

Penanganan *Clay Shale* pada Pekerjaan *Bored Pile* dan Lereng Galian

Bayu Krishnamukti 23-829

¹Proyek Pembangunan Jalan Bebas Hambatan Seksi 6B, IKN

²PT. Brantas Abipraya (Persero), Jakarta, Indonesia

[*Bayukrisna431@gmail.com](mailto:Bayukrisna431@gmail.com)

Abstract. *Clay shale* merupakan batuan sedimen yang sifatnya keras apabila tidak terekspose atau tidak terkena fase disintegrasi, pada pekerjaan *bored pile* kondisi *clay shale* harus ditangani secara tepat agar dapat tepat mutu, biaya maupun waktu. Struktur lereng yang didominasi oleh lapisan *clay shale*, areal persawahan dan sendang serta timbunan badan jalan yang tinggi membutuhkan solusi praktis dan efisien. Hal ini sangat mempengaruhi kemantapan lereng terkait dengan daya dukung tanah dasar dan kestabilan lereng timbunan. Pada pekerjaan lereng galian jika menemukan *clay shale* harus ditangani dengan tepat agar tidak terjadi *slaking* ataupun *sliding* sehingga ada 2 model perkuatan yakni perkuatan permukaan dan perkuatan pergerakan lereng tersebut.

Kata Kunci: *Clay shale*, *Bored pile*, Lereng galian

1. Pendahuluan

1.1 Definisi

1.1.1 Lereng

Lereng alam adalah lereng yang terbentuk karena proses alam (Wesley, 1977). Gerakan tanah merupakan gerakan menuruni lereng oleh massa tanah atau batuan penyusun lereng, akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut (Cruden dan Varnes, 1996 dalam Ortigo dan Sayao, 2004). Bowles, (1986), Secara umum lereng berada dalam kondisi stabil tanpa ada gangguan dari manusia ataupun perubahan geometri, cuaca dan beban. Air hujan yang meresap kedalam tanah akan menambah berat tanah pada lereng disertai dengan penurunan kekuatan lereng, sehingga mempercepat penurunan stabilitas lereng terhadap kemungkinan terjadinya longsor. Abramson, dkk (1996), untuk evaluasi stabilitas lereng diperlukan beberapa data yaitu: (1) kuat geser tanah, (2) geometri lereng, (3) tekanan pori dan (4) beban serta kondisi lingkungan sekitar lereng. Analisis stabilitas lereng tidak dapat mengabaikan nilai kuat geser tanah, jika digunakan keseimbangan batas sebagai dasar analisis.

Lereng merujuk pada bagian miring dari permukaan tanah atau batuan. Ini dapat terjadi di berbagai konteks geografis dan geologis, termasuk lereng alami di daerah pegunungan, bukit, atau lereng buatan manusia seperti yang ditemukan dalam konstruksi dan rekayasa tanah.

Berikut adalah beberapa konsep terkait dengan lereng:

- a. Stabilitas Lereng (*Slope Stability*): Stabilitas lereng mengacu pada kemampuan lereng untuk tetap utuh dan tidak mengalami kegagalan struktural atau penurunan stabilitas. Beberapa faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng termasuk karakteristik tanah atau batuan, kemiringan lereng, beban, dan kondisi hidrologis.
- b. Analisis Lereng (*Slope Analysis*): Proses mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng, biasanya dengan menggunakan perangkat lunak atau metode perhitungan untuk menilai risiko kegagalan dan mengambil tindakan pencegahan jika diperlukan.
- c. Lereng Buatan (*Man-made Slope*): Lereng buatan diciptakan oleh manusia sebagai bagian dari proyek konstruksi, seperti konstruksi jalan, bendungan, atau tanggul. Desain

dan analisis lereng buatan melibatkan pertimbangan teknik untuk memastikan stabilitas dan keamanan struktural.

- d. Perubahan Bentuk Lereng (*Slope Erosion*): Erosi lereng adalah proses di mana tanah atau batuan di lereng tererosi atau terkikis oleh air, angin, atau aktivitas manusia. Erosi dapat mempengaruhi stabilitas lereng dan menyebabkan perubahan bentuk topografi.
- e. Pemantauan Lereng (*Slope Monitoring*): Pemantauan secara terus-menerus terhadap lereng diperlukan untuk mendeteksi perubahan kondisi yang dapat mempengaruhi stabilitas. Ini melibatkan pengukuran kemiringan, pengukuran tingkat air tanah, dan metode pemantauan lainnya.

Studi geoteknik dan analisis lereng menjadi penting dalam pengembangan proyek konstruksi atau pengelolaan lingkungan untuk memastikan bahwa lereng tetap stabil dan aman dari risiko kegagalan. Evaluasi dan mitigasi risiko terkait dengan stabilitas lereng menjadi bagian penting dari rekayasa tanah dan geoteknik.

Geoteknik memberikan pemahaman mendalam tentang bagaimana tanah dan batuan berinteraksi dengan struktur konstruksi dan bagaimana karakteristik geoteknik ini dapat mempengaruhi stabilitas dan kinerja proyek konstruksi.

