



PERENCANAAN CONCRETE SLAB SEBAGAI PERLINDUNGAN EXTERNAL PIPA

Belarizka Aztina¹, Aleksander Purba², Herry Wardono², Nurcahya Nugraha²

¹PT. Meindo Elang Indah, Jl. KH Mansyur Kav 126, Jakarta 10220

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

³Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterbitkan : 24 Januari 2024

Kata kunci:

Concrete Slab

Road Crossing

Perencanaan

Pipeline

Soil Protection

Pada proyek pemasangan pipa tidak terlepas dari kendala, salah satunya memasang pipa yang penempatannya di bawah jalan. Berdasarkan hasil perencanaan desain dan analisis tersebut, analisis stabilitas dan desain fondasi untuk pelindung pipa menggunakan *concrete slab* menunjukkan bahwa struktur telah memenuhi semua persyaratan desain. Parameter yang berpengaruh dalam perencanaan desain *concrete slab* ialah *soil bearing capacity* dari tanah lokasi yang akan dipasang *concrete slab*, beban yang akan melintasi *concrete slab* dan beban sendiri *concrete slab* tersebut, serta pemilihan material. Hasil cek stabilitas terhadap gaya geser dan momen guling berada dalam batas yang diizinkan, dengan faktor keamanan memenuhi standar. Tekanan tanah (*bearing pressure*) yang dihasilkan juga berada di bawah nilai *allowable*, sehingga menunjukkan stabilitas fondasi yang baik.

Selain itu, analisis kebutuhan tulangan (*reinforcement*) pada kedua arah (X dan Y) memperlihatkan bahwa nilai tulangan yang digunakan sesuai dengan kebutuhan desain. Cek terhadap gaya geser satu arah dan dua arah menunjukkan hasil yang memadai, dengan semua nilai berada dalam batas aman. Keseluruhan analisis ini mengindikasikan bahwa desain *concrete slab* mampu memberikan perlindungan yang optimal untuk pipa di lokasi proyek.

1. Pendahuluan

Dalam pembangunan infrastruktur, terutama pada proyek-proyek yang melibatkan jaringan pipa yang melintasi area jalan, perlindungan terhadap pipa sangat penting untuk mencegah kerusakan akibat beban lalu lintas atau gangguan eksternal lainnya. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memberikan perlindungan adalah dengan merencanakan penggunaan *concrete slab* (pelat beton) di atas pipa yang melintasi jalan, khususnya di area perkebunan sawit yang sering kali memiliki lalu lintas kendaraan berat. Pipa yang terletak di bawah permukaan jalan dapat menghadapi ancaman kerusakan struktural akibat tekanan dari kendaraan atau aktivitas lain yang dapat mengganggu integritas sistem perpipaan. Oleh karena itu, perencanaan yang tepat dalam mendesain pelat beton sebagai perlindungan eksternal menjadi krusial untuk memastikan keamanan dan ketahanan pipa dalam jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji berbagai aspek teknis dalam perencanaan *concrete slab* sebagai pelindung eksternal, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti beban lalu lintas, karakteristik material, dan standar keselamatan yang relevan.

Concrete slab atau pelat beton merupakan salah satu metode perlindungan eksternal yang umum digunakan untuk melindungi pipa dari berbagai potensi kerusakan akibat beban eksternal dan faktor lingkungan. Dalam instalasi pipa, terutama di area dengan lalu lintas berat atau aktivitas konstruksi, risiko kerusakan fisik seperti tekanan, benturan, atau penetrasi benda tajam sangat tinggi. Oleh karena itu, *concrete slab* dirancang sebagai penghalang fisik yang kuat untuk mencegah deformasi atau kerusakan pada pipa. Selain itu, pelat beton juga berfungsi untuk menyebarkan beban secara merata ke tanah, sehingga tekanan langsung pada pipa dapat diminimalkan.

