



## Evaluasi Kesesuaian Perencanaan dan Realisasi Pekerjaan Peningkatan Jalan Pangkalan-Batas Jambi Kecamatan Rawas Ulu, Kabupaten Musi Rawas Utara

Heru Fahrudin Faiz<sup>1\*</sup>, Rika Ampuh Hadiguna<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup> Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Sekolah Pascasarjana, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Email: [herufahrudinfaiz@gmail.com](mailto:herufahrudinfaiz@gmail.com)<sup>1\*</sup>, [hadiguna@eng.unand.ac.id](mailto:hadiguna@eng.unand.ac.id)<sup>2</sup>

\*Penulis Korespondensi: [herufahrudinfaiz@gmail.com](mailto:herufahrudinfaiz@gmail.com)

**Abstract.** Road improvement projects require consistency between technical planning documents and field implementation to ensure that service quality, structural performance, construction time, and user safety are achieved. This article evaluates the conformity between planning and realization in the Pangkalan-Batas Jambi road improvement project in Rawas Ulu District, North Musi Rawas Regency. The study used a descriptive-quantitative evaluative approach based on field monitoring, project technical documents, comparative quantity analysis between contract and Contract Change Order (CCO), and identification of implementation constraints. The results showed that several work items changed during construction because initial planning data did not fully capture actual field conditions. Quantities increased for drainage excavation (+18.87%), roadbed preparation (+8.99%), aggregate class A base course (+12.51%), and AC-Base (+11.98%). Conversely, reinforced pipe culverts decreased (-58.33%), unsealed aggregate base/sirtu decreased (-43.50%), and tack/prime coat volume slightly decreased (-0.47%). The time schedule showed a minor delay of -0.13% in the first week but recovered in the second week, indicating effective field coordination. Main constraints included traffic interference, limited worker visibility, and equipment visibility. The study recommends more detailed site surveys during planning, stronger traffic management, stricter occupational safety implementation, systematic progress control, and routine post-construction maintenance to maintain road service life.

**Keywords:** *Construction Management; Field Constraints; Planning-Realization Conformity; Quantity Deviation; Road Improvement.*

**Abstrak.** Proyek peningkatan jalan memerlukan kesesuaian antara dokumen perencanaan teknis dan realisasi lapangan agar mutu layanan, kinerja struktur, waktu pelaksanaan, serta keselamatan pengguna dapat tercapai. Artikel ini mengevaluasi kesesuaian perencanaan dan realisasi pada pekerjaan Peningkatan Jalan Pangkalan-Batas Jambi Kecamatan Rawas Ulu, Kabupaten Musi Rawas Utara. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif-kuantitatif evaluatif melalui pemantauan lapangan, telaah dokumen teknis proyek, analisis perbandingan kuantitas antara kontrak dan Contract Change Order (CCO), serta identifikasi kendala pelaksanaan. Hasil kajian menunjukkan adanya perubahan kuantitas pada beberapa item pekerjaan akibat kondisi eksisting lapangan yang tidak sepenuhnya teridentifikasi pada tahap perencanaan awal. Kuantitas meningkat pada pekerjaan galian drainase (+18,87%), penyiapan badan jalan (+8,99%), lapis pondasi agregat kelas A (+12,51%), dan AC-Base (+11,98%). Sebaliknya, gorong-gorong pipa bertulang berkurang (-58,33%), lapis pondasi agregat tanpa penutup aspal/sirtu berkurang (-43,50%), dan lapis resap pengikat sedikit menurun (-0,47%). Time schedule menunjukkan keterlambatan kecil pada minggu pertama sebesar -0,13%, tetapi kembali terkendali pada minggu kedua. Kendala utama meliputi gangguan lalu lintas, visibilitas pekerja, dan visibilitas peralatan. Kajian ini merekomendasikan survei lapangan yang lebih detail pada tahap perencanaan, penguatan manajemen lalu lintas, penerapan K3 secara konsisten, pengendalian progres pekerjaan, serta pemeliharaan rutin pascakonstruksi.

**Kata kunci:** Deviasi Kuantitas; Kendala Lapangan; Kesesuaian Perencanaan-Realisasi; Manajemen Konstruksi; Peningkatan Jalan.

### 1. LATAR BELAKANG

Jalan merupakan infrastruktur dasar yang menentukan konektivitas wilayah, kelancaran distribusi barang dan jasa, serta akses masyarakat terhadap pusat pelayanan pemerintahan, pendidikan, kesehatan, dan kegiatan ekonomi. Pada wilayah kabupaten yang didominasi kawasan perdesaan seperti Kabupaten Musi Rawas Utara, keberadaan jalan kabupaten berperan

strategis dalam membuka keterhubungan antardesa dan antarwilayah produksi. Karena itu, kegiatan peningkatan jalan tidak cukup dipahami sebagai pekerjaan fisik perkerasan, tetapi sebagai investasi pelayanan publik yang perlu dikelola melalui perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, dan pemeliharaan berbasis data teknis. Model kinerja perkerasan dapat membantu penyusunan prioritas pemeliharaan jalan (Basnet *et al.*, 2023). Pengelolaan perkerasan modern juga semakin bergantung pada data kondisi jalan dan metode analitik (Tamagusko *et al.*, 2024). Dalam konteks konstruksi, quality control dan quality assurance diperlukan agar hasil pekerjaan jalan dapat ditelusuri sejak tahap pelaksanaan (Han, Han, *et al.*, 2023).