Beberapa konsep dan aspek penting dalam geoteknik meliputi:

- a. Pengujian Tanah (*Soil Testing*): Pengumpulan dan analisis sampel tanah untuk menentukan sifat-sifat geoteknik seperti berat jenis tanah, kekuatan geser, dan daya dukung tanah.
- b. Perilaku Tanah: Memahami cara tanah merespon terhadap beban dan pengaruh lingkungan serta memprediksi perubahan perilaku tanah seiring waktu.
- c. Analisis Stabilitas Lereng (*Slope Stability Analysis*): Menilai kemampuan suatu lereng untuk tetap stabil atau mengidentifikasi risiko kegagalan dan mengambil tindakan pencegahan yang sesuai.
- d. Desain Pondasi (*Foundation Design*): Memilih dan merancang pondasi yang sesuai untuk mendukung struktur di atasnya dengan mempertimbangkan karakteristik tanah dan beban yang diterapkan.

- e. Struktur Tanah Dukung (*Earth Retaining Structures*): Merancang dinding penahan tanah, tanggul, atau struktur lainnya yang digunakan untuk menahan atau menahan tekanan tanah.
- f. Drainase Tanah (*Soil Drainage*): Mengelola air tanah untuk mencegah masalah yang berkaitan dengan peningkatan tekanan air tanah.
- g. Pemadatan Tanah (*Soil Compaction*): Mengkompaksi tanah untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan tanah.
- h. Pemantauan Geoteknik (*Geotechnical Monitoring*): Pemantauan terus-menerus terhadap kondisi tanah dan struktur untuk mendeteksi perubahan yang dapat mempengaruhi kinerja geoteknik.

Ilmu geoteknik digunakan dalam berbagai jenis proyek konstruksi, termasuk pembangunan jalan, jembatan, bangunan gedung, bendungan, dan proyek infrastruktur lainnya. Pengetahuan geoteknik yang baik menjadi kunci untuk merencanakan dan melaksanakan proyek konstruksi dengan aman dan efisien.

1.1.2 Clay Shale

Clay shale merupakan sebuah batuan sedimen yang terbentuk oleh sedimentasi tanah berbutir halus seperti lempung, *Clay shale* merupakan transisi antara tanah dan batuan. Permasalahan pada *Clay shale* yakni terjadinya *slaking*.

Lapisan *Clay shale* lapisan batuan sedimen batu lempung yang mempunyai kekuatan daya dukung dan kuat geser tinggi akibat kompresi tinggi saat pembentukannya selama proses tektonik berlangsung, Attewell et al (1976).

Clay shale umumnya didefinisikan sebagai lempung keras (*stiff clay*) yang memiliki rekahan (*fissures*) dan rentan mengalami degradasi kuat geser secara signifikan. *Clay shale* biasanya merupakan lempung *over consolidated* (OC clay) dengan nilai plastisitas dan kandungan montmorillonite yang tinggi. *Clay shale* memiliki sifat dipertengahan antara material batuan dan material tanah. Uniknya, sifat *clay shale* dapat berubah dari material batuan menjadi material tanah dengan cepat (Botts, 1998). *Clay shale* merupakan batuan sedimentasi yang berbentuk

serat halus, terbentuk dari lempung yang termampatkan akibat tekanan yang besar di dalam tanah. *Clay shale* berperilaku mudah hancur menjadi serpihan-serpihan kecil, tipis dan tidak teratur. Secara struktur, *clay shale* bersifat sangat keras (*fresh clay shale*), namun ketika terekspos matahari, udara dan air, dalam waktu yang relatif singkat akan menjadi lempung lunak (*weathered clay shale*) (Gartung, 1986 dalam Irsyam, dkk., 2006).

Pendekatan analisis untuk masalah interaksi tanah – struktur merupakan hal yang penting dengan melibatkan sifat-sifat tanah yang kompleks dan geometri dari masalah yang dihadapi. Permasalahan tersebut terutama disebabkan perilaku tanah yang rumit, terlihat dari sifat tidak linearnya hubungan tegangan-regangan, sifat elasto-plastis yaitu adanya deformasi permanen jika terjadi unloading, dan sifat yang tergantung waktu (*time depend*) seperti tanah lempung.

Clay shale mempunyai karakteristik yang sangat spesifik yaitu dalam keadaan normal keberadaannya atau dalam keadaan segar memnunjukkan nilai kekuatan geser yang besar, sebaliknya ketika mengalami gangguan maka akan secara mengalami perubahan karakteristik dan propertisnya sehingga nilai kekuatan gesernya menurun

Slaking adalah proses pecahnya batuan tersebut yang dapat dipengaruhi oleh:

- a. Iklim (Siklus basah-kering)
- b. Absorpsi air
- c. Kekuatan ikatan diagenetic
- d. Kandungan mineral penyusun
- e. Plastisitas penyusun *clayshale*

Pengujian pada *Clay shale* yakni XRD Test, Slake Durability, Analisa Mineralogi Test dan *Accelerated Slaking Test*

- a. *XRD Test* adalah pengujian untuk mengetahui kandungan mineral tanah. Pengujian XRD pada beberapa sampel yang bertujuan mengetahui kandungan pada setiap batuan yang diuji. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Yokohama University, Jepang. Pengujian XRD digunakan untuk analisa komposisi fasa atau senyawa pada material dan juga karakterisasi Kristal. X-Ray Diffraction (XRD) digunakan untuk mengetahui komposisi mineral dengan

melihat intensitas pada sudut 2θ yang karakteristiknya berbeda untuk setiap senyawa. Untuk mengetahui struktur mineral pada material batu lempung dapat dilihat dari hasil pengujian XRD, dimana setiap bahan memiliki karakteristik panjang gelombang yang berbeda.

