

Integrasi Agile dalam Kerangka Waterfall pada Proyek Konstruksi Migas: Kajian Literatur dan Strategi Implementasi

Danur Riswanto

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Brebes

^{1*}danurriswanto@umbs.ac.id

Abstract

This study examines the challenges and opportunities in implementing a hybrid Agile–Waterfall project management approach in industrial oil and gas construction projects, such as refinery development, storage terminals, and distribution facilities. Oil and gas projects are generally complex and subject to strict regulatory requirements, making them prone to cost and schedule overruns caused by design changes, low labor productivity, inadequate planning, and material price fluctuations. Recent literature indicates that integrating agile principles (iterative and adaptive) into a traditional waterfall framework can enhance flexibility in responding to changes and improve time and cost efficiency. Contemporary practices such as Scrum and Kanban have been applied in energy projects to visualize workflows, enhance team collaboration, and enable continuous feedback. The integration of agile within oil and gas project environments offers advantages including faster response to change, higher transparency, and prioritization of critical elements. However, it also faces limitations such as high design change costs, regulatory complexity, and the need for cultural transformation. Based on this analysis, best practices and an implementation roadmap for a hybrid Agile–Waterfall approach in oil and gas construction projects are recommended, including iterative design with client collaboration, the use of Kanban boards or Scrum for visual management, and project team training, to improve schedule adherence, cost control, and regulatory compliance.

Keywords: Hybrid Project Management, Agile–Waterfall, EPC Projects, Downstream Oil and Gas Industry, Construction Management

Abstrak

Penelitian ini mengkaji tantangan dan peluang penerapan metode manajemen proyek hybrid Agile-Waterfall pada proyek konstruksi industri oil & gas, seperti pembangunan kilang, terminal penyimpanan, dan fasilitas distribusi. Proyek migas umumnya kompleks dengan regulasi yang ketat, sehingga berpotensi mengalami *cost* dan *schedule overrun*, disebabkan oleh perubahan desain, produktivitas tenaga kerja rendah, perencanaan yang kurang baik, serta fluktuasi harga material. Studi literatur terkini menunjukkan bahwa penggabungan prinsip *agile* (iteratif dan adaptif) ke dalam kerangka *waterfall* dapat meningkatkan fleksibilitas dalam menghadapi perubahan serta efisiensi waktu dan biaya. Praktik kontemporer seperti penggunaan *scrum* atau *kanban* telah diterapkan pada proyek energi untuk visualisasi alur kerja, kolaborasi tim, dan umpan balik berkelanjutan. Integrasi *agile* dalam lingkungan proyek migas menawarkan kelebihan seperti respons lebih cepat terhadap perubahan, transparansi lebih tinggi, dan prioritas fokus pada elemen krusial, namun juga menghadapi keterbatasan berupa tingginya biaya perubahan desain, kompleksitas regulasi, dan kebutuhan transformasi budaya kerja. Berdasarkan analisis ini, direkomendasikan praktik-praktik terbaik dan *roadmap* pelaksanaan pendekatan hybrid *agile-waterfall* dalam proyek konstruksi migas, seperti iterasi desain dengan kolaborasi klien, penggunaan papan *kanban* atau *scrum* untuk visual manajemen, serta pelatihan tim proyek, guna meningkatkan ketepatan waktu, biaya, dan kesesuaian regulatori.

Kata Kunci: Hybrid Project Management, Agile–Waterfall, Proyek EPC, Industri Hilir Migas, Manajemen Konstruksi

