatan SP-Q10 sebesar 0.804 Meter. Penurunan tanah pada zona Q mempengaruhi volume timbunan sebesar 34.13% atau 24.242.238 m<sup>3</sup>, yang awalnya volume rencana timbunan sebesar 71.043.338 m<sup>3</sup> menjadi sebesar 95.287.575 m<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** Penurunan Tanah, Settlement Plate, Tanah Lunak, Volume Timbunan

## Abstract

*Embankment projects constructed on soft soils generally face the problem of land subsidence (settlement) due to the consolidation process. Uncertainty in calculating the magnitude of land subsidence has the potential to result in differences between the planned embankment volume and the actual volume in the field, which can impact costs and disrupt project implementation schedules. To monitor the magnitude of land subsidence, one of the geotechnical instruments widely used is the settlement plate. This study aims to examine the application of settlement plates in calculating embankment volumes for constructions standing on soft soils. The study was conducted by collecting data from settlement plate monitoring, embankment elevation data, and subgrade geotechnical data. Next, the obtained settlement data was analyzed to determine the amount of settlement that occurred during the construction period and used as a basis for determining the actual embankment volume required to achieve the planned elevation. The analysis results show that the average settlement in zone Q is 1,054 meters with the maximum settlement in SP-Q03 observations of 1,955 meters and the smallest settlement in SP-Q10 observations of 0,804 meters. Land subsidence in zone Q affects the embankment volume by 34.13% or 24,242,238 m<sup>3</sup>, which initially the planned embankment volume was 71,043,338 m<sup>3</sup> to 95,287,575 m<sup>3</sup>.*

**Keywords:** Settlement, Settlement Plate, Soft Soil, Embankment Volume

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur seperti jalan tol, bandara, pelabuhan, dan reklamasi sering dilakukan di atas tanah lunak yang memiliki daya dukung rendah, kadar air tinggi, serta kompresibilitas besar (Bagas Wahyu Adhi et al., 2023). Kondisi ini menyebabkan tanah mudah mengalami penurunan (*settlement*) akibat beban konstruksi, yang berpotensi menimbulkan ketidakstabilan, kerusakan struktur, dan peningkatan biaya pemeliharaan. Oleh karena itu, pemantauan penurunan tanah menjadi aspek penting dalam pengelolaan konstruksi geoteknik (Muhammad Fadhil Lubis. et al., 2023)(Lastiasih, Y., & Wahyudi, 2024).

Salah satu metode yang umum diterapkan untuk meningkatkan daya dukung tanah lunak adalah pembangunan timbunan (*embankment*) yang disertai preloading dan perbaikan tanah, seperti pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) (Susiazti, H. et al., 2020) (Saikia, R., & Dash, 2024). Metode tersebut bertujuan mempercepat proses disipasi tekanan air pori sehingga konsolidasi tanah dapat terjadi lebih cepat sebelum konstruksi permanen dibangun. Namun demikian, keberhasilan metode ini sangat bergantung pada ketepatan pengamatan terhadap besarnya penurunan yang terjadi selama masa konstruksi (Bagas Wahyu Adhi, 2022). Monitoring lapangan menjadi penting karena hasil prediksi teoritis sering kali berbeda dengan kondisi aktual akibat heterogenitas tanah, variasi parameter geoteknik, dan pengaruh pelaksanaan konstruksi di lapangan (Wahyudi, H., Lastiasih, Y., Satrya, T. R., & Arif, M., & Sari, 2021).

*Settlement plate* merupakan salah satu instrumen geoteknik yang paling banyak digunakan untuk memantau penurunan vertikal tanah lunak selama proses konstruksi timbunan. Instrumen ini dipasang pada permukaan tanah dasar sebelum pekerjaan timbunan dimulai dan berfungsi untuk mengukur perubahan elevasi secara berkala. Data yang diperoleh dari *settlement plate* dapat digunakan untuk mengevaluasi laju konsolidasi, memperkirakan besarnya penurunan akhir, serta menentukan tingkat keberhasilan perbaikan tanah yang dilakukan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa data hasil monitoring *settlement plate* dapat memberikan gambaran yang lebih representatif dibandingkan perhitungan teoritis semata dalam memprediksi perilaku konsolidasi tanah lunak (Lastiasih, Y., & Wahyudi, 2024)