- b. *Slake Durability Test* adalah pengujian untuk mengetahui ketahanan tanah jika terendam air dan digunakan secara luas untuk menguji tingkat daya tahan (*durability*) batuan terhadap proses pelapukan.
- c. Analisa mineralogi secara kualitatif dari pengujian XRD digunakan untuk penentuan jenis batuan. Membuat plotting pada peta geologi, kemudian membaca jenis batuan, dan sebaran batuan, lalu mendeskripsikan jenis batuan sesuai dengan mineralogi penyusunnya berdasarkan hasil dari XRD dan peta geologi regional.
- d. Pengujian ini merupakan bentuk pengamatan perilaku batuan untuk menyelidiki proses dan mekanisme slaking pada batuan lapukan dengan detil dan tidak diberikan tekanan pada sampel uji, dengan langkah-langkah sebagai berikut: Pecahkan sampel batuan dengan menggunakan palu, kemudian disaring menggunakan saringan dan ambil sampel yang lolos saringan dengan ukuran 37,5 mm dan tertahan pada saringan dengan ukuran 9,5 mm. lalu susun sampel batuan secara rapi pada wadah dan dipastikan sampel tidak dapat berubah posisi saat direndam oleh air, selanjutnya foto sampel yang telah disusun, lalu sampel direndam dengan air hingga sampel terendam secara penuh. Menyimpan sampel yang telah direndam pada tempat yang memiliki suhu ruangan selama 24 jam, setelah 24 jam, air sampel yang terdapat pada loyang atau wadah dikeluarkan menggunakan suntikan secara hati-hati agar posisi batuan sampel tidak ada yang berubah, kemudian memasukkan sampel ke dalam oven, lalu menyalakan oven dengan suhu 100°C selama 24 jam, setelah 24 jam, sampel dikeluarkan dan difoto, kemudian sampel direndam kembali dengan air, lakukan kembali proses pengulangan diatas, sebanyak 5 kali. Setelah pengulangan kemudian dilakukan perhitungan dengan melakukan analisa saringan terhadap sampel pada siklus ketiga dan siklus kelima. Membuat grafik perubahan ukuran partikel pada setiap sampel perbandingan antara presentase kelolosan dengan ukuran partikel. Kemudian gabungkan grafik dari siklus ketiga dan kelima pada sampel, Kemudian menghitung Breakage Parameter berdasarkan grafik yang didapatkan. Pembahasan tentang Accelerated Slaking Test pernah dilakukan pada batu lempung, lumpur, lanau dan serpih beberapa daerah di dunia, didapatkan hasil bahwa indeks durabilitas slake tidak sepenuhnya mewakili sifat

slaking dari batuan yang mengandung lempung, bahwa rasio disintegrasi adalah parameter yang lebih berarti untuk mengevaluasi perilaku slaking dari batuan yang mengandung lempung dalam praktik rekayasa.

1.1.3 Bored Pile

Metode *bored pile* merujuk pada proses konstruksi dan instalasi pondasi dalam bentuk tiang pancang atau pondasi dalam yang dibuat dengan cara melakukan pengeboran ke dalam tanah dan kemudian diisi dengan beton. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam metode *bored pile*:

- a. Pengeboran (*Drilling*): Proses dimulai dengan pengeboran lubang ke dalam tanah menggunakan peralatan pengeboran khusus seperti rig pengeboran. Diameter lubang dapat bervariasi tergantung pada persyaratan proyek.
- b. Penggalian (*Excavation*): Selama proses pengeboran, tanah atau material lainnya dikeluarkan dari lubang. Hal ini menciptakan rongga atau lubang di dalam tanah.
- c. Penguatan (*Reinforcement*): Penguatan baja, biasanya dalam bentuk kandang atau tulangan, diturunkan ke dalam lubang. Penguatan ini memberikan kekuatan tambahan pada pondasi.
- d. Penempatan Beton (*Concrete Placement*): Setelah penguatan ditempatkan, beton dicurahkan ke dalam lubang. Beton mengisi rongga yang tercipta oleh proses pengeboran dan membentuk ikatan dengan tanah di sekitarnya.
- e. Pemadatan dan Pengerasan (*Compaction and Curing*): Beton dibiarkan untuk mengeras dan mencapai kekuatan yang dibutuhkan. Proses pemadatan dan pengerasan ini penting untuk memastikan kestabilan dan kekuatan pondasi.

Metode *bored pile* sering digunakan ketika kondisi tanah di lokasi proyek tidak mendukung pondasi dangkal atau ketika beban yang diharapkan sangat berat. Keuntungan dari metode ini termasuk kemampuan untuk menembus berbagai jenis tanah, mencapai kedalaman yang signifikan, dan memberikan kapasitas dukung beban yang tinggi.