Peran *concrete slab* tidak hanya terbatas pada aspek perlindungan mekanis, tetapi juga mencakup peningkatan stabilitas struktur pipa di bawah tanah. Dalam beberapa kondisi, seperti tanah yang mudah longsor atau daerah dengan potensi pergerakan tanah, pelat beton membantu menjaga posisi pipa tetap stabil dan aman. Dengan pendekatan desain yang tepat dan analisis yang cermat, penggunaan *concrete slab* sebagai perlindungan eksternal pipa dapat meningkatkan umur layanan sistem perpipaan sekaligus mengurangi risiko kerusakan operasional.

Manfaat *Concrete Slab* antara lain:

1. Melindungi Pipa dari Beban Eksternal

Concrete slab berfungsi sebagai penghalang fisik untuk melindungi pipa dari beban eksternal, seperti tekanan akibat lalu lintas kendaraan berat, aktivitas konstruksi, atau benda berat lainnya. Dengan menyebarkan beban secara merata, pelat beton mengurangi risiko deformasi atau kerusakan pada pipa yang berada di bawahnya.

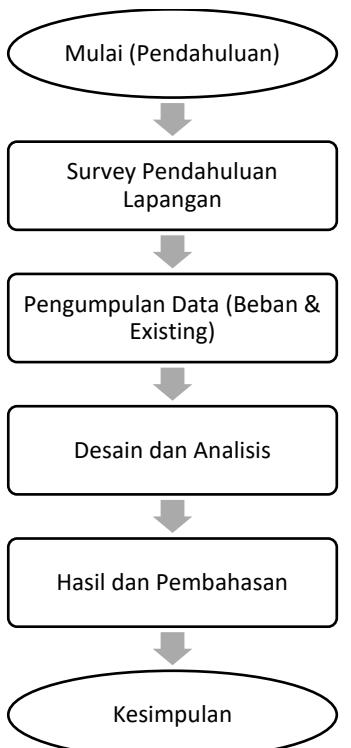
2. Meningkatkan Stabilitas Pipa

Pelat beton membantu menjaga posisi pipa tetap stabil, terutama di area dengan kondisi tanah yang lunak, mudah longsor, atau berisiko mengalami pergerakan. Hal ini mengurangi risiko bergesernya pipa akibat faktor lingkungan atau pergerakan tanah.

3. Mencegah Kerusakan Fisik Langsung

2. Metodologi

Dalam perencanaan *concrete slab* ini, dibutuhkan beberapa tahap dan data sehingga dapat Metodologi pada penelitian ini dimaksudkan adalah langkah/tahapan dalam penelitian yang dimulai dari tahap mendapatkan hingga mengolah data dan menyimpulkannya.



Gambar 1. Alur Pengerjaan Penelitian

2.1 Survey Pendahuluan Lapangan

Survey pendahuluan lapangan ini dilakukan setelah mempelajari hasil pengumpulan data sekunder yang kemudian digunakan sebagai acuan utama dalam kegiatan desain detail.

Dengan menjadi lapisan pelindung di atas pipa, *concrete slab* mencegah kerusakan langsung akibat aktivitas mekanis, seperti penggalian atau penetrasi benda tajam, yang dapat merusak pipa atau sistem perpipaan di bawah tanah.

4. Perlindungan dari Faktor Lingkungan

Concrete slab memberikan perlindungan tambahan terhadap pengaruh lingkungan, seperti perubahan suhu ekstrem, erosi tanah, atau pengaruh air tanah. Ini membantu memperpanjang umur layanan pipa dan mengurangi kebutuhan perawatan.

5. Mendukung Keamanan Operasional

Penggunaan *concrete slab* sebagai pelindung pipa membantu memastikan keberlangsungan sistem perpipaan yang aman dan efisien. Ini penting terutama untuk pipa yang membawa material sensitif, seperti bahan bakar, gas, atau air bersih.

Dengan berbagai manfaat tersebut, *concrete slab* menjadi solusi yang andal untuk melindungi pipa dalam berbagai kondisi dan lingkungan proyek.