Selain berfungsi sebagai alat monitoring geoteknik, data *settlement plate* memiliki peran penting dalam perhitungan volume timbunan aktual. Pada proyek yang dibangun di atas tanah lunak, volume timbunan yang dibutuhkan di lapangan sering kali lebih besar dibandingkan volume yang dihitung berdasarkan gambar rencana (Pratama, B. H., Lastiasih, Y., & Wahyudi, 2026). Hal ini terjadi karena sebagian material timbunan akan mengalami penurunan bersama tanah dasar akibat proses konsolidasi. Akibatnya, diperlukan tambahan material untuk mencapai elevasi akhir yang direncanakan. Jika penurunan tanah tidak diperhitungkan secara akurat, maka estimasi kebutuhan material timbunan dapat mengalami deviasi yang signifikan sehingga berpotensi menimbulkan pembengkakan biaya proyek dan ketidaksesuaian progres pekerjaan (Wahyudi, H., Lastiasih, Y., Satrya, T. R., & Arif, M., & Sari, 2021).

Beberapa penelitian sebelumnya mendukung pentingnya metode ini. Menurut (Wahyudi, H., Lastiasih, Y., Satrya, T. R., Arif, M., et al., 2021) hasil dari pengamatan *settlement plate* lebih akurat dalam menggambarkan perilaku konsolidasi dibandingkan pendekatan empiris berbasis indeks kompresi. (Sari, U. C. et al., 2023) menunjukkan bahwa interpolasi spasial terhadap data *settlement* dapat menggambarkan ketebalan timbunan aktual dengan baik. Dalam praktik konstruksi modern, pendekatan observasional (*observational method*) semakin banyak digunakan untuk mengendalikan pekerjaan timbunan di atas tanah lunak. Pendekatan ini memanfaatkan data monitoring lapangan secara berkelanjutan untuk memperbarui estimasi penurunan dan kebutuhan material timbunan. *Settlement plate* menjadi salah satu instrumen utama dalam pendekatan tersebut karena mampu menyediakan data aktual yang dapat

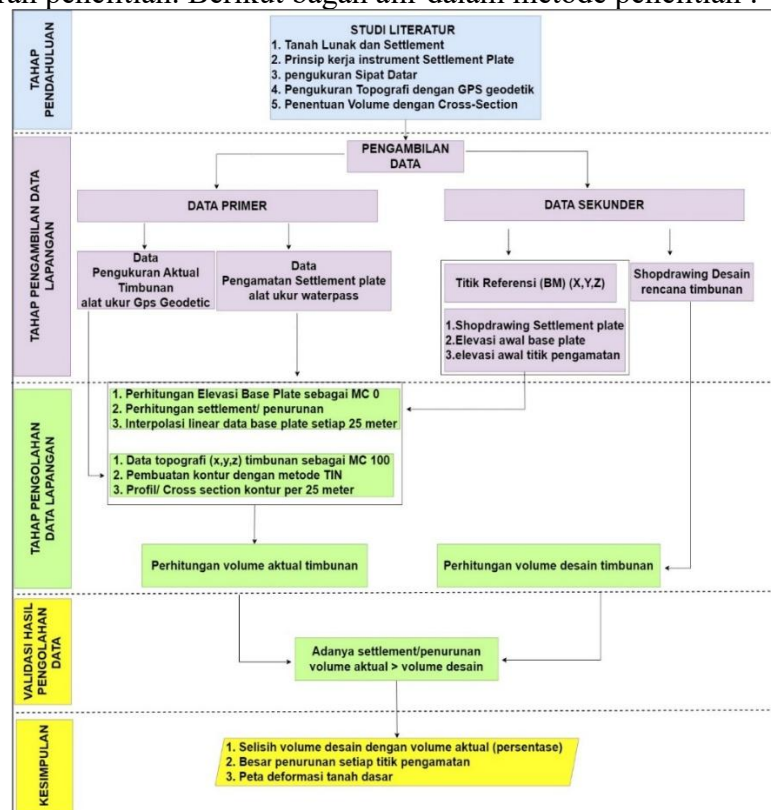
digunakan sebagai dasar evaluasi volume timbunan, pengendalian elevasi pekerjaan, serta verifikasi hasil desain geoteknik (Izadifar, M., Abu-Farsakh, M. Y., & Chen, 2024). Penggunaan instrumen monitoring yang memadai juga sejalan dengan prinsip perancangan geoteknik yang tercantum dalam standar nasional Indonesia mengenai persyaratan perancangan geoteknik (Zel Citra., I Dewa Gede Ananda Kusuma. et al., 2024).