PENDAHULUAN

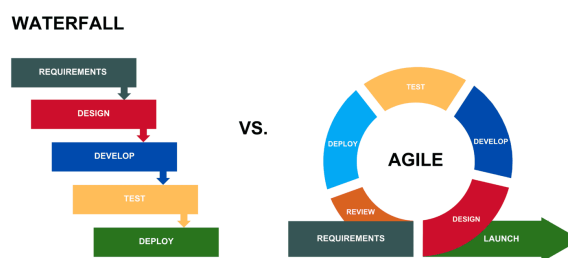
Industri minyak dan gas (migas) hilir meliputi proses pengolahan minyak mentah menjadi produk jadi, penyimpanan, serta distribusi ke konsumen akhir. Pembangunan fasilitas kilang, terminal bahan bakar, dan jaringan distribusi memerlukan manajemen proyek konstruksi yang cermat. Namun, banyak proyek migas di Indonesia dan global sering mengalami *schedule* dan *cost overrun* (Flyvbjerg, 2014; Olaniran et al., 2015; Zilikram, 2023). Zilikram melaporkan bahwa 56% proyek migas di Indonesia mengalami *overrun* >10% pada biaya dan jadwal, dan sekitar 36% proyek mengalami *overrun* biaya serta keterlambatan jadwal hingga 25% dari total 45 proyek, hal ini disebabkan oleh perubahan desain, produktivitas pekerja yang rendah, perencanaan yang kurang memadai, serta kekurangan sumber daya (Zilikram, 2023). Dalam konteks industri migas, kompleksitas regulasi keselamatan dan lingkungan meningkatkan ketidakpastian proyek (Locatelli et al., 2014; Merrow, 2011). (Nugroho & Utama, 2025) menegaskan bahwa proyek migas di Indonesia menghadapi risiko tambahan akibat ketidakpastian kebijakan energi dan fluktuasi harga global. Kekurangan tenaga kerja terampil dan gangguan rantai pasok juga menjadi tantangan, di mana kekurangan kontraktor terampil mempengaruhi penyelesaian proyek dan meningkatkan biaya (AON, 2025). Kondisi ini menuntut pendekatan manajemen proyek yang tidak hanya ketat namun juga adaptif terhadap perubahan. Penelitian Gado mengidentifikasi peluang mengintegrasikan prinsip *agile* ke dalam metodologi *waterfall* untuk meningkatkan kinerja proyek konstruksi (Gado & Amer, 2025). Studi lain menunjukkan bahwa pengelolaan proyek berbasis *agile* (*scrum*) pada tahap pra-konstruksi meningkatkan fleksibilitas dan kolaborasi tim, sehingga tim dapat dengan cepat merespon perubahan kebutuhan proyek (Moreno et al., 2024). Berdasarkan kajian pustaka dan praktik industri, penelitian ini bertujuan merumuskan rekomendasi penerapan metode *hybrid agile-waterfall* dalam proyek konstruksi migas.

KAJIAN TEORITIS

Proyek konstruksi migas umumnya bernilai besar, melibatkan banyak pemangku kepentingan, serta memiliki tingkat kompleksitas teknis dan regulasi yang ketat. Menurut (Nugroho & Utama, 2025) proyek konstruksi migas sering menghadapi tantangan-tantangan seperti risiko biaya dan jadwal yang signifikan, keharusan mematuhi standar keselamatan dan lingkungan yang ketat, proses perizinan yang panjang, perubahan kebijakan energi, serta volatilitas harga minyak dan gas. Selain itu, faktor nonteknis seperti perencanaan lahan, koordinasi kontraktor, dan masalah sosial-lingkungan dapat menimbulkan penundaan proyek. Ketidakpastian ini sering menyebabkan *scope creep* (tambah ruang lingkup) dan revisi desain selama pelaksanaan, yang pada metode tradisional *waterfall* memicu pembengkakan biaya dan waktu.

Penelitian yang dilakukan oleh Zilikram menyoroti bahwa penyebab mendasar keterlambatan proyek hilir meliputi perubahan desain (*design changes*), produktivitas pekerja yang rendah, perencanaan yang tidak memadai, dan ketersediaan sumber daya yang terbatas (Zilikram, 2023). Sebagai contoh, perubahan desain akibat revisi kebijakan pemerintah atau permintaan klien dapat mempengaruhi jadwal terencana jika tidak ditangani secara fleksibel. Kekurangan tenaga kerja terampil dan gangguan rantai pasok juga dapat meningkatkan risiko keterlambatan dan biaya pada proyek kilang dan petrokimia (AON, 2025). Kondisi ini menimbulkan kebutuhan atas pendekatan manajemen proyek yang lebih adaptif, dapat berkolaborasi erat dengan pemangku kepentingan, dan menyeimbangkan kebutuhan perencanaan terstruktur dengan kemampuan merespons perubahan.

Metode *waterfall* adalah siklus hidup proyek linier yang tradisional di banyak proyek konstruksi, fase seperti desain, pengadaan, konstruksi dilakukan berurutan berdasarkan rencana awal yang rinci (Askari, 2021). Kelebihan *waterfall* adalah perencanaan dan pengukuran kemajuan yang jelas, serta cocok untuk bagian proyek dengan standar regulasi tetap. Namun, kekakuannya menyulitkan perubahan mendadak seperti permintaan desain tambahan atau revisi jadwal yang sering memunculkan *cost overrun* besar dan keterlambatan penyelesaian proyek. Sebagai alternatif, *agile* menawarkan siklus iteratif dengan tim kecil yang bersifat lintas fungsi, fokus pada kolaborasi berkesinambungan, umpan balik cepat, dan adaptasi terhadap kebutuhan baru. *Agile* dalam pengembangan perangkat lunak mengedepankan nilai kolaborasi dan respons cepat, yang prinsipnya kini mulai diadopsi pada proyek konstruksi.



