



Antisipasi Penanganan Masalah pada Praktek Keinsinyuran untuk Pekerjaan Penanganan Longsoran dengan Menggunakan *Bore Pile*

Tania T. Lapadengan^{1*}, Sangkertadi², Sisca V. Pandey³

¹⁻³Program Profesi Insinyur, Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi, Indonesia

*Penulis korespondensi: tazrianalapadengan@gmail.com¹

Abstract. *In engineering practice, various methods have been implemented to stabilize landslide-prone slopes, one of which is the use of bore piles. Bore piles are structures that hold back soil and make slopes more stable by reinforcing the ground inside them. However, the application of bore piles in landslide mitigation presents its own challenges, making it essential to identify and anticipate potential issues that may arise in field engineering practice. Bore piles are installed vertically, either parallel or staggered, at specific spacing and are often combined with capping beams and struts to resist soil movement and provide lateral restraint. This method is commonly applied to high-risk slopes or critical infrastructures such as roads, bridges, and buildings. Anticipation strategies in engineering practice consist of three stages: planning, implementation, and long-term maintenance, with this study focusing specifically on anticipation strategies during the implementation stage. Although bore piles serve as an effective solution to reduce landslide risk, their success depends heavily on proper planning, construction execution, and maintenance. Issues such as soil conditions, construction quality, and external factors must be addressed through a comprehensive engineering approach.*

Keywords: *Anticipation of Implementation; Bore Pile; Geotechnical Engineering; Slope Stability; Soil Retention*

Abstrak. Dalam dunia keinsinyuran, berbagai metode telah diterapkan untuk menstabilkan lereng rawan longsor, salah satunya adalah penggunaan *bore pile* atau tiang bor. *Bore pile* bekerja sebagai sistem penahan tanah yang mampu meningkatkan kestabilan lereng melalui perkuatan dari dalam tanah. Namun, penerapan *bore pile* dalam penanganan longsoran juga memiliki tantangan tersendiri. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi dan mengantisipasi berbagai masalah yang mungkin muncul dalam praktik keinsinyuran di lapangan. *Bore pile* dipasang secara vertikal sejajar atau berselang dengan jarak tertentu, dan sering dikombinasikan dengan *capping beam* dan *strutting* untuk menghambat pergerakan tanah dan memberikan tahanan lateral. Umumnya diterapkan pada lereng dengan risiko tinggi atau infrastruktur penting (jalan, jembatan, gedung). Strategi Antisipasi dalam Praktek Keinsinyuran terbagi atas tiga yaitu, Antisipasi pada Tahap Perencanaan, Antisipasi pada Tahap Pelaksanaan, dan Antisipasi jangka Panjang. Dalam penelitian ini hendak membahas tentang Antisipasi pada tahap Pelaksanaan. Penggunaan *bore pile* merupakan solusi efektif dalam mengurangi risiko longsor, namun keberhasilan metode ini sangat bergantung pada perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan yang baik. Permasalahan seperti kondisi tanah, kualitas pekerjaan, dan faktor eksternal harus diantisipasi dengan pendekatan keinsinyuran yang komprehensif.

Kata kunci: Antisipasi Pelaksanaan; Bore Pile; Keinsinyuran Geoteknik; Penahan Tanah; Stabilitas Lereng

1. LATAR BELAKANG

Sulawesi Utara merupakan salah satu daerah di Indonesia dengan topografi yang beragam, kondisi geologi yang kompleks, dan curah hujan yang tinggi setiap tahunnya. Tiga komponen ini secara langsung berkontribusi pada tingkat kerawanan tanah longsor yang tinggi, terutama di wilayah perbukitan dan pegunungan yang tersebar di berbagai kabupaten dan kota. Fakta bahwa longsor dapat merusak infrastruktur transportasi dan fasilitas umum, serta mengancam keselamatan jiwa dan kerugian ekonomi yang besar, membuat fenomena ini menjadi perhatian serius bagi pemerintah maupun para ahli keinsinyuran.