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan metode evaluasi volume timbunan di atas tanah lunak melalui integrasi data monitoring *settlement plate*, survei topografi GPS Geodetik RTK, dan analisis penampang melintang. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang berfokus pada prediksi atau monitoring penurunan tanah, penelitian ini memanfaatkan data settlement sebagai dasar koreksi kebutuhan volume timbunan aktual. Pendekatan ini menghasilkan estimasi volume pekerjaan tanah yang lebih representatif terhadap kondisi lapangan sehingga dapat meningkatkan akurasi perhitungan kuantitas material, efisiensi biaya konstruksi, dan pengendalian mutu pelaksanaan proyek.

Implementasi settlement plate tidak hanya berfungsi sebagai alat pengendalian teknis terhadap stabilitas timbunan, tetapi juga sebagai dasar dalam perhitungan volume timbunan aktual yang lebih akurat. Oleh karena itu, penelitian mengenai implementasi settlement plate untuk perhitungan volume timbunan di atas tanah lunak perlu dilakukan guna memperoleh metode evaluasi yang mampu meningkatkan ketepatan estimasi volume pekerjaan tanah, mengurangi risiko kesalahan kuantitas material, serta mendukung efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan proyek konstruksi.

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yakni tahap pendahuluan, tahap pengambilan data lapangan, tahap pengolahan data dan tahap penarikan kesimpulan serta pembuatan laporan penelitian. Berikut bagan alir dalam metode penelitian :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

## 2.1 Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan pada penelitian ini terdiri dari:

1. Pemahaman tentang tanah lunak terkait dengan ciri-ciri fisik, karakter material, lokasi secara umum ditemukan, dan permasalahan yang ditimbulkan dalam pekerjaan konstruksi
2. Pemahaman teori settlement pada tanah lunak dimana yang dipelajari antara lain komponen utama settlement, faktor-faktor yang mempengaruhi settlement, dan langkah rekayasa teknik yang dibutuhkan untuk mengendalikannya.
3. Penggunaan metode sipat datar profil dalam aplikasinya pada penelitian ini, mulai dari titik acuan yang akan digunakan, prosedur pengambilan data dilapangan, pengolahan elevasi tanah dasar akibat settlement, penggambaran profil, sampai dengan perhitungan luas dan volume.
4. Penggunaan GPS geodetik dengan metode RTK untuk mendapatkan data topografi (x,y,z) timbunan.
5. Penentuan volume timbunan aktual berdasarkan data tanah dasar yang mengalami penurunan dan data topografi timbunan dengan metode luas penampang perataan.

## 2.2 Tahap Pengambilan Data Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data baik data primer maupun data sekunder. Data primer terlihat pada Tabel 1. yang digunakan pada penelitian ini adalah data ukur cross section dengan interval 50 Meter yang terdiri dari pengamatan penurunan settlement plate dan data timbunan aktual menggunakan GPS geodetic terlihat pada Gambar 3.2 saat periode IPC (*intermittent payment certificate*).

**Tabel 1.** Kumpulan data primer

| Data             | Keterangan                                                        |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|
| ba               | Bacaan benang atas                                                |
| bb               | Bacaan benang bawah                                               |
| bt               | Bacaan benang tengah                                              |
| BS               | Bacaan rambu muka (ba,bb,bt) ke titik referensi                   |
| HI               | Tinggi alat setelah mengukur titik referensi                      |
| FS               | Bacaan rambu belakang (ba,bb,bt)                                  |
| DT1, DT2, DTke-n | Pengukuran untuk detil timbunan                                   |
| TP1, TP2, TPke-n | Bacaan rambu titik pengamatan <i>settlement</i> interval 50 Meter |



**Gambar 2.** Pengambilan data settlement plate dan timbunan aktual

Sementara data sekunder yang disajikan pada Tabel 2 merupakan kumpulan data lapangan diperoleh secara tidak langsung yaitu dengan meminta izin kepada pihak yang berwenang pada lokasi penelitian.