Gambar 1. Waterfall vs Agile

Beberapa metode *agile* seperti *scrum* dan *kanban* telah diaplikasikan pada proyek non-perangkat lunak. *Scrum* mendelegasikan proyek ke dalam *sprint* iteratif yang memungkinkan penyesuaian desain secara berkala, sedangkan *kanban* menggunakan papan visual untuk memantau alur kerja dan *work-in-progress*. Contoh penerapan industri menunjukkan manfaat *kanban board* di sektor migas meningkatkan transparansi dan efisiensi operasional dengan menampilkan status tugas

sehingga tim segera menemukan hambatan. Dalam konteks konstruksi, pendekatan *agile* memungkinkan fase proyek dibagi menjadi modul-modul independen dengan tujuan spesifik, dengan tetap mengakomodasi *input* dari klien secara berkelanjutan. Navaid Rehman mencatat bahwa *agile* memudahkan pembagian proyek konstruksi ke dalam fase-fase dengan tujuan dan *baseline* masing-masing, sehingga tim dapat bekerja lebih otonom dan adaptif terhadap perubahan (Rehman, 2024). Keunggulan lain dari *agile* adalah keterlibatan aktif klien sepanjang proyek, yang mengurangi risiko ketidaksesuaian hasil akhir dengan ekspektasi.

Pendekatan *hybrid* menggabungkan kekuatan metode tradisional dan *agile* (Mirzaei et al., 2024). Gado dkk mengemukakan bahwa *hybrid project management* dapat menyeimbangkan struktur dan fleksibilitas, *waterfall* memastikan perencanaan matang dan kejelasan ruang lingkup, sementara *agile* memungkinkan penyesuaian di tengah proyek. Misalnya, komponen proyek inti dan teregulasi ketat tetap dikelola secara *waterfall*, sedangkan bagian yang bersifat inovatif atau rentan perubahan dikelola secara iteratif. Gado dkk juga menunjukkan bahwa pendekatan *hybrid* memberikan *roadmap* proyek menyeluruh dengan pembagian tanggung jawab yang jelas, sekaligus mendukung perencanaan detail dengan *sprint* agar setiap fase dapat dikirim tepat waktu (Gado & Amer, 2025). Dalam proyek konstruksi migas, hal ini berarti aspek teknis kritis direncanakan dahulu, sedangkan aspek desain pendukung atau perubahan proses dapat dilakukan dengan umpan balik berulang.

Tabel 1. Perbandingan Metodologi Agile dan Waterfall

Aspek	Metodologi Agile	Metodologi Waterfall
Keunggulan		
Fleksibilitas	Adaptif terhadap perubahan kebutuhan dan prioritas selama proyek berlangsung.	Memiliki struktur yang jelas dengan tahapan dan luaran (deliverable) yang terdefinisi dengan baik.
Umpan Balik	Mendukung umpan balik berkelanjutan sehingga memungkinkan perbaikan secara cepat.	Kemajuan proyek mudah dipantau melalui milestone dan tahapan yang terstruktur.
Kolaborasi Tim	Mendorong kerja sama dan rasa kepemilikan tim sehingga meningkatkan motivasi.	Cocok untuk proyek dengan kebutuhan yang tetap dan terdefinisi dengan jelas.
Pengiriman Produk	Menghasilkan fitur yang dapat digunakan sejak tahap awal melalui iterasi.	Menghasilkan dokumentasi yang lengkap sepanjang siklus hidup proyek.
Kelemahan		
Ruang Lingkup	Sulit memperkirakan waktu dan biaya karena perubahan ruang lingkup yang dinamis.	Kurang fleksibel dalam menghadapi perubahan kebutuhan.
Ketergantungan Komunikasi	Membutuhkan komunikasi dan kolaborasi tim yang intensif.	Umpan balik terbatas sehingga potensi masalah dapat terlambat terdeteksi.
Dokumentasi	Dokumentasi dapat kurang komprehensif karena fokus pada pengembangan cepat.	Kesalahan yang ditemukan di tahap akhir dapat menyebabkan perbaikan yang mahal dan memakan waktu.
Kesesuaian Proyek	Kurang ideal untuk proyek dengan kebutuhan yang sangat tetap dan ketat.	Struktur linear dapat menurunkan keterlibatan dan motivasi tim.

Beberapa studi dan praktek terkini menyoroti penerapan metode *agile* pada proyek-proyek industri energi. Misalnya, Askari menggambarkan penerapan *agile* dalam proyek *overhaul* kilang dan pemeliharaan migas, yang menekankan pentingnya iterasi dan komunikasi *stakeholder* (Askari, 2021). *Agile overhaul* membantu tim proyek beradaptasi dengan variabilitas jadwal harian produksi minyak (misalnya regulasi pemerintah atau perubahan permintaan) sehingga proyek pemeliharaan dapat selesai lebih cepat tanpa biaya tinggi. Askari mengemukakan bahwa *agile* memungkinkan penyesuaian cepat terhadap

unpredicted situations seperti perubahan jadwal dan permintaan mendadak, sedangkan *waterfall* cenderung menimbulkan biaya besar bila terjadi perubahan selama eksekusi.