Pemilihan metode *bored pile* biasanya dipengaruhi oleh kondisi tanah, persyaratan struktural, dan kebutuhan khusus proyek konstruksi. Metode ini umumnya digunakan dalam proyek-proyek konstruksi seperti gedung pencakar langit, jembatan, dan struktur lainnya yang memerlukan dukungan pondasi dalam.

1.1.4 Soil Investigation

Soil investigation, atau penyelidikan tanah, adalah suatu proses di mana insinyur geoteknik mengumpulkan informasi mengenai sifat dan karakteristik tanah di suatu lokasi tertentu. Penyelidikan tanah ini sangat penting dalam perencanaan dan desain proyek konstruksi, terutama ketika melibatkan struktur atau pondasi yang akan berada di atas atau di dalam tanah. Berikut beberapa langkah umum yang terlibat dalam *soil investigation*:

- a. Pemilihan Lokasi: Menentukan lokasi-lokasi di mana penelitian tanah akan dilakukan. Lokasi-lokasi ini harus mencakup area yang akan terpengaruh oleh proyek konstruksi.
- b. Bor Tanah (*Soil Boring*): Proses ini melibatkan pengeboran lubang-lubang di tanah untuk mengambil sampel-sampel tanah dari berbagai kedalaman. Sampel tanah kemudian dianalisis untuk menentukan tipe tanah, kelembaban, kandungan air, dan sifat-sifat lainnya.
- c. Uji Tanah (*Soil Testing*): Sampel-sampel tanah yang diambil dari bor diuji di laboratorium untuk mengukur berbagai sifat fisik dan mekanik, seperti berat jenis, kekuatan geser, daya dukung tanah, dan sebagainya.
- d. Pengukuran Ketinggian Air Tanah: Menentukan tingkat air tanah di lokasi tersebut untuk memahami pengaruh air tanah terhadap sifat tanah dan konstruksi.
- e. Pemantauan Kontaminasi Tanah (*Soil Contamination Monitoring*): Jika diperlukan, penelitian tanah juga dapat mencakup pemantauan kontaminasi tanah jika lokasi tersebut memiliki riwayat pencemaran atau potensi risiko pencemaran.
- f. Analisis Geoteknik: Berdasarkan data yang dikumpulkan, insinyur geoteknik melakukan analisis untuk menentukan kondisi tanah dan memberikan rekomendasi desain fondasi atau struktur lainnya yang tepat.

Soil investigation memberikan pemahaman yang mendalam tentang kondisi geoteknik di lokasi konstruksi, dan hasilnya digunakan dalam desain fondasi, perhitungan stabilitas lereng, dan keputusan konstruksi lainnya. Tujuannya adalah untuk meminimalkan risiko dan memastikan bahwa proyek konstruksi dapat berlangsung dengan aman dan efisien sesuai dengan kondisi tanah setempat.

1.1.5 Polymer

Polymer adalah molekul besar yang terbentuk dari pengulangan struktur molekul yang lebih kecil yang disebut monomer. Proses pembentukan polymer dikenal sebagai polimerisasi, dan ini dapat terjadi secara alami atau melalui sintesis kimia.

Beberapa definisi dan konsep terkait dengan polymer meliputi:

a. Monomer

Monomer adalah molekul kecil yang menjadi unit dasar pembentukan polymer. Ketika monomer diulang secara berulang, ia membentuk rantai panjang yang disebut polimer.

b. Polimerisasi

Polimerisasi adalah proses di mana monomer-monomer dihubungkan bersama untuk membentuk rantai panjang yang disebut polimer. Ada dua jenis polimerisasi utama: polimerisasi adisi (*addition polymerization*) dan polimerisasi kondensasi (*condensation polymerization*).

c. Molekul Besar

Polimer memiliki berat molekuler yang jauh lebih besar daripada monomer individu. Ini karena monomer diulang secara berulang untuk membentuk rantai panjang.

d. Plastik

Banyak polimer dikenal sebagai plastik. Plastik adalah polimer yang dapat dicetak atau dibentuk menjadi berbagai bentuk dan digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari kemasan hingga industri otomotif.

e. Elastomer

Sebaliknya, elastomer adalah jenis polimer yang memiliki sifat elastis, artinya mereka dapat meregang dan kemudian kembali ke bentuk aslinya. Karet alami dan neoprene adalah contoh elastomer.

f. Biopolimer

Biopolimer adalah polimer yang ditemukan secara alami di alam dan biasanya terkait dengan makhluk hidup. Contoh biopolimer termasuk protein, polisakarida, dan asam nukleat (DNA dan RNA).

Polymer digunakan dalam berbagai industri, termasuk industri plastik, farmasi, tekstil, dan elektronik. Kekuatan dan fleksibilitas sifat polimer membuatnya sangat serbaguna dalam berbagai aplikasi.

1.2 Permasalahan

Secara karakteristik *Clay shale* harus segera mendapatkan penanganan dengan metode yang tepat agar tidak terjadi pekerjaan berulang ataupun kegagalan struktur. Pada tulisan ini difokuskan pada kajian terhadap perubahan potensi keberadaan bidang longsor pada lapisan *Clay shale* yang perlu perhatian khusus seperti penanganan yang terintegrasi dengan struktur utamanya untuk mempertahankan stabilitasnya perlu dilakukan.