**Tabel 2.** Kumpulan data sekunder

| Data               | Keterangan                                              |
|--------------------|---------------------------------------------------------|
| BM 25              | Titik referensi (BM) sebagai base station               |
| $H_{BM}$           | Tinggi titik referensi                                  |
| $H_{BP1}$          | Tinggi awal <i>base plate</i>                           |
| $H_{TP1}$          | Tinggi awal titik pengamatan <i>settlement plate</i>    |
| <i>Shopdrawing</i> | Gambar detil kerja yang digunakan pada lokasi pekerjaan |

### 2.3 Tahap Pengolahan Data Lapangan

Pada tahap ini peneliti mengkolaborasikan antara data primer dan data sekunder untuk mengambil data elevasi timbunan dan elevasi titik pengamatan setelah dilakukan penimbunan. Elevasi *base plate* pasca timbunan dapat diketahui dengan menghitung beda tinggi titik awal pengamatan dengan pengamatan setelah timbunan berlangsung. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Pengolahan data primer dan sekunder

| Input                 | Output                                                       |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------|
| BM 25 & DTke-n        | Data detil timbunan (x,y,z)                                  |
| $H_{BM}$ & TPke-n     | Elevasi titik pengamatan pasca timbunan ( $H_{TP2}$ )        |
| $H_{TP1}$ & $H_{TP2}$ | Elevasi <i>base plate</i> pasca timbunan ( $H_{BP2}$ )       |
| $H_{BP2}$             | Elevasi detil <i>cross section base plate</i> pasca timbunan |

Sudah dapat data detail timbunan dan *base plate* (pasca timbunan), selanjutnya dapat dihitung luasnya menggunakan metode luasan dengan data koordinat. Perhitungan luasan dapat dilakukan dengan perhitungan menggunakan software excel dan Autocad. Hal penting yang perlu diperhatikan peneliti lainnya adalah hasil atau produk yang dihasilkan dapat dipahami oleh pemberi pekerjaan berdasarkan spesifikasi teknis yang berlaku.

Berdasarkan perhitungan luas penampang dari data *base plate* pasca timbunan dan elevasi data timbunan terbaru, maka dapat ditentukan volume aktual timbunan yang telah dikerjakan. Selanjutnya peneliti menyalin ulang gambar rencana kerja timbunan dan data aktual timbunan Zona Q (*Station* 5+225 s.d. 5+375) menggunakan Autocad. Data tersebut kemudian digabungkan dengan data aktual timbunan untuk menghitung luas penampang dan volume rencana timbunan. Hasil penentuan volume aktual timbunan dan volume rencana timbunan tersebut dalam penelitian ini akan disajikan dalam bentuk tabel hitungan, gambar penampang melintang setiap *cross section*, serta pelaporan dalam bentuk buku laporan dan presentasi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Perhitungan Base Plate

Perhitungan elevasi *base plate* dimulai dengan menghitung elevasi *base plate* tiap interval 50 Meter. Data yang digunakan berupa data hitungan elevasi pengamatan pipa *settlement plate* dapat dilihat pada Tabel 4 dan data pengamatan awal elevasi *base plate* lengkap dengan data ( $\Delta h$ ) dari elevasi top pipa dan *base plate*. Hasil dari perhitungan elevasi *base plate* dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 4.** Hitungan elevasi pengamatan SP sta 5+175

| No    | Titik  | Bacaan |        |        | Keterangan | Elevasi<br>Pengamatan |
|-------|--------|--------|--------|--------|------------|-----------------------|
|       |        | Ba     | Bb     | Bt     |            |                       |
| 5+175 |        |        |        |        |            |                       |
| 1     | TP P2  | 2.200  | 1.531  | 1.866  | BS         | 2.358                 |
| Alat  |        |        |        |        | HI         | 4.224                 |
| 2     | SP-P59 |        | -0.490 | -0.233 |            | 4.457                 |
| 3     | SP-P60 |        | -0.306 | -0.106 |            | 4.330                 |
| 4     | SP-P61 |        | -0.284 | -0.126 |            | 4.350                 |
| 5     | SP-P62 | 0.210  |        | 0.063  |            | 4.161                 |
| 6     | SP-P63 |        | -0.269 | -0.098 |            | 4.322                 |
| 7     | SP-P64 | 0.934  | 0.495  | 0.715  |            | 3.509                 |