Selain itu, platform *agile* seperti *kanban board* telah banyak diterapkan pada sektor konstruksi (Fuentes-Del-Burgo et al., 2024). *Kanban* membantu visualisasi alur kerja di proyek agar tim dapat segera mengenali hambatan (*bottleneck*) dan mengoptimalkan alokasi sumber daya. Misalnya, papan *kanban* dalam proyek konstruksi pipa migas membagi pekerjaan ke kolom per tahap (perencanaan, desain, konstruksi, pengujian), sehingga setiap anggota tim tahu status terkini dan tugas kritis yang harus diselesaikan. Model serupa berlaku pada pemeliharaan peralatan migas dan manajemen persediaan, di mana visualisasi tugas pada setiap prioritas membantu mengurangi waktu *idle* dan memastikan pemeliharaan tepat waktu.

Keseluruhan, literatur dan praktik industri menunjukkan bahwa metode *agile* seperti *scrum* dan *kanban* dapat meningkatkan kolaborasi tim, transparansi proyek, dan penyampaian nilai secara bertahap dalam proyek energi. Namun, karena konteks migas memiliki ciri khas (regulasi, *lead time* material panjang, skala proyek besar), penerapan *agile* perlu dikombinasikan dengan perencanaan tradisional untuk mengatasi risiko spesifik tersebut.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif berbasis studi literatur. Penulis melakukan tinjauan sistematis terhadap publikasi ilmiah dan sumber industri terkait penerapan metodologi *agile* dan *hybrid* dalam manajemen proyek konstruksi, khususnya di sektor migas (Bello, 2025). Sumber literatur dikumpulkan untuk mengidentifikasi tema-tema kunci mengenai potensi manfaat dan kendala penerapan *agile* (termasuk *agile-waterfall hybrid*) dalam proyek konstruksi migas. Hasil literatur kemudian dianalisis secara deskriptif untuk membandingkan keunggulan dan keterbatasan metode *agile* dan tradisional, serta merumuskan rekomendasi praktis bagi manajemen proyek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Manfaat Integrasi Agile dalam Proyek Konstruksi Migas

Integrasi prinsip *agile* ke dalam proyek konstruksi migas berpotensi memberikan beberapa manfaat utama. Pertama, fleksibilitas dan adaptabilitas yang ditawarkan *agile* memungkinkan tim proyek merespon perubahan desain atau permintaan pemangku kepentingan dengan cepat. Cabalde dkk menemukan bahwa mengintegrasikan praktik *agile* ke dalam metodologi *waterfall* selama fase konstruksi mengatasi banyak kendala tradisional. Studi mereka melaporkan bahwa mayoritas manajer proyek melihat integrasi *agile-waterfall* cukup baik, dengan manfaat berupa *reduced delays* (penurunan keterlambatan) 87%, peningkatan fleksibilitas 73%, dan percepatan penyelesaian proyek 60% (Cabalde et al., 2025). Demikian pula, Yang dkk mengembangkan metode *hybrid lean-agile* yang mengintegrasikan *scrum* dan *lean (last planner)* pada proyek konstruksi kompleks. Implementasi *lean-agile* ini meningkatkan efisiensi proyek, mengurangi *waste*, dan mempercepat transformasi digital dalam konstruksi (Yang & Wang, 2025). *Agile* memfasilitasi kemampuan tim untuk merespons perubahan ruang lingkup atau modifikasi desain dengan komunikasi dan kolaborasi yang intensif. Dalam konteks *engineering, procurement, construction* (EPC), perubahan desain sering kali tidak bisa dihindari, pendekatan *hybrid* memungkinkan aspek ini ditangani lewat iterasi dan penyesuaian di lapangan.

Kedua, *agile* meningkatkan keterlibatan pemangku kepentingan. Dengan mekanisme umpan balik berkelanjutan dan demo berkala (*scrum*) atau visibilitas pekerjaan (*kanban*), klien dan tim operasi dapat mengevaluasi kemajuan proyek secara reguler (Gado & Amer, 2025). Hal ini menjaga agar hasil pembangunan fasilitas sesuai kebutuhan mereka dan meminimalisir risiko perubahan besar mendekati akhir proyek. Lalmi dkk juga mengusulkan model *hybrid* bagi proyek konstruksi yang menggunakan pendekatan tradisional, *agile*, dan *lean* untuk mendorong perubahan positif dan interaksi klien lebih baik (Lalmi et al., 2021). Pada proyek kilang, misalnya, prototipe desain atau simulasi proses dapat ditinjau bersama tim produksi sebelum konstruksi penuh, sehingga mengurangi *scope creep*.

