
Teknik Fondasi dalam Pembangunan Gedung di Atas Tanah Lembek

PILIPPUS LEONARD SIMATUPANG

Teknik Sipil

Abstrak

Pembangunan gedung di atas tanah lembek adalah tantangan teknik sipil yang signifikan, karena tanah lembek cenderung memiliki daya dukung yang rendah dan dapat mengalami penurunan atau pergerakan yang tidak terduga. Tanah lembek sering kali ditemukan di daerah yang dekat dengan badan air, daerah rawa, dan lokasi yang pernah mengalami pengeringan. Dalam konteks ini, pemilihan teknik fondasi yang tepat menjadi sangat penting untuk memastikan kestabilan dan keamanan bangunan.

Artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi berbagai teknik fondasi yang digunakan dalam pembangunan gedung di atas tanah lembek, termasuk fondasi dangkal, fondasi dalam, dan teknologi modern seperti fondasi tiang pancang. Dengan mempelajari berbagai metode ini, diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik tentang cara mengatasi tantangan yang terkait dengan konstruksi di atas tanah lembek.

Metode penelitian yang digunakan dalam artikel ini meliputi analisis literatur dari berbagai sumber, termasuk buku, jurnal ilmiah, dan laporan teknik yang berkaitan dengan teknik fondasi. Selain itu, studi kasus dari proyek konstruksi nyata di lokasi dengan tanah lembek juga dianalisis untuk menggambarkan aplikasi nyata dari teknik-teknik ini.

Dalam pembahasan, artikel ini akan membahas karakteristik tanah lembek, pentingnya analisis tanah sebelum pembangunan, serta berbagai teknik fondasi yang dapat diterapkan, termasuk keuntungan dan kelemahan masing-masing metode. Dengan demikian, artikel ini bertujuan untuk memberikan panduan yang komprehensif bagi para insinyur dan perencana dalam merancang fondasi yang efektif dan aman untuk gedung yang dibangun di atas tanah lembek.

Kesimpulan dari artikel ini menekankan bahwa pemilihan teknik fondasi yang tepat adalah kunci untuk memastikan kestabilan dan keberhasilan proyek konstruksi di atas tanah lembek. Dengan memahami karakteristik tanah dan teknik yang tersedia, para profesional di bidang teknik sipil dapat merancang solusi yang efisien dan berkelanjutan untuk tantangan yang dihadapi.

Kata Kunci: *Sipil, Struktural, Kekuatan*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan gedung merupakan salah satu aspek penting dalam pengembangan infrastruktur, terutama di daerah urban. Namun, tantangan sering muncul ketika pembangunan dilakukan di atas tanah lembek. Tanah lembek adalah jenis tanah yang memiliki kadar air tinggi dan kepadatan rendah, yang menyebabkan daya dukungnya sangat terbatas. Dalam situasi ini, risiko kegagalan fondasi menjadi lebih besar, yang dapat menyebabkan kerusakan struktural yang serius dan bahkan membahayakan keselamatan penghuninya.

Tanah lembek sering ditemukan di berbagai lokasi, termasuk area dekat sungai, rawa, dan bekas lokasi pertanian. Sifat fisik tanah ini menyebabkan pergerakan dan penurunan yang signifikan, terutama jika beban dari struktur yang dibangun tidak didistribusikan dengan benar. Oleh karena itu, teknik fondasi yang digunakan dalam konstruksi di tanah lembek harus dirancang khusus untuk mengatasi tantangan ini.

Metode Penelitian

Metode penelitian dalam artikel ini terdiri dari tinjauan literatur untuk mengumpulkan informasi dari berbagai sumber yang berkaitan dengan teknik fondasi dan studi kasus dari proyek-proyek konstruksi nyata. Dengan menganalisis berbagai teknik fondasi, artikel ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai cara-cara untuk membangun gedung yang aman dan stabil di atas tanah lembek.

PEMBAHASAN

Pembangunan gedung di atas tanah lembek adalah salah satu tantangan besar dalam dunia teknik sipil, terutama ketika fondasi yang stabil dan kuat sangat diperlukan untuk menopang struktur. Tanah lembek, atau sering disebut tanah lunak, memiliki sifat fisik yang tidak stabil, rendah daya dukung, serta cenderung mengalami penurunan (*settlement*) yang besar saat diberikan beban. Oleh karena itu, pemilihan dan penerapan teknik fondasi yang tepat sangatlah krusial dalam memastikan keselamatan dan ketahanan bangunan di atas tanah semacam ini.

