

Rancangan dan Implementasi Aplikasi Web Telusur Benda Uji Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Prototyping dengan Nuxt.Js dan Mongoddb

Syahid Abdullah*, Riad Sahara, Cian Romadhona Hassolthine, Gusti Bagus Cahya
Utama, Joanne Landy Tantreece

Universitas Siber Asia, Indonesia

Email: syahid.abdullah@lecturer.unsia.ac.id*

Keywords:

: web application, test specimen traceability, prototyping, MongoDB, Nuxt.js, construction project.

Abstract

The process of searching for test pieces in construction projects, including recording incoming materials, test objects, test results, and castings, is still mostly done manually using paper forms, so it is vulnerable to data duplication, recording errors, difficulty tracing document history, and slow reporting. This research aims to design and implement a construction project test object search web application that digitizes all stages of recording in an integrated manner. The development of the system uses a prototyping method consisting of four stages: collection of requirements, prototype design, iterative evaluation of the prototype by users, and implementation and final testing. Applications are built using Vue.js with Nuxt.js for server-side rendering (SSR), Node.js and Express.js as APIs, MongoDB for data storage, and JSON Web Token (JWT) for role-based authentication and authorization. Functional testing with black box testing equivalence partitioning techniques on the main modules showed that all 13 test scenarios (100%) produced results that were as expected. The application successfully digitizes the process of searching for incoming materials, test objects, test results, and castings into one unified system with PDF export and print features as well as multi-level access rights management between Super Admins and Admins. This research is expected to be a reference for the application of prototyping methods and the combination of Nuxt.js-MongoDB technology in the development of information systems for tracking similar construction projects.

Kata kunci:

aplikasi web, telusur benda uji, prototyping, MongoDB, Nuxt.js, proyek konstruksi.

Abstrak

Proses telusur benda uji pada proyek konstruksi, mencakup pencatatan bahan masuk, benda uji, hasil pengujian, hingga pengecoran, masih banyak dilakukan secara manual menggunakan formulir kertas, sehingga rentan terhadap duplikasi data, kesalahan pencatatan, sulitnya penelusuran riwayat dokumen, dan lambatnya pelaporan. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan aplikasi web telusur benda uji proyek konstruksi yang mendigitalisasi seluruh tahapan pencatatan secara terintegrasi. Pengembangan sistem menggunakan metode prototyping yang terdiri atas empat tahap: pengumpulan kebutuhan, perancangan prototipe, evaluasi prototipe oleh pengguna secara iteratif, serta implementasi dan

pengujian akhir. Aplikasi dibangun menggunakan Vue.js dengan Nuxt.js untuk server-side rendering (SSR), Node.js dan Express.js sebagai API, MongoDB untuk penyimpanan data, serta JSON Web Token (JWT) untuk autentikasi dan otorisasi berbasis peran. Pengujian fungsional dengan black box testing teknik equivalence partitioning pada modul-modul utama menunjukkan bahwa seluruh 13 skenario pengujian (100%) menghasilkan hasil yang sesuai harapan. Aplikasi berhasil mendigitalisasi proses telusur bahan masuk, benda uji, hasil tes, dan pengecoran ke dalam satu sistem terpadu dengan fitur ekspor dan cetak PDF serta pengelolaan hak akses bertingkat antara Super Admin dan Admin. Penelitian ini diharapkan menjadi referensi penerapan metode prototyping dan kombinasi teknologi Nuxt.js-MongoDB pada pengembangan sistem informasi penelusuran proyek konstruksi sejenis.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong transformasi digital di hampir seluruh sektor industri, termasuk sektor jasa konstruksi (Vial, 2019; Oesterreich & Teuteberg, 2019). Digitalisasi proses administrasi dan pendataan menjadi salah satu kebutuhan mendasar bagi perusahaan konstruksi untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan akuntabilitas pekerjaan proyek (Matarneh et al., 2019). Salah satu bentuk penerapan teknologi yang banyak digunakan untuk mendukung transformasi tersebut adalah aplikasi berbasis web (Mourtzis et al., 2021). Aplikasi web dapat diakses melalui peramban (*browser*) pada berbagai jenis perangkat, kapan saja dan di mana saja, selama tersedia koneksi internet, sehingga lebih fleksibel dibandingkan aplikasi desktop maupun aplikasi *mobile* yang terbatas pada perangkat tertentu (Saha et al., 2023).

