

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Research Gap

Penelitian mengenai *Common Data Environment* (CDE) dalam industri konstruksi terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan digitalisasi dan integrasi data proyek. Berbagai studi menyatakan bahwa *Common Data Environment* (CDE) mampu meningkatkan efisiensi, akurasi informasi, serta koordinasi antar-disiplin dalam proyek konstruksi. Integrasi *Common Data Environment* (CDE) dengan *Building Information Modelling* (BIM) terbukti dapat meningkatkan efisiensi waktu desain melalui kolaborasi digital dan pengurangan kesalahan informasi [6]. Pada konteks yang lebih luas, penerapan *Common Data Environment* (CDE) dalam *Digital Twin Construction* juga memberikan kontribusi signifikan terhadap produktivitas serta pengendalian mutu proyek [7]. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan *Common Data Environment* (CDE) mendukung efisiensi waktu, biaya, dan kualitas pelaksanaan pekerjaan melalui akses informasi yang akurat dan terkini [7]. Dalam studi terpisah, manfaat *Common Data Environment* (CDE) sebagai alat *design review* mencapai tingkat pencapaian responden sebesar 83,28%, meskipun beberapa kendala ditemukan seperti rendahnya kedisiplinan penggunaan, kurangnya kerjasama tim, serta data yang tidak selalu diperbarui [8].

Berdasarkan telaah penelitian terdahulu, menunjukkan potensi besar *Common Data Environment* (CDE) dalam meningkatkan kinerja proyek konstruksi, penelitian sebelumnya belum ada penelitian kuantitatif berbasis SEM-PLS yang menguji lima faktor *Common Data Environment* (CDE) secara simultan terhadap efisiensi proyek di Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi kesenjangan (*research gap*) tersebut dengan menguji pengaruh lima faktor penerapan *Common Data Environment* (CDE) terhadap efisiensi proyek konstruksi di wilayah Jawa Tengah dan DIY. Berikut tabel research gap penelitian.

TABEL 1. *RESEARCH GAP*

No	Judul Penelitian	Tujuan	Celah Penelitian	Ref
1.	<i>Analyzing The Added Value of Common Data Environments for Organizational and Project Performance of BIM-Based Projects.</i>	Untuk mengetahui manfaat <i>Common Data Environment</i> (CDE) dalam proyek konstruksi.	Belum mengungkap nilai tambah <i>Common Data Environment</i> (CDE) terhadap kinerja proyek secara menyeluruh	[9]
2.	<i>Application of Common Data Environments Common Data Environment (CDE) as a Method of Design Review in Construction Project.</i>	Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi penerapan <i>Common Data Environment</i> (CDE)	Belum mengevaluasi dampak penerapan <i>Common Data Environment</i> (CDE) terhadap efisiensi waktu, biaya, produktivitas, dan efektivitas koordinasi	[8]
3.	Penerapan <i>Common Data Environments Common Data Environment (CDE)</i> Berbasis Model UTAUT Pada Proyek Bendungan.	Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi penerapan <i>Common Data Environment</i> (CDE)	Belum menilai kontribusi penerapan <i>Common Data Environment</i> (CDE) terhadap peningkatan kinerja	[10]

No	Judul Penelitian	Tujuan	Celah Penelitian	Ref
4.	<i>Implementation in the Construction Execution Phase With Common Data Environments Common Data Environment (CDE) (Studi Kasus: Proyek Gedung Universitas Nahdatul Ulama Yogyakarta).</i>	Mengidentifikasi penerapan dan kendala dalam penggunaan Common Data Environment (CDE) pada tahap pelaksanaan konstruksi.	Belum menilai pengaruh Common Data Environment (CDE) terhadap efisiensi proyek secara kuantitatif	[11]
5.	<i>Common Data Environment (CDE) AEC Ecosystem: Moving Collaborative Platforms Beyond the Open Versus Closed Dichotomy.</i>	Untuk mengidentifikasi Common Data Environment dalam industri konstruksi.	Belum mengukur efektivitas Common Data Environment (CDE) dalam meningkatkan kolaborasi dan efisiensi proyek.	[12]
6.	<i>A Common Data Environments for Value-Driven Data Management in German Road Construction</i>	mengetahui spesifikasi penggunaan Common Data Environment dalam konstruksi jalan.	Belum menilai dampak Common Data Environment (CDE) terhadap performa proyek jalan	[13]
7.	<i>A Common Data Environments for HVAC Design and Engineering</i>	mengetahui penggunaan Common Data Environments Common Data Environment (CDE) pada industri arsitektur.	Belum menganalisis pengaruh penerapan Common Data Environment (CDE) terhadap kinerja desain dan rekayasa	[14]