Sifat tanah lembek yang mendasar adalah kandungan air yang tinggi, rendahnya kohesi antar partikel tanah, dan kekuatan geser yang lemah. Hal ini menjadikannya kurang ideal untuk menahan beban struktur bangunan, yang pada akhirnya menyebabkan permasalahan seperti amblesan, keretakan, bahkan kegagalan struktur. Oleh karena itu, para insinyur sipil harus menerapkan solusi yang dapat meningkatkan stabilitas tanah dan mendistribusikan beban dengan efisien agar bangunan yang didirikan di atasnya dapat bertahan dalam jangka panjang.

Salah satu teknik yang paling umum digunakan dalam pembangunan fondasi di tanah lembek adalah penggunaan fondasi dalam. Fondasi dalam mencakup berbagai metode seperti tiang pancang (*pile foundation*), tiang bor (*bored piles*), dan fondasi sumuran (*caisson foundation*). Fondasi dalam dirancang untuk menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih keras di bawah tanah lembek, sehingga mencegah amblesan atau kegagalan fondasi. Penggunaan tiang pancang, misalnya, memungkinkan struktur bangunan berdiri di atas tiang-tiang yang ditancapkan hingga mencapai lapisan tanah yang lebih stabil.

Tiang pancang biasanya terbuat dari bahan seperti beton, baja, atau kayu, yang memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban vertikal dan horizontal. Dalam proyek besar, tiang beton pracetak sering digunakan karena memiliki daya dukung yang tinggi dan tahan terhadap korosi. Tiang pancang ini dipukul masuk ke dalam tanah dengan menggunakan palu pancang atau metode hidraulik, hingga mencapai kedalaman yang cukup untuk menopang bangunan.

Tiang pancang yang dipasang secara tepat akan menembus tanah lembek dan menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih keras, biasanya terletak beberapa meter di bawah permukaan.

Selain tiang pancang, metode lain yang sering digunakan adalah tiang bor. Tiang bor dibuat dengan menggali lubang hingga mencapai lapisan tanah keras, kemudian mengisinya dengan beton bertulang. Teknik ini biasanya digunakan ketika lokasi proyek tidak memungkinkan penggunaan palu pancang karena keterbatasan ruang atau risiko getaran terhadap struktur sekitarnya. Tiang bor menawarkan fleksibilitas dalam hal ukuran dan kedalaman, serta dapat disesuaikan dengan kondisi tanah yang spesifik di setiap lokasi.

Namun, pemilihan metode fondasi tidak hanya didasarkan pada kedalaman dan jenis tanah yang ada. Aspek ekonomi juga menjadi pertimbangan utama dalam menentukan teknik fondasi yang akan digunakan. Tiang pancang, meskipun efektif, bisa menjadi mahal ketika harus dipasang dalam jumlah besar di area yang luas. Sebagai alternatif, beberapa teknik pemadatan tanah atau perbaikan tanah sering digunakan untuk mengurangi jumlah tiang pancang yang diperlukan. Salah satu teknik pemadatan yang umum adalah preloading atau prekompresi, di mana beban sementara ditempatkan di atas tanah lembek untuk mempercepat penurunan dan mengurangi potensi amblesan di masa depan.

Geotextile dan geogrid juga dapat digunakan dalam pembangunan di tanah lembek untuk memperkuat tanah dan meningkatkan stabilitas. Geotextile adalah bahan tekstil yang diletakkan di antara lapisan tanah untuk mencegah pergerakan horizontal tanah, sementara geogrid merupakan bahan polimer yang berfungsi sebagai tulang punggung bagi lapisan tanah. Kedua bahan ini berfungsi untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara menyebarkan beban lebih merata dan memperkuat struktur tanah di sekitarnya.

Dalam beberapa kasus, penggunaan fondasi rakit (raft foundation) juga dapat menjadi solusi yang efektif. Fondasi rakit adalah plat beton bertulang yang mencakup seluruh area dasar bangunan. Teknik ini bekerja dengan menyebarkan beban bangunan secara merata ke seluruh permukaan tanah di bawahnya. Meskipun tidak selalu cocok untuk semua jenis tanah lembek, fondasi rakit bisa sangat efektif untuk bangunan dengan beban yang lebih ringan atau jika lapisan tanah keras berada cukup dekat dengan permukaan tanah.