**Tabel 5.** Hitungan Elevasi Base Plate STA 5+175

| STA   | SP     | X           | Y           | Elevasi Akhir Pengamatann SP | $\Delta H$ Pipa | Elevasi Akhir Base Plate |
|-------|--------|-------------|-------------|------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 5+175 | SP-P59 | 441406.5302 | 9234023.074 | 4.457                        | 9.020           | -4.563                   |
|       | SP-P60 | 441408.9431 | 9234008.269 | 4.330                        | 9.023           | -4.693                   |
|       | SP-P61 | 441411.3559 | 9233993.465 | 4.350                        | 9.014           | -4.664                   |
|       | SP-P62 | 441413.7688 | 9233978.66  | 4.161                        | 9.045           | -4.884                   |
|       | SP-P63 | 441416.1817 | 9233963.855 | 4.322                        | 9.022           | -4.700                   |
|       | SP-P64 | 441418.5945 | 9233949.051 | 3.509                        | 6.988           | -3.479                   |

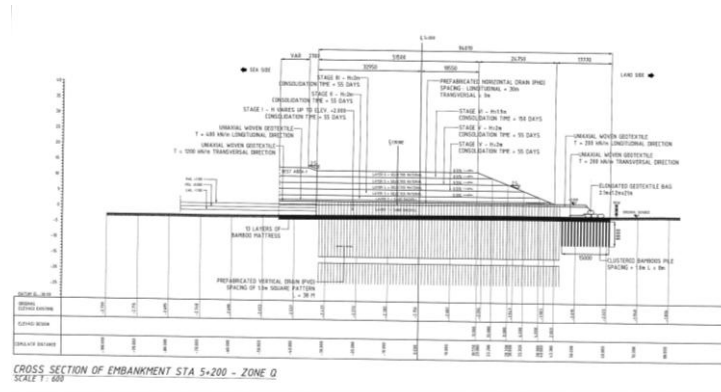
Sebelum melakukan hitungan luas penampang, perlu dihitung terlebih dahulu data elevasi *base plate* dengan interval 25 Meter dengan cara interpolasi. Hasil hitungan interpolasi dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hitungan Interpolasi Antar Base Plate Interval 25 Meter

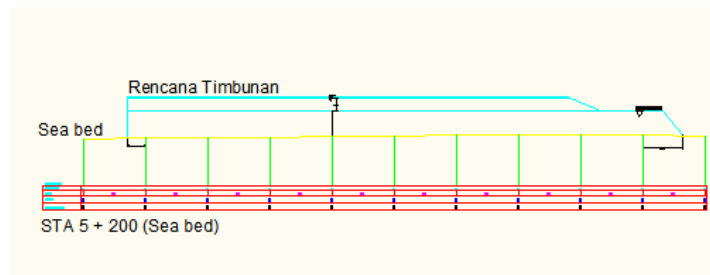
| Keterangan  | X           | Y           | Elevasi Interpolasi | Jarak  | Elevasi |
|-------------|-------------|-------------|---------------------|--------|---------|
|             |             |             |                     |        |         |
|             | 441430.7985 | 9234029.587 | -4.271              |        |         |
| Batas L     | 441431.9366 | 9234022.605 |                     | 0      | -4.325  |
| Interpolasi | 441433.6176 | 9234012.291 | -4.405              | 10.450 | -4.405  |
| Interpolasi | 441436.0304 | 9233997.486 | -4.348              | 15.000 | -4.348  |
| Interpolasi | 441438.4433 | 9233982.681 | -4.423              | 15.000 | -4.423  |
| Interpolasi | 441440.8562 | 9233967.877 | -4.255              | 15.000 | -4.255  |
| Interpolasi | 441443.269  | 9233953.072 | -3.321              | 15.000 | -3.321  |
| Batas R     | 441445.6821 | 9233938.266 |                     | 15.001 | -2.387  |

### 3.2 Hasil Penggambaran Profile Melintang Rencana Timbunan

Penggambaran profil melintang dilakukan dengan cara menyalin ulang data sekunder berupa *shopdrawing* rencana timbunan dengan format .pdf terlihat pada Gambar 3 dirubah kedalam format.cad seperti terlihat pada Gambar 4.



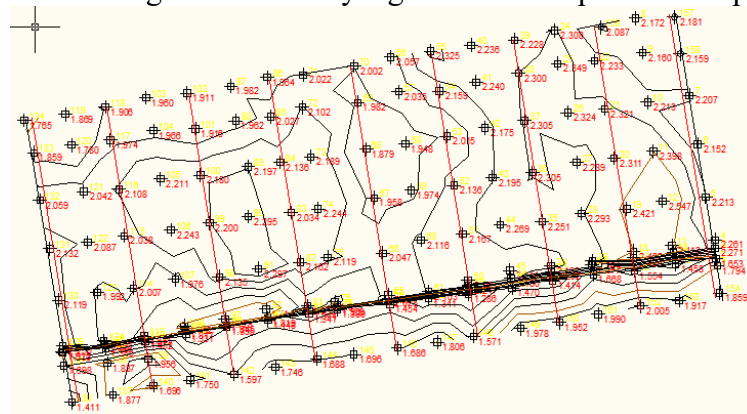
**Gambar 3.** Shopdrawing Rencana Timbunan