2.2 Konsep dan Prinsip *Common Data Environment* (CDE) dalam Proyek Konstruksi

Common Data Environment (CDE) merupakan platform terpusat yang digunakan untuk menyimpan, mengelola, serta menyebarkan informasi proyek secara terstruktur dan aman sebagai sistem pengelolaan informasi yang mendukung penerapan *Building Information Modeling* (BIM) sebagai sumber data dalam proyek konstruksi [3]. ISO 19650 mendefinisikan *Common Data Environment* (CDE) sebagai *single source of information* untuk seluruh pemangku kepentingan proyek, sehingga setiap perubahan informasi terdokumentasi dengan jelas melalui *version control*, *audit trail*, dan *information container* [2]. Peran *Common Data Environment* (CDE) sangat penting dalam ekosistem konstruksi digital, karena mengatasi permasalahan klasik dalam pengelolaan data proyek konstruksi, seperti duplikasi dokumen, inkonsistensi file, miskomunikasi tim, serta rendahnya keterlacakan proses revisi. Dengan *Common Data Environment* (CDE) arsitek, engineer, kontraktor, manajer proyek, hingga pemilik dapat mengakses informasi yang sama secara real-time sesuai hak akses masing-masing. Berdasarkan ISO 19650, CDE tidak terikat pada satu perangkat lunak BIM tertentu, melainkan berfungsi sebagai lingkungan terpusat untuk mengelola seluruh informasi BIM dari berbagai disiplin kerja *Common Data Environment* mempunyai konsep dan prinsip meliputi wadah informasi, federasi model dan alur kerja [15].