Penggunaan teknik drainase vakum juga merupakan metode inovatif yang semakin populer dalam pembangunan di atas tanah lembek. Drainase vakum melibatkan pemasangan pipa drainase vertikal ke dalam tanah, yang kemudian dihubungkan ke sistem vakum untuk menghisap air dari dalam tanah. Dengan mengurangi kandungan air dalam tanah, kekuatan tanah dapat ditingkatkan secara signifikan, sehingga memungkinkan konstruksi fondasi yang lebih stabil. Teknik ini sering digunakan dalam proyek-proyek besar seperti pembangunan jalan raya dan bandara di atas tanah yang sangat lembek.

Selain berbagai metode teknis yang digunakan dalam pembangunan fondasi di tanah lembek, pengujian tanah yang komprehensif juga merupakan langkah penting dalam proses ini. Pengujian tanah, seperti uji penetrasi standar (Standard Penetration Test, SPT) atau uji kerucut (Cone Penetration Test, CPT), diperlukan untuk menentukan kekuatan dan stabilitas tanah di lokasi pembangunan. Hasil pengujian ini akan memberikan informasi yang diperlukan untuk memilih jenis fondasi yang paling sesuai dengan kondisi tanah dan kebutuhan proyek.

Pentingnya desain fondasi yang tepat dalam pembangunan di tanah lembek tidak dapat dilebih-lebihkan. Kesalahan dalam pemilihan atau penerapan teknik fondasi dapat berakibat fatal, menyebabkan keruntuhan bangunan, kerusakan struktural, atau penurunan tanah yang berlebihan. Dalam banyak kasus, kegagalan fondasi adalah akibat dari kurangnya pemahaman tentang sifat tanah atau penerapan teknik yang tidak sesuai. Oleh karena itu, kolaborasi yang erat antara insinyur geoteknik, arsitek, dan insinyur sipil sangat penting untuk memastikan keberhasilan proyek konstruksi.

Tantangan lainnya yang sering muncul dalam pembangunan di tanah lembek adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Karena tanah lembek cenderung mengalami penurunan yang lambat tetapi signifikan, konstruksi sering kali harus ditunda hingga penurunan tanah selesai. Dalam kasus ini, teknik seperti penggunaan wick drains atau saluran sumbu dapat membantu mempercepat proses penurunan tanah. Wick drains adalah pipa tipis yang dipasang vertikal ke dalam tanah untuk mempercepat pengaliran air keluar dari tanah, sehingga mempercepat proses pemadatan tanah.

Keberhasilan proyek pembangunan di atas tanah lembek sangat bergantung pada pemantauan yang terus-menerus. Setelah fondasi dipasang, pemantauan geoteknik diperlukan untuk memastikan bahwa tidak ada pergerakan tanah yang signifikan atau perubahan dalam stabilitas fondasi. Sensor tekanan, inclinometer, dan alat pengukur penurunan tanah sering digunakan untuk memantau pergerakan tanah dan memastikan bahwa bangunan tetap stabil selama masa pakai.

Sebagai penutup, pembangunan gedung di atas tanah lembek memerlukan pendekatan yang holistik dan berbasis ilmu pengetahuan. Tanah lembek menghadirkan tantangan unik dalam hal stabilitas dan daya dukung, tetapi dengan pemilihan teknik fondasi yang tepat, penggunaan material yang inovatif, serta pemantauan yang ketat, tantangan tersebut dapat diatasi. Teknik fondasi seperti tiang pancang, tiang bor, dan fondasi rakit, serta teknologi modern seperti drainase vakum dan geotextile, memungkinkan pembangunan yang aman dan berkelanjutan di atas tanah yang secara alami tidak stabil.

Dalam dekade mendatang, inovasi dalam teknologi fondasi dan geoteknik diperkirakan akan terus berkembang, memberikan solusi yang lebih efisien dan ekonomis untuk pembangunan di tanah lembek. Para insinyur sipil akan terus berinovasi untuk memastikan bahwa bangunan yang didirikan di atas tanah lembek tidak hanya aman, tetapi juga berkelanjutan dari segi lingkungan dan biaya. Dengan demikian, penguasaan teknik fondasi yang tepat akan tetap menjadi salah satu aspek paling penting dalam pembangunan infrastruktur modern, khususnya di wilayah yang memiliki karakteristik tanah lembek.