Ketiga, penggunaan teknik manajemen visual (*visual management*) seperti *kanban* dan *scrum boards* meningkatkan transparansi dan akuntabilitas tim. Setiap anggota proyek dapat memantau status tugas secara *real-time* dan mengenali hambatan segera. Misalnya, papan *kanban* membantu mengidentifikasi tugas prioritas (*lead time* pendek) dan sumber daya yang terbatas, sehingga memungkinkan penyesuaian alokasi pekerja atau material secara efisien. Kolaborasi lintas fungsi dan penggunaan metodologi *lean* juga diterapkan untuk mengurangi pemborosan waktu dan biaya. Peningkatan berkelanjutan (*continuous improvement*) *agile* memungkinkan pelajaran dari setiap iterasi segera diimplementasikan pada iterasi berikutnya, sehingga kualitas dan produktivitas proyek meningkat dari waktu ke waktu.

Keempat, menurut Gado dkk, metode *hybrid* menyeimbangkan kebutuhan prediktabilitas (*waterfall*) dan adaptabilitas (*agile*) (Gado & Amer, 2025). Dengan kerangka *hybrid*, proyek memiliki rencana awal yang jelas untuk bagian-bagian tetap sambil membuka celah untuk iterasi di bagian yang mungkin berubah (desain utilitas atau *layout* pipa). Pendekatan ini juga menyediakan perencanaan detail dan estimasi biaya yang akurat melalui pembagian proyek ke tahap *sprint*, sekaligus memungkinkan penyesuaian jadwal ketika prioritas berubah. Keuntungan tambahan termasuk peran dan tanggung jawab yang terdefinisi dengan jelas bagi semua pemangku kepentingan, sehingga meminimalkan kebingungan dalam tim proyek.

Kelima, studi di sektor migas menunjukkan bahwa *agile* dapat mempercepat pengiriman hasil. Askari melaporkan bahwa penerapan *agile* dalam *overhaul* kilang mampu mempercepat penyelesaian proyek dan mengirimkan unit produksi lebih awal dibandingkan *waterfall* (Askari, 2021). Demikian pula, konstruksi bertahap (modular) *agile* membantu tim menyelesaikan komponen dengan nilai tertinggi terlebih dahulu, meningkatkan *time-to-market* fasilitas baru dan menambah kepuasan pengelola produksi. Dengan kata lain, tim proyek dapat melihat hasil konstruksi berfungsi lebih cepat, misalnya tahap penyelesaian utilitas dapat mulai beroperasi terlebih dahulu sebelum keseluruhan proyek selesai.

Keterbatasan dan Tantangan Integrasi Agile

Meski prospektif, integrasi *agile* dalam proyek konstruksi migas juga menghadapi beberapa keterbatasan. Tantangan utama adalah biaya dan risiko perubahan desain selama proyek berlangsung, perubahan desain di tengah eksekusi bangunan atau fasilitas migas bisa sangat mahal, sehingga dalam praktik banyak profesional menilai *agile* tidak sesuai untuk mayoritas proyek konstruksi fisik. Penerapan *agile* menuntut desain akhir tidak dipaku terlalu dini, yang bertentangan dengan kontrak *lump-sum* tradisional di proyek migas. Akibatnya, manajer proyek konservatif cenderung mempertahankan pendekatan linier untuk menghindari biaya tambahan.

Keterbatasan lain adalah lingkungan regulasi dan *lead time* yang panjang. Industri migas menuntut kepatuhan ketat pada standar keselamatan, kualitas bahan, dan aturan lingkungan (Hüllmann et al., 2024). Misalnya, izin lingkungan dan sertifikasi peralatan berteknologi tinggi dapat memakan waktu berbulan-bulan. *Agile* mengandalkan iterasi cepat dan perubahan, tetapi dalam konteks ini setiap revisi desain perlu diuji ulang secara hati-hati. Hal ini membuat pentingnya perencanaan awal (*waterfall*) tetap tinggi. Proyek EPC harus mempertimbangkan kompleksitas spesifik seperti waktu tunggu material panjang dan persyaratan regulasi sebelum menerapkan praktik *agile*. Dengan kata lain, kecepatan *agile* harus diimbangi dengan kepatuhan.