Perkuatan lereng adalah serangkaian tindakan atau teknik yang diterapkan untuk meningkatkan stabilitas lereng dan mengurangi risiko kegagalan lereng. Kelebihan beban, air yang berlebihan, gempa bumi, atau perubahan kondisi geologi dapat menyebabkan lereng alami menjadi tidak stabil. Beberapa teknik perkuatan lereng umum melibatkan:

- a. Pembangunan Dinding Penahan (*Retaining Walls*): Dinding penahan adalah struktur vertikal yang dibangun di lereng untuk menahan tanah dan air. Dinding penahan dapat dibangun dari berbagai bahan, seperti beton bertulang, batu bata, atau gabion (dinding yang terbuat dari kotak berisi batu).

- b. Tiang Pancang (*Pile*): Pemancangan tiang di dalam atau di sekitar lereng untuk meningkatkan kestabilan. Bore pile atau tiang pancang dalam dapat digunakan tergantung pada kondisi tanah dan kebutuhan proyek.
- c. Perkuatan Tanah (*Soil Reinforcement*): Metode ini melibatkan penggunaan bahan tambahan seperti geogrid atau geotextile yang ditempatkan di dalam tanah untuk meningkatkan kekuatan geser dan stabilitas keseluruhan.
- d. Drainase yang Efektif: Mengelola air tanah atau air hujan dengan sistem drainase yang baik dapat membantu mencegah lereng dari penurunan stabilitas karena peningkatan beban air.
- e. Pengurangan Kemiringan Lereng (*Slope Flattening*): Dalam beberapa kasus, mengurangi kemiringan lereng dapat menjadi solusi untuk meningkatkan stabilitas. Namun, ini tergantung pada kondisi geologi dan topografi serta persyaratan proyek.
- f. Sistem pemantauan lereng dengan menggunakan alat-alat seperti piezometer (untuk mengukur tekanan air tanah) atau tiltmeter (untuk mengukur perubahan kemiringan) dapat membantu dalam mendeteksi perubahan kondisi dan mengambil tindakan preventif jika diperlukan.

Pilihan teknik perkuatan lereng akan sangat tergantung pada karakteristik lereng, kondisi tanah, dan kebutuhan proyek tertentu. Sebelum menerapkan perkuatan lereng, perlu dilakukan evaluasi geoteknik yang cermat untuk memahami kondisi tanah dan faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi stabilitas lereng.

1.3 Manfaat Artikel

- a. Mengetahui karakteristik dari *Clayshale*
- b. Mitigasi resiko penanganan *Clayshale* pada pekerjaan *Bored Pile*
- c. Metode penanganan *Clayshale* pada pekerjaan lereng galian

2. Metodologi

- a. Melakukan *Soil Investigation* dan evaluasi Topografi. Tes laboratorium untuk mengetahui jenis tanah yang ada di lokasi kerja merupakan *Clayshale* atau bukan
- b. Setelah didapat hasil laboratorium maka dapat dilakukan penentuan metode *bored pile* dan kekuatan lereng galian
- c. Menyiapkan Sequence maupun *act plan* terhadap metode yang ditentukan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Mitigasi resiko penanganan *Clay shale* pada lokasi *bored pile*

a. Tahap Persiapan

- *Soil Investigation*

Melakukan *Soil Investigation* dan mengevaluasi hasilnya sehingga dapat menentukan alat *bored pile* beserta polymer yang akan digunakan dalam melakukan pekerjaan tersebut

- Bentonite

Bentonite berfungsi sebagai stabilitas dinding lubang karena sifat bentonite sendiri bisa sebagai alat perekat maupun filler atau pengisi sehingga dapat membantu menyokong beban yang bekerja di atasnya.

PROPERTIES	BENTONITE SLURRY
Viscositas	40 – 50 detik
Density	1,03 – 1,07 g/l
PengujianPh	9 - 11
Air & Bentonite	1000 Lt & 120 Kg
Soda Ash	Jika Ph air < 7, Volume menyesuaikan kebutuhan lapangan

Tabel.1 Properties Bentonite

Bentonite ada 2 tipe tergantung lokasi penggunaannya jika lokasi pekerjaan dekat laut maka jenis bentonite yang digunakan yakni Tipe SW akan tetapi jika lahan regular maka penggunaan bentonite tipe P2.

- Klausal Kontrak

Menambahkan klausul kontrak subkontraktor Bored pile terkait loses beton maksimal 15% (Tergantung *characteristic Clayshale*) jika hasil di lapangan lebih dari nilai loses yang ditentukan maka akan menjadi tanggung jawab subkontraktor.

b. Tahap Pekerjaan

- Polymer

Dalam penggunaan polymer harus diperhatikan Ph air dan viskositasnya harus sesuai dengan spesifikasi

- B0 (Beton *Non Structural*)

Pengajuan material B0 untuk mitigasi jika terjadi keruntuhan lubang *bored pile* (terdapat aliran pada lubang *bored pile*) harus segera dilakukan pengecoran menggunakan B0 agar lubang terjaga dan dapat dilakukan pengeboran ulang (material B0 bisa dimasukkan dalam kontrak dengan dasar justifikasi evaluasi lapangan, hasil soil investigasi dan pengujian XRD pada tanah *clayshale* pada saat *soil investigasi*)