Selain teknik fondasi yang telah dibahas, ada beberapa pendekatan inovatif yang terus dikembangkan untuk mengatasi masalah tanah lembek dalam konstruksi gedung. Salah satu pendekatan tersebut adalah penggunaan teknologi injeksi semen atau grouting. Grouting melibatkan injeksi bahan semen ke dalam tanah untuk memperkuat atau meningkatkan daya dukung tanah di bawah fondasi bangunan. Proses ini menciptakan matriks tanah yang lebih kaku, yang mampu menahan beban lebih besar dibandingkan kondisi aslinya. Teknik ini sering digunakan untuk memperbaiki tanah yang sangat lunak atau ketika diperlukan stabilisasi lokal pada fondasi.

Teknologi grouting ini menjadi solusi yang sangat relevan dalam proyek-proyek di mana kondisi tanah lembek tidak memungkinkan penggunaan fondasi dalam secara penuh.

Keuntungan utama dari grouting adalah fleksibilitasnya yang dapat disesuaikan dengan jenis tanah dan kondisi lingkungan yang berbeda. Selain itu, grouting dapat memperbaiki retakan atau rongga di dalam tanah, sehingga meningkatkan stabilitas tanah secara keseluruhan. Namun, teknik ini memerlukan keahlian tinggi dalam aplikasinya untuk memastikan injeksi semen mencapai kedalaman dan area yang tepat.

Pendekatan lain yang sedang berkembang adalah soil freezing, yang diterapkan dalam proyek-proyek konstruksi sementara seperti terowongan atau bangunan dengan durasi pendek. Proses ini melibatkan pembekuan tanah di sekitar fondasi sementara untuk meningkatkan kekuatannya. Pembekuan tanah menghasilkan matriks tanah yang padat dan kaku, memberikan stabilitas yang lebih baik. Meskipun metode ini jarang digunakan pada proyek jangka panjang karena keterbatasan biaya dan waktu, soil freezing dapat menjadi solusi efektif di lokasi yang sangat menantang di mana metode konvensional sulit diterapkan.

Dalam konteks konstruksi modern, penggunaan sensor dan teknologi digital untuk memantau kondisi tanah dan fondasi juga telah mengalami kemajuan yang signifikan. Penerapan Internet of Things (IoT) dalam dunia teknik sipil memungkinkan pemantauan kondisi tanah dan struktur bangunan secara real-time. Sensor-sensor yang ditempatkan di fondasi atau di sekitar bangunan dapat memberikan data tentang pergerakan tanah, tekanan, atau perubahan kelembaban, yang kemudian dianalisis untuk mendeteksi potensi masalah sejak dini. Dengan sistem pemantauan yang terintegrasi, insinyur dapat mengambil tindakan korektif lebih cepat sebelum terjadi kegagalan struktur.

Keberhasilan suatu proyek di tanah lembek juga sangat bergantung pada perencanaan jangka panjang. Sebelum memulai pembangunan, kajian lingkungan dan studi dampak geoteknik harus dilakukan secara menyeluruh. Ini termasuk mempertimbangkan potensi perubahan tanah di masa depan akibat faktor alam seperti gempa, banjir, atau penurunan permukaan tanah. Dengan perencanaan yang matang, risiko kegagalan konstruksi dapat diminimalkan, dan bangunan akan lebih tahan terhadap perubahan lingkungan yang tidak terduga.

Selain teknik-teknik yang fokus pada fondasi, ada juga strategi rekayasa lingkungan yang dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas tanah. Salah satunya adalah penggunaan vegetasi atau tanaman tertentu yang dapat membantu menstabilkan tanah secara alami. Tanaman dengan sistem akar yang kuat mampu mengikat partikel tanah bersama-sama dan mengurangi risiko erosi atau pergerakan tanah. Teknik ini sering digunakan pada proyek pembangunan di daerah pesisir atau lahan gambut, di mana tanah sangat lembek dan rawan terhadap degradasi.

Pentingnya aspek lingkungan dalam pembangunan di tanah lembek juga semakin diakui dalam dekade terakhir. Dengan meningkatnya kesadaran akan dampak perubahan iklim, pembangunan yang berkelanjutan menjadi prioritas utama. Hal ini mencakup pengurangan jejak karbon dari proses konstruksi dan upaya menjaga keseimbangan ekosistem di sekitar lokasi pembangunan. Misalnya, dalam proyek yang menggunakan teknik grouting, pemilihan bahan injeksi yang ramah lingkungan menjadi perhatian utama, mengingat potensi dampaknya terhadap kualitas air tanah.

