

Analisis Efektivitas Penerapan Metode Waterfall dan Agile dalam Pengembangan Perangkat Lunak

J. Prayoga¹, Buyung Solihin Hasugian^{2*}, Amru Yasir³

^{1,2,3}Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Sistem Informasi, Universitas Dharmawangsa, Medan, Indonesia

Email: ¹yoga@dharmawangsa.ac.id, ^{2*}Buyung@dharmawangsa.ac.id, amruyasir@dharmawangsa.ac.id

(* Email Corresponding Author: Buyung@dharmawangsa.ac.id)

Dikirim: 15 November 2024 | Diterima: 12 Januari 2025 | Dipublish: 30 Januari 2025

Abstrak

Pengembangan perangkat lunak yang efektif memerlukan metode yang tepat guna menjamin kualitas, waktu pengerjaan, serta kepuasan pengguna akhir. Dua metode yang umum digunakan adalah *Waterfall* dan *Agile*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan kedua metode tersebut dalam berbagai aspek pengembangan perangkat lunak, seperti fleksibilitas, kecepatan *delivery*, efisiensi tim, serta kemampuan adaptasi terhadap perubahan kebutuhan. Metode *Waterfall* dikenal dengan pendekatan bertahap dan sistematis, sedangkan *Agile* menawarkan pendekatan iteratif dan kolaboratif. Studi ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif melalui studi literatur, survei terhadap 50 praktisi TI, serta analisis studi kasus dari beberapa proyek perangkat lunak yang menggunakan kedua metode tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Agile* lebih unggul dalam hal fleksibilitas, kepuasan klien, dan efisiensi tim, terutama dalam proyek yang kompleks dan dinamis. Namun, metode *Waterfall* masih relevan diterapkan pada proyek yang memiliki kebutuhan dan ruang lingkup yang jelas sejak awal. Kesimpulan dari penelitian ini memberikan rekomendasi strategis dalam pemilihan metode berdasarkan karakteristik proyek yang dihadapi.

Kata Kunci: Pengembangan Perangkat Lunak, Waterfall, Agile, Efektivitas, Manajemen Proyek, Metodologi, Teknologi Informasi.

Abstract

Effective software development requires the application of appropriate methodologies to ensure quality, timely delivery, and user satisfaction. Two widely adopted approaches are the *Waterfall* and *Agile* methodologies. This study aims to analyze the effectiveness of these methods in various aspects of software development, including flexibility, delivery speed, team efficiency, and adaptability to changing requirements. The *Waterfall* method is known for its sequential and systematic approach, while *Agile* offers an iterative and collaborative framework. This research employs both qualitative and quantitative methods through literature review, a survey of 50 IT practitioners, and case study analysis of several software projects utilizing both methodologies. The results indicate that *Agile* outperforms *Waterfall* in terms of flexibility, client satisfaction, and team productivity, especially in complex and dynamic projects. However, *Waterfall* remains relevant for projects with well-defined requirements and scope from the outset. The findings of this study provide strategic recommendations for choosing the most suitable methodology based on the specific characteristics of the project.

Keywords: Software Development, Waterfall, Agile, Effectiveness, Project Management, Methodology, Information Technology.

