

BAB 5.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimasi produktivitas dan mengurangi *waste* pada pekerjaan *bored pile* melalui penerapan *Advanced Value Stream Mapping* (AVSM) dan simulasi *Building Information Modelling* (BIM) 4D. Fokus penelitian meliputi analisis produktivitas berdasarkan *Rate of Penetration* (ROP) dan *Cycle Time* (C/T), identifikasi *waste* menggunakan *5 Why Analysis*, penyusunan *Current State* dan *Future State Value Stream Mapping*, serta simulasi jadwal pekerjaan menggunakan BIM 4D. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Produktivitas pekerjaan *bored pile* pada zona observasi menunjukkan hasil yang berbeda berdasarkan nilai ROP dan C/T. Analisis produktivitas juga mempertimbangkan informasi kondisi tanah berdasarkan data *drilling log/bore log* sebagai salah satu faktor pendukung dalam menginterpretasikan perbedaan produktivitas antarzona. Zona dengan produktivitas tinggi adalah Zona 19, Zona 20, dan Zona 21. Zona 21 menjadi zona paling produktif karena memiliki nilai ROP tertinggi sebesar 15,06 m/jam dan C/T terendah sebesar 81 menit 03 detik. Sebaliknya, Zona 22 memiliki produktivitas rendah karena nilai ROP paling kecil sebesar 13,29 m/jam, sedangkan Zona 8 memiliki C/T paling lama sebesar 110 menit 27 detik.
2. *Waste* yang teridentifikasi pada pekerjaan *bored pile* meliputi *defect*, *overprocessing*, *waiting*, dan *motion*. Berdasarkan *5 Why Analysis*, akar penyebab *waste* berasal dari kurangnya koordinasi pekerjaan, keterlambatan material, ketidakteraturan alur kerja, pergerakan alat yang kurang efektif, serta kelalaian operator. Aktivitas *waiting* pada proses menunggu kedatangan *ready mix* menjadi *waste* yang paling dominan sehingga usulan perbaikan difokuskan pada pengurangan *waiting time*, peningkatan koordinasi distribusi material, dan pengendalian aktivitas pendukung di lapangan.

3. Penyusunan *Current State* dan *Future State Value Stream Mapping* menunjukkan adanya potensi pengurangan pemborosan pada pekerjaan *bored pile*. Total *cycle time* satu siklus pekerjaan berkurang dari 549,382 menit menjadi 269,759 menit atau sebesar 50,8%, sementara waktu aktivitas bernilai tambah (*Value Adding Activity/VAA*) tetap sebesar 89,759 menit. Pengurangan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah tersebut meningkatkan nilai *Process Cycle Efficiency* (PCE) dari 16,34% menjadi 33,27%, sehingga menunjukkan potensi peningkatan efisiensi proses kerja tanpa mengurangi aktivitas utama pekerjaan.
4. Simulasi BIM 4D menunjukkan perbedaan kondisi antara *Current State* dan *Future State* pekerjaan *bored pile*. Berdasarkan skenario *Future State*, durasi pelaksanaan berkurang dari 78 hari menjadi 62 hari, atau lebih cepat 16 hari (20,51%). Selain itu, kapasitas produksi secara teoritis meningkat dari 16 titik/hari menjadi 22 titik/hari dengan asumsi usulan perbaikan diterapkan secara konsisten. Hasil simulasi tersebut menunjukkan potensi BIM 4D sebagai media visualisasi untuk mengevaluasi urutan pekerjaan, membandingkan jadwal sebelum dan sesudah perbaikan, serta mendukung pengambilan keputusan pelaksanaan.

Secara keseluruhan, pada studi kasus ini penerapan *Advanced Value Stream Mapping* (AVSM) dan BIM 4D menunjukkan potensi dalam mendukung optimasi produktivitas dan pengurangan *waste* pada pekerjaan *bored pile*. AVSM memberikan dasar dalam mengidentifikasi pemborosan dan menyusun usulan perbaikan proses, sedangkan BIM 4D memvisualisasikan dampak usulan tersebut terhadap urutan pekerjaan dan jadwal pelaksanaan secara lebih sistematis.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat dijadikan masukan bagi pelaksanaan proyek dan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Pihak pelaksana proyek perlu meningkatkan pengendalian aktivitas pendukung pekerjaan *bored pile*, terutama pada proses pengecoran. Kesiapan *truck mixer*, material, operator, dan akses kerja perlu dikontrol lebih ketat karena aktivitas menunggu terbukti memberikan pengaruh besar terhadap *cycle time*.
2. Penyusunan jadwal pekerjaan *bored pile* sebaiknya tidak hanya mengikuti realisasi lapangan, tetapi juga mempertimbangkan urutan zona, kapasitas alat, kesiapan material, dan potensi perpindahan alat. Dengan alur yang lebih sistematis, potensi *waiting* dan *motion* dapat dikurangi sejak tahap perencanaan.
3. Penerapan AVSM sebaiknya digunakan sebagai alat evaluasi rutin pada pekerjaan berulang seperti *bored pile*. Metode ini membantu pelaksana membedakan aktivitas bernilai tambah dan aktivitas pemborosan secara lebih jelas, sehingga perbaikan proses dapat dilakukan berdasarkan data waktu aktual.
4. BIM 4D perlu dimanfaatkan sejak tahap perencanaan jadwal, bukan hanya sebagai visualisasi akhir. Integrasi model 3D dan jadwal dapat membantu tim proyek membaca urutan pekerjaan, potensi tumpang tindih, serta dampak perubahan jadwal sebelum pekerjaan dilaksanakan.
5. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variabel biaya, jumlah tenaga kerja, dan produktivitas masing-masing alat secara lebih detail. Dengan demikian, optimasi tidak hanya dilihat dari sisi waktu dan *waste*, tetapi juga dari sisi biaya dan efisiensi sumber daya.
6. Penelitian berikutnya juga dapat mengembangkan integrasi AVSM, BIM 4D, dan data *digital* lapangan secara lebih otomatis, misalnya melalui *dashboard monitoring*, sensor alat, atau pencatatan produktivitas harian berbasis *digital* agar evaluasi produktivitas dapat dilakukan secara lebih cepat dan *real time*.