Ruas Jalan Pangkalan-Batas Jambi di Kecamatan Rawas Ulu memiliki fungsi penting sebagai akses masyarakat dari desa menuju Dusun Trans Pangkalan dan sebagai jalur penghubung kegiatan sosial-ekonomi masyarakat. Pekerjaan peningkatan ruas tersebut direncanakan melalui dokumen teknis yang memuat gambar perencanaan, spesifikasi, kuantitas pekerjaan, dan jadwal pelaksanaan. Ketepatan dokumen teknis menjadi penting karena keputusan material pada tahap desain awal dapat memengaruhi efisiensi biaya dan kinerja konstruksi jalan (Dinh *et al.*, 2024). Estimasi biaya prapelaksanaan untuk rehabilitasi perkerasan juga memerlukan data proyek yang memadai agar deviasi biaya dan volume dapat ditekan sejak awal (Shehab *et al.*, 2024).

Namun, pelaksanaan pekerjaan jalan sering berhadapan dengan kondisi lapangan yang berbeda dari asumsi awal. Perbedaan tersebut dapat berupa perubahan tingkat kerusakan jalan, kebutuhan drainase tambahan, kondisi tanah dasar yang tidak seragam, dan kebutuhan penyesuaian geometrik. Change order pada pekerjaan jalan dapat muncul dari faktor teknis dan pihak pemrakarsa perubahan selama konstruksi berlangsung (Waty & Sulistio, 2023). Perubahan kontrak pada proyek jalan berkaitan erat dengan ketidaksesuaian kondisi lapangan, kebutuhan penyesuaian desain, dan proses koordinasi pelaksanaan (Hariyati *et al.*, 2024). Apabila deviasi rencana-realisisasi tidak dikelola secara tertib, efektivitas anggaran, mutu konstruksi, keselamatan kerja, dan umur layanan jalan dapat terdampak. Variation order pada proyek jalan pedesaan dapat memengaruhi biaya, waktu, dan kesinambungan pelaksanaan (Koirala *et al.*, 2025).

Kajian ini berfokus pada perbandingan kuantitas pekerjaan, penyesuaian tipe penanganan, pengendalian waktu, dan kendala pelaksanaan pada pekerjaan Peningkatan Jalan Pangkalan-Batas Jambi Kecamatan Rawas Ulu. Perspektif keinsinyuran digunakan untuk membaca deviasi bukan sekadar sebagai perubahan angka, tetapi sebagai indikasi kualitas survei awal, efektivitas justifikasi teknis, koordinasi pelaksanaan, kesiapan manajemen risiko lapangan, serta kebutuhan dokumentasi mutu yang lebih kuat. Dokumentasi teknis dapat

ditempatkan sebagai bagian dari pengendalian mutu melalui kerangka quality assurance berbasis BIM (Han, Han, *et al.*, 2023). Pada aspek keselamatan, skema okupasi ruang kerja jalan perlu dianalisis agar kegiatan konstruksi tidak mengganggu keselamatan dan mobilitas pengguna jalan (Wang, Pan, *et al.*, 2023). Dampak change order juga perlu dibaca tidak hanya dari perubahan volume, tetapi dari konsekuensi biaya dan arus kas kontraktor (Qasem, 2025).

## 2. KAJIAN TEORITIS

Dalam siklus proyek konstruksi jalan, tahap perencanaan menghasilkan Detail Engineering Design (DED), gambar rencana, spesifikasi teknis, analisis volume pekerjaan, dan estimasi biaya. Dokumen tersebut menjadi acuan dalam penyusunan Harga Perkiraan Sendiri (HPS), pengadaan, kontrak, serta pengendalian pelaksanaan. Perencanaan yang baik perlu didukung oleh survei lapangan yang memadai, termasuk pengukuran geometrik, identifikasi kerusakan, kondisi drainase, kondisi tanah dasar, dan kebutuhan struktur perkerasan. Pemilihan material pada tahap preliminary design harus mempertimbangkan kinerja ekonomi dan teknis (Dinh *et al.*, 2024). Estimasi prapelaksanaan yang lebih akurat dapat membantu mengendalikan biaya rehabilitasi perkerasan (Shehab *et al.*, 2024). Transformasi digital manajemen mutu dapat memperkuat keterlacakan dokumen, inspeksi, dan perubahan pekerjaan pada tahap eksekusi (Shaban *et al.*, 2024).