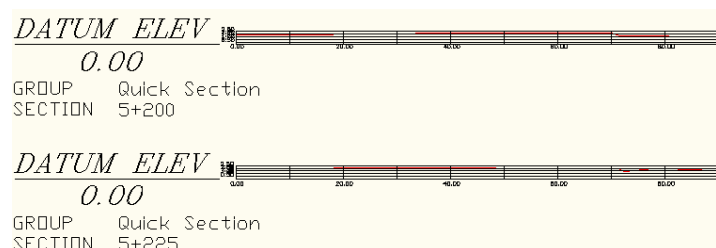
**Gambar 4.** Gambar Profil Rencana Timbunan Format Cad

### 3.3 Hasil Penggambaran Profile Melintang Aktual Timbunan

Penggambaran profil melintang aktual timbunan dilakukan dengan cara *plotting* data existing timbunan aktual berupa koordinat (x,y,z) kedalam *software* autocad civil 3D selanjutnya diproses untuk penggambaran kontur terlihat pada Gambar 5 dan profil melintang setiap 25 meter berdasarkan gambar kontur yang dihasilkan seperti terlihat pada Gambar 6.



**Gambar 5.** Gambar Kontur Data Aktual Timbunan Zona Q



**Gambar 6.** Gambar Profil Melintang Aktual Timbunan Zona Q

### 3.4 Hasil Perhitungan Settlement

Perhitungan penurunan diperoleh dari perubahan elevasi *seabed* setelah dilakukan penimbunan material pada area zona Q dengan dilakukan pengamatan penurunan *settlement plate* seperti terlihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil penurunan elevasi seabed setiap titik pengamatan settlement plate

| STA       | Settlement Plate | X        | Y       | Elevasi Base Plate | Elevasi Sea Bed | Settlement (Penurunan) |
|-----------|------------------|----------|---------|--------------------|-----------------|------------------------|
| STA 5+225 | SP-Q01           | 441458.3 | 9234016 | -4.117             | -2.297          | 1.820                  |
|           | SP-Q02           | 441460.7 | 9234002 | -4.031             | -2.155          | 1.876                  |
|           | SP-Q03           | 441463.1 | 9233987 | -3.961             | -2.006          | 1.955                  |
|           | SP-Q04           | 441465.5 | 9233972 | -3.809             | -1.910          | 1.899                  |
|           | SP-Q05           | 441467.9 | 9233957 | -3.162             | -1.896          | 1.266                  |
| STA 5+275 | SP-Q06           | 441507.6 | 9234024 | -4.195             | -2.478          | 1.717                  |
|           | SP-Q07           | 441510.1 | 9234010 | -3.910             | -2.308          | 1.602                  |
|           | SP-Q08           | 441512.5 | 9233995 | -3.668             | -2.097          | 1.571                  |
|           | SP-Q09           | 441514.9 | 9233980 | -3.669             | -1.957          | 1.712                  |
|           | SP-Q10           | 441517.3 | 9233965 | -2.701             | -1.897          | 0.804                  |
| STA 5+325 | SP-Q11           | 441557   | 9234032 | -3.765             | -2.391          | 1.374                  |
|           | SP-Q12           | 441559.4 | 9234018 | -3.510             | -2.245          | 1.265                  |
|           | SP-Q13           | 441561.8 | 9234003 | -3.603             | -2.140          | 1.463                  |
|           | SP-Q14           | 441564.2 | 9233988 | -3.458             | -2.023          | 1.435                  |
|           | SP-Q15           | 441566.6 | 9233973 | -2.920             | -1.873          | 1.047                  |
| STA 5+375 | SP-Q16           | 441606.3 | 9234040 | -3.604             | -2.157          | 1.447                  |
|           | SP-Q17           | 441608.8 | 9234026 | -3.499             | -1.945          | 1.554                  |
|           | SP-Q18           | 441611.2 | 9234011 | -3.259             | -1.644          | 1.615                  |
|           | SP-Q19           | 441613.6 | 9233996 | -3.177             | -1.481          | 1.696                  |
|           | SP-Q20           | 441616   | 9233981 | -2.425             | -1.456          | 0.969                  |

Berdasarkan data Tabel 6. dapat terlihat bahwa ada *settlement* (penurunan) elevasi seabed sebelum dilakukan penimbunan dan setelah dilakukan penimbunan. Perubahan elevasi seabed tersebut dapat mempengaruhi volume rencana timbunan pada zona Q.