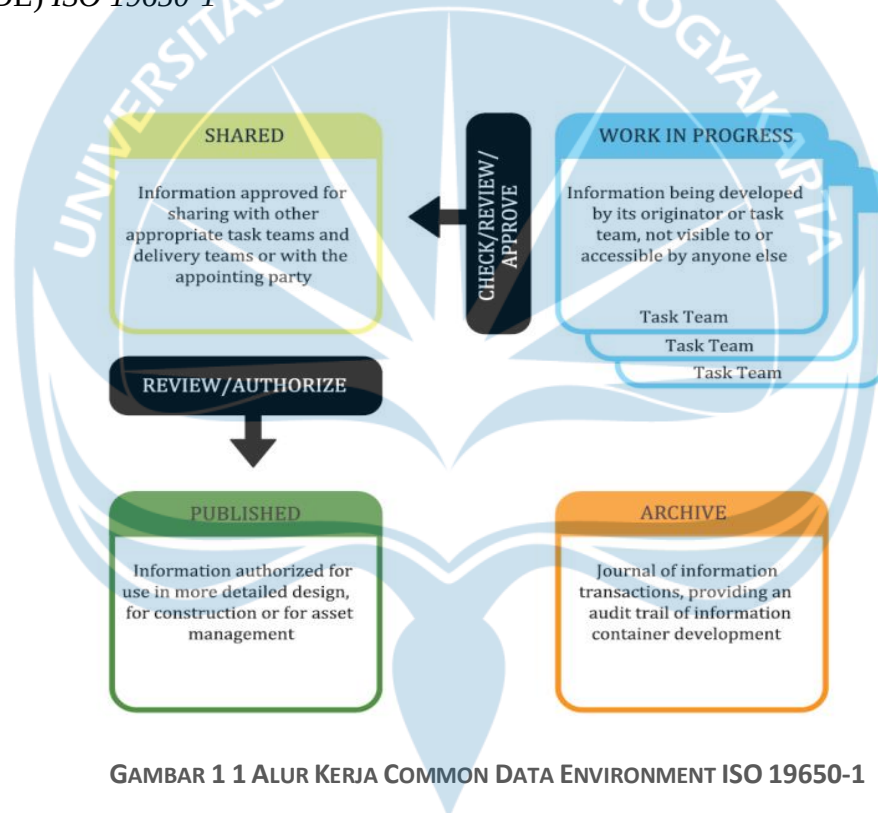
a. Wadah Informasi

Wadah informasi (*information container*) adalah unit informasi persisten yang diberi identitas unik untuk memastikan kemudahan identifikasi, pencarian, dan pengambilan data dalam sistem *Common Data Environment* (CDE). Wadah informasi dapat berupa data terstruktur seperti model geometris dan basis data, maupun data tidak terstruktur seperti dokumen laporan atau file multimedia [16]

b. Federasi Model

Federasi model merupakan proses penggabungan model informasi dari berbagai disiplin untuk memfasilitasi koordinasi lintas-teknik. Melalui federasi model, potensi *clash* dapat dideteksi secara dini sehingga mempercepat kolaborasi serta meminimalkan kesalahan yang berpotensi menyebabkan rework.

Alur *Common Data Environment* (CDE) yaitu proses terkelola dimana informasi diproduksi, dibagikan dan dipertukarkan dalam solusi *Common Data Environment* (CDE). Alur kerja *Common Data Environment* (CDE) mengacu pada siklus pengelolaan informasi yang dikendalikan melalui empat keadaan utama sebagaimana diatur dalam ISO 19650-1. Alur kerja ini memastikan kontrol informasi yang konsisten, transparan, dan terdokumentasi, sehingga memungkinkan proses manajemen data yang lebih efektif pada seluruh tahap siklus hidup proyek konstruksi. Berikut gambar Alur Kerja *Common Data Environment* (CDE) ISO 19650-1



GAMBAR 1 1 ALUR KERJA COMMON DATA ENVIRONMENT ISO 19650-1

Berikut dijelaskan alur kerja *Common Data Environment* berdasarkan tahapannya [17] :

a. *Work in Progress*

Work in progress merupakan tahap dimana pengembangan informasi yang sedang dikerjakan oleh tim internal sebelum disetujui untuk dibagikan atau informasi yang sedang dikembangkan oleh pencetus atau tim tugas, atau dalam status ini tidak boleh terlihat atau dapat diakses oleh tim tugas mana

pun selain dari pencetusnya. Hal-hal seperti desain yang belum diverifikasi akan disimpan di sini. Data atau dokumentasi akan masuk ke tahap transisi *check/review/approve* untuk membandingkan data dengan rencana pelaksanaan informasi sesuai dengan standar, metode dan prosedur yang telah disepakati untuk menghasilkan informasi.

b. *Shared*

Status *shared* merupakan informasi yang telah ditinjau dan disetujui untuk dibagikan kepada pihak terkait. Data pada status ini dapat diakses tetapi tidak dapat diubah, dan setiap kebutuhan revisi harus dikembalikan ke work in progress. Informasi *shared* digunakan untuk verifikasi kelengkapan, akurasi, dan koordinasi antar pihak, termasuk ketika dibagikan kepada klien melalui *client shared* bila diperlukan. Setelah melalui proses review dan otorisasi, informasi yang memenuhi persyaratan akan ditetapkan sebagai *published*, yaitu data final yang siap digunakan untuk tahap desain, konstruksi, atau manajemen aset.

c. *Published*

Status *published* merupakan informasi yang telah diverifikasi dan disahkan untuk digunakan sebagai dokumen resmi proyek. Setelah informasi telah berstatus diterbitkan, informasi akan menjadi tersedia untuk pemangku kepentingan lain seperti kontraktor atau personil lainnya. Model informasi proyek selama masa konstruksi atau model informasi aset selama pengoperasian aset pada tahap terakhir hanya berisi data dan informasi dalam status *published* atau status *archive*.

