INFO TEKNIK
Volume 26 No. 1 Juli 2025 (89-98)

Evaluasi Perilaku Longsoran Lereng Batuan dan Metode Penanganannya

Sulardi

Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

Email : sulardikm61@yahoo.com

Abstract

The construction of a flood control pond in the Karang Anyar Balikpapan sub-district area was carried out by digging a cliff and resulted in the formation of a steep slope as high as 24 meters. This research aims to provide an overview of the unstable behavior of slope materials and methods of controlling it. The research was carried out using qualitative methods and a case study approach on the work of building flood control ponds. The research results show that the formation of a steep slope causes the slope to tend to move horizontally towards the excavation. If the horizontal movement of the slope is not controlled, landslides will bury the flood control pond building. The method of controlling slope movement is carried out by lowering the slope within safe limits and protecting the surface with a thin layer of concrete slab. This method of controlling slope movement has proven to be successful and safe. The results of this research further recommend that this slope control method can be applied in other work environments that experience similar problems.

Keywords: *steep slopes, horizontal movement, decreasing slope, surface protection.*

Abstrak

Pembangunan kolam retensi dan pengendali banjir di kawasan Kelurahan Karang Anyar Balikpapan dilakukan dengan penggalian tebing dan mengakibatkan terbentuknya lereng curam setinggi 24 meter. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran perilaku unstabil material lereng dan metode pengendaliannya. Penelitian dilakukan dengan metode kualitatif dan dengan pendekatan studi kasus pada pekerjaan pembangunan kolam pengendali banjir. Hasil penelitian menunjukan bahwa dengan terbentuknya lereng yang curam mengakibatkan lereng cenderung bergerak horizontal kearah galian. Jika pergerakan horizontal lereng tidak dikendalikan maka longsoran akan menimbun bangunan kolam pengendali banjir. Metode pengendalian pergerakan lereng dilakukan dengan menurunkan kelandaian dalam batas aman dan proteksi permukaan dengan lapisan tipis slab beton. Metode pengendalian pergerakan lereng tersebut terbukti berhasil dengan baik dan aman. Hasil penelitian ini selanjutnya merekomendasikan agar metode pengendalian lereng ini dapat diaplikasi di lingkungan kerja lain yang mengalami permasalahan sejenis.

Keywords : lereng curam, pergerakan horizontal, penurunan kelandaian, proteksi permukaan

1. PENDAHULUAN

Salah syarat dapat dioperasikannya bangunan Apartemen hunian pekerja PT. Pertamina RU V (Apartemen Amarilis) adalah tersedianya bangunan pengendali banjir (Bendali) kawasan bangun apartemen Amarilis dan lingkungan sekitarnya (Sulardi, 2019). Bangunan kolam pengendali banjir ini berfungsi untuk menampung semua limpasan air permukaan air hujan dari Kawasan lingkungan apartemen Amarilis dan lingkungan sekitarnya tanpa terjadi limpasan banjir. Dari kolam penampungan ini air dibuang secara perlahan-lahan ke saluran badan air sungai ayang ada didekatnya tanpa mengakibatkan luapan badan airnya.

Untuk maksud kemudahan pengaliran alami dan guna menyesuaikan elevasi permukaan tanah dilingkungan sekitarnya maka bangunan kolam pengendali banjir dibangunan pada kedalaman 5 meter dibawah permukaan tanah setempat agar pengaliran air buangan menuju ke kolam pengendali banjir mengalir dengan lancar secara alami. Dampak dari penempatan lokasi bangunan kolam pengendali banjir yang harus dilakukan penggalian lahan dalam dibawah lereng maka disekeliling bangunan kolam terbentuk lereng setinggi 24 meter dengan kecuraman ekstrim hingga 74^{o}. Jika tidak dilakukan penggalian lahan dengan kedalaman tersebut maka aliran air buangan dari kawasan Apartemen Amarilis dan lingkungan sekitarnya tidak dapat masuk kedalam bangunan kolam pengendali banjir. Alternatif pengaliran air buangan menggunakan pompa dan sejenisnya tidak dipilih karena harus membangun kolam penampungan yang lain atau kolam retensi dengan resiko berbiaya sangat mahal.