Tujuan dari survei pendahuluan lapangan ini adalah untuk memperoleh gambaran yang lebih rinci terkait kondisi permasalahan di lokasi pekerjaan, termasuk penentuan titik lokasi pengujian, batas pengukuran, serta referensi dari studi sebelumnya. Survei awal juga melibatkan tokoh masyarakat atau pihak-pihak terkait untuk mengumpulkan informasi mengenai lokasi pekerjaan dan data pendukung lainnya yang diperlukan.



Gambar 2. Lokasi

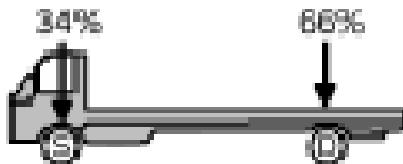
Tujuan dari survei ini adalah untuk menganalisis tanah di area tersebut guna memastikan kerja sama yang baik antara semua pihak yang terlibat, ketersediaan tenaga kerja/operator kompeten yang dibutuhkan, instrumentasi, peralatan & perkakas bersertifikat, beserta dokumen terkait dan untuk memastikan pekerjaan sesuai dengan Standar/kode uji tanah yang relevan guna memperoleh hasil yang valid dan sesuai dengan persyaratan keselamatan.

2.2 Pengumpulan Data Sekunder dan Studi Terdahulu

Studi literatur, yaitu tahapan mempelajari dan mencari literatur atau refrensi yang berkaitan dengan penelitian ini (Eris

dkk, 2018). Dibutuhkan beberapa data untuk mendukung perencanaan atau desain yang matang, antara lain sebagai berikut:

1. Data beban yang akan melintasi *concrete slab*
Jenis kendaraan yang melewati jala tersebut adalah truk sawit, maka konfigurasi dan sumbu yang kita asumsi menggunakan 1.2H dengan berat total maksimum 18.2T. Dari data tersebut, maka kita dapat nilai sebesar 59Kn, untuk beban yang melintasi area pipa tersebut yang akan kita pakai sebagai *live load*.



Gambar 3. Distribusi Beban Sumbu Untuk Berbagai Jenis Kendaraan (S. Sukirman 2010)

Konfigurasi Sumbu & Tipe:

1.2H Truk

Berat Total Maksimum:

18.2 T

2. Data *soil analysis report*

Penyelidikan tanah bertujuan untuk mengevaluasi kondisi lapisan tanah yang ada pada lokasi dan mengetahui letak kedalaman tanah keras serta memperoleh data parameter tanah yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan untuk pondasi dan desain infrastruktur Perencanaan Pembangunan.

Nilai *soil bearing capacity* yang didapat dari *soil analysis report* ialah 245 kN/m²

2.3 Desain dan Analisis

Mengacu pada proses perencanaan dan perancangan struktur pelat beton yang digunakan sebagai elemen horizontal dalam konstruksi bangunan. Proses ini melibatkan analisis dan penghitungan untuk memastikan pelat beton mampu menahan beban yang diterima, baik beban mati seperti berat sendiri maupun beban hidup seperti furnitur atau aktivitas manusia. Desain concrete slab mencakup penentuan dimensi pelat, jenis tulangan baja yang digunakan, ketebalan pelat, jenis beton, serta metode pemasangan yang sesuai dengan standar teknis dan kebutuhan proyek. Tujuannya adalah menciptakan pelat beton yang kokoh, aman, efisien, dan tahan lama sesuai dengan kondisi lingkungan dan fungsi strukturnya.

Desain dan analisis adalah dua langkah penting dalam proses perencanaan suatu struktur, termasuk concrete slab, untuk memastikan kekuatan, keamanan, efisiensi, dan keberlanjutan suatu proyek konstruksi.

a. Desain

1. Menentukan dimensi pelat beton (ketebalan, panjang, dan lebar).
2. Memilih material yang sesuai, seperti mutu beton dan jenis tulangan baja.
3. Merancang tata letak tulangan (*reinforcement*) untuk menahan gaya tarik dan momen lentur.
4. Memastikan pelat dapat menahan beban mati (*self weight*), beban hidup (*live load*)

b. Analisis

1. Menghitung distribusi gaya, momen, geser, dan deformasi yang terjadi pada pelat beton.

2. Menggunakan perangkat lunak analisis struktur AFES untuk memodelkan pelat dan memverifikasi desain terhadap kondisi nyata.
3. Memastikan desain memenuhi kriteria kekuatan, stabilitas, dan defleksi yang diizinkan.