Perkerasan jalan dirancang sebagai sistem berlapis yang mendistribusikan beban lalu lintas menuju tanah dasar. Pada perkerasan lentur, lapisan permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, dan tanah dasar harus bekerja bersama untuk menjaga stabilitas struktur perkerasan. Kegagalan dalam membaca kondisi tanah dasar, kepadatan, mutu campuran, atau kebutuhan lapisan perkerasan dapat menyebabkan perubahan volume pekerjaan ketika pelaksanaan berlangsung. Kontrol mutu konstruksi perkerasan aspal perlu diarahkan pada ketahanan terhadap rutting sejak proses pelaksanaan (Zhao *et al.*, 2024). Evaluasi kepadatan beton aspal berbasis core sample penting untuk memastikan ketercapaian mutu lapangan (Wang, Wang, *et al.*, 2024). Respons agregat selama pemadatan juga memberikan informasi penting untuk mengoptimalkan pemadatan lapis permukaan aspal (Zhang *et al.*, 2023).

Pengawasan proyek konstruksi jalan berfungsi memastikan bahwa pekerjaan dilaksanakan sesuai dengan spesifikasi teknis, gambar kerja, jadwal, dan ketentuan kontrak. Pengawasan juga mencakup pemeriksaan material, pengujian mutu, evaluasi progres, verifikasi volume pekerjaan, dokumentasi perubahan, dan pengendalian keselamatan kerja. Integrasi BIM dapat memperkuat quality control dan quality assurance pada pekerjaan jalan karena data inspeksi lebih mudah ditelusuri (Han, Han, *et al.*, 2023). Cloud-based quality management

membantu pengendalian dokumen mutu pada tahap eksekusi konstruksi (Shaban *et al.*, 2024). Analisis keselamatan konstruksi jalan dapat diperkuat melalui pemanfaatan data dan teknologi analitik yang lebih sistematis (Smetana *et al.*, 2024).

Perubahan kuantitas melalui addendum atau Contract Change Order (CCO) merupakan mekanisme penyesuaian kontrak ketika kondisi aktual di lapangan berbeda dari dokumen rencana. Dalam proyek jalan, CCO dapat terjadi akibat kebutuhan drainase tambahan, penyesuaian ketebalan atau lebar perkerasan, perubahan kondisi kerusakan, atau perubahan kebutuhan material. CCO perlu diposisikan sebagai instrumen penyelesaian perubahan lingkup kontrak yang didukung prosedur administrasi dan justifikasi teknis (Nusantara & Sutardi, 2023). Perubahan pekerjaan jalan sering dipicu oleh sebab teknis yang muncul selama konstruksi (Waty & Sulistio, 2023). Faktor penyebab CCO perlu diidentifikasi sejak tahap perencanaan agar perubahan tidak berkembang menjadi masalah biaya dan waktu (Hariyati *et al.*, 2024). Dampak CCO juga harus dievaluasi terhadap cash flow kontraktor sehingga pengendalian perubahan tidak berhenti pada verifikasi volume saja (Qasem, 2025).

Pemeliharaan dan peningkatan jalan juga harus dilihat dalam kerangka umur layanan. Penanganan jalan bertujuan memperlambat penurunan kondisi, mengurangi biaya operasi kendaraan, dan menjaga fungsi pelayanan jalan. Prediksi Pavement Condition Index berbasis machine learning dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja jalan (Abdualaziz *et al.*, 2023). Pendekatan pemeliharaan berbasis risiko berguna untuk memprioritaskan ruas dengan potensi kegagalan lebih tinggi (Shokoohi *et al.*, 2023). Model prediktif membantu penyusunan rencana pemeliharaan dan perbaikan (Basnet *et al.*, 2023). Pada kondisi lingkungan basah, kejadian banjir dapat mempercepat laju deteriorasi perkerasan (Peng *et al.*, 2025). Perencanaan pemeliharaan juga dapat dioptimalkan dengan model probabilistik dan genetic algorithm (Sovanneth *et al.*, 2025).

### **3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif evaluatif. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menjelaskan kondisi proyek, tipe penanganan, kendala lapangan, dan mekanisme pengendalian pelaksanaan. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menghitung perubahan kuantitas pekerjaan antara rencana kontrak dan realisasi/CCO, termasuk selisih volume dan persentase perubahan. Pendekatan evaluatif dipilih karena studi sejenis pada proyek jalan menempatkan perbandingan rencana-realisis sebagai bahan pembelajaran teknis untuk meningkatkan akurasi perencanaan berikutnya. Data awal yang kuat diperlukan pada tahap desain agar keputusan material lebih rasional (Dinh *et al.*, 2024).

Estimasi prapelaksanaan yang baik membantu mengendalikan hubungan antara biaya dan kinerja rehabilitasi perkerasan (Shehab *et al.*, 2024). Dokumentasi konstruksi yang sistematis dapat memperkuat proses evaluasi pelaksanaan (Han, Han, *et al.*, 2023). Analisis change order bermanfaat untuk membaca penyebab perubahan pekerjaan jalan (Waty & Sulistio, 2023).

