

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur transportasi massal di kawasan perkotaan padat seperti Jakarta menuntut metode konstruksi yang efektif, efisien, dan aman (Metrolinx, 2021). Salah satu proyek strategis yang tengah berlangsung adalah *Mass Rapid Transit* (MRT) Jakarta Fase 2A, khususnya pada paket pekerjaan CP202 – Harmoni hingga Sawah Besar (MRT Jakarta, 2025). Pada segmen ini, pekerjaan konstruksi dilakukan hampir seluruhnya di bawah tanah sehingga penggunaan *Tunnel Boring Machine* (TBM) menjadi pilihan utama untuk mencapai ketepatan linier, meminimalkan gangguan pada permukaan, serta meningkatkan keselamatan kerja (Static Plow, 2023).

Dalam pelaksanaannya, TBM memiliki peran sangat vital karena produktivitasnya secara langsung memengaruhi durasi dan biaya proyek. Salah satu parameter utama untuk menilai kinerja TBM adalah *advance rate*, yaitu laju kemajuan penggalian yang mencerminkan kinerja operasi secara keseluruhan. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa produktivitas TBM dipengaruhi oleh kondisi geologi, performa mesin, serta *downtime* operasional (Patel & Pandit, 2017; Patel & Pandit, 2018). Studi berbasis *machine learning* juga menegaskan bahwa parameter operasi seperti *thrust* dan kecepatan putar *cutterhead* berpengaruh terhadap kinerja penggalian (Zhang et al., 2022; Ma et al., 2022). Ketidakpastian kinerja TBM dan faktor risiko konstruksi tersebut dapat berkontribusi terhadap keterlambatan dan *cost overrun* pada pekerjaan terowongan, sehingga perencanaan produktivitas TBM umumnya disusun secara detail mencakup target kemajuan, efektivitas operasional, serta potensi hambatan yang dapat memengaruhi capaian harian maupun bulanan (Patel & Pandit, 2017; Zhang et al., 2022).

Pada pekerjaan terowongan segmen Harmoni–Sawah Besar, indikasi adanya variabilitas produktivitas terlihat dari fluktuasi capaian *advance rate* TBM selama pelaksanaan. Fenomena variabilitas *advance rate* dan produktivitas harian seperti ini juga banyak dilaporkan pada proyek metro lain, dan dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara realisasi dengan rencana waktu maupun biaya (Patel & Pandit, 2017; Zhang et al., 2022). Jika produktivitas aktual lebih rendah dari nilai rencana, maka konsekuensinya dapat berupa perpanjangan waktu konstruksi, peningkatan biaya operasional, serta potensi keterlambatan terhadap *milestone* proyek MRT Jakarta Fase 2A secara keseluruhan. Di sisi lain, literatur mengenai risiko konstruksi TBM menegaskan bahwa tahapan penggalian terowongan dengan TBM memiliki tingkat risiko keselamatan yang tinggi, sehingga pengendalian parameter operasi dan produktivitas perlu dilakukan secara hati-hati untuk menjaga keselamatan dan kualitas pekerjaan (Tarrés-Puertas et al., 2024).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan analisis produktivitas penggalian TBM melalui perbandingan produktivitas rencana dan produktivitas aktual pada segmen Harmoni–Sawah Besar. Dalam penelitian ini, produktivitas rencana (*plan*) ditetapkan berdasarkan dua acuan perencanaan, yaitu *Tunnel Parameter* (target produktivitas harian) dan *Baseline Schedule* (rencana durasi pelaksanaan), sehingga evaluasi kinerja dapat dilakukan dengan melihat kesesuaian capaian aktual terhadap kedua acuan tersebut. Penelitian dilakukan pada TBM 1 tipe *Earth Pressure Balance* (EPB) jalur *northbound*, baik secara keseluruhan maupun berdasarkan fase operasi penggalian, yaitu *initial drive*, *main drive*, dan *arrival*. Pendekatan ini sejalan dengan kajian produktivitas yang membandingkan kondisi rencana–aktual untuk mengevaluasi efisiensi pelaksanaan dan mengidentifikasi deviasi terhadap rencana (Patel & Pandit, 2017).