3. Hasil dan pembahasan

Berdasarkan hasil analisis stabilitas dan desain pondasi menggunakan concrete slab sebagai perlindungan pipa, dapat disimpulkan bahwa seluruh parameter desain telah memenuhi kriteria yang diizinkan. Berikut ini adalah beberapa poin hasil dan pembahasannya:

3.1 Stabilitas Struktur

Pemeriksaan terhadap gaya geser dan momen guling menunjukkan bahwa struktur *concrete slab* memiliki faktor keamanan yang sesuai. Hasil analisis menunjukkan nilai faktor keamanan terhadap geser sebesar 1.5 hingga 2, dan terhadap momen guling sebesar 1.5, yang semuanya berada dalam batas aman sesuai standar desain seperti ACI 318 dan SNI. Stabilitas ini menunjukkan bahwa pelat beton mampu menahan gaya lateral dan momen yang terjadi akibat beban eksternal.

3.2 Distribusi Beban dan Tekanan Tanah

Beban pada *concrete slab* didistribusikan dengan baik, dan tekanan kontak tanah (*bearing pressure*) berada di bawah kapasitas dukung tanah yang diizinkan, yaitu 245 kN/m². Hal ini memastikan bahwa pondasi tidak menyebabkan penurunan berlebihan atau kegagalan tanah. Kombinasi beban, termasuk beban mati dan beban hidup, dirancang dengan rasio keamanan yang memadai untuk menghindari kegagalan struktural.

3.3 Desain Tulangan Beton

Desain tulangan untuk arah X dan Y telah memenuhi kebutuhan berdasarkan analisis gaya momen dan geser. Tulangan utama yang digunakan memiliki luas penampang sesuai dengan kebutuhan, dengan hasil desain tulangan atas dan bawah yang konsisten pada setiap arah. Nilai As tulangan terpasang (180 mm² hingga 844 mm²) memastikan kekuatan lentur yang cukup untuk menahan momen maksimum.

3.4 Gaya Geser Satu Arah dan Dua Arah

Pemeriksaan gaya geser satu arah menunjukkan bahwa nilai gaya geser (V_u) berada di bawah kapasitas geser beton (V_c), dengan margin keamanan yang memadai. Pemeriksaan gaya geser dua arah juga menunjukkan hasil yang aman, meskipun tidak ada kolom yang dianalisis. Hal ini mengindikasikan bahwa pelat beton tidak rentan terhadap kegagalan akibat gaya geser lokal.

Plat Satu Arah:

Rasio panjang terhadap lebar ($L_x/L_y \geq 2$).

Plat Dua Arah:

Rasio panjang terhadap lebar ($L_x/L_y < 2$).

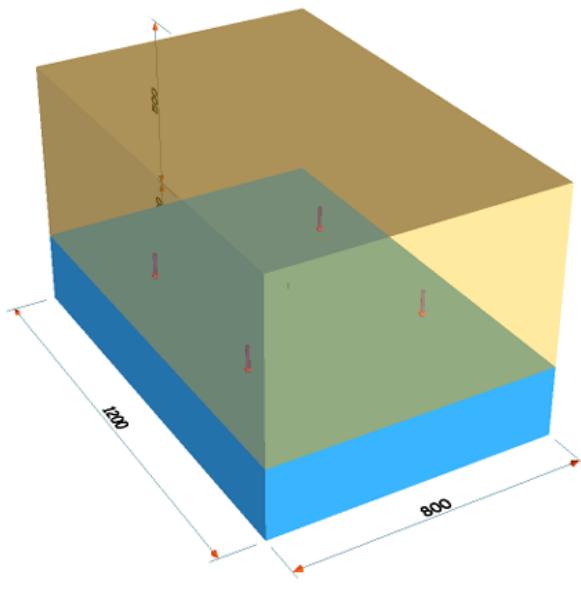
Perencanaan ini merupakan gaya geser satu arah, dikarenakan tidak memenuhi persyaratan beton dua arah.