Selanjutnya, aspek budaya organisasi dan keterampilan sumber daya manusia menjadi kendala. *Agile* memerlukan tim yang terlatih dan pemahaman paradigma baru. Gado dkk menegaskan bahwa implementasi *agile* di lapangan memerlukan pelatihan seluruh tim, termasuk pekerja lapangan, agar mereka memahami manfaat dan proses *agile* (Gado & Amer, 2025), tanpa dukungan manajemen puncak dan perubahan budaya kerja, proyek konstruksi besar sulit bertransformasi. Adopsi *agile* sering kali menemui resistensi karena manajemen menilai tantangan konstruksi tradisional (misalnya logistik material, cuaca, keamanan) memerlukan perencanaan kaku. Meskipun demikian, manajer yang berhasil menggabungkan prinsip *lean agile* cenderung melaporkan peningkatan komitmen tim dan pengurangan risiko proyek.

Kinerja proyek konstruksi sering dipengaruhi *cost overrun* dan keterlambatan jadwal (Patrick Ogbu & Ehigiator-Irughe, 2020). Esmaeili dkk mengidentifikasi banyak faktor penyebab *cost overruns* dalam proyek konstruksi migas, termasuk estimasi optimistik dan risiko tak terduga, serta menemukan 38 faktor biaya berulang yang perlu dimitigasi (Esmaeili & Kashani, 2021). Basak dkk juga melaporkan bahwa proyek LNG kerap mengalami keterlambatan jadwal dan pembengkakan biaya yang signifikan (Basak et al., 2019). Untuk meningkatkan kinerja, penelitian oleh Badran dkk membandingkan manajemen *lean* dan *agile*, hasilnya memberikan dampak positif signifikan pada kinerja biaya dan kualitas, sedangkan *agile* terutama meningkatkan inovasi dan kemampuan respon pasar, namun cenderung kurang optimal dalam hal biaya (Badran & Abdallah, 2025). Temuan ini memberi petunjuk bahwa dalam konteks migas yang padat modal, kombinasi *lean* (mengeliminasi *waste*) dan *agile* (meningkatkan respon) mungkin dibutuhkan untuk meraih target proyek sekaligus menjaga anggaran. Selain itu, teknologi seperti BIM juga terbukti membantu mitigasi risiko operasional. Waqar dkk menunjukkan bahwa penerapan BIM secara signifikan meningkatkan manajemen keselamatan di proyek (*downstream oil and gas*), dengan korelasi positif yang kuat antara pemakaian BIM dan standar keselamatan serta pengurangan risiko kecelakaan (Waqar et al., 2025).

Terakhir, integrasi *agile* juga menghadapi keterbatasan teknis. Metode *scrum* dan *kanban* sangat cocok untuk pengembangan tugas yang dapat dikemas modul-modul, namun pada proyek fisik tertentu (misal konstruksi struktur atau tangki besar) iterasi terkecil mungkin masih berukuran besar. Oleh karena itu, pendekatan *hybrid* perlu dirancang agar iterasi tidak terlalu besar sehingga dapat dimonitor. Meski *agile* menyediakan kerangka adaptif, eksekusi di lapangan tetap harus memperhatikan alur kerja konvensional: misalnya, urutan pengecoran beton yang memerlukan *curing time* tidak dapat diakselerasi oleh *sprint agile*. Dengan begitu, metode *hybrid* harus menempatkan keterbatasan fisik proyek dalam peta perencanaan agar keuntungan *agile* tidak ditimpa kekurangan lapangan.

Rekomendasi dan Roadmap Penerapan Agile di Proyek Konstruksi Migas

Berdasarkan tinjauan literatur dan praktik industri, berikut beberapa rekomendasi *best practices* untuk penerapan metode *agile hybrid* pada proyek EPC sektor migas:

- Iterasi Desain Awal. Penerapan prinsip *scrum* atau metode iteratif sangat disarankan pada fase konseptual dan *front-end engineering design* (FEED). Pemanfaatan *Building Information Modeling* (BIM) memungkinkan kolaborasi desain berbasis simulasi dan *clash detection* secara berulang. Setiap siklus iterasi perlu melibatkan pemilik proyek, tim *engineering*, dan pihak operasi untuk memperoleh umpan balik dini. Strategi ini bertujuan meminimalkan perubahan desain saat fase konstruksi berlangsung, yang umumnya berdampak signifikan terhadap biaya dan jadwal proyek.