Lokasi penelitian adalah pekerjaan Peningkatan Jalan Pangkalan-Batas Jambi di Desa Pangkalan/Kelurahan Surulangun, Kecamatan Rawas Ulu, Kabupaten Musi Rawas Utara. Data yang digunakan meliputi dokumen kontrak, shop drawing, daftar kuantitas awal dan CCO, time schedule pekerjaan, hasil monitoring lapangan, serta identifikasi kendala pelaksanaan. Data tersebut kemudian diolah untuk menghasilkan perbandingan rencana-realisasi dan rekomendasi teknis.

Analisis kuantitas dilakukan dengan membandingkan volume rencana kontrak dan volume CCO. Persentase perubahan dihitung dengan formula: perubahan (%) =  $((\text{kuantitas CCO} - \text{kuantitas kontrak}) / \text{kuantitas kontrak}) \times 100\%$ . Nilai positif menunjukkan penambahan volume, sedangkan nilai negatif menunjukkan pengurangan volume. Analisis kendala dilakukan secara deskriptif berdasarkan faktor gangguan lalu lintas, visibilitas pekerja, dan visibilitas peralatan. Evaluasi variation order dapat digunakan untuk menilai perubahan pekerjaan pada proyek jalan (Koirala *et al.*, 2025). Prosedur CCO diperlukan sebagai mekanisme penyelesaian perubahan lingkup kontrak yang tertib (Nusantara & Sutardi, 2023). Pengelompokan faktor penyebab CCO membantu menjelaskan apakah perubahan lebih dominan berasal dari kondisi lapangan, perencanaan, atau koordinasi pelaksanaan (Hariyati *et al.*, 2024).

#### **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil telaah shop drawing menunjukkan bahwa pekerjaan peningkatan jalan menggunakan dua tipe penanganan. Kedua tipe memiliki susunan struktur perkerasan yang sama, yaitu lapis pondasi agregat tanpa penutup aspal atau sirtu setebal 10 cm, lapis pondasi agregat kelas A setebal 15 cm, dan lapisan permukaan AC-Base setebal 7,5 cm. Perbedaan utama terletak pada lebar penanganan jalan, yaitu Tipe I untuk lebar efektif sekitar 4,00-4,50 m dan Tipe II untuk lebar sekitar 5,00-6,00 m. Konsistensi pemadatan aspal di lapangan dapat dijaga melalui intelligent compaction berbasis sensor dan machine learning (Wang, Li, *et al.*, 2024). Kontrol mutu selama pelaksanaan berkaitan langsung dengan ketahanan perkerasan terhadap rutting dan kerusakan dini (Zhao *et al.*, 2024).

Kesamaan susunan lapisan menunjukkan bahwa perencanaan berupaya menjaga kekuatan struktural perkerasan pada kedua tipe penanganan. Perbedaan lebar penanganan

merupakan bentuk respons terhadap kondisi geometrik eksisting yang berbeda sepanjang ruas. Dari sudut pandang teknis, variasi lebar seperti ini wajar pada pekerjaan peningkatan jalan kabupaten, tetapi harus didukung oleh pengukuran lapangan yang akurat agar volume pekerjaan tidak menyimpang terlalu besar dari rencana awal. Perencanaan jalan pedesaan perlu mempertimbangkan strategi pemeliharaan jangka panjang dan keterbatasan anggaran (Han, Huang, *et al.*, 2023). Keputusan pada tahap desain awal juga perlu memperhitungkan kinerja material dan konsekuensi ekonominya (Dinh *et al.*, 2024).

**Tabel 1.** Ringkasan tipe penanganan teknis pekerjaan peningkatan jalan.

Komponen	Tipe I	Tipe II	Implikasi teknis
Lebar efektif penanganan	±4,00-4,50 m	±5,00-6,00 m	Penyesuaian dilakukan terhadap variasi lebar eksisting ruas jalan.
Lapis pondasi agregat tanpa penutup aspal/sirtu	10 cm	10 cm	Berfungsi sebagai lapisan pondasi bawah dan perbaikan daya dukung awal.
Lapis pondasi agregat kelas A	15 cm	15 cm	Menjadi lapis pondasi atas untuk mendistribusikan beban lalu lintas.
AC-Base	7,5 cm	7,5 cm	Berfungsi sebagai lapisan permukaan/pondasi aspal pada struktur penanganan.

### Perbandingan Kuantitas Kontrak dan CCO

Perbandingan kuantitas menunjukkan bahwa sebagian item pekerjaan mengalami perubahan antara rencana kontrak dan CCO. Perubahan tersebut paling nyata terjadi pada item drainase, penyiapan badan jalan, lapis pondasi agregat, dan AC-Base. Perubahan kuantitas ini mencerminkan adanya kebutuhan penyesuaian terhadap kondisi eksisting lapangan yang tidak sepenuhnya tertangkap pada tahap perencanaan awal. Perubahan pekerjaan jalan sering berhubungan dengan faktor teknis dan keputusan pemrakarsa perubahan (Waty & Sulistio, 2023). Variation order pada proyek jalan pedesaan dapat muncul karena perbedaan kondisi aktual, perubahan kebutuhan, dan penyesuaian konstruksi (Koirala *et al.*, 2025). Dengan demikian, pembacaan deviasi volume perlu diarahkan pada evaluasi kualitas survei awal dan efektivitas justifikasi teknis, bukan sekadar pada perbedaan angka kontrak dan CCO.