1. PENDAHULUAN

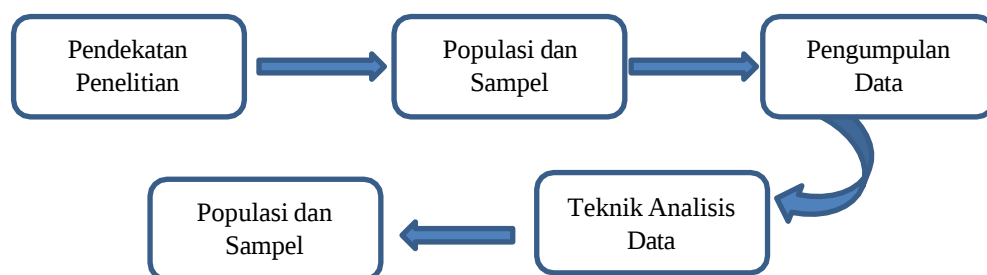
Perangkat lunak telah menjadi elemen penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia modern[1], mulai dari sektor bisnis, pendidikan, pemerintahan, hingga hiburan. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, tuntutan terhadap kualitas perangkat lunak yang andal, cepat, dan efisien semakin tinggi. Oleh karena itu, proses pengembangan perangkat lunak harus dilakukan dengan metodologi yang tepat agar dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan tujuan bisnis yang telah ditetapkan[2]. Dalam dunia rekayasa perangkat lunak, terdapat berbagai metode pengembangan yang dapat diterapkan[3], namun dua metode yang paling banyak digunakan dan dibandingkan adalah *Waterfall* dan *Agile*[4]. Keduanya mewakili dua paradigma berbeda dalam merancang, membangun, dan mengimplementasikan sistem perangkat lunak[5]. Metode *Waterfall* adalah pendekatan tradisional yang mengutamakan tahapan berurutan[6] dan sistematis, seperti analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Setiap tahap harus diselesaikan secara menyeluruh[7] sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Model ini cocok untuk proyek yang memiliki ruang lingkup tetap[8], kebutuhan yang jelas, dan dokumentasi yang ketat. Di sisi lain, metode *Agile* berkembang sebagai respons terhadap keterbatasan *Waterfall*[9], terutama dalam hal fleksibilitas terhadap perubahan kebutuhan pengguna. *Agile* menawarkan pendekatan yang lebih adaptif, iteratif, dan kolaboratif. Dalam metode ini, pengembangan dilakukan dalam siklus pendek (*sprint*) yang memungkinkan evaluasi dan perbaikan berkelanjutan[10]. *Agile* menempatkan komunikasi dan kolaborasi sebagai elemen penting dalam tim pengembang dan klien[11], sehingga memberikan ruang bagi perubahan dan perbaikan selama proses berlangsung. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan yang membuatnya lebih sesuai untuk kondisi proyek tertentu. *Waterfall* sangat efektif untuk proyek-proyek yang memiliki struktur dan ruang lingkup yang sudah pasti[12], seperti proyek pengembangan sistem pemerintahan atau

manufaktur, di mana perubahan kebutuhan sangat minim. Namun, ketika dihadapkan pada proyek dengan kebutuhan yang dinamis, Waterfall sering kali mengalami kesulitan dalam beradaptasi[13]. Sementara itu, Agile sangat cocok untuk proyek-proyek inovatif, startup, atau produk digital yang berkembang seiring waktu berdasarkan masukan pengguna[14]. Meskipun demikian, Agile memerlukan keterlibatan tinggi dari stakeholder dan kemampuan tim yang disiplin dalam manajemen waktu dan komunikasi.

Permasalahan yang muncul di dunia industri perangkat lunak saat ini adalah bagaimana menentukan metode pengembangan yang paling tepat untuk digunakan berdasarkan karakteristik proyek yang akan dijalankan[15]. Banyak perusahaan terjebak dalam memilih metode yang tidak sesuai, sehingga menyebabkan proyek mengalami keterlambatan[16], pembengkakan biaya, bahkan kegagalan implementasi. Oleh sebab itu, analisis terhadap efektivitas penerapan masing-masing metode menjadi penting untuk dilakukan sebagai referensi dalam pengambilan keputusan strategis. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan utama: Metode manakah yang lebih efektif antara Waterfall dan Agile dalam konteks pengembangan perangkat lunak modern? Untuk menjawab pertanyaan tersebut, penelitian ini akan menganalisis beberapa indikator penting seperti kecepatan pengembangan, efisiensi tim, fleksibilitas terhadap perubahan, kepuasan pengguna, serta keberhasilan implementasi. Selain itu, juga akan dikaji faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan masing-masing metode, termasuk budaya organisasi, keterampilan tim, dan kompleksitas proyek. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan gabungan antara studi literatur, survei terhadap para profesional di bidang teknologi informasi, dan analisis studi kasus pada beberapa proyek nyata yang menggunakan metode Waterfall dan Agile. Dengan demikian, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas masing-masing metode dan memberikan rekomendasi praktis bagi organisasi atau tim pengembang perangkat lunak. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah menyediakan landasan empiris dan teoritis yang dapat digunakan sebagai panduan dalam memilih metodologi pengembangan perangkat lunak yang tepat. Dengan memilih metode yang sesuai, diharapkan proyek dapat berjalan lebih efisien, tepat waktu, dan menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Selain itu, penelitian ini juga memberikan wawasan baru mengenai tren dan tantangan dalam pengembangan perangkat lunak masa kini, khususnya dalam menghadapi era digital yang serba cepat dan penuh ketidakpastian. Dengan latar belakang tersebut, maka penelitian ini menjadi relevan untuk dilaksanakan, terutama di tengah persaingan global yang semakin menuntut inovasi, kecepatan, dan ketepatan dalam menghasilkan produk teknologi informasi yang kompetitif dan berdaya guna tinggi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed method, yaitu kombinasi antara metode kuantitatif dan kualitatif untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih komprehensif dan mendalam mengenai efektivitas metode Waterfall dan Agile dalam pengembangan perangkat lunak. Pendekatan ini dianggap paling tepat karena mampu menggambarkan fakta lapangan berdasarkan data numerik serta memberikan pemahaman kontekstual melalui analisis naratif.



