

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur konektivitas antarwilayah merupakan salah satu prioritas utama dalam mendukung pemerataan pembangunan nasional. Pulau Kalimantan dan Pulau Laut, yang dipisahkan oleh perairan Selat Laut, selama ini mengandalkan moda transportasi laut sebagai satu-satunya penghubung kedua wilayah. Keterbatasan ini berdampak signifikan terhadap mobilitas masyarakat, distribusi barang, serta pengembangan ekonomi regional, terutama mengingat Pulau Laut merupakan salah satu kawasan industri dan pertambangan strategis di Provinsi Kalimantan Selatan.

Sebagai respons terhadap kebutuhan tersebut, Pemerintah memprakarsai pembangunan Jembatan yang menghubungkan Pulau Kalimantan dengan Pulau Laut dengan total Trase sepanjang 6,5 km dan 3,4 km dari total Panjang berada diatas laut. Kompleksitas teknis, skala proyek, dan lokasi di lingkungan laut menjadikan proyek ini salah satu proyek infrastruktur paling menantang di Indonesia karena jalur ini adlaah jalur yang cukup sibuk dan dilalui oleh kapal penyebrangan dan tongkang pengangkut batu bara.

Dalam menghadapi tantangan tersebut, pendekatan konvensional dalam pengelolaan proyek konstruksi dipandang tidak lagi memadai. Industri konstruksi secara global tengah mengalami transformasi digital yang signifikan, dengan *Building Information Modelling* (BIM) sebagai salah satu pilar utamanya. Eastman, Teicholz, Sacks, dan Liston (2018) dalam *BIM Handbook* edisi ketiga mendefinisikan BIM sebagai representasi digital yang terintegrasi dari karakteristik fisik dan fungsional suatu fasilitas, yang berfungsi sebagai sumber pengetahuan bersama untuk pengambilan keputusan selama seluruh siklus hidup fasilitas tersebut. Sejalan dengan itu, Azhar (2011) menegaskan bahwa BIM memberikan manfaat signifikan bagi industri konstruksi, mencakup pengurangan biaya, peningkatan produktivitas, serta mitigasi risiko melalui deteksi konflik sejak fase desain.

Salah satu manfaat paling konkret dari implementasi BIM adalah kemampuan *clash detection* — deteksi konflik geometris antardisiplin secara digital sebelum konstruksi dimulai. Dalam proyek jembatan yang melibatkan interaksi kompleks antara elemen struktural, sistem utilitas, dan komponen arsitektural, konflik desain yang tidak terdeteksi dapat berujung pada *rework* masif di lapangan yang menghabiskan biaya dan waktu yang

sangat besar. Alshboul dan Shehadeh (2026) dalam *Journal of Construction Engineering and Management* (ASCE) menegaskan bahwa integrasi BIM dengan teknologi deteksi clash yang dicontohkan oleh Autodesk© Navisworks© secara signifikan mengurangi frekuensi keterlambatan dan *rework* yang mahal, sekaligus menetapkan tolak ukur baru dalam koordinasi proyek konstruksi kompleks. Pada proyek ini, Autodesk© Navisworks© digunakan sebagai platform utama *clash detection* yang menggabungkan model dari seluruh disiplin menjadi satu *federated model* untuk dianalisis konfliknya, dan hasil temuan ini menjadi salah satu basis utama perhitungan *Cost Benefit Analysis* (CBA) implementasi BIM.