Peningkatan terbesar secara persentase terjadi pada galian drainase dan saluran air, yaitu +18,87%. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan pengendalian air permukaan lebih besar daripada yang direncanakan. Dalam pekerjaan jalan, drainase merupakan komponen krusial karena genangan dan infiltrasi air dapat mempercepat penurunan kinerja perkerasan. Kejadian banjir berpengaruh terhadap laju deteriorasi perkerasan sehingga pengendalian air menjadi bagian penting dari strategi perlindungan struktur jalan (Peng *et al.*, 2025). Oleh karena itu, penambahan volume drainase pada ruas Pangkalan-Batas Jambi dapat dibaca sebagai koreksi teknis untuk menjaga umur layanan jalan. Risiko kerusakan akibat saluran yang tidak berfungsi perlu dibaca dalam pendekatan pemeliharaan berbasis risiko (Shokoohi *et al.*, 2023).

**Tabel 2.** Perbandingan kuantitas utama antara kontrak dan CCO.

Item pekerjaan	Satuan	Kontrak	CCO	Selisih	Perubahan	Status
Galian selokan drainase dan saluran air	m <sup>3</sup>	747,72	888,84	+141,12	+18,87%	Bertambah
Gorong-gorong pipa bertulang diameter 55-56 cm	m	12,00	5,00	-7,00	-58,33%	Berkurang
Penyiapan badan jalan	m <sup>2</sup>	12.462,00	13.582,97	+1.120,97	+8,99%	Bertambah
Lapis pondasi agregat kelas A	m <sup>3</sup>	1.620,06	1.822,69	+202,63	+12,51%	Bertambah
Lapis pondasi agregat tanpa penutup aspal/sirtu	m <sup>3</sup>	2.243,16	1.267,39	-975,77	-43,50%	Berkurang
Lapis resap pengikat - aspal cair/emulsi	liter	9.346,50	9.302,91	-43,59	-0,47%	Berkurang
Laston lapis pondasi (AC-Base)	ton	1.791,41	2.005,94	+214,53	+11,98%	Bertambah

Penambahan penyiapan badan jalan sebesar +8,99% mengindikasikan bahwa area yang perlu disiapkan lebih luas dibandingkan asumsi awal. Kondisi ini dapat terjadi akibat variasi lebar eksisting, perubahan tingkat kerusakan badan jalan, atau kebutuhan penyesuaian geometri agar struktur perkerasan baru memiliki bidang dukung yang memadai. Penambahan lapis pondasi agregat kelas A (+12,51%) dan AC-Base (+11,98%) juga menunjukkan bahwa kebutuhan penguatan struktur lebih besar dari rencana. Kepadatan lapisan aspal perlu diverifikasi agar mutu lapangan sesuai dengan spesifikasi (Wang, Wang, *et al.*, 2024). Pematatan yang tidak optimal dapat memengaruhi stabilitas agregat dan kinerja lapisan permukaan (Zhang *et al.*, 2023). Dengan demikian, penambahan volume lapis pondasi dan AC-Base perlu dipahami sebagai penyesuaian teknis yang harus tetap dikendalikan melalui pengujian mutu.

Sebaliknya, pengurangan terbesar terjadi pada lapis pondasi agregat tanpa penutup aspal/sirtu sebesar -43,50% dan gorong-gorong pipa bertulang sebesar -58,33%. Pengurangan ini menunjukkan adanya redistribusi kebutuhan pekerjaan. Dalam laporan teknik, pengurangan tersebut dijelaskan berkaitan dengan penambahan pekerjaan galian drainase, penyiapan badan jalan, lapis pondasi agregat kelas A, dan AC-Base. Perubahan pada satu kelompok pekerjaan jalan sering berhubungan dengan penyesuaian item lain selama konstruksi (Waty & Sulistio, 2023). Perubahan volume perlu ditinjau dari dampaknya terhadap biaya, waktu, dan arus kas (Qasem, 2025). Variation order pada proyek jalan pedesaan perlu dikelola dengan dokumentasi yang jelas agar redistribusi volume tetap dapat dipertanggungjawabkan (Koirala *et al.*, 2025).

Item pekerjaan umum seperti mobilisasi, as-built drawing, dokumentasi proyek, papan nama proyek, manajemen lalu lintas dan K3, serta manajemen mutu tetap tidak mengalami perubahan karena bersifat lumsum dan menjadi komponen pendukung yang wajib ada dalam

pengendalian proyek. Keberadaan item tersebut tetap penting karena perubahan volume pekerjaan teknis harus dibarengi dengan dokumentasi, pengendalian mutu, dan pengamanan lalu lintas yang memadai. Dokumentasi digital dan kerangka BIM membantu memastikan proses quality assurance dapat diverifikasi (Han, Han, *et al.*, 2023). Integrasi BIM dan cloud computing dapat mempercepat pengendalian dokumen mutu pada tahap pelaksanaan konstruksi (Shaban *et al.*, 2024).