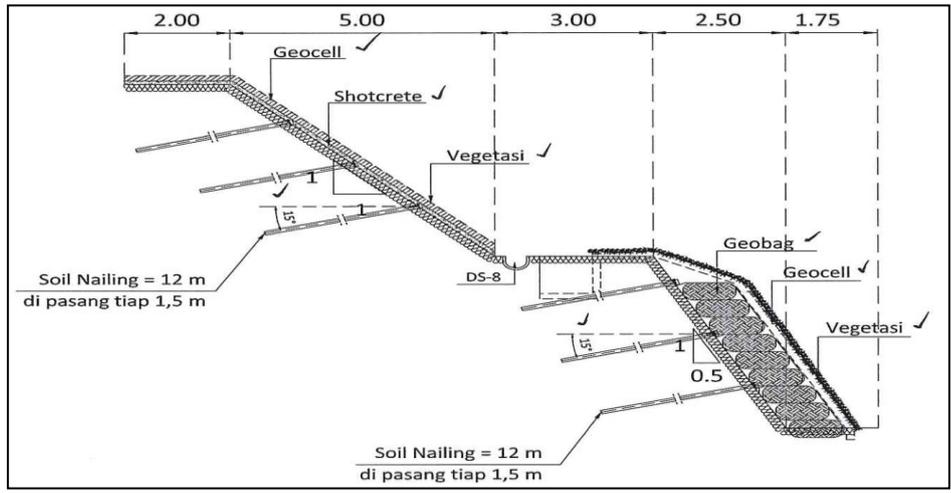
3.2 Metode penanganan *Clayshale* pada pekerjaan lereng galian



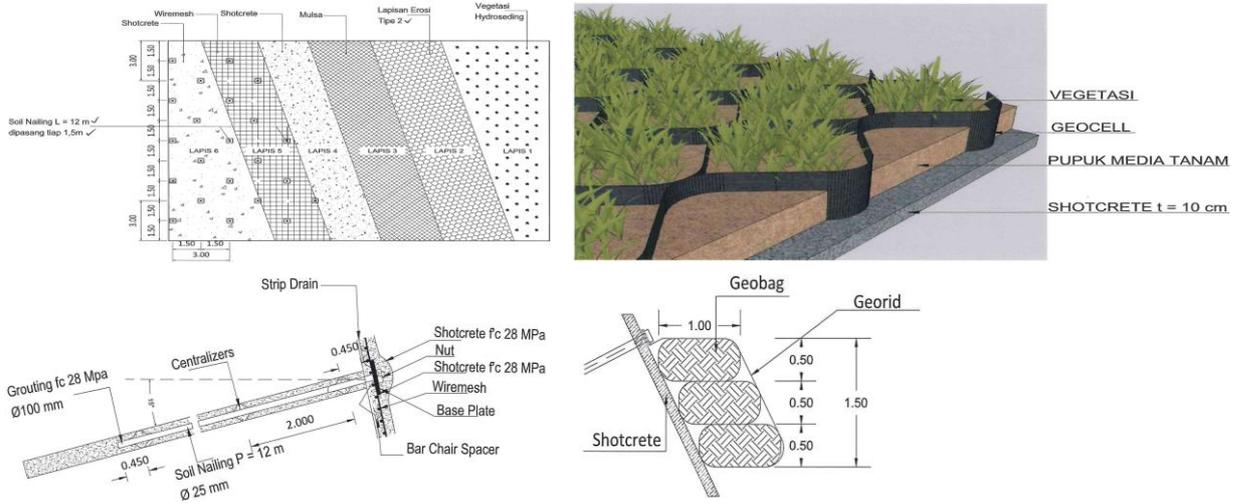
Gambar 1. Contoh Kasus *Clay Shale*

Terjadinya retakan pada lereng galian *clay shale* dengan pola retakan memanjang akibat ekspose *clay shale* pada lereng selama 1 tahun pada lokasi jalan lingkar sepaku segmen 2 kawasan 1A KIPP IKN. Pada desain tidak ada proteksi penanganan permukaan lereng dan saluran perimeter di atas lereng.

Sesuai dengan karakteristik *Clay shale* bahwasanya area yang terdapat *Clay shale* tidak diperbolehkan dengan kondisi ekspose terlalu lama dikarenakan dapat terjadi retakan memanjang.