Dalam dunia keinsinyuran, berbagai metode telah diterapkan untuk menstabilkan lereng rawan longsor, salah satunya adalah penggunaan *bore pile* atau tiang bor. *Bore pile* bekerja

sebagai sistem penahan tanah (*retaining structure*) yang mampu meningkatkan kestabilan lereng melalui perkuatan dari dalam tanah. Hal ini disebabkan oleh kemampuan untuk menembus lapisan tanah yang lebih lemah dan memberikan tahanan lateral yang besar.

Semua tahapan pekerjaan dimulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan jangka panjang memerlukan strategi antisipasi yang komprehensif karena kompleksitas tersebut. Namun, karena tingginya risiko teknis di lapangan, penelitian ini secara khusus memfokuskan pada strategi antisipasi pada tahap pelaksanaan konstruksi *bore pile*. Diharapkan strategi ini dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang berbagai masalah yang mungkin terjadi selama tahap pelaksanaan.

2. KAJIAN TEORITIS

Jenis pondasi yang harus dipilih bergantung pada beban yang harus didukung, kondisi tanah di sekitar pondasi, dan biaya pembuatan pondasi yang dibandingkan dengan biaya konstruksi. Struktur berbentuk tiang yang dipasang secara vertikal dengan cara mengebor tanah dan mengisinya dengan beton bertulang disebut *bore pile*. Sistem ini adalah salah satu solusi untuk menangani upaya tanah longsor karena kekuatan lereng dapat menstabilkan kondisi lereng yang rawan longsor dan meminimalkan risiko kerusakan.

Pemakaian pondasi bored pile memiliki beberapa keuntungan, seperti:

- a. Proses pemasangan tidak menghasilkan kebisingan atau getaran yang dapat membahayakan bangunan di sekitarnya.
- b. Metode ini dapat mengurangi volume beton dan kebutuhan tulangan dowel pada kepala tiang karena kolom dapat dipasang langsung di atas kepala tiang yang dibor.
- c. Kedalaman tiang dapat disesuaikan dengan kebutuhan lapangan.
- d. Kondisi tanah dapat diamati secara langsung dan dibandingkan dengan hasil uji laboratorium.
- e. *Bore pile* dapat dipasang hingga melewati lapisan batuan
- f. *Bore pile* dapat dibuat dengan diameter yang besar dan bagian ujung bawahnya dapat diperlebar untuk meningkatkan kapasitas daya dukung
- g. Dengan metode ini, tidak ada risiko peningkatan muka tanah.

Pemilihan Strategi Pelaksanaan Pekerjaan

Untuk memilih metode konstruksi yang tepat, beberapa faktor harus diperhatikan. Berikut adalah beberapa faktor yang perlu diperhatikan saat menentukan ruang lingkup

pekerjaan dan durasi pelaksanaannya, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kebutuhan biaya:

- a. Ketersediaan tenaga kerja yang memiliki keterampilan yang memadai untuk menerapkan teknik konstruksi tertentu.
- b. Ketersediaan sumber daya yang mendukung pendekatan konstruksi yang dipilih.
- c. Kecukupan material atau bahan.
- d. Waktu pelaksanaan yang lebih optimal dibandingkan dengan alternatif metode yang lain.
- e. Biaya yang kompetitif.

Dalam beberapa situasi, pilihan metode dapat terbatas karena metode pelaksanaan dipengaruhi oleh desain bangunan, kondisi medan atau lokasi kerja, ketersediaan tenaga kerja, material, dan peralatan seperti yang dijelaskan sebelumnya.

Prinsip Kerja *Bore Pile* dalam Penanganan Longsor

Untuk meningkatkan stabilitas lereng dan mengurangi pergerakan massa tanah, *bore pile* digunakan sebagai penahan. Penerapannya disesuaikan dengan kondisi geoteknik dan tingkat risiko di lokasi. Secara umum, prinsip kerjanya adalah sebagai berikut:

- a. *Bore Pile* dipasang secara vertikal sejajar atau berselang dengan jarak tertentu sehingga mengurangi deformasi lereng dan meningkatkan faktor keamanan.
- b. Dapat dikombinasikan dengan balok pengikat (*capping beam*) dan *strutting*, terutama pada daerah atau lokasi dengan tekanan lateral yang tinggi atau kondisi tanah yang lunak.
- c. Bertujuan untuk menghambat pergerakan massa tanah dan memberikan tambahan tahanan lateral.
- d. Umumnya diterapkan pada lereng dengan risiko tinggi atau infrastruktur yang vital seperti jalan, jembatan, gedung.

3. METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan gambaran faktual tentang tantangan teknis dan non-teknis yang muncul selama proses konstruksi, penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif rekayasa yang berfokus pada kondisi aktual pelaksanaan pekerjaan *bore pile* pada lokasi proyek.

Pengumpulan Data

Ada beberapa cara untuk mendapatkan data:

- a. **Observasi Lapangan** untuk memastikan kesesuaian mutu melibatkan pengawasan proses pengeboran, pemasangan tulangan, pengukuran diameter dan kedalaman bor, dan pengecoran beton menggunakan pipa *tremie*.
- b. **Analisis Dokumentasi** yang mencakup foto lapangan, laporan harian pekerjaan, spesifikasi teknis, metode pelaksanaan, dan data geoteknik yang mendukung evaluasi kondisi tanah.
- c. **Wawancara Teknis** terhadap pelaksana, pengawas lapangan, dan operator alat untuk mendapatkan informasi tentang hambatan operasional dan efisiensi metode pelaksanaan.
- d. **Wawancara Teknis** terhadap pelaksana, pengawas lapangan, dan operator alat untuk mendapatkan informasi tentang hambatan operasional dan efisiensi metode pelaksanaan.
- e. **Analisis Literatur dan Standar yang Relevan**, tentang pekerjaan *bore pile*.

Metode untuk Analisis

Data dianalisis menggunakan prosedur berikut:

- a. **Identifikasi Masalah** pada seluruh tahap pekerjaan, baik yang bersifat teknis maupun non-teknis.
- b. **Analisis Akar Penyebab** dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi tanah, alat, dan prosedur pelaksanaan.
- c. **Evaluasi Dampak** pada kualitas bor, produktivitas, dan keselamatan kerja.
- d. **Wawancara Teknis** terhadap pelaksana, pengawas lapangan, dan operator alat untuk mendapatkan informasi tentang hambatan operasional dan efisiensi metode pelaksanaan.
- e. **Perumusan Strategi Antisipasi** mengacu pada standar pelaksanaan konstruksi dan praktik keinsinyuran.

Validasi

Hasil analisis divalidasi melalui Pertemuan Pengendalian Jadwal (SCM) dan pemeriksaan mutu di lapangan, yang memeriksa dimensi *bore*, pembesian, dan kualitas beton. Validasi ini memastikan bahwa solusi yang dihasilkan berguna dan sesuai dengan keadaan proyek yang sebenarnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Permasalahan Teknis

Dalam metode pelaksanaannya, *bore* pile memiliki banyak tantangan teknis yang dapat mengurangi kualitas struktur. Beberapa masalah penting termasuk:

Kondisi Tanah yang Tidak Terduga

Kebudayaan lensa pasir, batuan lepas, atau air tanah yang tinggi dapat menyulitkan pengeboran dan menurunkan daya dukung *bore pile*.

Kualitas Pelaksanaan Pekerjaan

Kegagalan dalam pengecoran (concrete bleeding, segregation); Pembesian tidak sesuai spesifikasi (penempatan tidak tepat, sambungan tidak kuat); Ketidaktepatan dimensi pile dan kedalaman.

Kesalahan Desain Geoteknik

Ketidakkuratan dalam estimasi gaya lateral dan tekanan tanah aktif; Tidak mempertimbangkan efek gempa atau kejenuhan air.

Permasalahan Non-Teknis

Selain kendala teknis yang ada di lapangan, pekerjaan *bore pile* di lereng sering dihadapkan pada berbagai masalah non-teknis yang dapat mengganggu pelaksanaan pekerjaan. Agar waktu, biaya, dan kualitas konstruksi tidak terganggu, masalah ini harus diidentifikasi sejak awal. Secara umum, beberapa masalah non-teknis yang sering terjadi antara lain:

Keterbatasan Akses Lokasi

Alat bor tidak dapat masuk ke lokasi lereng terjal; Mobilisasi alat berat yang sulit dan berisiko.