Gambar 1. Struktur Penelitian

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam dua tahap utama. Tahap pertama adalah studi literatur, yang bertujuan untuk mengidentifikasi teori, prinsip, dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan metode Waterfall dan Agile. Tahap kedua adalah pengumpulan data empiris, baik secara kuantitatif melalui penyebaran kuesioner maupun secara kualitatif melalui wawancara mendalam dan studi kasus.

2.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah para profesional teknologi informasi, termasuk pengembang perangkat lunak, manajer proyek, dan analis sistem yang pernah atau sedang terlibat dalam pengembangan perangkat lunak dengan menggunakan metode Waterfall atau Agile. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik purposive sampling, yaitu memilih responden yang benar-benar memiliki pengalaman relevan. Total

responden kuesioner berjumlah 50 orang, dengan komposisi 25 pengguna metode Waterfall dan 25 pengguna metode Agile. Selain itu, dipilih 3 studi kasus proyek dari perusahaan yang bersedia menjadi objek penelitian.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan tiga teknik utama:

- Kuesioner: Disusun dalam bentuk skala Likert 1–5 untuk mengukur persepsi responden terhadap efektivitas metode yang digunakan. Pertanyaan mencakup indikator seperti fleksibilitas metode, kecepatan pengembangan, efisiensi tim, kualitas produk akhir, dan kepuasan pengguna.
- Wawancara Mendalam: Dilakukan terhadap 6 orang informan kunci yang terdiri dari manajer proyek dan lead developer. Tujuannya adalah menggali pengalaman subjektif, tantangan, dan kelebihan dari masing-masing metode berdasarkan perspektif praktisi.
- Studi Kasus: Tiga proyek dari perusahaan berbeda dikaji secara mendalam, mencakup dokumentasi proyek, laporan akhir, timeline pengembangan, dan evaluasi hasil proyek.

2.4 Teknik Analisis Data

Data kuantitatif dari kuesioner dianalisis menggunakan statistik deskriptif, seperti nilai rata-rata, persentase, dan standar deviasi, untuk menggambarkan persepsi responden terhadap efektivitas masing-masing metode. Sementara itu, data kualitatif dianalisis menggunakan metode analisis tematik, yaitu dengan mengidentifikasi tema-tema utama dari wawancara dan dokumen proyek, kemudian dibandingkan dengan data kuantitatif untuk memperoleh triangulasi data.

2.5 Populasi dan Sampel

Untuk menilai efektivitas metode Waterfall dan Agile, digunakan lima indikator utama yang menjadi fokus analisis:

- Fleksibilitas Terhadap Perubahan
- Kecepatan Pengembangan
- Efisiensi Kerja Tim
- Kualitas Produk Akhir
- Kepuasan Klien atau Pengguna

Kelima indikator tersebut digunakan baik dalam kuesioner maupun wawancara, sehingga diperoleh perbandingan yang konsisten antar responden dan kasus.