### 3.5 Hasil Perhitungan Luasan Profil Melintang dan Volume

Luasan profil melintang rencana timbunan diperoleh dengan menggabungkan data profil melintang *seabed* dengan data profil timbunan aktual. Sedangkan luasan profil aktual timbunan diperoleh dari penggabungan data profil melintang *base plate* dan data profil timbunan aktual. Setelah diketahui luasan profil setiap station pada zona Q dengan interval 25 meter, selanjutnya dapat dihitung volume rencana timbunan dan volume aktual timbunan seperti terlihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Volume Rencana Rimbunan dan Aktual Timbunan Zona Q

| PERHITUNGAN VOLUME RENCANA TIMBUNAN |                                  |           |                                  |                         |                               |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| STA                                 | Luas penampang (m <sup>2</sup> ) | Jarak (m) | Rata-rata Luas (m <sup>2</sup> ) | Volume(m <sup>3</sup> ) | Total Volume(m <sup>3</sup> ) |
|                                     | a                                | b         | c                                | d= c x b                | Σd                            |
| 5+200                               | 359.451                          | 25        | 355.452                          | 8886.288                |                               |
| 5+225                               | 351.452                          |           |                                  |                         |                               |

| PERHITUNGAN VOLUME RENCANA TIMBUNAN |                        |              |                        |            |                     |  |
|-------------------------------------|------------------------|--------------|------------------------|------------|---------------------|--|
| STA                                 | Luas penampang<br>(m²) | Jarak<br>(m) | Rata-rata Luas<br>(m²) | Volume(m³) | Total<br>Volume(m³) |  |
|                                     | a                      | b            | c                      | d= c x b   | Σd                  |  |
| 5+250                               |                        | 25           | 354.55                 | 8863.75    | 71043.338           |  |
|                                     | 357.648                |              |                        |            |                     |  |
| 5+275                               |                        | 25           | 358.611                | 8965.275   |                     |  |
|                                     | 359.574                |              |                        |            |                     |  |
| 5+300                               |                        | 25           | 351.885                | 8797.113   |                     |  |
|                                     | 344.195                |              |                        |            |                     |  |
| 5+325                               |                        | 25           | 353.379                | 8834.475   |                     |  |
|                                     | 362.563                |              |                        |            |                     |  |
| 5+350                               |                        | 25           | 360.482                | 9012.05    |                     |  |
|                                     | 358.401                |              |                        |            |                     |  |
| 5+375                               |                        | 25           | 353.896                | 8847.388   |                     |  |
|                                     | 349.39                 |              |                        |            |                     |  |
| 5+400                               |                        | 25           | 353.48                 | 8837       |                     |  |
|                                     | 357.57                 |              |                        |            |                     |  |
| PERHITUNGAN VOLUME AKTUAL TIMBUNAN  |                        |              |                        |            |                     |  |
| STA                                 | Luas penampang<br>(m²) | Jarak<br>(m) | Rata-rata Luas<br>(m²) | Volume(m³) | Total<br>Volume(m³) |  |
|                                     | a                      | b            | c                      | d= c x b   | Σd                  |  |
| 5+200                               | 519.256                |              |                        |            | 95287.575           |  |
| 5+225                               |                        | 25           | 506.662                | 12666.538  |                     |  |
|                                     | 494.067                |              |                        |            |                     |  |
| 5+250                               |                        | 25           | 488.859                | 12221.463  |                     |  |
|                                     | 483.65                 |              |                        |            |                     |  |
| 5+275                               |                        | 25           | 478.68                 | 11966.988  |                     |  |
|                                     | 473.709                |              |                        |            |                     |  |
| 5+300                               |                        | 25           | 469.782                | 11744.538  |                     |  |
|                                     | 465.854                |              |                        |            |                     |  |
| 5+325                               |                        | 25           | 468.395                | 11709.863  |                     |  |
|                                     | 470.935                |              |                        |            |                     |  |
| 5+350                               |                        | 25           | 471.199                | 11779.963  |                     |  |
|                                     | 471.462                |              |                        |            |                     |  |
| 5+375                               |                        | 25           | 468.506                | 11712.65   |                     |  |
|                                     | 465.55                 |              |                        |            |                     |  |
| 5+400                               |                        | 25           | 459.423                | 11485.575  |                     |  |
|                                     | 453.296                |              |                        |            |                     |  |

