

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Metode PECoLiT dalam pekerjaan terowongan muncul sebagai solusi inovatif yang menjawab tantangan kompleks dalam pelaksanaan konstruksi bawah tanah, khususnya pada proyek Bendungan Manikin. Dengan latar belakang kondisi geologi yang tidak stabil serta tekanan penyelesaian pekerjaan dalam waktu yang terbatas, pendekatan ini menawarkan cara kerja yang lebih adaptif dan efisien dibandingkan metode konvensional. Melalui pembagian zona kerja dan pelaksanaan kegiatan konstruksi secara simultan, metode paralel ini tidak hanya mampu mengoptimalkan durasi pekerjaan, tetapi juga menekan biaya operasional secara signifikan. Berdasarkan hasil analisis dan pengamatan selama proses magang, berikut ini disampaikan poin-poin penting sebagai kesimpulan dari penelitian dan penerapan metode PECoLiT.

1. Latar Belakang Kebutuhan Metode Paralel

Pekerjaan terowongan pada proyek Bendungan Manikin menghadapi tantangan geoteknik yang signifikan, khususnya karena berada pada Formasi Bobonaro yang memiliki karakteristik lempung ekspansif dan mudah mengalami deformasi dalam waktu singkat. Risiko kestabilan galian akibat kondisi tanah ini mendorong perlunya metode pelaksanaan yang adaptif terhadap perubahan geologi. Selain itu, adanya target percepatan waktu konstruksi dari pemilik proyek menjadi dorongan tambahan untuk mencari solusi yang tidak hanya tangguh secara teknis, tetapi juga mampu mengefisienkan durasi pekerjaan. Dalam konteks inilah, metode PECoLiT (*Parallel Excavation and Concrete Lining for Tunnel*) hadir sebagai respons terhadap keterbatasan pendekatan konvensional yang bersifat linier atau sekuensial.

2. Analisis Penerapan Metode PECoLiT

Metode PECoLiT pada dasarnya merupakan pengembangan dari pendekatan NATM (*New Austrian Tunneling Method*), namun dengan strategi pelaksanaan yang diadaptasi agar dapat dilakukan secara bersamaan dalam satu

jalur kerja. Dalam metode ini, satu terowongan dibagi ke dalam beberapa zona kerja yang memungkinkan dilakukannya berbagai aktivitas secara paralel seperti penggalian, pengecoran *invert*, hingga pembesian dan pengecoran lining beton. Penerapan metode ini membutuhkan koordinasi yang sangat cermat antar tim kerja, pengelolaan logistik yang efisien di ruang terbatas, dan perencanaan urutan pekerjaan yang fleksibel namun presisi. Hasil pengamatan selama magang dan partisipasi dalam diskusi lapangan membuktikan bahwa sistem ini dapat dijalankan dengan baik, asalkan didukung oleh manajemen konstruksi yang kuat dan responsif.

3. Efektivitas terhadap Waktu dan Biaya

Melalui simulasi menggunakan Microsoft Project, diketahui bahwa metode paralel mampu mereduksi waktu pelaksanaan pekerjaan hingga **45,8%** dibandingkan pendekatan sekuensial. Efisiensi waktu ini kemudian berdampak langsung terhadap penghematan biaya operasional proyek, termasuk pengurangan jam kerja alat berat, tenaga kerja, dan beban biaya tidak langsung lainnya. Berdasarkan data yang dianalisis, metode PECOliT mencatat penghematan biaya sebesar **sekitar 48%** dari total anggaran jika dibandingkan dengan metode linier. Hasil ini menunjukkan bahwa metode paralel bukan hanya layak secara teknis, tetapi juga sangat menjanjikan dari sisi manajemen biaya dan jadwal proyek terutama pada proyek berskala besar dan kompleks seperti bendungan.

5.2 Saran

Penelitian ini memberikan gambaran awal mengenai efektivitas penerapan metode paralel dalam pekerjaan terowongan pengelak, khususnya pada proyek Bendungan Manikin. Namun, untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif dan akurat, terdapat beberapa hal yang perlu dikaji lebih lanjut dalam penelitian berikutnya.

1. Analisis Lebih Lanjut terhadap Faktor Penghambat Metode Paralel

Penerapan metode paralel tidak terlepas dari berbagai hambatan teknis dan operasional. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggali lebih dalam mengenai faktor-faktor penghambat yang kerap muncul di lapangan, seperti

keterbatasan ruang kerja dalam terowongan, tingginya risiko deformasi pada massa tanah, kerusakan peralatan, serta kesulitan dalam mobilisasi logistik dan pengaturan pekerja. Terlebih, pengaturan tenaga kerja harus memperhatikan standar keselamatan kerja di ruang terbatas, sehingga dibutuhkan pendekatan manajemen yang lebih presisi. Kajian terhadap hambatan-hambatan ini akan sangat berguna untuk menyusun strategi implementasi metode paralel yang lebih efektif dan efisien.

2. Pendalaman Studi Geologi Formasi Kompleks Bobonaro

Kondisi geologi lokal, terutama karakteristik Formasi Bobonaro, menjadi aspek krusial yang perlu dikaji lebih detail. Formasi ini dikenal memiliki sifat lempung ekspansif yang mudah berubah volume akibat perubahan kadar air, serta memiliki potensi deformasi yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian lanjutan sebaiknya menyertakan uji laboratorium dan analisis geoteknik yang lebih komprehensif untuk mengetahui perilaku mekanik tanah. Pemahaman ini penting dalam merancang sistem perkuatan awal (*primary support*), menentukan ketebalan *shotcrete*, serta memperkirakan seberapa cepat struktur permanen harus dipasang untuk menjaga kestabilan terowongan.

3. Perluasan Cakupan Analisis Waktu dan Biaya Secara Keseluruhan

Penelitian ini mengambil sampel pada beberapa segmen terowongan untuk menganalisis efektivitas waktu dan biaya. Namun, untuk memperoleh hasil yang lebih representatif dan menyeluruh, saran berikutnya adalah memperluas cakupan evaluasi mencakup seluruh jalur terowongan dari awal penggalian di inlet hingga *breakthrough* di *outlet*. Dengan membandingkan metode paralel dan sekuensial pada rentang waktu penuh, hasil analisis akan memiliki validitas yang lebih kuat, terutama dalam menilai efisiensi total proyek. Skala analisis yang lebih besar juga akan lebih mendekati kondisi aktual pelaksanaan proyek konstruksi terowongan berskala besar.