Tabel 1. Struktur Metode Penelitian

Komponen Penelitian	Deskripsi
Jenis Penelitian	Mixed Method (Kualitatif dan Kuantitatif)
Teknik Pengumpulan Data	Kuesioner, Wawancara, Studi Kasus
Populasi	Profesional TI: Pengembang, Manajer Proyek, Analis Sistem
Jumlah Responden	50 orang (25 pengguna Waterfall, 25 pengguna Agile)
Studi Kasus	3 proyek perangkat lunak dari perusahaan berbeda
Teknik Analisis Data	Statistik Deskriptif (kuantitatif) dan Analisis Tematik (kualitatif)
Indikator yang Dianalisis	Fleksibilitas, Kecepatan, Efisiensi Tim, Kualitas Produk, Kepuasan Klien

Dengan struktur metode penelitian seperti ini, diharapkan hasil yang diperoleh mampu merepresentasikan realitas penerapan metode Waterfall dan Agile di lapangan secara objektif dan aplikatif. Selain itu, pendekatan gabungan yang digunakan mampu menjembatani hasil numerik dengan konteks naratif, sehingga menghasilkan kesimpulan yang kuat dan dapat dijadikan acuan strategis dalam pemilihan metode pengembangan perangkat lunak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas dua metode pengembangan perangkat lunak yang paling banyak digunakan saat ini, yaitu metode Waterfall dan Agile. Analisis dilakukan berdasarkan data kuantitatif dari kuesioner yang disebarkan kepada 50 responden serta wawancara mendalam dengan enam informan yang terdiri dari manajer proyek dan pengembang perangkat lunak. Lima indikator digunakan untuk mengukur efektivitas metode, yaitu fleksibilitas terhadap perubahan, kecepatan pengembangan, efisiensi kerja tim, kualitas produk akhir, dan kepuasan klien.

3.1 Fleksibilitas terhadap Perubahan Kebutuhan

Salah satu aspek penting dalam pengembangan perangkat lunak adalah kemampuan metode dalam merespons perubahan kebutuhan. Berdasarkan hasil kuesioner, 82% responden pengguna metode Agile menilai metode ini sangat fleksibel dalam menghadapi perubahan kebutuhan pengguna, bahkan saat proses pengembangan sudah berjalan. Sebaliknya, 68% pengguna metode Waterfall menyatakan bahwa metode ini kurang fleksibel karena setiap tahap harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum tahap berikutnya dimulai. Ketika terjadi perubahan, maka dokumen harus direvisi, dan proses kembali ke tahap awal, yang memakan waktu dan biaya tambahan. Dalam wawancara mendalam, informan yang berpengalaman menggunakan metode Agile menyatakan bahwa pendekatan iteratif memungkinkan mereka untuk mengakomodasi masukan pengguna secara berkala. Hal ini membuat Agile lebih unggul dalam proyek yang bersifat dinamis dan membutuhkan pembaruan berkelanjutan. Sebaliknya, metode Waterfall dianggap cocok untuk proyek yang memiliki kebutuhan tetap dan ruang lingkup yang jelas sejak awal. Kesimpulan sementara: Agile lebih unggul dalam hal fleksibilitas karena siklus sprint-nya memungkinkan adaptasi berkelanjutan.

3.2 Kecepatan Pengembangan Perangkat Lunak

Efisiensi waktu merupakan indikator penting dalam menilai keberhasilan proyek perangkat lunak. Dari data kuantitatif, 76% responden pengguna Agile menyatakan bahwa metode ini membantu menyelesaikan proyek lebih cepat karena pekerjaan dilakukan dalam iterasi kecil yang terkontrol. Sementara itu, hanya 48% pengguna Waterfall yang merasa proyek dapat diselesaikan tepat waktu. Faktor utama yang membuat Agile unggul dalam kecepatan adalah sistem delivery bertahap (incremental delivery), di mana sebagian fitur sudah dapat diuji dan digunakan bahkan sebelum seluruh sistem selesai. Metode ini memungkinkan pengiriman nilai bisnis lebih cepat kepada pengguna. Di sisi lain, metode Waterfall memerlukan waktu yang lebih panjang karena pendekatannya yang linier dan sekuensial. Namun, beberapa informan menyatakan bahwa kecepatan Agile dapat menjadi kelemahan apabila tim tidak disiplin dalam merencanakan sprint. Akibatnya, iterasi menjadi tidak fokus dan menghasilkan backlog yang membingungkan. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan Agile dalam hal kecepatan sangat bergantung pada manajemen proyek yang baik. Kesimpulan sementara: Agile umumnya menghasilkan waktu pengembangan yang lebih cepat, namun keberhasilannya sangat tergantung pada pengelolaan sprint yang disiplin.