Masalah Lingkungan dan Sosial

Gangguan pada sistem drainase alamiah; Protes warga karena getaran, suara, atau pembukaan lahan.

Biaya dan Waktu

Bore pile termasuk metode yang mahal dan memakan waktu; Jika tidak terencana dengan baik, bisa menyebabkan pemborosan anggaran.

Strategi Antisipasi dalam Praktek

Strategi Antisipasi dalam Praktek Keinsinyuran terbagi atas tiga yaitu, Antisipasi pada Tahap Perencanaan, Antisipasi pada Tahap Pelaksanaan, dan Antisipasi jangka Panjang. Dalam bagian ini hendak dibahas tentang Antisipasi pada tahap Pelaksanaan. Pada antisipasi Tahap Pelaksanaan ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain sebagai berikut :

Pengawasan Ketat Kualitas Pengeboran dan Pengecoran

Untuk memastikan bahwa fungsi struktural *bore pile* berjalan sesuai rencana, pengawasan kualitas merupakan komponen paling penting. Penggunaan *tremie pipe* untuk pengecoran bawah air; Monitoring pembesian dan pengecekan dimensi *bore* secara berkala.

Penerapan SOP K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja)

Dalam proyek konstruksi, keselamatan kerja sangat penting, terutama saat bekerja di tanah jenuh, lereng terjal, dan dengan alat berat yang memiliki risiko kecelakaan tinggi. Untuk memastikan keamanan dan kelancaran pekerjaan, prosedur K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) yang tepat diperlukan. Penggunaan alat pelindung diri (APD); Penataan lokasi kerja agar aman dari longsoran susulan.

Manajemen Proyek yang Efisien

Perencanaan yang baik harus disertai dengan Pelaksanaan yang efektif dimana memerlukan koordinasi dan efisiensi untuk keberhasilan. Jadwal kerja yang realistis; Koordinasi antara tim perencana, pelaksana, dan pengawas.

Solusi

Pada pengecoran awal, beton yang dipesan sebagai SCC tidak dapat digunakan karena telah mengalami penurunan *workability* akibat waktu tunggu yang terlalu lama. Kondisi ini menyebabkan beton mengeras sebelum proses pengecoran, sehingga tidak memenuhi syarat *slump-flow* yang diperlukan untuk diaplikasikan pada *bore pile*.

Untuk mencegah hal tersebut terjadi lagi, pemesanan beton berikutnya dilakukan setelah seluruh persiapan lapangan. Oleh karena itu, beton SCC dapat digunakan segera setelah tiba di lokasi untuk memastikan bahwa kualitas, homogenitas, dan kemampuan mengalir (*flowability*) tetap terjaga selama proses pengecoran. Langkah ini mengurangi risiko segregasi dan *cold joint* serta memastikan kualitas *bore pile* sesuai spesifikasi pekerjaan yang telah ditetapkan.



Gambar 1. Pengecoran *Bore Pile*.

Dalam kasus di mana suatu pekerjaan termasuk dalam kategori paket kritis, evaluasi menyeluruh dilakukan terhadap item pekerjaan yang mengalami keterlambatan melalui pelaksanaan rapat pengendalian jadwal atau SCM (*Schedule Control Meeting*). Berdasarkan hasil evaluasi, penyedia diberi kesempatan untuk memperpanjang waktu dalam jangka waktu

yang disepakati bersama untuk memulihkan deviasi keterlambatan sehingga dapat mencapai kemajuan sesuai dengan jadwal dasar yang telah direncanakan.



Gambar 2. Rapat SCM.

Untuk memastikan bahwa pelaksanaan konstruksi tetap berjalan sesuai rencana kerja dan agar rencana mutu pekerjaan tetap terpenuhi sesuai spesifikasi, evaluasi rutin seperti ini sangat penting.

Keterlambatan yang terjadi disebabkan oleh karena alat pengeboran yang tidak dapat menembus lapisan tanah dan batuan yang keras serta jumlah alat kurang memadai sehingga produktivitas pengeboran menurun. Untuk mengatasi hal tersebut solusi yang kami lakukan adalah dengan adanya penambahan alat *bore pile* dan mata bore dengan jenis *rock roller bit* atau revolving cutter bit.