- b) Perencanaan *Hybrid*. Bagi proyek menjadi dua bagian, subsistem inti (*core system*) yang memiliki tingkat regulasi tinggi dan spesifikasi teknis baku (misalnya struktur sipil utama, fondasi, tangki penyimpanan, dan sistem keselamatan utama) tetap dikelola menggunakan pendekatan *waterfall* untuk menjaga kepastian ruang lingkup dan kontrol mutu. Subsistem adaptif (*evolutionary system*) seperti sistem kontrol, instrumentasi, utilitas pendukung, atau optimasi energi dapat dikelola menggunakan pendekatan Agile berbasis iterasi.
- c) Manajemen Visual dan Rapat Harian. Penggunaan papan *kanban*, *sprint board*, atau sistem manajemen *visual digital* di lokasi proyek meningkatkan transparansi alur kerja. Rapat harian singkat (*daily stand-up meeting*) membantu tim *engineering*, *procurement*, *construction*, dan *quality control* mengidentifikasi hambatan sejak dini. Mekanisme ini memperkuat akuntabilitas tim dan mempercepat pengambilan keputusan operasional.
- d) Kolaborasi Intensif dan Keterlibatan Pemilik Proyek. Keterlibatan aktif pemilik proyek dan tim operasi hilir sejak tahap awal merupakan faktor kunci keberhasilan. Presentasi berkala berupa *design review*, simulasi proses, atau prototipe digital memungkinkan validasi teknis sebelum pekerjaan fisik dimulai. Skema iteratif ini mengurangi risiko *scope creep* dan potensi klaim perubahan kontrak di tahap akhir proyek.
- e) Penguatan Kompetensi dan Transformasi Budaya Organisasi. Implementasi *agile* dalam proyek migas memerlukan perubahan paradigma manajerial. Oleh karena itu, pelatihan formal mengenai Scrum, Kanban, dan prinsip Lean-Agile perlu diberikan kepada manajer proyek, *engineer*, dan pengawas lapangan. Penunjukan *agile champion* dari internal organisasi dapat membantu proses transisi. Dukungan manajemen puncak sangat penting untuk menciptakan lingkungan kerja yang adaptif dan kolaboratif.
- f) Sistem Monitoring Terintegrasi. Monitoring proyek sebaiknya menggabungkan metrik tradisional (*Gantt chart*, *earned value management*, *milestone control*) dengan indikator *agile* (*burn-down chart*, *backlog throughput*, *velocity*). Integrasi ini memungkinkan evaluasi kinerja proyek dari dua perspektif: stabilitas perencanaan dan kemampuan adaptasi. Sistem digital berbasis *project dashboard* dapat mendukung transparansi dan pelaporan *real-time*.

Penerapan Agile sebaiknya dilakukan secara bertahap melalui tahapan berikut:

- a) Tahap *Pilot*. Implementasi pada sub-proyek berskala kecil atau pada fase desain awal untuk menguji efektivitas metode.
- b) Evaluasi dan Penyesuaian. Analisis kinerja pilot berdasarkan indikator biaya, waktu, kualitas, dan kepuasan pemangku kepentingan.
- c) Standardisasi Proses. Penyusunan pedoman internal dan integrasi ke dalam sistem manajemen proyek perusahaan.
- d) Skala Proyek Penuh. Penerapan pada proyek EPC skala besar dengan dukungan teknologi dan pelatihan menyeluruh.
- e) Continuous Improvement. Evaluasi berkelanjutan dan penyempurnaan metode sesuai karakteristik proyek hilir yang spesifik.

Dengan pendekatan bertahap dan terukur, metode *hybrid agile–waterfall* berpotensi meningkatkan ketepatan waktu, efisiensi biaya, dan daya tanggap terhadap perubahan dalam proyek konstruksi migas. Keberhasilan implementasi sangat bergantung pada kesiapan organisasi, kepemimpinan yang adaptif, serta integrasi antara disiplin perencanaan tradisional dan praktik *agile* modern.