d. *Archive*

Menyimpan informasi yang telah final dan tidak lagi digunakan dalam proses aktif, namun tetap diperlukan sebagai arsip dan referensi di masa mendatang. Arsip mencatat seluruh perubahan data yang sebelumnya melewati tahap *shared* dan *published*, sehingga menyediakan rekam jejak lengkap selama proses manajemen informasi. Data yang diarsipkan, khususnya yang berasal dari status *published*, merepresentasikan informasi

yang pernah dijadikan dasar untuk pekerjaan desain rinci, konstruksi, atau manajemen aset.

2.3 Konsep dan Prinsip Efisiensi dalam Proyek Konstruksi

Efisiensi proyek konstruksi merupakan ukuran sejauh mana sumber daya yang tersedia yang tersedia baik tenaga kerja, material, peralatan, waktu, maupun biaya dapat dimanfaatkan secara optimal untuk mencapai tujuan proyek yang telah ditetapkan. Suatu proyek dikatakan efisien apabila hasil yang diperoleh sesuai atau melampaui target kinerja dengan penggunaan sumber daya yang seminimal mungkin [18]. Efisiensi proyek mencerminkan keberhasilan dalam mengelola tiga elemen utama proyek, yaitu waktu (*time*), biaya (*cost*), dan kualitas (*quality*). Ketiganya dikenal sebagai triple constraint. Efisiensi akan tercapai jika proyek selesai tepat waktu, sesuai anggaran, dan memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan [19]. Dalam industri konstruksi, efisiensi tidak hanya mencakup pada penyelesaian proyek tepat waktu dan sesuai anggaran dan aspek teknik maupun manjerial, tetapi juga mencakup kemampuan tim proyek dalam berkolaborasi, berkomunikasi, dan mengelola informasi secara efektif. Oleh karena itu, penggunaan teknologi digital seperti *Building Information Modelling* (BIM) dan *Common Data Environment* (CDE) menjadi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan proyek. Efisiensi proyek diukur melalui tiga dimensi utama, [20] yaitu :

1. Efisiensi waktu (*time efficiency*) yaitu mengukur ketepatan penyelesaian proyek terhadap jadwal yang telah ditetapkan dan keterlambatan dianggap sebagai indikator ketidakefisienan manajemen proyek.
2. Efisiensi biaya (*cost efficiency*) yaitu Menilai efektivitas penggunaan dana proyek untuk menghasilkan keluaran sesuai standar mutu dan rasio antara biaya aktual terhadap biaya yang dianggarkan.
3. Efisiensi mutu (*euality efficiency*) yaitu mengukur sejauh mana hasil pekerjaan memenuhi spesifikasi dan standar yang disepakati tanpa perlu rework dan kualitas yang baik menunjukkan pengelolaan sumber daya dan proses yang efisien.

2.4 Hubungan *Common Data Environment* Terhadap Efisiensi Proyek Konstruksi

Hubungan antara *Common Data Environment* (CDE) dan efisiensi proyek konstruksi berdasarkan teori manajemen informasi proyek dan kerangka standar ISO 19650 yang mengatur pengelolaan informasi dalam proyek konstruksi berbasis *Building Information Modeling* (BIM). ISO 19650 mendefinisikan *Common Data Environment* (CDE) sebagai lingkungan data terpusat yang berfungsi sebagai *single source of information*, di mana seluruh informasi proyek diproduksi, dikelola, dibagikan, dan disimpan secara terstruktur sepanjang siklus hidup proyek. Prinsip ini menekankan bahwa informasi proyek harus tersedia bagi pihak yang membutuhkan, pada waktu yang tepat, dengan tingkat keandalan dan keamanan yang terkontrol. Secara teoritis, penerapan *Common Data Environment* (CDE) memungkinkan terjadinya integrasi aliran informasi antar pemangku kepentingan proyek, seperti pemilik, konsultan, kontraktor, dan subkontraktor, dalam satu sistem terpusat. Melalui mekanisme pengendalian versi, pencatatan riwayat perubahan (*audit trail*), serta pengaturan hak akses, *Common Data Environment* (CDE) mampu meningkatkan konsistensi dan akurasi data proyek. Kondisi ini mengurangi potensi kesalahan informasi, duplikasi dokumen, dan penggunaan data yang tidak mutakhir, yang selama ini menjadi penyebab utama ketidakefisienan dalam proyek konstruksi.