Pada proyek pembangunan konstruksi, salah satu proses administratif yang krusial namun masih banyak dilakukan secara manual adalah proses telusur benda uji, yaitu pencatatan dan pelacakan material serta benda uji mulai dari kedatangan bahan baku (misalnya beton segar), pembuatan benda uji (silinder uji), pengujian benda uji di laboratorium, hingga pelaksanaan pengecoran di lapangan (Lu et al., 2020; Hosseini et al., 2022). Proses ini melibatkan banyak data teknis seperti volume material, waktu pengangkutan, hasil uji kuat tekan, identitas petugas dan saksi pengujian, serta kondisi pekerjaan pengecoran (Núñez et al., 2021). Pencatatan manual menggunakan formulir kertas pada proses ini rentan terhadap *human error*, duplikasi nomor formulir, kesulitan pencarian riwayat dokumen, serta lambatnya distribusi laporan kepada pihak-pihak yang berwenang (Zhou et al., 2019; Alizadehsalehi & Yitmen, 2021).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengangkat permasalahan serupa pada konteks manajemen dan pemantauan proyek konstruksi berbasis web. Lestari dan Setiyadi (2019) membangun sistem informasi monitoring perkembangan proyek konstruksi berbasis web pada sebuah perusahaan kontraktor untuk mengatasi lambatnya informasi progres pekerjaan. Demikian pula penelitian Aprisa dan Monalisa (2015) pada PT. Inti Pratama Semesta yang merancang sistem monitoring perkembangan proyek menggunakan pendekatan Object Oriented Analysis Design (OOAD) dengan pengujian black box, serta penelitian Fajri (2020) pada Dinas Pekerjaan Umum yang menyoroti permasalahan keterlambatan dan inkonsistensi data akibat penggunaan lembar kerja manual dan pencatatan melalui pesan singkat dalam pemantauan proyek infrastruktur. Penelitian Widagdo (2015) dan Wandanaya (2018) juga

menunjukkan kebutuhan serupa pada aspek manajemen dokumen dan rencana anggaran biaya proyek konstruksi berbasis web. Sebagian besar penelitian tersebut masih menerapkan metode waterfall dalam siklus pengembangan sistemnya, dengan asumsi bahwa kebutuhan pengguna telah terdefinisi secara lengkap pada tahap awal (Hidayati, 2019; Fahrurrozi dan Azhari, 2012).

Pada kenyataannya, kebutuhan fungsional aplikasi telusur proyek konstruksi cenderung berkembang selama proses pengembangan, (Hassan et al., 2021; Pan & Zhang, 2021) mengingat setiap tahapan telusur (bahan masuk, benda uji, hasil tes, dan proses pengecoran) memiliki struktur data dan alur kerja yang berbeda (Borrmann et al., 2021; Chen et al., 2022) serta memerlukan validasi langsung dari pengguna di lapangan (Darko et al., 2020).

Karakteristik kebutuhan yang dinamis ini kurang sesuai dengan sifat sekuensial dan kaku dari metode waterfall, yang menetapkan bahwa suatu tahap harus diselesaikan secara tuntas sebelum tahap berikutnya dimulai, sehingga perubahan kebutuhan pada tahap lanjut akan menimbulkan biaya revisi yang besar (Amirillah et al., 2020). Sebagai alternatif, metode prototyping menawarkan pendekatan iteratif yang memungkinkan pengembang menunjukkan rancangan antarmuka dan alur kerja sistem kepada pengguna sejak tahap awal (Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020), sehingga masukan dan koreksi kebutuhan dapat segera diakomodasi (Sánchez-Gordón & Colomo-Palacios, 2019) sebelum sistem diimplementasikan secara penuh (Larman, 2021; Kuhrmann et al., 2022). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode prototyping efektif diterapkan pada pengembangan aplikasi web skala kecil hingga menengah, antara lain pada sistem informasi penjualan berbasis web pada UMKM (Sidiq & Rohayati, 2023) serta sistem informasi manajemen dokumen proyek berbasis web, yang keduanya melibatkan pengguna secara aktif dalam proses evaluasi rancangan sebelum tahap pengkodean penuh dilakukan.

Dari aspek arsitektur teknologi, pemilihan kombinasi Vue.js dengan Nuxt.js sebagai kerangka kerja *front-end* didasarkan pada kemampuan Nuxt.js dalam menyediakan *server-side rendering* (SSR) (Biørn-Hansen et al., 2020; Li et al., 2021) yang membuat halaman dapat dirender di sisi server sebelum dikirimkan ke peramban pengguna, sehingga waktu muat awal halaman menjadi lebih cepat dibandingkan pendekatan *single-page application* konvensional (Kumar & Singh, 2022; Zhao et al., 2023; Akram & Hoffmann, 2019).