$$V_c = 0.8 \frac{1}{6} f_{ck} B'w d$$

$$V_u \leq f V_c, \text{ Ok!}$$

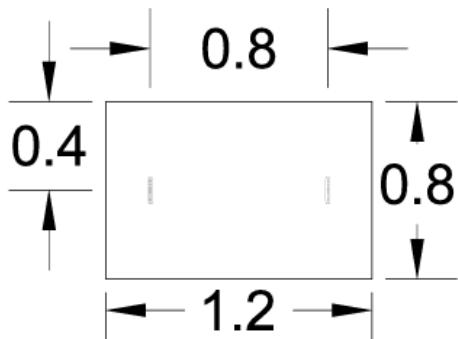
3.5 Efisiensi Desain

Volume dan dimensi concrete slab ($1.2 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$) dirancang untuk memberikan perlindungan optimal dengan efisiensi material yang baik. Berat pelat beton sebesar 4.8 kN dan beban tanah di atasnya telah diperhitungkan dengan cermat, sehingga memberikan stabilitas tambahan terhadap struktur perlindungan pipa.

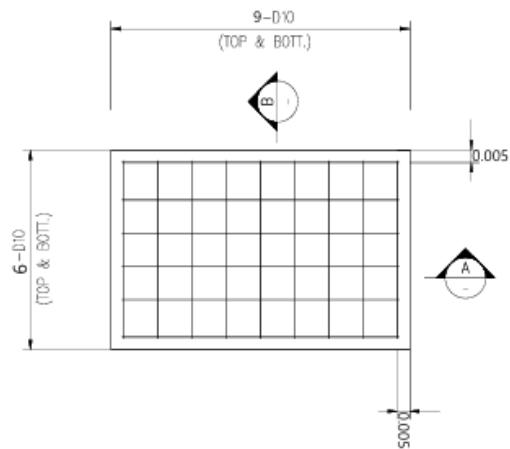


Gambar 4. 3D Penerapan *concrete slab*

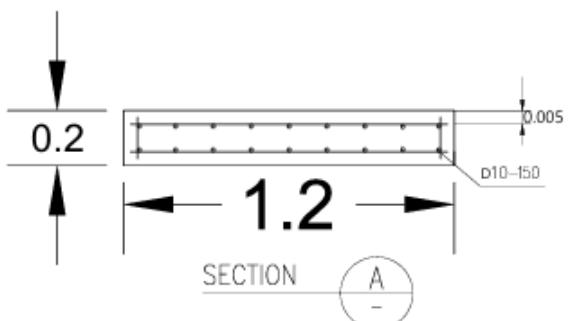
Keseluruhan hasil analisis menunjukkan bahwa *concrete slab* dirancang dengan baik untuk memberikan perlindungan yang optimal terhadap pipa, baik dari beban mekanis maupun kondisi lingkungan. Desain ini memberikan keamanan dan efisiensi yang tinggi, sesuai dengan standar yang berlaku.