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menganalisis data *Tunnel Ring Monitoring* TBM 1 sebagai data utama, serta menggunakan dokumen *Tunnel Parameter* dan *Baseline Schedule* sebagai acuan perencanaan. Produktivitas dihitung dalam satuan ring/hari (serta konversinya ke m/hari) sebagai representasi *advance rate* pada terowongan bersegmen. Hasil penelitian diharapkan

menghasilkan nilai produktivitas rencana dan aktual, kecenderungan perbedaan capaian terhadap kedua acuan rencana, serta identifikasi fase operasi yang paling berkaitan dengan penurunan produktivitas. Temuan ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi pengendalian waktu proyek terowongan dan referensi penetapan target produktivitas TBM pada proyek sejenis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan ruang lingkup penelitian, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai produktivitas rencana penggalian TBM 1 berdasarkan *Baseline Schedule* dan *Tunnel Parameter* pada pekerjaan *Tunnel* Harmoni–Sawah Besar Proyek MRT Jakarta Fase 2A (CP202)?
2. Berapa nilai produktivitas aktual penggalian TBM 1 berdasarkan data *ring* pada segmen *Tunnel* Harmoni–Sawah Besar?
3. Berapa besar deviasi antara produktivitas rencana dan produktivitas aktual penggalian TBM 1 pada segmen *Tunnel* Harmoni–Sawah Besar Proyek MRT Jakarta Fase 2A (CP202)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai produktivitas rencana penggalian TBM 1 berdasarkan *Baseline Schedule* dan *Tunnel Parameter* pada pekerjaan *Tunnel* Harmoni–Sawah Besar Proyek MRT Jakarta Fase 2A (CP202).
2. Mengetahui nilai produktivitas aktual penggalian TBM 1 berdasarkan data *ring* pada segmen *Tunnel* Harmoni–Sawah Besar.

3. Menganalisis besarnya deviasi antara produktivitas rencana dan produktivitas aktual penggalian TBM 1 pada segmen *Tunnel* Harmoni–Sawah Besar Proyek MRT Jakarta Fase 2A (CP202).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil analisis tersebut diharapkan bermanfaat:

1. Bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang manajemen konstruksi, khususnya kajian produktivitas TBM.
2. Bagi dunia industri dan pengambil keputusan sebagai bahan evaluasi produktivitas penggalian TBM dan ketercapaian jadwal proyek.
3. Bagi pembangunan dan masyarakat melalui dukungan informasi terhadap peningkatan perencanaan dan pengelolaan proyek transportasi *Massal* berbasis *Tunnel*.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada beberapa aspek berikut:

1. Penelitian dilakukan pada pekerjaan penggalian *Tunnel* segmen Harmoni–Sawah Besar Proyek MRT Jakarta Fase 2A (CP202).
2. Alat yang dikaji adalah *Tunnel Boring Machine* 1 (TBM 1) tipe *Earth Pressure Balance* (EPB) untuk jalur *northbound*.
3. Data yang digunakan terbatas pada periode operasi TBM 1 pada segmen *Tunnel* Harmoni–Sawah Besar, pekerjaan di luar periode tersebut tidak dianalisis.
4. Penelitian menggunakan dokumen *Baseline Schedule* sebagai sumber produktivitas rencana (misalnya target 225 m/bulan untuk *bored Tunnel Main drive*) dan durasi rencana.
5. Produktivitas penggalian TBM 1 dihitung secara terpisah untuk setiap fase operasi, yaitu fase *Initial drive*, *Main drive*, dan *arrival*.

6. Periode pengamatan produktivitas aktual dibatasi pada operasi penggalian TBM 1 mulai 20 Mei 2025 pukul 23.16 sampai dengan 9 September 2025 pukul 23.09 WIB, berdasarkan data *Tunnel Ring Monitoring* TBM 1.
7. Parameter kinerja yang dianalisis dibatasi pada produktivitas/*advance rate* TBM (*ring*/hari dan/atau m/hari). *Penetration rate* tidak dianalisis karena memerlukan data khusus saat *boring* murni (misalnya mm/rev atau m/jam saat cutterhead memotong) yang berada di luar ruang lingkup data dan analisis penelitian ini.