Dalam perspektif efisiensi proyek, ISO 19650 menekankan bahwa pengelolaan informasi yang baik akan berdampak langsung pada peningkatan kinerja proyek, khususnya dalam aspek waktu, biaya, dan mutu. Informasi yang terkelola dengan baik melalui *Common Data Environment* (CDE) mempercepat proses koordinasi dan pengambilan keputusan, mengurangi pekerjaan ulang (*rework*), serta meminimalkan keterlambatan akibat miskomunikasi antar pihak. Selain itu, *Common Data Environment* (CDE) mendukung kolaborasi digital yang lebih efektif dengan menyediakan akses informasi secara real-time, sehingga permasalahan di lapangan dapat diidentifikasi dan diselesaikan lebih cepat. Dengan demikian, secara konseptual dan teoritis, penerapan *Common Data Environment* (CDE) yang sesuai dengan

prinsip ISO 19650 berperan sebagai instrumen strategis dalam meningkatkan efisiensi proyek konstruksi. *Common Data Environment (CDE)* tidak hanya berfungsi sebagai alat penyimpanan data, tetapi sebagai sistem manajemen informasi yang mendukung integrasi proses, kolaborasi, dan pengendalian proyek secara menyeluruh. Oleh karena itu, efisiensi proyek konstruksi dipandang sebagai *outcome* langsung dari kualitas penerapan penelitian ini adalah penerapan *Common Data Environment (CDE)* dalam pengelolaan informasi proyek

2.5 Variabel Penelitian

Penentuan variabel dalam penelitian ini didasarkan pada teori manajemen informasi proyek konstruksi, standar ISO 19650, serta temuan empiris dari penelitian terdahulu mengenai penerapan *Common Data Environment (CDE)* [2].

2.5.1 Variabel independen (X)

Variabel independen (X) dalam penelitian ini adalah penerapan *Common Data Environment (CDE)* yang dioperasionalkan ke dalam lima variabel laten, sesuai dengan prinsip ISO 19650 dan literatur manajemen proyek digital serta teori *Building information Modeling (BIM)* dan kolaborasi digital dalam manajemen proyek konstruksi [2].

a. Keamanan Data (X1)

Keamanan data merupakan prinsip utama dalam ISO 19650 yang bertujuan melindungi integritas dan keandalan informasi proyek. Keamanan data dalam CDE diwujudkan melalui pengendalian akses berbasis peran, pencatatan riwayat perubahan (*audit trail*), serta mekanisme pengendalian versi dokumen. Penerapan keamanan data yang baik mencegah kehilangan informasi, kesalahan penggunaan dokumen, dan manipulasi data proyek. Dalam konteks proyek konstruksi, keamanan data berkontribusi terhadap efisiensi proyek dengan memastikan bahwa keputusan diambil berdasarkan informasi yang valid dan dapat dipercaya, sehingga risiko pekerjaan ulang (*rework*) dapat diminimalkan

b. Aksesibilitas (X2)

Aksesibilitas dalam CDE merujuk pada kemampuan pengguna untuk mengakses informasi proyek secara tepat waktu, fleksibel, dan sesuai dengan kewenangannya. ISO 19650 menekankan bahwa informasi harus tersedia bagi pihak yang membutuhkan, pada waktu yang tepat, dan dalam format yang sesuai. Aksesibilitas yang baik mendukung kelancaran koordinasi antar pihak proyek dan mempercepat proses pengambilan keputusan. Dengan demikian, aksesibilitas berperan penting dalam meningkatkan efisiensi operasional proyek konstruksi.

c. Manajemen Data (X3)