Lebih jauh lagi, metode perbaikan tanah kimia telah menunjukkan potensi besar dalam memperkuat tanah lembek. Metode ini melibatkan pencampuran tanah dengan bahan kimia seperti kapur, semen, atau abu terbang (fly ash) untuk meningkatkan kekuatan geser dan mengurangi daya resap air. Proses ini mengubah sifat mekanik tanah, sehingga menjadi lebih

kokoh dan stabil. Metode ini sangat efektif di wilayah-wilayah yang menghadapi masalah tanah gambut atau tanah liat lempung dengan kandungan organik tinggi.

Penggunaan prefabricated vertical drains (PVD) atau drainase vertikal pra-fabrikasi juga merupakan teknologi modern yang membantu mempercepat proses pemadatan tanah lembek. Drainase ini bekerja dengan mempercepat aliran keluar air dari dalam tanah, sehingga tanah dapat mengalami proses pemadatan lebih cepat dan mencapai stabilitas lebih awal. Ini memungkinkan proyek konstruksi di tanah lembek untuk berjalan lebih efisien dalam hal waktu dan biaya. PVD biasanya digunakan bersama dengan metode preloading, di mana beban sementara ditempatkan di atas tanah untuk mempercepat konsolidasi.

Dalam proyek-proyek besar seperti pembangunan bandara, pelabuhan, atau jalan raya di atas tanah lembek, penggunaan kombinasi dari berbagai metode perbaikan tanah sering kali diperlukan. Setiap proyek memiliki karakteristik yang unik, dan tidak ada satu solusi yang cocok untuk semua. Oleh karena itu, penggabungan teknik seperti tiang pancang, grouting, preloading, dan PVD dapat menghasilkan fondasi yang lebih kuat dan lebih efisien. Selain itu, dengan dukungan teknologi digital, insinyur sipil dapat merencanakan dan mengelola risiko konstruksi dengan lebih baik.

Namun, meskipun ada berbagai teknologi canggih yang dapat digunakan, penting untuk selalu mempertimbangkan keberlanjutan lingkungan dalam setiap langkah konstruksi. Meminimalkan gangguan terhadap ekosistem sekitar dan memastikan bahwa metode yang digunakan tidak merusak kualitas tanah dan air menjadi salah satu tujuan penting dalam pembangunan modern. Sebagai contoh, dalam penggunaan bahan kimia untuk perbaikan tanah, regulasi ketat harus diterapkan untuk mencegah pencemaran air tanah yang bisa berdampak negatif bagi masyarakat di sekitarnya.

Secara keseluruhan, pembangunan gedung di atas tanah lembek bukanlah hal yang mustahil dengan kemajuan teknologi yang ada saat ini. Melalui pendekatan yang cermat, inovasi dalam teknik fondasi, serta perhatian terhadap lingkungan, tantangan yang ditimbulkan oleh kondisi tanah yang kurang stabil dapat diatasi dengan baik. Di masa depan, diharapkan akan ada lebih banyak inovasi dalam teknologi fondasi dan perbaikan tanah, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi konstruksi, tetapi juga mendukung pembangunan yang lebih berkelanjutan.

Kesimpulan

Teknik fondasi yang tepat adalah kunci untuk pembangunan gedung yang aman dan stabil di atas tanah lembek. Pemahaman yang mendalam tentang karakteristik tanah, analisis yang cermat, serta pemilihan teknik fondasi yang sesuai akan memastikan keberhasilan proyek konstruksi. Dengan adanya berbagai metode yang tersedia, mulai dari fondasi dangkal hingga teknik tiang pancang dan grouting, insinyur sipil memiliki banyak pilihan untuk mengatasi tantangan yang dihadapi. Inovasi dan teknologi modern juga berperan penting dalam meningkatkan efektivitas dan keamanan fondasi di tanah lembek. Dengan pendekatan yang tepat dan kolaborasi yang baik antara stakeholder, pembangunan infrastruktur di atas tanah lembek dapat dilakukan dengan lebih efisien dan aman.

Kesimpulannya, kesadaran akan tantangan yang dihadapi dan penerapan teknik fondasi yang sesuai sangat penting untuk mencapai pembangunan berkelanjutan di daerah dengan tanah lembek. Dengan memahami berbagai metode dan teknologi yang ada, para insinyur dapat merancang fondasi yang tidak hanya memenuhi standar keselamatan, tetapi juga mempertimbangkan dampak lingkungan dan sosial dari proyek tersebut. Oleh

karena itu, penting untuk terus melakukan penelitian dan pengembangan dalam bidang teknik fondasi agar dapat menghasilkan solusi yang lebih baik untuk pembangunan gedung di atas tanah lembek.