3.3 Kecepatan Pengembangan Perangkat Lunak

Efisiensi kerja tim mencerminkan bagaimana sebuah metode pengembangan mendukung kolaborasi, komunikasi, dan produktivitas antar anggota tim. Berdasarkan hasil kuesioner, 80% responden pengguna Agile merasa bahwa metode ini meningkatkan kerja sama tim karena melibatkan semua anggota dalam perencanaan sprint, daily meeting, dan review hasil kerja. Agile juga memfasilitasi komunikasi yang terbuka dan real-time antar anggota tim. Sebaliknya, metode Waterfall dinilai lebih formal dan cenderung birokratis. 60% responden pengguna Waterfall menyatakan bahwa komunikasi dalam tim sering kali terbatas pada dokumentasi dan komunikasi antartahap. Ini menyebabkan munculnya silo informasi dan kurangnya pemahaman menyeluruh terhadap keseluruhan proyek. Wawancara juga mendukung data tersebut, di mana informan menyebut bahwa prinsip Agile seperti Scrum dan Kanban mendorong kolaborasi lintas fungsi dan mempercepat penyelesaian hambatan (blockers). Namun, ada juga tantangan dalam implementasi Agile, terutama pada tim baru yang belum terbiasa dengan pertemuan harian dan manajemen backlog. Kesimpulan sementara: Agile mendorong kolaborasi dan efisiensi tim yang lebih tinggi, namun memerlukan kedewasaan organisasi dalam pengelolaannya.

3.4 Kecepatan Pengembangan Perangkat Lunak

Kualitas perangkat lunak merupakan hasil dari proses pengembangan yang baik, mencakup stabilitas, keandalan, kemudahan penggunaan, dan tingkat kesalahan minimal. Dari hasil kuesioner, 72% pengguna Agile menyatakan bahwa metode ini membantu meningkatkan kualitas produk karena pengujian dilakukan secara terus-menerus selama setiap sprint. Unit testing, regression testing, dan user acceptance testing menjadi bagian integral dari proses pengembangan. Sementara itu, 55% pengguna Waterfall menyatakan bahwa kualitas produk tergantung pada ketepatan dalam tahap awal (perencanaan dan perancangan). Jika terjadi kesalahan dalam spesifikasi awal, maka akan berdampak besar pada produk akhir, karena pengujian biasanya dilakukan setelah seluruh sistem selesai dikembangkan. Agile memungkinkan iterasi terhadap fitur yang tidak memenuhi ekspektasi pengguna sehingga memberikan ruang untuk perbaikan berkelanjutan. Namun, kualitas produk dalam Agile sangat bergantung pada kejelasan backlog dan ketersediaan feedback dari stakeholder. Jika stakeholder tidak aktif, maka kualitas produk bisa terkompromi. Kesimpulan sementara: Agile memberikan

kualitas produk yang lebih terjamin karena pendekatan pengujian berkelanjutan, tetapi bergantung pada keterlibatan pengguna.