Studi komparatif kinerja antara Next.js, Nuxt.js, dan Remix.js dalam implementasi SSR pada situs berita (Hermanto dan Engel, 2025) menunjukkan bahwa pemilihan framework SSR memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja rendering dan ketahanan aplikasi terhadap beban pengguna yang tinggi. Pada sisi penyimpanan data, basis data NoSQL berorientasi dokumen MongoDB dipilih karena sifatnya yang *schemaless* atau memiliki skema fleksibel, sehingga perubahan struktur data pada setiap tahap telusur (yang memiliki atribut berbeda-beda) tidak memerlukan migrasi skema seperti pada basis data relasional. Penelitian Susetyo dan Yulius (2023) tentang penerapan MongoDB pada aplikasi manajemen dokumen di sebuah perusahaan (yang dalam penelitian tersebut juga disebut sebagai PT. XYZ) turut menegaskan bahwa fleksibilitas skema dan minimnya downtime saat terjadi perubahan struktur data menjadi keunggulan utama MongoDB dibandingkan basis data relasional konvensional, meskipun memiliki keterbatasan pada sisi dukungan hosting web tertentu.

Aspek keamanan aplikasi juga menjadi perhatian penting, mengingat data telusur proyek bersifat rahasia dan hanya boleh diakses oleh pihak yang berwenang. Mekanisme autentikasi menggunakan JSON Web Token (JWT) dipilih karena bersifat *stateless*, yaitu tidak

memerlukan penyimpanan sesi di sisi server, sehingga lebih ringan dan skalabel untuk diterapkan pada arsitektur berbasis REST API (Rouse, 2011; Pratama, 2010). Implementasi JWT memungkinkan server memverifikasi identitas dan hak akses pengguna hanya berdasarkan token yang dikirimkan pada setiap permintaan, tanpa perlu menyimpan status sesi pengguna secara terus-menerus.

Pengujian fungsional terhadap aplikasi yang dihasilkan turut menjadi perhatian dalam penelitian ini. Metode black box testing dengan teknik equivalence partitioning telah banyak digunakan secara efektif pada penelitian-penelitian pengujian aplikasi web sejenis, antara lain pada pengujian aplikasi penjualan (Maulana et al., 2020), aplikasi seleksi sales (Ningrum et al., 2019), aplikasi perpustakaan (Setiawan et al., 2020), dan sistem informasi akademik (Yulianti et al., 2022), yang seluruhnya menunjukkan bahwa teknik tersebut mampu menghasilkan kasus uji yang representatif tanpa perlu menguji seluruh kombinasi data input secara menyeluruh.

Berdasarkan uraian permasalahan dan tinjauan penelitian terdahulu tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang dan mengimplementasikan aplikasi web telusur benda uji proyek konstruksi yang mengintegrasikan seluruh tahapan pencatatan mulai dari bahan masuk, benda uji, hasil tes, hingga proses pengecoran menggunakan metode prototyping; dan (2) menguji fungsionalitas aplikasi yang dihasilkan menggunakan metode black box testing untuk memastikan setiap modul berjalan sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode prototyping (menggantikan pendekatan waterfall yang umum digunakan pada penelitian sejenis) yang dikombinasikan dengan arsitektur SSR Nuxt.js dan basis data NoSQL MongoDB pada domain spesifik telusur benda uji konstruksi, yang berbeda dari kebanyakan penelitian sistem monitoring proyek konstruksi terdahulu yang umumnya menggunakan PHP dan basis data relasional MySQL.

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya literatur pengembangan sistem informasi konstruksi, khususnya dalam penerapan metode *prototyping* dan kombinasi teknologi Nuxt.js dengan MongoDB pada domain telusur benda uji proyek konstruksi, serta menjadi rujukan bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan sistem sejenis dengan pendekatan yang lebih adaptif. Secara praktis, penelitian ini bermanfaat bagi perusahaan jasa konstruksi dalam mendigitalisasi proses telusur benda uji sehingga meningkatkan efisiensi, akurasi, dan akuntabilitas pencatatan; bagi pengelola proyek dalam memantau riwayat telusur secara real-time dan mempercepat pelaporan kepada pihak terkait; bagi pengembang perangkat lunak sebagai referensi implementasi *server-side rendering* dengan Nuxt.js dan basis data NoSQL MongoDB; serta bagi akademisi dan peneliti sebagai bahan kajian tentang penerapan metode *prototyping* pada sistem informasi konstruksi berbasis web.