KESIMPULAN

Implementasi metode *hybrid agile–waterfall* berpotensi meningkatkan kinerja proyek konstruksi fasilitas migas dengan menggabungkan keunggulan perencanaan terstruktur dan fleksibilitas adaptif. Tinjauan literatur menunjukkan bahwa penerapan pendekatan *hybrid agile–waterfall* dalam proyek konstruksi migas mampu meningkatkan koordinasi, fleksibilitas, dan efisiensi proyek apabila disertai dukungan pelatihan dan kepemimpinan yang kuat (Bello, 2025; Mirzaei et al., 2024). Meskipun sektor migas hilir memiliki tekanan regulasi dan kompleksitas tersendiri, pemilihan metodologi manajemen proyek yang adaptif dan terintegrasi (*hybrid*) dianggap sebagai salah satu solusi untuk mengatasi tantangan tersebut. Hasil penelitian dan studi kasus di atas menyediakan landasan akademis bahwa kombinasi *agile* dan *waterfall* dapat disesuaikan dengan kebutuhan proyek migas hilir untuk mencapai kinerja proyek yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- AON. (2025, September 26). *Building Resilience in Refining and Petrochemicals: Tackling the Skilled Labor Challenge*. <https://www.aon.com/en/insights/articles/building-resilience-in-refining-and-petrochemicals#:~:text=In%20recent%20years%2C%20the%20global,profitability%20of%20refinery%20operations%20globally>
- Askari, S. (2021, August 15). *Agile Project Management in Refineries Overhaul*. <https://www.cademix.org/agile-project-management-in-refineries-overhaul/#:~:text=Currently%2C%20overhaul%20projects%20are%20managed,overhaul%20projects%20are%20Waterfall%20types>
- Badran, S., & Abdallah, A. (2025). Lean vs agile project management in construction: Impacts on project performance outcomes. *Engineering Construction & Architectural Management*, 32, 2844–2869. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2023-0470>
- Basak, M., Perrons, R. K., & Coffey, V. (2019). Schedule overruns as a barrier for liquefied natural gas projects: A review of the literature and research agenda. *Energy Reports*, 5, 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.01.008>
- Bello, A. A. (2025). Scaling Agile And Hybrid Project Management Methodologies For Sustainability In Global Oil And Gas Operations: Overcoming Cultural And Organizational Resistance. *CogNexus*, 1(03), 1–15. <https://doi.org/10.63084/cognexus.v1i03.171>
- Cabalde, J., Feliciano, M., Pascual, P., & Silva, D. (2025). Integrating Agile Practices in Waterfall Methodology During Construction Phase: A Hybrid Approach in Construction Project Management. *Journal of Civil and Construction Engineering Research*, 2, 30–34. <https://doi.org/10.64820/AEPJCCER.21.30.34.62025>
- Esmaceli, I., & Kashani, H. (2021). Managing Cost Risks in Oil and Gas Construction Projects: Root Causes of Cost Overruns. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems Part A Civil Engineering*, 8. <https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0001193>
- Flyvbjerg, B. (2014). What you Should Know about Megaprojects and Why: An Overview. *Project Management Journal*, 45(2), 6–19. <https://doi.org/10.1002/pmj.21409>
- Fuentes-Del-Burgo, J., Ruiz-Fernandez, J., & Navarro Astor, E. (2024). Kanban applied to construction: A literature review. *Construction Economics and Building*, 24, 43–57. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v24i4/5.8642>
- Gado, N., & Amer, N. (2025). *Exploring Opportunities in Construction Projects in integration with Waterfall Methodology*.
- Hüllmann, J., Kimathi, K., & Weritz, P. (2024). Large-Scale Agile Project Management in Safety-Critical Industries: A Case Study on Challenges and Solutions. *Information Systems Management*, 42, 1–23. <https://doi.org/10.1080/10580530.2024.2349886>
- Lalmi, A., Fernandes, G., & Souad, S. B. (2021). A conceptual hybrid project management model for construction projects. *Procedia Computer Science*, 181, 921–930. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.248>
- Mirzaei, M., Mabin, V., & Zwikael, O. (2024). Customising Hybrid project management methodologies. *Production Planning & Control*, 36, 1–18. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2349231>
- Moreno, F., Forcael, E., Romo, R., Orozco, F., Moroni, G., & Baesler, F. (2024). Agile Project Management in the Pre-Construction Stage: Facing the Challenges of Projectification in the Construction Industry. *Buildings*, 14(11), 3551. <https://doi.org/10.3390/buildings14113551>
- Nugroho, O. A., & Utama, A. A. (2025). Improving Regional Sulawesi Downstream Oil and Gas Construction Risk Management: A Literature Review. *European Journal of Business and Management Research*, 10(2), 28–32. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2025.10.2.2603>
- Olaniran, G., Edwards, D., Matthews, J., & Olatunji, O. (2015). Cost Overruns in Hydrocarbon Megaprojects: A Critical Review and Implications for Research. *Project Management Journal*, 46, 126–138. <https://doi.org/10.1002/pmj.21556>
- Patrick Ogbu, C., & Ehigiator-Irughe, R. (2020). Cost Over-Run in Civil Works: A Case-Study of Engineering, Procurement and Construction (EPC) Gas Depot Construction Projects in Nigeria. *European Journal of Environment and Earth Sciences*, 1(4). <https://doi.org/10.24018/ejgeo.2020.1.4.54>
- Rehman, N. (2024, June 24). *How Agile & Lean Are Redefining Construction Projects*. https://www.projectmanagement.com/articles/982112/how-agile---lean-are-redefining-construction-projects#_
- Waqar, A., Nisar, S., & Qadir, S. (2025). BIM-driven sustainable safety management solutions for downstream oil and gas (D-O&G) construction projects. *Environmental Challenges*, 18, 101058. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.101058>
- Yang, H., & Wang, D. (2025). Application of Lean–Agile Hybrid Methods in Complex Construction Project Management. *Buildings*, 15(13), 2349. <https://doi.org/10.3390/buildings15132349>
- Zilikram, M. F. (2023). *Benchmarking Indonesia's Downstream Oil & Gas Construction: Evaluating Project Scheduling and Cost Estimating Processes Against Global "Best-Tested and Proven" Practices*.