Gambar.2 Desain penanganan lereng galian



Gambar.3 Detail Desain penanganan lereng galian

- **Geocell** adalah struktur berbentuk sel yang terbuat dari bahan plastik yang fleksibel dan tahan lama. Struktur seluler ini dapat ditemukan dalam bentuk lembaran atau panel yang dapat dipasang di lapangan untuk membentuk sistem bertekstur berlubang yang berfungsi sebagai penahan tanah atau perkuatan struktur tanah. Geocell digunakan dalam berbagai aplikasi geoteknik untuk meningkatkan stabilitas tanah dan mengontrol erosi. Beberapa definisi dan karakteristik geocell meliputi:
 - a. **Bahan Baku:** Geocell umumnya terbuat dari bahan polietilena tinggi berdensitas (HDPE) atau bahan plastik lainnya yang tahan terhadap kondisi lingkungan dan memiliki sifat tahan lama.
 - b. **Struktur Berbentuk Sel:** Geocell memiliki pola seluler dengan dinding-dinding yang membentuk sel atau kantong terbuka. Sel-sel ini dapat diperluas dan diisi dengan tanah, agregat, atau bahan serupa.
 - c. **Fleksibel dan Lentur:** Material plastik yang digunakan dalam pembuatan geocell memberikan fleksibilitas yang tinggi, memungkinkan adaptasi terhadap topografi dan pergerakan tanah.
 - d. **Penggunaan Umum:** Geocell digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk penahan tanah, perkuatan lereng, perbaikan jalan, pengendalian erosi, dan konstruksi dinding penahan.
 - e. **Penyusunan dan Instalasi:** Geocell dipasang di lapangan dengan cara menyusun lembaran atau panel dan mengisi sel-selnya dengan tanah atau bahan pengisi lainnya. Setelah diisi, geocell membentuk struktur berpori yang memperkuat tanah atau struktur yang diaplikasikan.
 - f. **Manfaat:** Penggunaan geocell dapat meningkatkan daya dukung tanah, mengontrol erosi, mencegah penurunan tanah, dan memberikan solusi ekonomis untuk proyek-proyek konstruksi geoteknik.
 - g. **Kelebihan penggunaan geocell meliputi** kemudahan instalasi, keterjangkauan, dan fleksibilitas aplikasi. Geocell sering digunakan dalam proyek-proyek konstruksi yang melibatkan peningkatan stabilitas tanah dan perlindungan lingkungan.

- **Geobag** adalah material yang berbentuk seperti bantal yang terbuat dari jahitan kain geotextile Non – Woven dengan massa bervariasi, umumnya 100 gsm – 700 gsm. Dan akan di isi dengan tanah pasir, atau batu
- **Geogrid** adalah bahan geosintetik untuk memperkuat tanah dan bahan sejenis berbentuk dari lubang – lubang yang membentuk grid – grid.
- **Soil nailing** merupakan teknik perkuatan tanah in-situ untuk menjaga kestabilan galian tanah dengan cara memasukkan perkuatan dengan ukuran relatif kecil (biasanya besi beton) yang dipasang dengan spasi yang dekat ke dalam massa tanah sehingga secara lokal tanah menjadi stabil. Dalam pemasangan soil nailing juga harus melihat arah sikap bidang gelincir agar pemasangan soil nailing dapat memberikan efek dalam perkuatan lereng, pada suatu kondisi jika suatu soil nailing men gharuskan pemasangan yang derajatnya kearah atas maka dalam grouting dapat dibantu dengan Sika bond agar pengunci antara soil nailing dan tanah dapat maksimal.
- Shotcrete adalah satu metode semen yang disemprotkan melalui selang dengan tenaga hidrolik yang memiliki tekanan dan kecepatan tinggi ke suatu permukaan yang berfungsi untuk menahan runtuh pada tanah yang sebelumnya sudah diberikan wiremesh sebagai komponen perkuatan lereng

3.3 Mitigasi resiko penanganan *Clay shale* pada lokasi pekerjaan galian lereng

Kelongsoran adalah gerakan tanah merupakan proses perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah tegak, mendatar atau miring terhadap kedudukan semula karena pengaruh air, gravitasi, dan beban luar. Untuk mempermudah pengenalan tipe gerak tanah dan membantu dalam menentukan penyebab serta cara penanggulangannya maka perlu adanya klasifikasi tanah berdasarkan material yang bergerak, jenis gerakan dan mekanismenya.

Penanggulangan Kelongsoran Pekerjaan penanggulangan kelongsoran meliputi :

1. Pekerjaan Pengendalian Dimaksudkan untuk mengurangi resiko terjadinya longsora dengan cara mengubah kondisi alam atau topografi, seperti :

- a. Pengendalian air permukaan (*surface water drainage*) dengan cara perencanaan tata saluran permukaan, penanaman vegetasi, perbaikan permukaan lereng.
 - b. Pengendalian air rembesan (*ground water drainage*) dengan saluran terbuka, pengalir tegak (*vertical drain*), pengalir datar (*horizontal drain*), pengalir parit pencegat (*interceptor drain*).
 - c. Pekerjaan peningkatan counter weight.
2. Pekerjaan Penambatan Dengan membangun konstruksi yang mampu menjaga kestabilan masa tanah/batuan, seperti:
- a. Penambatan tanah dengan membangun dinding penahan tanah (*retaining wall*), bronjong, *bored pile*.
 - b. Penambatan batuan dengan tumpuan beton, batu batuan (*rock bolt*), jangkar kabel (*rock anchor*), dan beton semprot (*shotcrete*).

Tahap Persiapan

- *Soil Investigation*

Melakukan *Soil Investigation* dan mengevaluasi hasilnya sehingga dapat menentukan alat *bored pile* beserta polymer yang akan digunakan dalam melakukan pekerjaan tersebut

- Evaluasi Material

Evaluasi material Geobag, Geocell dan Geogrid, material harus mampu menahan perubahan cuaca dalam waktu cepat atau tidak mudah lapuk

- Evaluasi Alat

Alat drilling maupun alat shotcrete harus sesuai dengan metode yang akan digunakan dalam pekerjaan tersebut, Secara pelaksanaan dalam pengerjaan di lokasi Clayshale

lebih baik menggunakan metode dry drill dan dry shotcrete dikarenakan menyesuaikan dengan karakteristik clayshale yang dapat terjadi Slaking maupun Sliding apabila terkena udara air maupun iklim.