3.5 Kecepatan Pengembangan Perangkat Lunak

Tingkat kepuasan klien merupakan indikator penting dalam mengukur keberhasilan proyek perangkat lunak. Berdasarkan hasil survei, 85% pengguna Agile melaporkan bahwa klien lebih puas karena mereka terlibat aktif selama proses pengembangan dan dapat melihat progres secara berkala. Agile menekankan pentingnya feedback rutin, sehingga harapan pengguna lebih mudah dipenuhi. Sebaliknya, metode Waterfall menunjukkan tingkat kepuasan yang lebih rendah, hanya 58%, karena pengguna baru berinteraksi secara penuh dengan sistem setelah implementasi. Jika hasil akhir tidak sesuai harapan, maka revisi akan memakan waktu dan biaya besar. Informan wawancara juga menyebut bahwa Agile memberi rasa kepemilikan lebih besar kepada klien karena mereka merasa terlibat langsung dalam keputusan pengembangan. Namun, mereka juga mengingatkan bahwa tidak semua klien siap atau memiliki waktu untuk berpartisipasi aktif dalam sprint planning atau review meeting. Kesimpulan sementara: Agile memberikan tingkat kepuasan klien yang lebih tinggi, terutama untuk proyek yang mengandalkan interaksi dan komunikasi intensif.

Tabel 2. Perbandingan Efektivitas Metode Waterfall dan Agile

Indikator	Waterfall	Agile
Fleksibilitas terhadap Perubahan	Rendah	Sangat Tinggi
Kecepatan Pengembangan	Sedang	Tinggi (tergantung manajemen sprint)
Efisiensi Kerja Tim	Terstruktur tapi kaku	Kolaboratif dan adaptif
Kualitas Produk Akhir	Bergantung pada awal yang tepat	Tinggi (berkat pengujian terus-menerus)
Kepuasan Klien	Sedang	Tinggi (berkat keterlibatan langsung)

Dari hasil penelitian ini, terlihat bahwa metode Agile secara umum memberikan efektivitas yang lebih tinggi dalam konteks proyek perangkat lunak modern yang dinamis dan menuntut kecepatan serta keterlibatan pengguna. Meskipun demikian, bukan berarti metode Waterfall sudah tidak relevan. Waterfall tetap memiliki keunggulan dalam proyek yang memiliki spesifikasi dan regulasi ketat, seperti sistem kritis di bidang kesehatan, pemerintahan, atau manufaktur. Faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam memilih metode adalah karakteristik proyek, budaya organisasi, kesiapan tim, dan keterlibatan pengguna. Agile membutuhkan lingkungan kerja yang mendukung kolaborasi intensif dan perubahan cepat, sementara Waterfall lebih cocok untuk lingkungan yang stabil dan terstruktur. Penelitian ini juga menegaskan bahwa tidak ada satu metode yang sepenuhnya superior. Beberapa organisasi bahkan menerapkan hybrid approach yang menggabungkan unsur-unsur terbaik dari kedua metode untuk menyesuaikan dengan kebutuhan proyek.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap efektivitas metode Waterfall dan Agile dalam pengembangan perangkat lunak, dapat disimpulkan bahwa kedua metode memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing yang menjadikannya cocok untuk karakteristik proyek yang berbeda. Metode Agile terbukti lebih efektif dalam aspek fleksibilitas terhadap perubahan kebutuhan, kecepatan pengembangan, efisiensi kerja tim, kualitas produk akhir, serta kepuasan klien. Hal ini disebabkan oleh pendekatan iteratif, kolaboratif, dan berorientasi pada feedback yang diusung oleh Agile. Sementara itu, metode Waterfall masih relevan digunakan dalam proyek-proyek yang bersifat statis, memiliki ruang lingkup yang jelas sejak awal, dan membutuhkan dokumentasi formal secara ketat. Waterfall unggul dalam struktur proses yang terencana dan terukur, namun kurang responsif terhadap perubahan mendadak dalam pengembangan sistem. Dengan demikian, pemilihan metode pengembangan perangkat lunak sebaiknya disesuaikan dengan kompleksitas, dinamika kebutuhan pengguna, dan kesiapan tim. Agile sangat disarankan untuk proyek dengan kebutuhan yang berkembang dan melibatkan interaksi intensif dengan klien. Namun, Waterfall tetap menjadi pilihan yang valid untuk proyek dengan regulasi ketat dan spesifikasi yang telah ditentukan sejak awal. Kombinasi kedua pendekatan juga dapat menjadi solusi strategis dalam konteks pengembangan perangkat lunak modern yang kompleks.