Permasalahan yang dihadapi dalam pelaksanaan pembangunan kolam pengendali banjir ini adalah adanya indikasi retak-retak diatas puncak lereng yang diduga merupakan indikasi adanya pergerakan horizontal lereng. Hal ini menimbulkan kekhawatiran pada lingkungan pekerjaan karena ada kemungkinan lereng longsor secara tiba-tiba dan menimbun bangunan kolam, pekerja, material, peralatan dan asset perusahaan lainnya yang dapat merugikan perusahaan. Dengan mempertimbangkan beberapa hal tersebut dinyatakan bahwa lereng dalam kondisi *sub standard* dan *unsafe condition*. Tindakan temporary pengamanan galian lereng dilakukan dengan menutup lereng galian dengan terpal dan menutup retakan diatas toping lereng dengan beton. Hal inilah yang mendasari pentingnya penelitian ini untuk dilakukan guna menemukan jawaban atas permasalahan pada pekerjaan proyek kolam pengendali banjir ini. Jika permasalahan tidak diselesaikan maka permasalahan akan terus berlarut-larut dan berpotensi mengakibatkan keterlambatan pekerjaan proyek.

Gambar 1. Kondisi lereng akibat galian

Dari pengamatan kondisi lapangan dilokasi bangunan diduga penyebab permasalahan adalah material tanah lereng dengan jenis *silty clay (tufa*) dan konfigurasi lereng yang curam. Material tanah lereng adalah jenis tanah tufa dengan tekstur tanah yang sangat mudah menyerap air, mudah jenuh air, mudah berubah bentuk, mudah mengembang menjadi lumpur hitam dan mudah longsor. Kemudahan longsor lereng dipicu oleh bentuk konfigurasi lereng yang curam. Sifat material yang mudah jenuh air dan konfigurasi lereng inilah yang selanjutnya menjadi dasar dalam evaluasi perilaku pergerakan material dan metode proteksi lereng yang digunakan.

Gambar 2. Jenis tanah galian lereng

Tujuan penelitian adalah untuk memberikan gambaran perilaku pergerakan horizontal material lereng, penyebab pergerakan lereng dan metode pengendaliannya yang dipandang paling cocok dan sesuai digunakan sehingga lereng dalam kondisi stabil dan aman. Untuk memastikan kondisi lereng aman tanpa pergerakan maka pada bagian puncak lereng (*toping*) dipasang alat monitoring pergerakan horizontal lereng (*inclinometer*).

Perilaku longsoran lereng adalah serangkaian perubahan sifat, bentuk dan pergerakan material tanah yang mengakibatkan pergerakan tanah secara horizontal. Perubahan komposisi mineral akibat aliran air, mikroorganisme tanah dan modifikasi lingkungan mengakibatkan berubahnya sifat, bentuk dan pergerakan material tanah.

Perilaku tanah adalah respon terhadap aksi dan perubahan yang berasal dari lingkungan internal maupun eksternal tanah. Perilaku tanah ini mengakibatkan perubahan bentuk, dimensi dan konfigurasi yang berbeda dari kondisi semula. Maka perubahan sifat fisik material tanah, kembang susut tanah, ukuran dan bentuk lereng adalah variabel yang harus menjadi perhatian dalam kajian masalah stabilitas lereng.

2. METODE

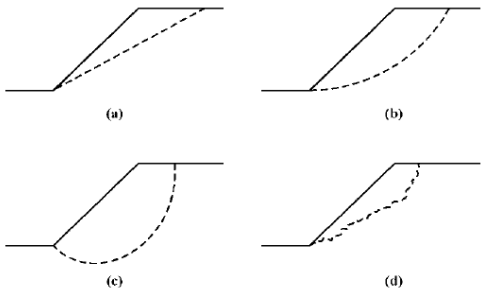
Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan metode pendekatan studi kasus. Metode penelitian berguna untuk mendeskripsikan permasalahan yang terjadi, rumusan permasalahan dan menentukan menentukan penyebab terjadinya permasalahan dan metode kerja dalam penanganan masalah. Penelitian terpakai ini fokus untuk menangani permasalahan unstabilitas lereng akibat pekerjaan galian dalam yang ada pada pekerjaan pembangunan kolam pengendali banjir dengan kondisi material tanah khas dan konfigurasi lereng yang curam, *sub standard* dan *unsafe condition.*