Lebih dari sekadar pemodelan dan koordinasi teknis, implementasi BIM pada proyek skala besar memerlukan ekosistem digital yang komprehensif untuk pengelolaan informasi. *Common Data Environment* (CDE) hadir sebagai platform terpusat yang menjamin seluruh pemangku kepentingan mengakses informasi yang sama, akurat, dan terbaru. Sebagaimana didefinisikan dalam ISO 19650-1:2018, CDE merupakan sumber informasi yang disepakati untuk suatu proyek, yang berfungsi mengumpulkan, mengelola, dan mendistribusikan setiap kontainer informasi melalui proses terkelola — sebuah prinsip yang dikenal sebagai *Single Source of Truth* (SSOT). Dalam proyek ini, implementasi CDE menggunakan platform *Common Data Environment* (CDE PU) berbasis web yang dikembangkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), sebagai wujud komitmen transformasi digital konstruksi infrastruktur pemerintah Indonesia. Platform CDE PU tidak hanya mengelola gambar teknis, tetapi juga seluruh ekosistem dokumen proyek — laporan, berita acara, hingga dokumen *quality check* — melalui alur persetujuan digital yang mengeliminasi kebutuhan dokumen kertas dan perjalanan fisik.

Dimensi keempat BIM, yakni BIM 4D, membawa kapabilitas perencanaan konstruksi ke level yang lebih tinggi dengan mengintegrasikan model tiga dimensi dan jadwal pelaksanaan proyek. Kajian sistematis Al-Sehrawy et al. (2025) yang mengkaji 69 artikel *peer-reviewed* mengidentifikasi 57 manfaat distinktif dari 4D BIM, dengan tiga manfaat teratas adalah peningkatan visualisasi, perbaikan koordinasi antarpemangku kepentingan, dan optimasi penjadwalan. Melalui perangkat lunak Synchro 4D©, tim proyek dapat mensimulasikan *sequence* konstruksi secara visual, memantau progres aktual terhadap rencana, serta melakukan monitoring pengadaan material secara *real-time* —

kapabilitas yang sangat krusial pada proyek jembatan di laut dengan urutan konstruksi yang kompleks dan interdependen.

Manfaat ekonomis dari keseluruhan ekosistem digital ini dapat dikuantifikasi melalui pendekatan *Cost Benefit Analysis* (CBA). Kajian komprehensif Banihashemi et al. (2021) di jurnal *Journal of Engineering, Design and Technology* menemukan bahwa ROI implementasi BIM berkisar antara 83,3% hingga 39.900%, dengan pengurangan *rework* dan *change order* sebagai faktor manfaat yang paling konsisten dilaporkan. Dalam penelitian ini, analisis CBA difokuskan pada kuantifikasi *cost avoidance* yang bersumber dari hasil *clash detection* menggunakan Navisworks®, efisiensi koordinasi melalui CDE PU, dan akurasi monitoring melalui Synchro 4D®.

Sebagai BIM Coordinator pada Proyek Pembangunan Jembatan Penghubung Pulau Kalimantan – Pulau Laut, penulis terlibat langsung dalam perencanaan, implementasi, dan pengoperasian seluruh ekosistem digital tersebut. Guo et al. (2022) dalam studi kasus yang dipublikasikan di *Transportation Research Record* menegaskan bahwa implementasi BIM pada proyek infrastruktur memerlukan pengembangan kapabilitas teknis dan manajerial secara terpadu. Pengalaman praktis dalam proyek ini memberikan perspektif yang relevan dan bernilai untuk menganalisis dinamika implementasi pada proyek infrastruktur skala besar di lingkungan yang menantang.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengangkat tema implementasi BIM, CDE PU, Navisworks®, dan visualisasi 4D pada Proyek Pembangunan Jembatan Penghubung Pulau Kalimantan – Pulau Laut sebagai studi kasus dalam mendukung transformasi digital konstruksi di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses implementasi BIM menggunakan Autodesk® Revit® pada Proyek Pembangunan Jembatan Penghubung Pulau Kalimantan – Pulau Laut, mencakup pengembangan model, koordinasi antardisiplin, dan clash detection menggunakan Navisworks®?