REFERENCES

- [1] V. F. Nahuway, "Manajemen Perkantoran Modern Di Era Digitalisasi: Suatu Tinjauan Literatur," *J. Adm. Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 303–314, 2024.
- [2] Y. M. Widyastuti, T. Oktiarso, and N. kartika Putrianto, "Perencanaan Dan Analisis Kebutuhan Pengguna Dalam Pengembangan Sistem Informasi Hubungan Pelanggan," *KURAWAL J. Teknol. Inf. dan Ind.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–11, 2024.
- [3] M. Waruwu, "Metode penelitian dan pengembangan (R&D): konsep, jenis, tahapan dan kelebihan," *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 9, no. 2, pp. 1220–1230, 2024.
- [4] Z. Ghinafekar, M. M. Mu'thy, and M. A. Yaqin, "Perbandingan metode Agile dan Waterfall berdasarkan analisis waktu pengembangan sistem," *J. Manaj. Teknol. Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 26–44, 2025.
- [5] A. Pratama and A. Wijaya, "Implementasi sistem good corporate governance pada perangkat lunak berbasis website pt. pusaka bumi transportasi," *Technomedia J.*, vol. 7, no. 3, pp. 340–353, 2022.
- [6] C. Ningki and P. Noviyanti, "Implementasi Aplikasi Penjualan Produk Tradisional Berbasis Website Menggunakan Metode Waterfall," *Inform. J. Ilmu Komput.*, vol. 19, no. 2, pp. 107–114, 2023.
- [7] O. Okpatrioka, "Research and development (R&D) penelitian yang inovatif dalam pendidikan," *Dharma Acariya Nusantara. J. Pendidikan, Bhs. dan Budaya*, vol. 1, no. 1, pp. 86–100, 2023.
- [8] A. Khairunissa, "MANAJEMEN PROYEK SISTEM INFORMASI PADA PERANCANGAN WEBSITE SAFEPAWS UNTUK KESEJAHTERAAN DAN KESEHATAN HEWAN," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, 2025.
- [9] M. R. Maulana, "EVALUASI METODOLOGI WATERFALL DAN AGILE: STUDI LITERATUR PADA SISTEM PERPUSTAKAAN," *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, 2025.
- [10] I. Darma, G. Dana, I. Bhaskara, N. Yuniari, I. Kumara, and I. Raharja, "Pengembangan Website Dinamis Fakultas dan Program Studi dengan Metode Agile," *J. Komputer, Inf. dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, p. 12, 2025.
- [11] W. Azrieel and N. Valentino, "Mengoptimalkan Komunikasi Dalam Tim Pengembangan Perangkat Lunak Melalui Pendekatan Agile Dengan Scrum: Literature Review," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 4, pp. 4373–4378, 2024.
- [12] R. W. Saputra, C. Q. Pirera, and V. V. Verdana, "Analisis Resiko Penggunaan Metode Waterfall Dan Prototyping Dalam Pengembangan Website," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 4, pp. 4405–4410, 2024.
- [13] A. Widyantoro, F. F. Al Bina, T. Prayoga, R. Safei, and M. A. Arrasid, "Systematic Literature Review: Membandingkan Pendekatan Metode Agile dan Waterfall dalam Pengembangan Perangkat Lunak.," *J. Compr. Sci.*, vol. 4, no. 1, 2025.
- [14] A. Nisa and D. N. Misidawati, "Pemanfaatan Digital Marketing Dalam Meningkatkan Penjualan Produk UMKM Di Indonesia," *Sahmiyya J. Ekon. Dan Bisnis*, pp. 184–190, 2024.
- [15] Z. Ramadhan, "Mengoptimalkan pengembangan aplikasi mobile melalui perbandingan metode pengembangan perangkat lunak (Waterfall, Prototype, Mobile-D, Agile, RAD)," *SUBMIT J. Ilm. Teknol. Infomasi Dan Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 13–19, 2023.
- [16] D. Dwiantoro, A. Y. Yoansa, D. V. Indrayana, S. Mentari, and F. S. Widyatami, "Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek 'XYZ,'" *J. Talent. Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 388–403, 2024.