Lokasi penelitian adalah di proyek pembangunan bangunan kolam retensi dan pengendali banjir di kawasan eks perumahan pekerja Komperta Dahor. Bangunan ini selanjutnya diberi identitas sebagai bangunan pengendali banjir Bendali Dahor. Lokasi bangunan Bendali berbatasan dengan jalan disebelah utara, saluran drainase induk kota disebelah selatan, kawasan pemukiman diatas bukit disebelah timur dan jalan raya utama disebelah barat. Kondisi lahan berbukit dengan sedikit kawasan pedataran dimana terletak bangunan Bendali ini. Penempatan Bendali dengan mempertimbangkan keterbatasan ketersediaan lahan dan kemudahan pengaliran air dari kawasan Apartemen Amarilis dan lingkungan sekitarnya serta kemudahan akses pembuangan limpasan air dari Bendali ke badan air saluran induk kota.

Gambar 3. Lokasi bangunan Bendali Dahor

Pendekatan perilaku keruntuhan lereng diasumsikan sebagai keruntuhan yang membentuk pola bidang runtuh yang terjadi. Keruntuhan lereng berupa bidang runtuh yang diakibatkan oleh pergerakan horizontal lereng sebelumnya, adanya getaran dan akibat proses-proses yang lain. Perilaku pergerakan lereng akan memobilisasi tahanan geser secara penuh kemudian secara perlahan-

lahan bergeser turun menuju ke tahanan tanah residual yang berdampak pada turunnya tahanan geser lereng (Hardiyatmo HC, 2019). Pola keruntuhan lereng terjadi dalam bentuk (a) straight line, (b) circular arch, (c) logarithmic spiral dan (d) irregular (Kumar R, dkk, 2019).



Gambar 4. Pola keruntuhan lereng alami

Evaluasi stabilitas lereng dilakukan dengan metode pendekatan elemen hingga (*finite element method*). Metode elemen hingga adalah metode pendekatan numerik dimana struktur kontinum dengan derajat kebebasan tak terhingga disederhanakan secara diskretisasi kontinum menjadi elemen-elemen kecil dengan geometri yang lebih sederhana dengan derajat kebebasan berhingga agar lebih mudah dilakukan analisis. Elemen-elemen diferensial ini mengasumsikan perpindahan secara terkontrol pada nodal-nodalnya dan pada setiap nodal tersebut berlaku syarat keseimbangan dan kompatibilitas. Dengan prinsip energi selanjutnya disusun matrik perilaku pada setiap elemen yang diturunkan persamaan keseimbangannya pada tiap elemen sebagai rumus dasar $\{\varepsilon\} = [C] \{\sigma\}$. Secara definisi konsep angka keselamatan lereng dalam elemen hingga adalah perbandingan antara kuat geser maksimum yang tersedia dibandingkan dengan kuat geser yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan.

Metode analisa stabilitas lereng telah dikembangkan dengan penelitian ekstensif untuk mendapatkan hasil analisa yang akurat sehingga memenuhi seluruh syarat keseimbangan gaya horizontal maupun keseimbangan momen. Hanya saja dalam hal stabilitas lereng selalu ada masalah ketidak pastian terkait hasil perhitungan, geometri lereng, tekanan air pori, berat isi tanah dan parameter kuat geser tanah. Cara untuk menghindari ketidak pastian tersebut adalah dengan metode analisa balik *(back calculation analysis)*. Metode ini dipandang cukup efektif dalam memperkirakan mekanisme kelongsoran pada metode proteksi lereng. Metode analisa balik mengasumsikan kondisi geometri lereng awal pada kondisi stabil dengan angka keamanan 1 untuk memperkirakan besaran kuat geser material lereng yang termobilisasi pada saat terjadi keruntuhan. Agar dihasilkan analisa yang mendekati optimum digunakan pendekatan dengan pengamatan kondisi aktual lapangan pada indikasi-indikasi visual atas kelongsoran yang terjadi. Analisa stabilitas lereng yang digunakan pada penelitian ini adalah metode elemen hingga dengan bantuan *soft ware Plaxis 2D 2019.* Angka

keamanan lereng dihitung dengan metode *Phi-C-Reduction* dengan parameter kuat geser tanah direduksi secara berturut-turut sehingga terjadi keruntuhan lereng.