Berdasarkan hitungan volume pada Tabel 8, selisih volume aktual timbunan dan rencana timbunan di zona Q sebesar 24242.238 m<sup>3</sup> atau 34.13 % lebih besar dari volume rencana timbunan.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa rata - rata penurunan (*settlement*) pada zona Q adalah 1.054 Meter dengan penurunan maksimal pada pengamatan SP-Q03 sebesar 1.955 Meter dan penurunan terkecil pada pengamatan SP-Q10 sebesar 0.804 Meter. Penurunan tanah pada zona Q mempengaruhi volume timbunan sebesar 34.13% atau 24242.238 m<sup>3</sup>, yang awalnya volume rencana timbunan sebesar 71043.338 m<sup>3</sup> menjadi sebesar 95287.575 m<sup>3</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bagas Wahyu Adhi. (2022). Analisa Stabilitas Timbunan di Daerah Rawa Menggunakan Penanganan Limestone dengan Software Plaxis. *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDuluS)*, 4(1), 40–45.
- Bagas Wahyu Adhi, Beni Setiyanto, Ahmad Hidayawan, & Mohammad Debby Rizani. (2023). Analisis Stabilitas Timbunan dengan Plaxis Membandingkan 2 Metode Akibat Keterbatasan Lahan. *Jurnal Teknik Sipil Giratory UPGRIIS*, 4(1).
- Izadifar, M., Abu-Farsakh, M. Y., & Chen, S. (2024). Case Study on Instrumenting and Monitoring Geosynthetic-Reinforced Pile-Supported Mechanically Stabilized Earth Wall Built over Soft Soil. *Transportation Research Record*.
- Lastiasih, Y., & Wahyudi, H. (2024). HWYL Method for Predicting Settlement of Soft Soil. *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, 49(3).
- Muhammad Fadhil Lubis., Roesyanto., & Gina Cynthia Raphita Hasibuan. (2023). Analisis Pengaruh Preloading Kombinasi Prefabricated Vertical Drain pada Proses Konsolidasi Di Proyek Reklamasi Di Samping Tangki Cpoantar Pulau Belawan Berdasarkan Bore Log BH-2. *Syntax Admiration*, 4(8).
- Pratama, B. H., Lastiasih, Y., & Wahyudi, H. (2026). Determination of Soft Soil Permeability Parameters Using Plaxis 2D Based on Settlement Plate Monitoring Data. *Interdisciplinary Social Studies*, 49(3).
- Saikia, R., & Dash, S. K. (2024). Load Carrying Mechanism of Geocell Reinforced Embankment on Soft Soil. *Transportation Research Record*. <https://doi.org/DOI:10.1177/03611981241230317>
- Sari, U. C., Wardani, S. P. R., Muntohar, A. S., & Partono, W. (2023). Consolidation settlement prediction and monitoring of toll road embankment at STA 23+650 Semarang–Demak Toll Road section. *E3S Web of Conferences*.
- Susiazti, H., Widiastuti, M., & Widayati, R. (2020). Analisis Penurunan Konsolidasi Metode Preloading Dan Prefabricated Vertical Drain (PVD). *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 4(1), 1–8.
- Wahyudi, H., Lastiasih, Y., Satrya, T. R., & Arif, M., & Sari, P. T. K. (2021). The Comparison of the Soft Clay Settlement Under an Embankment Load Using Field Instrumentation and Empirical Formulation. *GEOMATE Journal*, 20(77).
- Wahyudi, H., Lastiasih, Y., Satrya, T. R., Arif, M., & Sari, P. T. K. (2021). The Comparison of The Soft Clay Settlement Under An Embankment Load Using Field Instrumentation. *Int. J. GEOMATE*, 21(84), 93–102.
- Zel Citra., I Dewa Gede Ananda Kusuma., Herlis Sweta Adistana., Riana Herlina Lumingkewas., & Mohamad Haifan. (2024). Inspection of Leveling and Verticality of Silo Foundations Due to Settlement Based on SNI 8460: 2017. *Journal of Civil Engineering and Vocational Education*, 11(2).