Manajemen data dalam CDE mencakup pengaturan struktur penyimpanan informasi, penamaan dokumen yang konsisten, klasifikasi data, serta alur persetujuan informasi. ISO 19650 mengatur bahwa seluruh informasi proyek harus dikelola berdasarkan *Information Management Plan* dan *BIM Execution Plan* (BEP). Manajemen data yang efektif memastikan informasi mudah ditemukan, selalu mutakhir, dan terhindar dari duplikasi atau penggunaan data usang. Kondisi ini mendukung peningkatan efisiensi proyek melalui pengurangan kesalahan administrasi dan teknis.

d. Teknologi (X4)

Teknologi merupakan enabler utama dalam penerapan CDE. ISO 19650 tidak mengikat pada platform tertentu, namun mensyaratkan bahwa teknologi yang digunakan harus mampu mendukung proses manajemen informasi secara efektif. Teknologi CDE meliputi platform berbasis *cloud*, integrasi BIM, visualisasi data, serta sistem pelaporan digital. Pemanfaatan teknologi yang tepat memungkinkan deteksi konflik desain secara dini, visualisasi progres proyek, dan pelaporan permasalahan secara real-time, yang secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi proyek konstruksi.

e. Kolaborasi Tim (X5)

Kolaborasi tim merupakan inti dari penerapan CDE sebagaimana ditekankan dalam ISO 19650. CDE menyediakan platform kolaboratif yang memungkinkan seluruh pemangku kepentingan proyek berbagi informasi, berkoordinasi, dan menyelesaikan permasalahan secara terintegrasi. Kolaborasi

yang efektif melalui CDE mengurangi miskomunikasi, meningkatkan sinkronisasi pekerjaan, dan mempercepat penyelesaian masalah di lapangan. Oleh karena itu, kolaborasi tim memiliki peran strategis dalam meningkatkan efisiensi proyek konstruksi.

TABEL 2. INDIKATOR VARIABEL PENELITIAN COMMON DATA ENVIRONMENT TERDAHULU

Variabel	Indikator	Referensi
Keamanan data (X1)	Meminimalisir kesalahan pada data	[11] [8] [21] [5]
	Meminimalisir data hilang dan tidak lengkap	[11] [22][21] [5]
	Terdapat histori pada perubahan data	[11] [22]
	Data yang hilang atau terhapus pada platform otomatis terbackup	[11] [22]
Aksesibilitas (X2)	Tingkat akses data dan tipe informasi sudah sesuai dengan bagian tim	[11][22] [2]
	Data dapat diakses dimana pun sepanjang berlangsung proyek	[11][22] [21]
Manajemen Data (X3)	Penyimpanan file lebih teratur	[11][22] [5]
	Sudah terdapat ketentuan penamaan dokumen sesuai dengan BEP	[11][22] [2]
	Pelaporan data menjadi lebih baik	[11][22] [5]
	Memudahkan seluruh pihak jika terdapat perubahan data	[11][22] [5]

Variabel	Indikator	Referensi
Teknologi (X4)	Pada item pekerjaan tertentu dapat menampilkan clash detection	[11][22]
	Dapat melihat secara visual rencana progres pelaksanaan	[11][22]
	Laporan issue/permasalahan proyek dapat dilaporkan secara digital	[11][22] [5]
	Dapat melihat gambar 3D shopdrawing tanpa harus punya software BIM	[11][22] [2]
Kolaborasi Tim	Selalu termonitoring permasalahan di lapangan	[11][22] [5]
	Mampu mendorong efisiensi dalam berkoordinasi	[11] [22]
	Anggota tim selalu memperbaharui informasi apabila terdapat kesalahan dan perubahan	[22] [5] [23][21]