Analisa stabilitas lereng galian dimaksudkan untuk mengetahui angka keamanan lereng terhadap kelongsoran lereng. Didalam menentukan kriteria dalam merencanakan galian perlu dipertimbangkan mulai pada saat investigasi lapangan sampai dengan tahap perencanaan bangunan proteksi lereng. Nilai faktor keamanan mengacu kepada standar SNI 8460-2019 Persyaratan Perancangan Geoteknik berdasarkan biaya dan konsekwensi kegagalan lereng serta kondisi lingkungan dan resikonya dengan mempertimbangkan biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif dan dengan mempertimbangkan bahwa diatas lereng ada kawasan hunian masyarakat secara permanen maka berdasarkan standar SNI 8460-2019 tersebut ditentukan angka keamanan analisa stabilitas lereng adalah 1.30.

Untuk memastikan spesifikasi dan klasifikasi material tanah lereng dilakukan penyelidikan tanah dengan metode pemboran sedalam 30 meter pada tiga titik lokasi diatas puncak lereng, yaitu 2 titik pada toping lereng sisi timur dan 1 titik pada toping lereng sisi utara (Gambar. 5). Ketiga lokasi ini kondisi lereng galian curam dan diprediksi rawan terjadi longsor. Sampel hasil pemboran selanjutnya dilakukan pengujian kandungan mineral dengan metode uji *X-Ray Diffraction.*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penyelidikan dan Pengujian Tanah

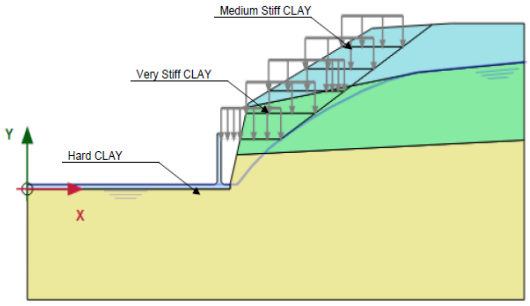
Dari hasil pemboran lereng sedalam 30 meter diperoleh informasi deskripsi lithologi lapisan tanah sedalam pemboran, kekerasan tanah, warna, elevasi muka air tanah, nilai SPT dan klasifikasi tanah. Sedangkan dari uji laboratorium diperoleh nilai *plasticity index* 12-18%. Namun berdasarkan kondisi visual di lapangan menunjukan pada lapis permukaan tanah diprediksi memiliki *shrinkage* yang cukup besar sehingga juga memiliki *shrinkage* relatif yang besar dan mengakibatkan terjadinya retak dipermukaan toping lereng. Secara umum tanah yang memiliki nilai *shrinkage* besar (>25%). Untuk itu dilakukan uji laboratirium yang lain seperti analisa saringan, *Atternerg limit* dan *X-Ray diffraction*.

Gambar 5. Lokasi penyelidikan tanah

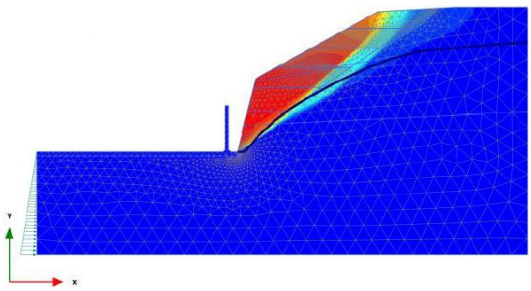
Berdasarkan hasil pengujian sampel tanah diketahui bahwa kandungan mineral tanah lereng adalah *Montmorilonite clay*. Tanah lereng dengan kandungan material *montmorilonite* memiliki kemampuan mengembang (*swelling*) yang tinggi sehingga kandungan air dapat masuk kedalam pori tanah dan menyebabkan terjadinya ekspansi tanah yang bersifat *reversible* dan menurunkan sifat kuat geser material tanah. Informasi lithologi tanah pada kedalaman 4-7 meter adalah lapisan lempung berwarna abu-abu bersisipan *(clay shale)* pasir halus dengan nilai N-SPT. 4-9 dan pada kedalaman 8-30 meter adalah jenis lempung keras (*stiff clay*) dengan N-SPT > 30.