### **Pengendalian Waktu Pelaksanaan**

Evaluasi time schedule menunjukkan bahwa pada minggu pertama terjadi keterlambatan kecil dengan deviasi -0,13% terhadap rencana progres. Keterlambatan ini terutama berkaitan dengan mobilisasi awal, penyesuaian kondisi lapangan, dan pengaturan tahapan pekerjaan. Namun, pada minggu kedua progres meningkat sehingga deviasi dapat dikendalikan. Pelaksanaan proyek bahkan dapat diselesaikan sebelum durasi kontrak yang direncanakan.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa walaupun terjadi perubahan kuantitas pekerjaan, sistem pengendalian waktu berjalan cukup efektif. Koordinasi antara Direksi Teknis, penyedia jasa konstruksi, dan pihak terkait mampu mengembalikan progres ke jalur rencana. Dari sudut pandang manajemen konstruksi, kondisi ini menunjukkan pentingnya pemantauan berkala, rapat koordinasi, fleksibilitas metode pelaksanaan, serta pembaruan informasi progres agar deviasi awal tidak berkembang menjadi keterlambatan yang lebih besar. Digitalisasi manajemen mutu dapat mempercepat alur informasi selama tahap eksekusi (Shaban *et al.*, 2024). Model estimasi prapelaksanaan berperan dalam mengendalikan hubungan antara biaya, waktu, dan kinerja pekerjaan rehabilitasi perkerasan (Shehab *et al.*, 2024).

### **Kendala Lapangan dan Mitigasi Risiko**

Kendala utama yang teridentifikasi selama pelaksanaan pekerjaan meliputi gangguan lalu lintas dan kendaraan, visibilitas pekerja, serta visibilitas peralatan. Ketiga faktor tersebut berkaitan langsung dengan keselamatan kerja dan keselamatan pengguna jalan karena pekerjaan dilakukan pada ruas yang masih berinteraksi dengan aktivitas lalu lintas masyarakat. Keselamatan lokasi kerja jalan sangat dipengaruhi oleh persepsi pekerja, pengaturan zona kerja, dan penerapan prosedur keselamatan (Shbeeb, 2024). Peningkatan mobilitas pada work zone di negara berkembang membutuhkan pengaturan lalu lintas dan dukungan teknologi (Ansari *et al.*, 2025). Sensor proximity dan intrusion dapat membantu mengurangi risiko pekerja yang berdekatan dengan kendaraan dan alat berat (Demeke *et al.*, 2025).

**Tabel 3.** Kendala lapangan dan strategi mitigasi.

Kendala	Dampak potensial	Strategi mitigasi
Gangguan lalu lintas dan kendaraan	Menghambat pekerjaan, meningkatkan risiko kecelakaan, dan menurunkan efisiensi alat.	Pemasangan rambu proyek, pengaturan jalur sementara, pengendalian akses kendaraan, dan penugasan petugas pengatur lalu lintas.
Visibilitas pekerja	Pekerja berisiko tidak terlihat oleh pengguna jalan atau operator alat, terutama pada kondisi debu, malam, atau cuaca buruk.	Penggunaan rompi reflektif, penerangan tambahan, safety induction, pembatas area kerja, serta papan peringatan yang mudah terlihat.
Visibilitas peralatan	Alat berat yang diparkir atau beroperasi di pinggir jalan dapat tertabrak kendaraan dan mengganggu keselamatan lalu lintas.	Pemberian marka/rambu reflektif pada alat, lampu peringatan, area parkir aman, dan pengaturan posisi alat di luar jalur lalu lintas aktif.

Gangguan lalu lintas menjadi kendala yang perlu diprioritaskan karena pekerjaan jalan sering berlangsung pada jalur yang tetap digunakan masyarakat. Pengaturan lalu lintas yang kurang baik dapat menimbulkan konflik antara aktivitas konstruksi dan pergerakan kendaraan. Oleh karena itu, manajemen lalu lintas proyek harus menjadi bagian dari rencana kerja, bukan hanya tindakan reaktif ketika terjadi gangguan. Skema okupasi jalan pada zona kerja berpengaruh terhadap efisiensi lalu lintas dan keselamatan pengguna (Wang, Pan, *et al.*, 2023). Strategi pengurangan delay dan dukungan teknologi menjadi penting ketika pekerjaan jalan berlangsung pada koridor yang tetap digunakan lalu lintas umum (Ansari *et al.*, 2025).

Visibilitas pekerja dan peralatan merupakan isu K3 yang sangat penting. Pekerjaan jalan melibatkan alat berat seperti tire roller, vibratory roller, dan asphalt finisher yang memiliki ruang gerak besar dan blind spot. Tanpa rambu, penerangan, dan perlengkapan reflektif, risiko tabrakan dan kecelakaan kerja meningkat. Kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, komunikasi lapangan, dan pengawasan merupakan faktor penting dalam keselamatan lokasi kerja jalan (Shbeeb, 2024). Sistem peringatan berbasis sensor dapat membantu mengurangi bahaya intrusi kendaraan dan kedekatan pekerja dengan alat berat (Demeke *et al.*, 2025). Analisis data keselamatan konstruksi dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola risiko dan tindakan korektif (Smetana *et al.*, 2024).