Penambahan alat ini dimaksudkan untuk meningkatkan kecepatan pengeboran, efisiensi operasional, dan ketertinggalan pekerjaan. Dengan alat yang lebih sesuai secara teknis, proses pengeboran menjadi lebih stabil, risiko kerusakan alat berkurang, dan kualitas tetap sesuai dengan spesifikasi teknis. Untuk menjamin terpenuhinya target waktu pelaksanaan tetap, langkah korektif ini merupakan bagian dari rencana percepatan.



Gambar 3. Penambahan Alat Pengeboran Bore Pile.

Rock roller bit sebagai mata bor khusus untuk penetrasi lapisan tanah keras atau batuan. Bit ini dilengkapi gigi pemotong berketahanan tinggi yang bekerja dengan mekanisme *rolling-crushing* untuk meningkatkan efektivitas pemboran dan menjaga stabilitas serta dimensi lubang bor pada kondisi geologi keras.



Gambar 4. Mata Bor *Rock roller bit*.

Revolving cutter bit digunakan untuk pemboran pada tanah keras hingga semi-batuan. Mekanisme pemotongan berputar menghasilkan fragmentasi material yang lebih halus, meningkatkan efisiensi penetrasi dan menjaga kestabilan lubang bor selama pelaksanaan bore pile.



Gambar 5. Mata Bor *revolving cutter bit*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan *bore pile* merupakan solusi efektif untuk penanganan lereng yang berisiko longsor tingi namun keberhasilan metode ini sangat bergantung pada perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan yang baik. Permasalahan seperti kondisi tanah, kualitas pekerjaan, dan faktor eksternal harus diantisipasi dengan pendekatan keinsinyuran yang komprehensif

Untuk melakukan *bore pile* di lereng dengan geologi yang kompleks, diperlukan standar operasional yang lebih rinci. Pemantauan pasca-konstruksi harus dilakukan untuk mengevaluasi perilaku *bore pile* terhadap perubahan kondisi tanah dan beban dinamis. Sangat disarankan untuk melibatkan tenaga ahli geoteknik di lapangan dalam proyek sejenis agar dapat membuat keputusan dengan cepat saat terjadi kendala teknis.

DAFTAR REFERENSI

- Atkinson, J. (2007). *The mechanics of soils and foundations* (2nd ed.). Taylor & Francis.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, & Japan International Cooperation Agency. (2022). *Manual of slope disaster risk management*.
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation analysis and design*. McGraw-Hill.
- Coduto, D. P., Kitch, W. A., & Yeung, M. R. (2016). *Foundation design: Principles and practices* (3rd ed.). Pearson.
- Craig, R. F. (2012). *Craig's soil mechanics* (8th ed.). Spon Press.
- Das, B. M. (2011). *Principles of geotechnical engineering*. Cengage Learning.
- Fellenius, B. H. (2014). *Basics of foundation design*. Richmond, B.C.: Bengt Fellenius.
- Goktan, R. M., & Gunes, Y. (2005). A semi-empirical approach to the prediction of drilling performance in rock drilling. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 105(8), 525–535.
- Hardiyatmo, H. C. (2011). *Analisis dan perencanaan fondasi I* (Edisi 2). Gadjah Mada University Press.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (2011). *An introduction to geotechnical engineering* (2nd ed.). Pearson.
- Jawat, I. W., Gita, P. P. T., & Dharmayoga, I. M. S. (2020). Kajian metoda pelaksanaan pekerjaan pondasi bored pile pada tahap perencanaan pelaksanaan. *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(2), 126–142.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Peraturan Menteri PUPR No. 28/PRT/M/2016 tentang Bangunan Penahan Tanah*.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1979). *Soil mechanics*. John Wiley & Sons.
- Mitchell, R. (2007). *Drilling: The manual of methods, applications, and management*. CRC Press.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice* (3rd ed.). Wiley-Interscience.
- Wahyudi, D. (2020). *Stabilitas lereng dan penanganannya di Indonesia*.
- Zhang, L. M., & Zhang, L. L. (2017). Reliability assessment of slope stability: State-of-the-art review. *Géotechnique*, 67(4), 1–20. <https://doi.org/10.1680/jgeot.16.P.172>