3.2 Hasil Analisis Balik

Hasil analisis balik kelongsoran lereng *(back calculation analysis)* berdasarkan metode elemen hingga yang dilakukan berbantuan software Plaxis 2D 2019 dengan pemodelan kondisi tanah eksisting pada kondisi lereng ekstrim pada saat ini dengan memperkirakan parameter tanah nilai angka keamanan (*safety factor*) 1. Hasil analisis balik kelongsoran menunjukan kondisi longsoran lereng sebagaimana tergambar pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 6. Pelapisan horizontal lereng pada Plaxis

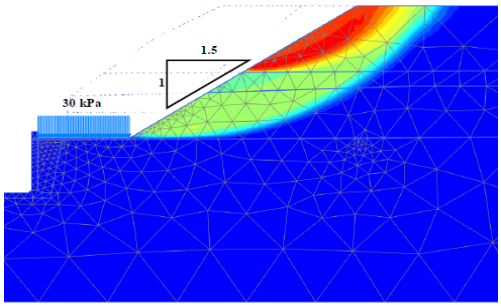


Gambar 7. Stabilitas lereng eksisting

Dari gambar 6 dan gambar 7 ditunjukan bahwa lereng setinggi 24 meter disisi timur dan sisi utara bangunan Bendali berpotensi mengalami kelongsoran hingga pada jarak 8 meter dari tepi lereng eksisting. Longsoran terjadi karena material tanah *medium soft clay* yang kondisinya terbuka akan berubah menjadi tanah lunak dan secara berangsur-angsur mengalami kelongsoran.

3.3 Metode Stabilitas Lereng

Berdasarkan hasil analisa stabilitas lereng diketahui bahwa kondisi lereng akibat penggalian di sisi timur maupun di sisi utara bangunan Bendali rawan terjadi longsoran. Berdasarkan hasil analisa ini pula direkomendasi metode perbaikan stabilitas lereng dengan melakukan pelandaian lereng (*re-sloping*) dengan kemiringan lereng 34^{o} atau dengan kelandaian 1V : 1.5 H.



Gambar 8. Stabilitas lereng setelah dilandaikan

Proses pelandaian lereng dilakukan dengan melakukan penggalian lereng secara bertahap dengan ketebalan 2 meter. Sebelum dilakukan pelandaian lereng maka terlebih dahulu dilakukan pemindahan dan pembongkaran beberapa rumah warga yang berada diatas toping sisi timur lereng. Setelah proses pelandaian lereng selesai hingga mencapai kelandaian 34^{o}, dilanjutkan dengan penimbunan kaki lereng dengan menggunakan material urugan pilihan. Setelah pelandaian lereng selesai dilanjutkan dengan penutupan permukaan lereng dengan material beton bertulang dengan metode beton tembak (*shotcrete*) (SNI 2660: 2019, 2019) dengan mutu beton K-250, dengan tulangan Wiremesh M8-150 dan ketebalan shotcrete 20 Cm. Hasil analisa stabilitas lereng setelah dilandaikan hingga menjadi 34^{o} maka kondisi lereng telah stabil yang ditandai dengan perubahan angka keamanan *(safety factor*) dari 1.0 menjadi 1.48. Proteksi permukaan lereng ini disertai dengan pemasangan fasilitas drainase samping (*weephole*) dengan material PVC berdiameter 2 Inch pada tiap jarak 1 meter dan dibagian tangkapan air dipasang ijuk untuk menyaring tanah. Dibagian atas toping lereng maupun dibagian kaki proteksi lereng dipasang saluran drainase yang terinterkoneksi kedalam kolam pengendali banjir.

3.4 Pembahasan

Kondisi lithologi lapisan tanah lereng adalah jenis lempung halus berwarna abu-abu (*clay shale*) dengan sisipan pasir halus, nilai *plasticity index* 12-18% dengan nilai N-SPT 4-9 pada kedalam 4-7 meter, selanjutnya pada kedalaman 8-30 meter adalah jenis tanah clay shale yang cukup keras. Nilai plasticity index (PI) hasil uji laboratorium tidak korelatif dengan kondisi dilapangan dengan adanya retak-retak pada permukaan toping lereng yang mengindikasikan bahwa telah terjadi kembang susut (*sweeling*) pada material tanah lereng (Sulardi, 2019). Sifat kembang susut yang cukup besar dan

berdampak signifikan terhadap timbulnya retak permukaan sebagai sifat umum material *montmorilonitte clay* (Sulardi, 2019).