Kendala lapangan tersebut juga menunjukkan bahwa kualitas proyek tidak hanya ditentukan oleh mutu perkerasan, tetapi juga oleh kemampuan mengelola lingkungan kerja. Proyek peningkatan jalan yang berhasil harus mampu menyeimbangkan target teknis, waktu, keselamatan pekerja, dan keselamatan pengguna jalan. Analisis keselamatan berbasis data dapat mendukung pengambilan keputusan konstruksi (Smetana *et al.*, 2024). Sistem mutu digital dapat memperkuat dokumentasi inspeksi dan tindak lanjut (Shaban *et al.*, 2024).

Teknologi sensor pada zona kerja dapat menjadi lapisan pengendalian risiko, terutama pada pekerjaan yang berinteraksi dengan lalu lintas aktif (Demeke *et al.*, 2025).

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara perencanaan dan realisasi pada beberapa item pekerjaan Peningkatan Jalan Pangkalan-Batas Jambi Kecamatan Rawas Ulu. Perubahan kuantitas terjadi karena kondisi eksisting lapangan tidak sepenuhnya sesuai dengan asumsi perencanaan awal. Item yang bertambah meliputi galian drainase (+18,87%), penyiapan badan jalan (+8,99%), lapis pondasi agregat kelas A (+12,51%), dan AC-Base (+11,98%). Item yang berkurang meliputi gorong-gorong pipa bertulang (-58,33%), lapis pondasi agregat tanpa penutup aspal/sirtu (-43,50%), dan lapis resap pengikat (-0,47%). Temuan ini menunjukkan bahwa change order pada pekerjaan jalan banyak dipengaruhi faktor teknis pelaksanaan (Waty & Sulistio, 2023). Variation order pada proyek jalan pedesaan juga dapat mencerminkan perbedaan antara asumsi desain dan kebutuhan aktual lapangan (Koirala *et al.*, 2025). Perubahan pekerjaan perlu dievaluasi terhadap konsekuensi biaya, waktu, dan arus kas proyek (Qasem, 2025). Dua tipe penanganan menggunakan struktur perkerasan yang sama, yaitu sirtu/agregat tanpa penutup aspal 10 cm, agregat kelas A 15 cm, dan AC-Base 7,5 cm, dengan perbedaan pada lebar efektif penanganan. Time schedule menunjukkan keterlambatan awal kecil sebesar -0,13% pada minggu pertama, tetapi progres dapat dipulihkan pada minggu kedua dan proyek dapat diselesaikan sebelum durasi kontrak rencana.

Kendala utama pelaksanaan adalah gangguan lalu lintas, visibilitas pekerja, dan visibilitas peralatan. Kendala tersebut berhubungan langsung dengan aspek keselamatan kerja dan keselamatan pengguna jalan, sehingga membutuhkan manajemen lalu lintas, rambu proyek, APD reflektif, penerangan tambahan, dan pengamanan area kerja. Evaluasi ini menegaskan bahwa keberhasilan proyek jalan tidak hanya ditentukan oleh hasil fisik, tetapi juga oleh kualitas survei perencanaan, justifikasi teknis perubahan, pengendalian waktu, pengendalian mutu, dan manajemen risiko lapangan.

## **DAFTAR REFERENSI**

- Abdualaziz, A. A., Abdalrhman, M., Amgad, H., Yusoff, N. I. M., & Heneash, U. (2023). Predicting pavement condition index based on the utilization of machine learning techniques: A case study. *Journal of Road Engineering*, 3(3), 266-278. <https://doi.org/10.1016/j.jreng.2023.04.002>