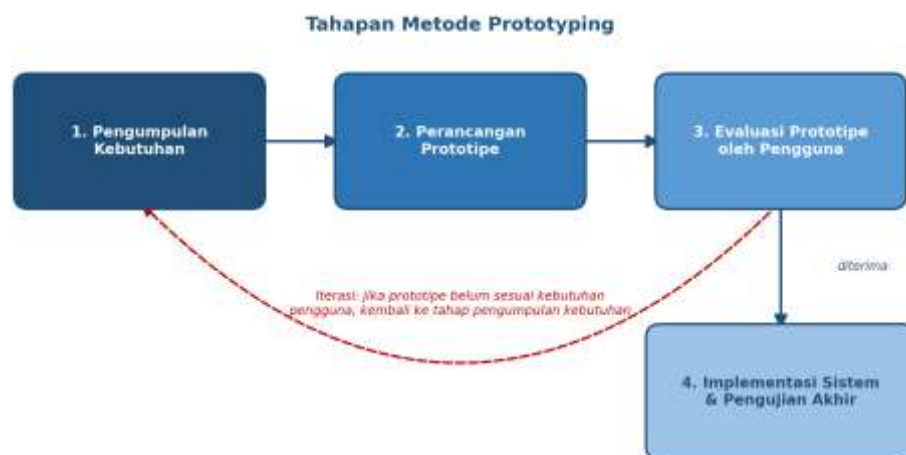
Metode Penelitian

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (applied research) yang menghasilkan sebuah produk perangkat lunak berupa aplikasi web telusur benda uji proyek konstruksi. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode *prototyping* (Sidiq & Rohayati, 2023). Metode ini dipilih karena kebutuhan fungsional pada setiap tahap telusur (bahan masuk, benda uji, hasil tes, dan proses pengecoran) memiliki struktur data dan alur kerja yang berbeda serta kemungkinan masih berkembang seiring proses identifikasi kebutuhan di lapangan,

sehingga diperlukan keterlibatan pengguna secara berulang untuk mengevaluasi rancangan antarmuka dan alur kerja sebelum sistem final diimplementasikan. Pendekatan ini berbeda dari metode *waterfall* yang bersifat sekuensial dan menetapkan seluruh kebutuhan harus final sebelum tahap perancangan dimulai, sehingga kurang adaptif terhadap perubahan kebutuhan pada pertengahan proses pengembangan (Fahrurrozi & Azhari, 2012; Hidayati, 2019; Amirillah et al., 2020).

Metode prototyping pada penelitian ini dilaksanakan melalui empat tahapan utama, yaitu: (1) pengumpulan kebutuhan, (2) perancangan prototipe, (3) evaluasi prototipe oleh pengguna yang dilakukan secara iteratif hingga rancangan disetujui, dan (4) implementasi sistem serta pengujian akhir. Tahapan tersebut diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Metode Prototyping yang Digunakan dalam Penelitian

Sumber: Diolah dari Sidiq & Rohayati (2023)

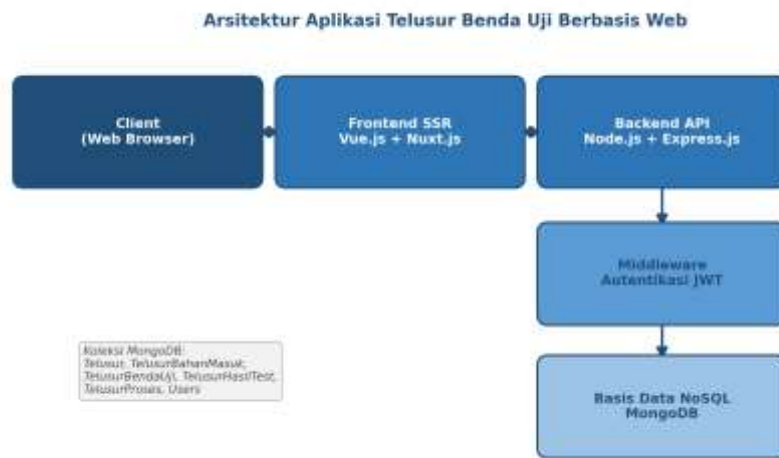
Tahap Pengumpulan Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional aplikasi melalui wawancara dan diskusi dengan calon pengguna di lingkungan perusahaan konstruksi (selanjutnya disebut PT. XYZ untuk menjaga kerahasiaan data perusahaan). Kebutuhan yang teridentifikasi meliputi: kebutuhan pencatatan data bahan masuk (volume material, nomor kendaraan pengangkut, jam tuang), data benda uji (detail kendaraan, tanggal dan jam pembuatan benda uji, detail silinder uji), data hasil tes (lokasi laboratorium, identitas saksi dari pihak kontraktor dan pemberi kerja), data proses pengecoran (alokasi waktu, jumlah pekerja, kondisi cuaca, proses penggetaran beton, finishing, dan curing), kebutuhan pencarian dan pemantauan riwayat telusur, kebutuhan pencetakan dan pengunduhan dokumen dalam format PDF, serta kebutuhan pengelolaan hak akses pengguna secara bertingkat.