2. Bagaimana penerapan Common Data Environment (CDE PU) berbasis web milik Kementerian PUPR dalam mengelola alur informasi, persetujuan dokumen digital, dan kolaborasi antar pemangku kepentingan proyek?
3. Bagaimana implementasi visualisasi 4D menggunakan Synchro dalam mendukung monitoring progres konstruksi dan pengadaan material?
4. Seberapa besar manfaat ekonomis implementasi BIM, CDE PU, dan Synchro 4D© dalam mengurangi potensi rework dan meningkatkan efisiensi proyek ditinjau dari perspektif Cost Benefit Analysis?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendeskripsikan dan menganalisis proses implementasi BIM menggunakan Autodesk© Revit© dan Navisworks© pada Proyek Pembangunan Jembatan Penghubung Pulau Kalimantan – Pulau Laut secara komprehensif.
2. Mengevaluasi efektivitas penerapan CDE PU dalam mendukung kolaborasi digital, pengelolaan informasi proyek, dan efisiensi proses persetujuan dokumen.
3. Menganalisis kontribusi visualisasi 4D menggunakan Synchro dalam peningkatan efisiensi monitoring konstruksi dan pengadaan material.
4. Mengukur manfaat ekonomis implementasi BIM, CDE PU, dan Synchro© 4D melalui analisis cost benefit, khususnya dalam aspek pengurangan rework dan peningkatan efisiensi proyek.

Adapun manfaat penelitian ini meliputi:

Secara akademis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur ilmiah mengenai implementasi BIM dan transformasi digital konstruksi pada proyek infrastruktur jembatan di Indonesia, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang yang sama.

Secara praktis, penelitian ini diharapkan memberikan panduan dan lesson learned bagi para praktisi konstruksi, kontraktor, maupun pemilik proyek yang akan mengimplementasikan ekosistem digital serupa pada proyek infrastruktur skala besar, khususnya di lingkungan laut dengan kompleksitas teknis tinggi.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan kedalaman pembahasan, penelitian ini dibatasi pada:

1. Penelitian berfokus pada implementasi BIM (Revit©), clash detection (Navisworks©), CDE (CDE PU), dan visualisasi 4D (Synchro©) pada Proyek Pembangunan Jembatan Penghubung Pulau Kalimantan – Pulau Laut selama periode pelaksanaan proyek.
2. Platform CDE yang dikaji adalah CDE PU berbasis web milik Kementerian PUPR sebagai platform yang diterapkan dalam proyek.
3. Visualisasi 4D dikaji menggunakan perangkat lunak Synchro 4D© yang digunakan dalam proyek.
4. Analisis Cost Benefit difokuskan pada aspek cost avoidance dari pengurangan rework (berdasarkan hasil clash detection Navisworks©), efisiensi waktu koordinasi melalui CDE PU, serta manfaat langsung implementasi digital, tanpa mencakup aspek keuangan makro proyek secara keseluruhan.
5. Penelitian tidak mencakup aspek desain struktural jembatan secara mendalam, melainkan berfokus pada aspek pengelolaan informasi dan koordinasi digital.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan ini disusun dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan, menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka, memaparkan landasan teori yang mencakup konsep BIM, Common Data Environment (CDE PU), clash detection menggunakan Navisworks©, visualisasi 4D, Cost Benefit Analysis, transformasi digital konstruksi, serta kajian penelitian terdahulu dan kerangka pemikiran penelitian.

Bab 3 Metodologi Penelitian, menjelaskan jenis dan pendekatan penelitian, lokasi dan objek penelitian, sumber dan metode pengumpulan data, metode analisis data, tahapan penelitian, serta validitas dan reliabilitas data.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan, menyajikan gambaran umum proyek, hasil implementasi BIM, CDE PU, Navisworks©, dan visualisasi 4D, analisis clash detection dan rework

avoidance, analisis cost benefit, serta evaluasi menyeluruh terhadap transformasi digital konstruksi yang dilaksanakan.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran, merangkum temuan utama penelitian dan memberikan rekomendasi bagi dunia akademis maupun praktisi industri konstruksi.