Tahap Pekerjaan

- Galian

Pekerjaan galian lereng harus dilakukan dengan cepat dan langsung dirapihkan bentuk slopenya agar dapat langsung ditindak lanjuti proteksi lereng sehingga area clayshale tidak mengekspose dengan waktu yang lama

- Pekerjaan Shotcrete dan drilling

Pekerjaan Shotcrete dan drilling harus menggunakan metode *dry* dikarenakan karakteristik *clayshale* tidak boleh kontak udara dan air dalam waktu yang lama agar tidak terjadi proses *slaking*.

4. Kesimpulan

Clay shale merupakan jenis tanah yang unik dan perlu dilakukan treatment khusus dalam Pembangunan konstruksi di area tersebut, dengan karakteristik tersebut diperlukan perencanaan proyek dan mitigasi resiko secara detail baik dari segi teknis dan klausul kontrak yang dapat mendukung proses Perusahaan, jika tidak direncanakan secara detail maka dapat mengakibatkan *over cost* yang dapat merugikan Perusahaan.

Maka dari itu dalam mengantisipasi hal yang tidak sejalan dengan prosedur bisnis Perusahaan dalam memulai proyek harus membuat skema dalam pelaksanaan teknis ataupun membuat action plan (Strategi) dalam menghadapi atau memulai proyek agar Ketika proyek berjalan dapat tepat BMW yakni Biaya, Mutu & waktu, sehingga sebagai tim proyek dapat memitigasi hal hal yang diprediksi dapat mengakibatkan *rework* akibat perencanaan act plan maupun sequence pekerjaan yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan.

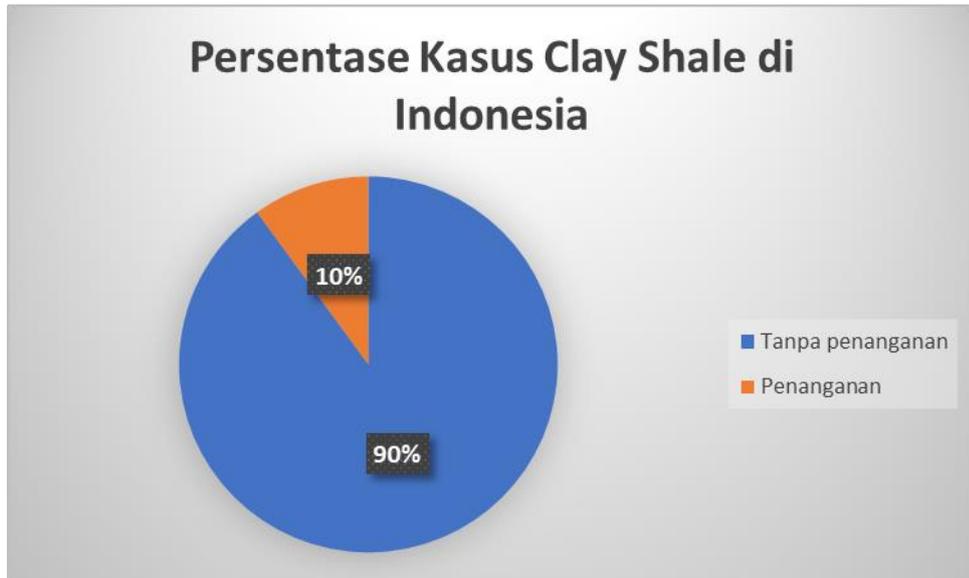
Pada kasus *Clay shale* di Indonesia pada lokasi yang tanpa penanganan memiliki persentase kerusakan yang sering terjadi berikut beberapa kasus *clay shale* di Indonesia



Gambar 2. Kelongsoran di jalan tol Semarang – Solo



Gambar 3. Kelongsoran di jalan tol Cipularang



Gambar 4. Persentase kasus *Slaking* pada lokasi *Clay Shale* di Indonesia

REFERENSI

- Abramson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S., dan Boyce, G.M., 1996, *Slope Stability and Stabilization Methods*, John Wiley & Sons, Kanada.
- Anonim, 2007, "User's Guide Slope/W for Slope Stability Analysis", Geo-Slope International Ltd, Calgary, Alberta, Canada.
- Anonim, 2007, "User's Guide Sigma/W for Finite Element Stress and Deformation analysis", Geo-Slope International Ltd, Calgary, Alberta, Canada.
- Bowles, J.E., 1986, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, edisi kedua, Erlangga, Jakarta, Indonesia.
- Botts, M. E., 1998, Effects of Slaking on the Strength of *Clay Shales*, Proceedings of the 2nd International Symposium on the Geotechnics of Hard Soils / Soft Rocks, Vol 1, Naples, Italy, October 1998.
- Desai, C.S., Fellow, ASCE, Samtani, N. C., 1995, Constitutive Modelling of Geologic Materials, *Int. J. Numerical and Analytical Method in Geomechanics*, Vol. 10, NO. 3, May – June, hal. 225-257.
- Irsyam, M., Susila, E., dan Himawan, A., 2006, Slope Failure of Embakment on Clayshale at KM