- Ansari, F. A., Pani, A., & Mohapatra, S. S. (2025). Improving highway work zone mobility in the developing world: A systematic literature review of work zone delay measures and technological solutions. *Transportation Research Record*, 2679(3). <https://doi.org/10.1177/03611981241283451>
- Basnet, K. S., Shrestha, J. K., & Shrestha, R. N. (2023). Pavement performance model for road maintenance and repair planning: A review of predictive techniques. *Digital Transportation and Safety*, 2(4), 253-267. <https://doi.org/10.48130/DTS-2023-0021>
- Demeke, A. Y., Heravi, M. Y., Dola, I. S., Jang, Y., Le, C., Jeong, I., Lin, Z., & Wang, D. (2025). Advancing highway work zone safety: A comprehensive review of sensor technologies for intrusion and proximity hazards. *Transportation Research Record*, 2679(2), 1066-1089. <https://doi.org/10.1177/03611981241265845>
- Dinh, T. H., Dinh, T. H., & Gotze, U. (2024). Roadworks design: Study on selection of construction materials in the preliminary design phase based on economic performance. *International Journal of Construction Management*, 24(5), 503-511. <https://doi.org/10.1080/15623599.2023.2179603>
- Han, C., Han, T., Ma, T., Tong, Z., & Wang, S. (2023). A BIM-based framework for road construction quality control and quality assurance. *International Journal of Pavement Engineering*, 24(1), 2209903. <https://doi.org/10.1080/10298436.2023.2209903>
- Han, C., Huang, J., Yang, X., Chen, L., & Chen, T. (2023). Long-term maintenance planning method of rural roads under limited budget: A case study of road network. *Applied Sciences*, 13(23), 12661. <https://doi.org/10.3390/app132312661>
- Hariyati, R. T., Fahirah, F., & Nirmalawati. (2024). Analysis of factors causing contract change orders in the implementation of provincial road construction projects in Central Sulawesi. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 9(6), 3314-3322. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/24jun125>
- Koirala, M. P., Thapa, N., Giri, O. P., & Shah, R. K. (2025). Evaluation of variation orders on road construction projects in rural Nepal. *Construction Economics and Building*, 25(3/4), 311-338. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v25i3/4.9756>
- Nusantara, B. P., & Sutardi, S. (2023). Evaluation of the implementation of contract change order as a solution to the problem of contract scope changes. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 204-218. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.4508>
- Peng, L., Gao, L., Hong, F., & Sun, J. (2025). Evaluating pavement deterioration rates due to flooding events using explainable AI. *Buildings*, 15(9), 1452. <https://doi.org/10.3390/buildings15091452>
- Qasem, A. M. J. (2025). A systematic multi-criteria quantitative model for evaluating the change order impact on contractors' cash flow. *Buildings*, 15(8), 1246. <https://doi.org/10.3390/buildings15081246>
- Shaban, M., Al-Hassan, B., & Mohamad, A. S. (2024). Digital transformation of quality management in the construction industry during the execution phase by integration of building information modeling (BIM) and cloud computing. *Building Engineering*, 2(1), 1132. <https://doi.org/10.59400/be.v2i1.1132>
- Shbeeb, L. (2024). Evaluating road work site safety management: A case study of the Amman bus rapid transit project construction. *Cogent Engineering*, 11(1), 2283320. <https://doi.org/10.1080/23311916.2023.2283320>

- Shehab, T., Blampied, N., Nasr, E., & Sindhu, L. (2024). ANN-based estimation model for the preconstruction cost of pavement rehabilitation projects. *International Journal of Construction Management*, 24(8), 894-901. <https://doi.org/10.1080/15623599.2023.2239445>
- Shokoohi, M., Golroo, A., & Ardeshir, A. (2023). Pavement maintenance planning using a risk-based approach and fault tree analysis. *International Journal of Pavement Engineering*, 24(2), 2276160. <https://doi.org/10.1080/10298436.2023.2276160>
- Smetana, M., Salles de Salles, L., Sukharev, I., & Khazanovich, L. (2024). Highway construction safety analysis using large language models. *Applied Sciences*, 14(4), 1352. <https://doi.org/10.3390/app14041352>
- Sovanneth, N., Obunguta, F., Sasai, K., & Kaito, K. (2025). Optimization of pavement maintenance planning in Cambodia using a probabilistic model and genetic algorithm. *Infrastructures*, 10(10), 261. <https://doi.org/10.3390/infrastructures10100261>
- Tamagusko, T., Gomes Correia, M., & Ferreira, A. (2024). Machine learning applications in road pavement management: A review, challenges and future directions. *Infrastructures*, 9(12), 213. <https://doi.org/10.3390/infrastructures9120213>
- Wang, X., Wang, G., Gong, F., Qin, L., Gao, Z., & Cheng, X. (2024). Evaluation and analysis of asphalt concrete density based on core samples. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 36(1), 04023523. <https://doi.org/10.1061/JMCEE7.MTENG-15771>
- Wang, Y., Li, J., Zhang, X., Yao, Y., & Peng, Y. (2024). Recent development in intelligent compaction for asphalt pavement construction: Leveraging smart sensors and machine learning. *Sensors*, 24(9), 2777. <https://doi.org/10.3390/s24092777>
- Wang, Y., Pan, B., Xie, Z., Shao, M., Shi, M., & Tian, X. (2023). Evaluation of different work zone road-occupation schemes for monorail construction. *Applied Sciences*, 13(24), 13200. <https://doi.org/10.3390/app132413200>
- Waty, M., & Sulistio, H. (2023). Road construction change order analysis (technical causes and initiators). *International Journal of Application on Sciences, Technology and Engineering*, 1(3), 866-881. <https://doi.org/10.24912/ijaste.v1.i3.866-881>
- Zhang, Z., Dan, H., Li, S., & Li, W. (2023). Optimizing asphalt surface course compaction: Insights from aggregate triaxial acceleration responses. *Materials*, 16(22), 7239. <https://doi.org/10.3390/ma16227239>
- Zhao, Y., Ren, J., Zhang, K., Luo, Y., & Wang, K. (2024). Construction quality control for rutting resistance of asphalt pavement using BIM technology. *Buildings*, 14(1), 239. <https://doi.org/10.3390/buildings14010239>