2.5.2 Variabel Dependen (Y)

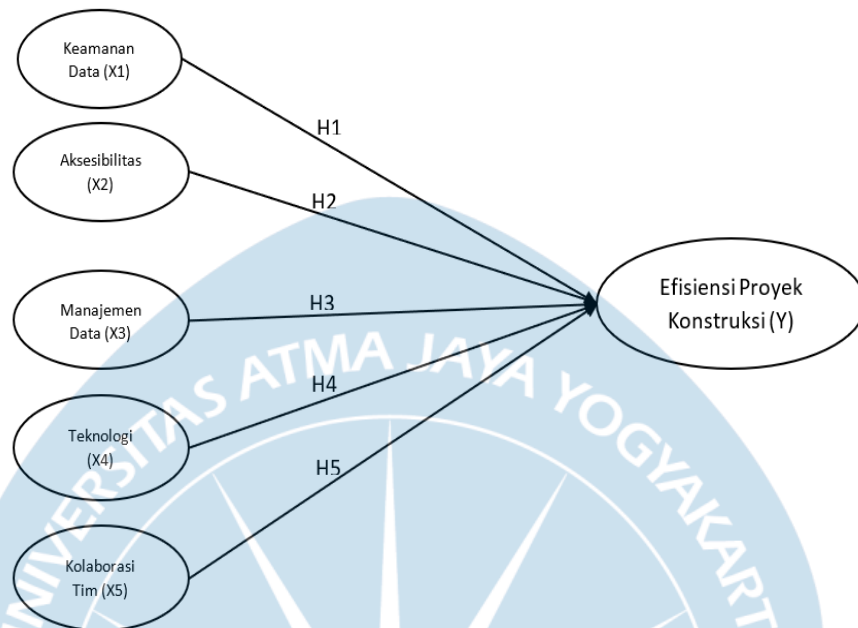
Variabel dependen dalam penelitian ini adalah efisiensi proyek konstruksi yang didasarkan dari teori *Project Performance* dan *Project Efficiency* yang menekankan pencapaian kinerja proyek secara optimal melalui pemanfaatan sumber daya yang efektif. Selain itu, variabel ini juga merujuk pada konsep *triple constraint* yang meliputi aspek waktu, biaya, dan mutu sebagai indikator utama keberhasilan proyek konstruksi

TABEL 3 INDIKATOR VARIABEL PENELITIAN EFISIENSI PROYEK KONSTRUKSI

Variabel	Indikator	Referensi
Efisiensi Proyek konstruksi (Y)	Efektif dalam mengurangi pengerjaan berulang	[11] [8] [24]
	Meningkatkan efisiensi dalam pengambilan keputusan	[11] [8] [24]
	Meminimalisir kemungkinan kesalahan pada data atau desain	[11] [8] [21]
	Format file yang diupload pada platform <i>Common Data Environment</i> sudah sesuai dengan ketentuan	[11] [8] [5]
	Peraturan dan Standar Operasional Prosedur (SOP) penggunaan platform <i>Common Data Environment</i> telah ditetapkan oleh perusahaan	[11] [8]

2.7 Kerangka Penelitian

Kerangka Penelitian disebut sebagai kerangka teori atau telaah pustaka. Kerangka penelitian menggambarkan hubungan konseptual antara variabel penerapan *Common Data Environment* yang terdiri dari lima faktor utama, yaitu: keamanan data, aksesibilitas, manajemen data, teknologi, dan kolaborasi tim, serta variabel efisiensi proyek konstruksi sebagai variabel dependen. Di bawah ini disajikan ilustrasi dari kerangka konseptual dalam penelitian ini sebagai berikut :



GAMBAR 2.1 KERANGKA KONSEPTUAL

2.7 Hipotesis Penelitian

Hipotesis merupakan dugaan logis tentang hubungan antar variabel yang dapat diuji secara ilmiah dengan metode kuantitatif [25]. Berdasarkan teori, penelitian terdahulu, serta kerangka pemikiran yang telah dijelaskan, maka hipotesis yang diuji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

H1 : Keamanan data berpengaruh signifikan terhadap efisiensi proyek konstruksi

H2 : Aksesibilitas berpengaruh signifikan terhadap efisiensi proyek konstruksi

H3 : Manajemen data berpengaruh signifikan terhadap efisiensi proyek konstruksi

H4 : Teknologi berpengaruh signifikan terhadap efisiensi proyek konstruksi

H5 : Kolaborasi Tim berpengaruh signifikan terhadap efisiensi proyek konstruksi.