

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai implementasi BIM, Common Data Environment (CDE PU), *clash detection* menggunakan Autodesk Navisworks, dan visualisasi 4D menggunakan Synchro pada Proyek Pembangunan Jembatan Penghubung Pulau Kalimantan – Pulau Laut, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Implementasi BIM menggunakan Autodesk Revit berhasil menghasilkan model digital terpadu yang mencakup seluruh disiplin struktural, arsitektural, dan utilitas. Pengembangan *federated model* lintas disiplin memungkinkan koordinasi yang lebih terstruktur dan berbasis data, menghasilkan gambar koordinasi yang akurat dan kemampuan *Quantity Take Off* (QTO) berbasis model yang mengurangi ketergantungan pada perhitungan manual. Implementasi ini membuktikan bahwa BIM tidak sekadar alat pemodelan, melainkan metodologi komprehensif yang mengubah cara tim proyek berkoordinasi dan mengambil keputusan.
2. Clash detection menggunakan Autodesk Navisworks berhasil mengidentifikasi dan menyelesaikan sejumlah konflik geometris antardisiplin sebelum dilaksanakan di lapangan. Aspek paling kritis dan unik dari proyek ini adalah koordinasi *inter-package clash detection* yang melibatkan tiga kontraktor paket (PP–Waskita KSO, HK–Adhi Karya–Waskita KSO, dan Nindya Karya - Brantas Abipraya–KSO) untuk memastikan keselarasan *finish grade* di titik sambungan antarpaket. Koordinasi lintas-paket ini membuktikan bahwa Navisworks mampu berfungsi sebagai platform koordinasi multientitas yang efektif dalam proyek dengan struktur kontrak yang kompleks.
3. Implementasi CDE PU sebagai platform pengelolaan informasi berbasis web milik Kementerian PUPR berhasil mewujudkan prinsip *Single Source of Truth* (SSOT) dalam proyek. Seluruh ekosistem dokumen proyek — gambar teknis, laporan, berita acara, dan dokumen *quality check* — dikelola melalui *digital approval*

workflow yang terstruktur, menghasilkan percepatan siklus persetujuan dokumen yang signifikan dibandingkan proses konvensional. Eliminasi dokumen kertas dan perjalanan fisik untuk penandatanganan dokumen menghasilkan penghematan operasional yang terukur sekaligus berkontribusi pada pengurangan jejak karbon proyek.

4. Implementasi Synchro 4D berhasil mengintegrasikan model BIM dengan jadwal pelaksanaan proyek, menghasilkan simulasi *sequence* konstruksi yang visual dan komunikatif. Kemampuan monitoring progres aktual vs. rencana secara visual melalui sistem kode warna, serta pemantauan status pengadaan material secara *real-time*, terbukti meningkatkan kemampuan tim manajemen proyek dalam mengidentifikasi potensi keterlambatan secara dini dan mengambil tindakan korektif yang lebih tepat waktu dan tepat sasaran.
5. Analisis Cost Benefit menunjukkan bahwa total investasi pada ekosistem digital konstruksi menghasilkan manfaat ekonomis yang jauh melampaui biayanya. *Cost avoidance* terbesar bersumber dari penghindaran *rework* melalui *clash detection* — yang pada proyek jembatan laut memiliki nilai jauh lebih tinggi dibandingkan proyek darat karena seluruh pekerjaan perbaikan memerlukan mobilisasi ke lokasi di atas laut. *Cost avoidance* tambahan dihasilkan dari efisiensi administrasi dokumen melalui CDE PU dan penghematan waktu koordinasi melalui Synchro 4D. Hasil analisis ini mengkonfirmasi bahwa implementasi ekosistem digital konstruksi merupakan investasi yang memberikan nilai ekonomis positif dan terukur pada proyek infrastruktur berskala besar.
6. Transformasi digital konstruksi yang diwujudkan melalui integrasi BIM, CDE PU, Navisworks, dan Synchro 4D telah menghasilkan perubahan fundamental dalam *workflow* proyek — dari pendekatan reaktif berbasis kertas menjadi pendekatan proaktif berbasis data digital. Tantangan implementasi yang dihadapi, terutama terkait kompetensi SDM, infrastruktur konektivitas di lokasi laut, dan koordinasi standar antarkontraktor, memberikan pelajaran berharga bagi proyek-proyek infrastruktur serupa di masa mendatang.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan dan pengalaman implementasi dalam penelitian ini, berikut disampaikan saran yang ditujukan kepada dua kelompok pemangku kepentingan:

A. Saran Akademis

1. Penelitian ini mengkaji implementasi BIM secara kualitatif-deskriptif dengan pendekatan studi kasus tunggal. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengadopsi pendekatan komparatif — membandingkan proyek infrastruktur berbasis BIM dengan proyek serupa yang menggunakan metode konvensional — guna menghasilkan kuantifikasi manfaat yang lebih presisi dan generalisasi temuan yang lebih kuat.
2. Aspek koordinasi *inter-package clash detection* pada proyek multikontrak merupakan domain yang masih sangat jarang dikaji dalam literatur akademis. Penelitian lanjutan yang secara khusus mengembangkan framework dan protokol standar untuk koordinasi BIM lintas-kontraktor pada proyek infrastruktur besar sangat direkomendasikan, mengingat semakin banyaknya proyek infrastruktur nasional yang dilaksanakan dalam skema multikontrak.
3. Penelitian tentang implementasi CDE berbasis platform pemerintah (CDE PU) di Indonesia masih sangat terbatas. Kajian komparatif antara CDE PU dengan platform komersial internasional dalam konteks proyek infrastruktur pemerintah akan memberikan kontribusi akademis yang signifikan bagi pengembangan kebijakan manajemen informasi konstruksi nasional.
4. Studi lanjutan mengenai pemanfaatan model BIM *as-built* dari proyek ini sebagai basis sistem manajemen aset jembatan (BIM 7D) dalam fase operasi dan pemeliharaan akan melengkapi perspektif siklus hidup penuh dari investasi digital konstruksi yang telah dilakukan.

B. Saran Praktis

1. Bagi Kementerian PUPR dan pemilik proyek infrastruktur, hasil penelitian ini merekomendasikan agar persyaratan implementasi BIM, penggunaan CDE PU, dan visualisasi 4D dijadikan klausul kontraktual yang wajib pada seluruh proyek

infrastruktur dengan nilai di atas ambang batas tertentu. Kewajiban kontraktual ini perlu didukung dengan panduan teknis yang jelas, termasuk standar BEP, protokol koordinasi lintas-paket, dan persyaratan minimum LOD model.

2. Bagi kontraktor yang akan mengimplementasikan BIM pada proyek multikontrak, penelitian ini merekomendasikan agar protokol koordinasi BIM lintas-paket — termasuk jadwal *joint BIM coordination meeting*, format pertukaran model, dan mekanisme penyelesaian *inter-package clash* — ditetapkan dan disepakati bersama seluruh kontraktor paket pada tahap *pre-construction* sebelum pekerjaan fisik dimulai. Keterlambatan dalam menetapkan protokol ini berpotensi menimbulkan konflik teknis dan administratif yang mahal.
3. Investasi pada pengembangan kompetensi SDM BIM harus diperlakukan sebagai komponen biaya proyek yang terencana dan diprioritaskan, bukan sebagai pengeluaran opsional. Program pelatihan yang terstruktur — mencakup penggunaan Revit, Navisworks, CDE PU, dan Synchro 4D — idealnya dilaksanakan sebelum proyek dimulai agar tim dapat beroperasi secara efektif sejak fase awal konstruksi.
4. Mengingat lokasi proyek di lingkungan laut yang memiliki keterbatasan infrastruktur konektivitas, pemilik proyek dan kontraktor disarankan untuk memasukkan perencanaan infrastruktur internet (termasuk solusi satelit atau *dedicated link*) sebagai bagian dari perencanaan fasilitas proyek sejak awal, guna memastikan kelancaran operasional platform digital di lapangan.
5. Ekosistem digital yang telah dibangun dalam proyek ini — model BIM *as-built*, seluruh dokumen tersip di CDE PU, dan model 4D — merupakan aset informasi yang sangat berharga bagi fase operasi dan pemeliharaan jembatan. Pemerintah sebagai pemilik aset sangat disarankan untuk menyusun strategi transisi data dari fase konstruksi ke fase operasi, sehingga investasi digital yang telah dilakukan dapat memberikan manfaat jangka panjang yang optimal.