Tahap Perancangan Prototipe

Hasil identifikasi kebutuhan pada tahap sebelumnya dituangkan ke dalam rancangan antarmuka (mock-up) dan rancangan arsitektur sistem secara bertahap per modul. Perancangan mencakup struktur navigasi aplikasi, rancangan formulir input untuk setiap tahap telusur,

rancangan basis data non-relasional, serta rancangan mekanisme autentikasi dan otorisasi. Rancangan arsitektur sistem secara keseluruhan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Aplikasi Telusur Benda Uji Berbasis Web

Sumber: Hasil perancangan peneliti, 2026

Hasil dan Pembahasan

Hasil Implementasi Sistem

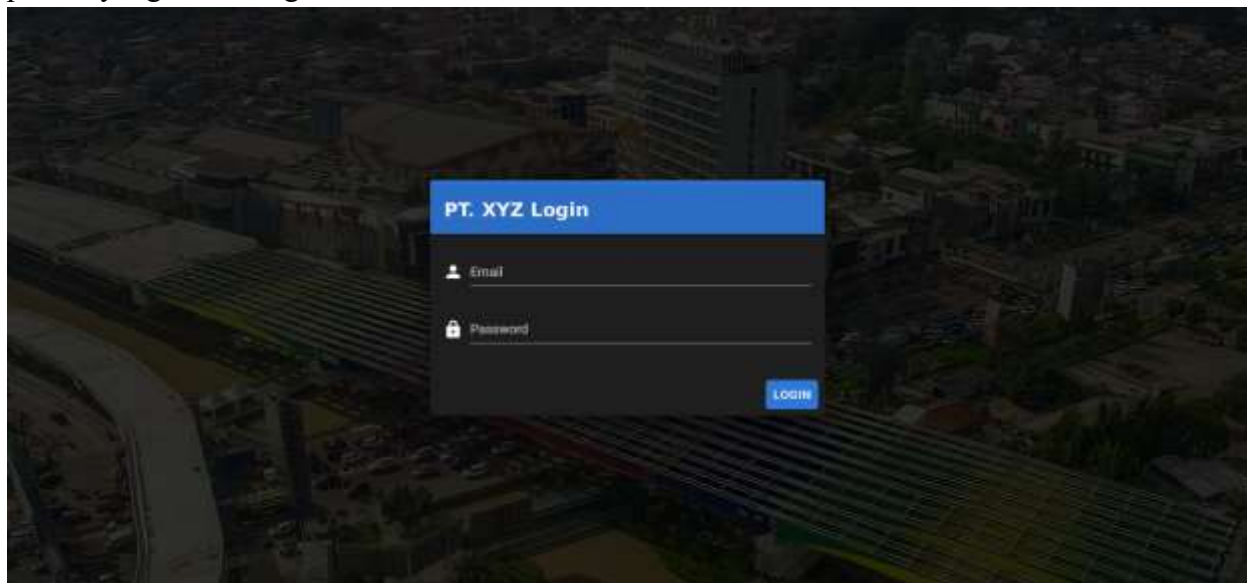
Implementasi aplikasi telusur benda uji proyek konstruksi berbasis web menghasilkan sistem yang terintegrasi mulai dari pencatatan kedatangan bahan baku hingga pelaksanaan pengecoran. Aplikasi dibangun menggunakan kerangka kerja Vue.js dengan Nuxt.js pada sisi *front-end*, yang merupakan hasil pengembangan lebih lanjut dari Vue.js dengan kemampuan *server-side rendering* (SSR). Pada sisi *back-end*, API dibangun menggunakan Node.js dan Express.js, sedangkan penyimpanan data menggunakan basis data NoSQL MongoDB. Ringkasan modul yang dihasilkan beserta data yang dicatat dan fungsi utamanya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Modul Aplikasi Telusur Benda Uji