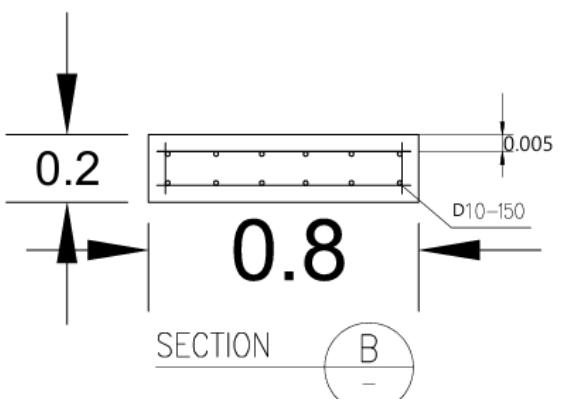
Gambar 5. Dimensi *Concrete Slab*



Gambar 6. Rebar Arrangement



Gambar 7. Tampak Potongan A



Gambar 8. Tampak Potongan B

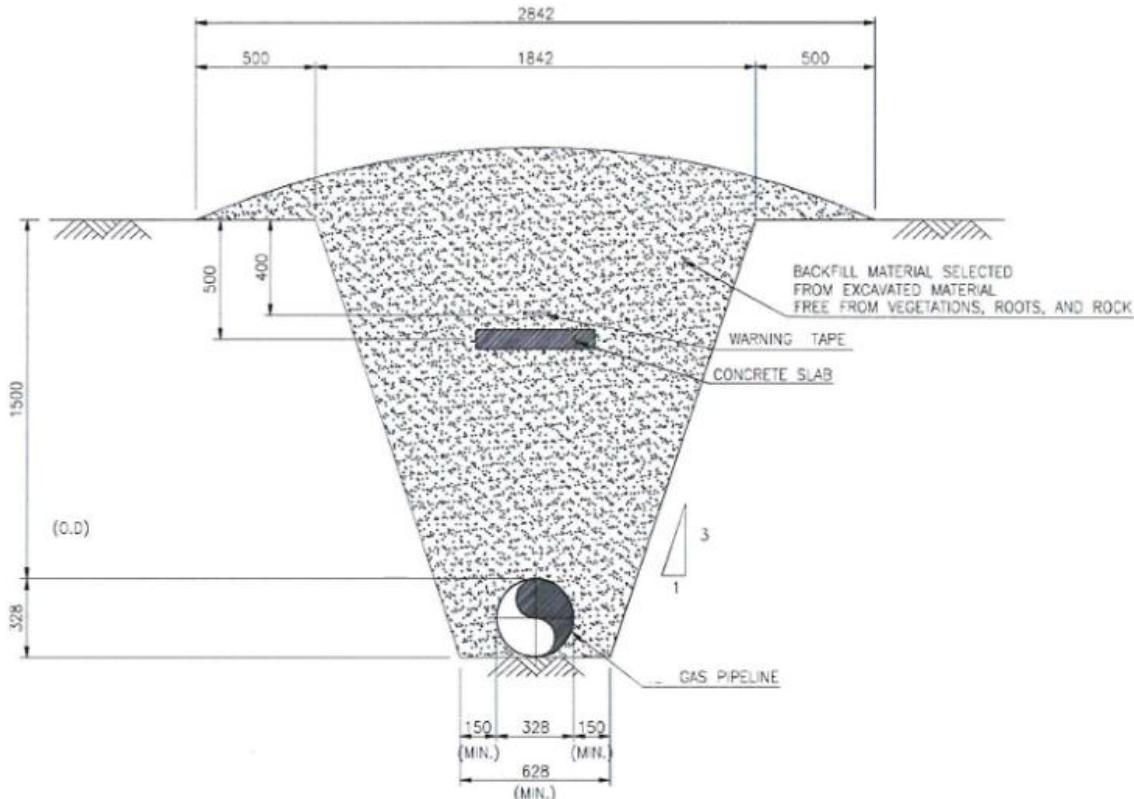
4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan desain dan analisis tersebut, analisis stabilitas dan desain fondasi untuk pelindung pipa menggunakan *concrete slab* menunjukkan bahwa struktur telah memenuhi semua persyaratan desain. Hasil cek stabilitas terhadap gaya geser dan momen guling berada dalam batas yang diizinkan, dengan faktor keamanan memenuhi standar. Tekanan tanah (*bearing pressure*) yang dihasilkan juga berada di bawah nilai *allowable*, sehingga menunjukkan stabilitas fondasi yang baik.