Hasil analisis balik kelongsoran lereng *(back calculation analysis)* berdasarkan metode elemen hingga yang dilakukan berbantuan software Plaxis 2D 2019 dengan mengansumsikan stabilitas lereng eksisting pada stabilitas 1.0 (Sulardi, 2019), mengindikasikan bahwa longsoran lereng terjadi pada tebal lapisan 2 meter dan bergerak secara berturut-turut hingga dikaki lereng dengan jarak 6-8 meter dari ujung lereng eksisting. Hal ini sejalan dengan hasil pengamatan visual yang menemukan indikasi retak-retak permukaan toping lereng hingga pada jarak 5.5 meter dari tepi lereng (Sulardi, 2019) yang menggambarkan bahwa material tanah dipermukaan lereng telah terganggu stabilitasnya dan memerlukan lapis proteksi untuk mengamankan merembesnya air kedalam lereng (Sulardi, Agus Sugianto, 2019).

Hasil analisis faktor dan penyebab masalah menunjukan bahwa penyebab dominan adalah sifat material tanah *clay shale* yang mudah terganggu dan konfigurasi lereng yang curam, merekomendasikan metode perbaikan stabilitas lereng dengan menurunkan kelandaian sampai batas aman dan menutup permukaan lereng dengan lapisan tipis slab beton. Rekomendasi ini sesuai dengan syarat keselamatan lereng aman, dimana dibagian atas lereng terdapat hunian masyarakat yang mensyaratkan safety faktor lereng minimum adalah 1.3 (SNI 8460 : 2019, 2019).

4. KESIMPULAN

Dari deskripsi hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal :

1. Pergerakan horizontal lereng terjadi akibat sudut kelerengan yang curam dan terjadinya sifat kembang-susut *(sweeling)* material tanah jenis clay shale.
2. Metode pengendalian potensi longsoran dengan menurunkan kelandaian hingga batas aman, memproteksi lereng dengan lapisan tipis slab beton dan mengatur saluran drainase diatas toping lereng maupun dikaki lereng.

5. SARAN

Berdasarkan manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian disarankan beberapa hal :

1. Agar melakukan monitoring pergerakan horizontal lereng dengan alat *inclinometer* yang dipasang di toping lereng dan mencegah aliran ke tubuh lereng
2. Metode evaluasi perilaku dan pengendalian lereng yang telah dilakukan pada studies kasius ini dapat direplikasi dilokasi kerja lain yang mengalami permasalahan sejenis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan selesainya penelitian dan terbitnya artikel ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada manajemen dan pekerja PT. Kilang Pertamina Balikpapan (PT. KPB) dan PT. Bahana Cipta

Internusa (PT. BCI) yang telah memberikan kesempatan bekerjasama dalam penelitian terpakai dalam rangka mengatasi permasalahan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Hardiyatmo H.C, 2019, Analisis & Perancangan Fondasi Bagian I, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Kumar, R., Bhargava, K., Choudhury, D., 2016. *Estimation of Engineering Properties of Soils from Field SPT using Random Number Generation*. Indian National Academy of Engineering. New Delhi.

SNI 8460 : 2019, 2019, Persyaratan Perancangan Geoteknik

SNI 8660 : 2019, 2019, Spesifikasi Beton Struktural

Sulardi, 2019, Struktur Dinding Pelindung Lereng Dengan Metode Kaki Belalang Tiruan, Teras Jurnal Vo. 9 No. 1, Universitas Malikussaleh, Aceh

Sulardi, 2019, *Slope Walls Protection With the Artificial Grasshoppers Foot Method, Vol. 19 Issue 3 Version 1.0 Year 2019*, Global Journal of Research in Engineering: E Civil and Structural Engineering

Sulardi, Agus Sugianto, 2019, Evaluasi Stabilitas Dinding Pelindung Lereng Bendali Dahor, PT. Pertamina RDMP RU V, Balikpapan

Sulardi, 2019, Dinding Penahan Tanah Dengan Metode Sandaran Berpengikat Cerucuk Ulin, PT. Pertamina RDMP RU V, Balikpapan.

Sulardi, Agus Sugianto, 2020, Stabilitas Lereng Jalan Minyak Baru Dengan Metode Dinding Penehan Tanah Akar Cemara Tiruan, PT. Kilang Pertamina Balikpapan, Balikpapan.