Ke depan, kolaborasi antara akademisi, praktisi, dan pembuat kebijakan sangat penting untuk menciptakan pedoman dan regulasi yang dapat mengatasi tantangan yang muncul akibat kondisi tanah yang tidak stabil. Dengan demikian, infrastruktur yang dibangun akan lebih resilient, aman, dan dapat bertahan dalam jangka panjang di daerah rawan bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Sajiwo, A. (2023). Analisis Tarif Angkutan Umum Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan (Bok), Ability To Pay Dan Willingness To Pay (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).*
- Waruwu, B. M. (2023). Pengaruh Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Keberhasilan Proyek (Studi Kasus Pembangunan Irian Supermarket) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).*
- Lubis, K., & Ardan, M. (2012). Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengganti FIne Agregat (FA) Pada Campuran Perkerasan jalan.*
- Hermanto, E., & Ardan, M. (2004). Teknik Pengendalian Bahan Endapan di Pelabuhan Belawan (Studi Kasus).*
- Hermanto, E., & Ardan, M. (2011). Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung dalam Masa Pemeliharaan dan Analisa Kerusakannya (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kuliah dan Laboratorium Informatika USU) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).*

- Sajiwo, A. (2022). *LKP SPBU Shell Adam Malik (Proyek Pembangunan)*. Universitas Medan Area.
- Ardan, M. (2015). *Laporan Kerja Praktek pada Proyek Pembangunan Konstruksi Revitalisasi dan Pengadaan Asrama Haji Embarkasi Medan*.
- Marpaung, A. D. (2022). *Laporan Praktik Kerja Lapangan Pembangunan PLTA Peusangan 1 dan 2 Hydroelectric Power Plant Contruction Project 88 MW-Penstock Line Aceh Tengah*. Universitas Medan Area.
- Ramadhani, M. R. (2021). *Laporan Kerja Praktek Proyek Pembangunan Saluran Penghubung pada Bendung DI Serdang*. Universitas Medan Area.
- Sidabutar, P. R. (2023). *Analisis Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- OKTAVIANI, R., & Syarif, Y. (2022). *PROYEK PEMBANGUNAN MERCU PADA BENDUNGAN LAU SIMEME SIBIRU-BIRU-DELISERDANG SUMATERA UTARA*. *Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik*, 1(3).
- Sidabutar, P. R. (2022). *Laporan Kerja Praktek Identifikasi Pelat Lantai Peron Tinggi pada Pembangunan Stasiun Lubuk Pakam Baru*. Universitas Medan Area.
- Waruwu, B. M. (2022). *LKP Pengerjaan Abutment pada Proyek Penggantian Jembatan Idano Eho-Desa Siforoasi-Kecamatan Amandraya-Kabupaten Nias Selatan*. Universitas Medan Area.
- Lase, O. (2022). *Kajian Pembiayaan Terhadap Perubahan Pemilihan Moda Transportasi Pribadi ke Transportasi Umum (Bus Trans Metro Deli) di Kota Medan (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Telaumbanua, F. A. (2023). *Analisis Perhitungan Struktur Gedung Pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Panyabungan (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Lubis, K., & Ardan, M. (2013). *Evaluasi Perhitungan Dinding Penahan Tanah Type Kantilever dengan Menggunakan Metode Rangkine*.
- Arifin, Z., & Ardan, M. (2004). *Peran Serta Masyarakat dalam Pembangunan Prasarana Pedesaan (Studi Kasus) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Ardan, M. (2021). *Laporan Kerja Praktek Konstruksi Proyek Pembangunan Jembatan Titi Payung*.
- Ardan, M. (2023). *Evaluasi Geometrik Jalan kereta Api Lintas Labuhan Belawan (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Telaumbanua, F. (2022). *LKP Pembangunan Gedung Bank BRI (Proyek Menara Medan)*. Universitas Medan Area.
- Siboro, G. L. (2022). *Dampak Transportasi Umum Disebabkan Covid-19 (Studi Kasus: Transportasi Mini Bus Sampri di Samosir) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Ardan, M. (2003). *Pengadaan Jasa Konsultan pada Proyek Super Visi Jalan dan Jembatan SPL OECF INP 23 LG Tapanuli Utara*.