Selain itu, analisis kebutuhan tulangan (*reinforcement*) pada kedua arah (X dan Y) memperlihatkan bahwa nilai tulangan yang digunakan sesuai dengan kebutuhan desain. Cek terhadap gaya

geser satu arah dan dua arah menunjukkan hasil yang memadai, dengan semua nilai berada dalam batas aman. Keseluruhan analisis ini mengindikasikan bahwa desain *concrete slab* mampu

memberikan perlindungan yang optimal untuk pipa di lokasi proyek.



Gambar 9. Pengamplikasian *concrete slab*

Gambar tersebut menunjukkan penampang melintang pipa gas yang dilindungi oleh *concrete slab* dan material timbunan (*backfill*). Pipa gas ditempatkan di bagian bawah dengan jarak minimum antar pipa sebesar 1000 mm, dilindungi *concrete slab* setebal 200 mm di atasnya. *Slab* ini berfungsi sebagai pelindung utama dari beban eksternal, seperti kendaraan berat, dan dilengkapi lapisan peringatan (*warning tape*) di atasnya untuk memberikan tanda agar tidak dilakukan penggalian lebih dalam.

Material timbunan yang digunakan berasal dari bahan ekskavasi yang dipilih dengan syarat bebas dari vegetasi, akar, dan batuan tajam. Fungsi material timbunan adalah memberikan perlindungan tambahan serta menjaga stabilitas tanah di sekitar pipa. Dengan kedalaman total 1500 mm, desain ini memastikan keamanan pipa gas selama masa operasional, melindunginya dari risiko kerusakan, dan memenuhi standar konstruksi yang berlaku.

Concrete slab digunakan sebagai perlindungan struktural pada pipa yang tertanam, dengan tujuan mendistribusikan beban eksternal secara merata dan mencegah kerusakan pada pipa akibat tekanan berat atau penggalian yang tidak disengaja." (Smith et al., 2021)

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada keluarga dan seluruh teman-teman Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPI) UNILA Semester Ganjil TA 2024 serta semua pihak yang telah membantu serta memberikan saran dan masukan kepada penulis. Semoga Allah SWT membala kebaikan kalian semua.

Daftar pustaka

- Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). New York: McGraw-Hill
- SNI 8460:2017. Spesifikasi Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2847:2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sukirman, S. (1994). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Jalan*. Bandung: Nova.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. *Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 68(2), 94-115.
- Meyerhof, G. G. (1953). *The Bearing Capacity of Foundations under Eccentric and Inclined Loads*. *Canadian Geotechnical Journal*, 1(3), 1-17.
- Bowles, J. E. (1970). *Foundation Design Methods*. *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division*, ASCE, 96(5), 1653-1667.
- Smith, J., Taylor, R., & Johnson, P. (2021). *Design and Analysis of Reinforced Concrete Slabs for Underground Pipeline Protection*. *Journal of Civil Engineering and Infrastructure*, 14(3), 245-258.
- Sulardi. (2020). Pelindung Pipa Gas Bawah Tanah Jalan dengan Metode U-Ducting Reinforced Concrete. *Jurnal Teknik Sipil*, Politeknik Negeri Balikpapan. Diakses dari <https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/jst/article/viewFile/451/295>

- [Penulis Tidak Tersedia]. (2024). Experimental Evaluation of Concrete Slab Using Hollow Steel Pipes. ResearchGate. Diakses dari https://www.researchgate.net/publication/330992951_Experimental_Evaluation_of_Concrete_Slab_Using_Hollow_Steel_Pipes
- [Penulis Tidak Tersedia]. (2023). Sustainability Performance of Voided Concrete Slab Using Waste Plastic Bottles. Civil Engineering Journal. Diakses dari <https://www.civilejournal.org/index.php/cej/article/view/3796>
- [Penulis Tidak Tersedia]. (2021). Structural Behavior of Reinforced Concrete Slabs Containing Fine PVC Waste Aggregates. MDPI Buildings. Diakses dari <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/1/26>
- [Penulis Tidak Tersedia]. (2021). Concrete Slab Over Buried Pipe: Foundation Engineering Considerations. Engineering Tips Forum. Diakses dari <https://www.engineering-tips.com/threads/concrete-slab-over-buried-pipe.477284/>