Modul	Data yang Dicatat	Fungsi Utama
Telusur Bahan Masuk	Business unit, nama proyek, volume material, nomor kendaraan, jam tuang	Input data, generate dokumen, ekspor/cetak PDF
Telusur Benda Uji	Detail kendaraan, tanggal dan jam pembuatan benda uji, detail silinder	Input data, generate dokumen, ekspor/cetak PDF
Telusur Hasil Tes	Lokasi laboratorium, saksi kontraktor, saksi pemberi kerja, detail pengetesan	Input data, edit data, generate dokumen, ekspor/cetak PDF
Telusur Proses	Alokasi waktu, jumlah pekerja, kondisi cuaca, penggetaran, finishing, curing, data pembuat	Input data, generate dokumen, ekspor/cetak PDF
Review Telusur	Pencarian berdasarkan business unit dan nama proyek	Pencarian, monitoring status, penghapusan (khusus Super Admin)
Kelola Akun	Data akun pengguna dan peran (role)	Tambah, edit, hapus akun (khusus Super Admin)

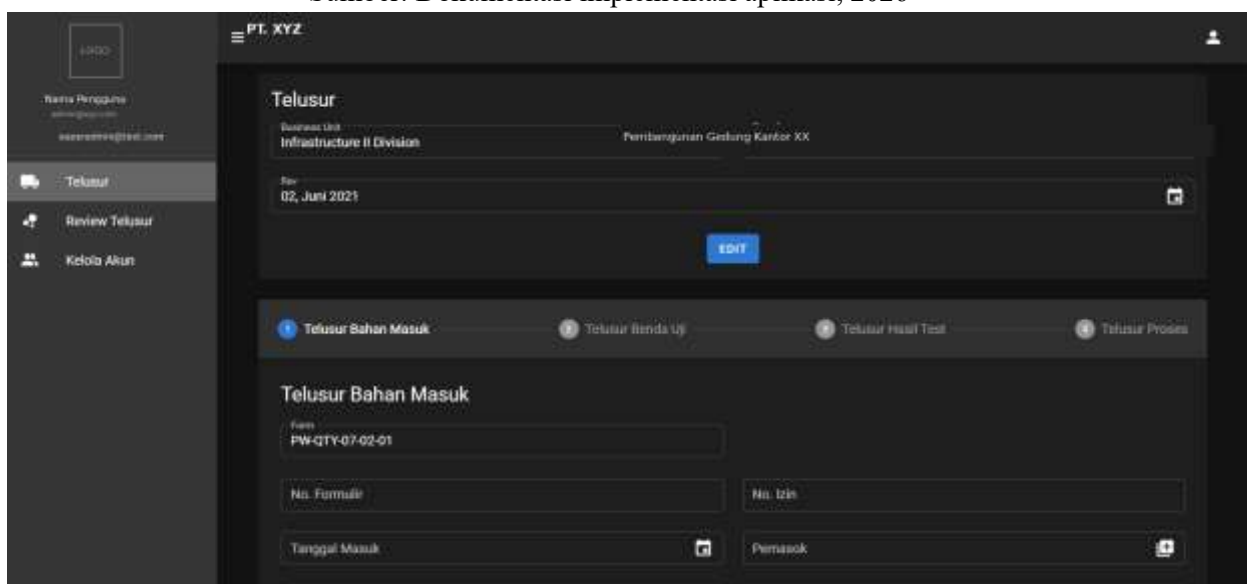
Sumber: Hasil implementasi dan analisis peneliti, 2026

Modul Telusur berfungsi sebagai titik awal pembuatan dokumen telusur baru. Pengguna memasukkan *business unit*, nama proyek, dan tanggal pembuatan dokumen pada formulir awal. Apabila salah satu bagian belum diisi, sistem menampilkan validasi yang mewajibkan seluruh bagian terisi sebelum formulir kosong dapat dibuat. Setelah formulir induk berhasil dibuat, sistem menampilkan struktur tahapan (stepper) yang memandu pengguna mengisi empat sub-modul telusur secara berurutan, yaitu Telusur Bahan Masuk, Telusur Benda Uji, Telusur Hasil Tes, dan Telusur Proses, sebagaimana telah diuraikan pada Tabel 1. Setiap sub-modul dilengkapi tombol *generate* yang akan mengarahkan pengguna ke halaman pratinjau dokumen sebelum dokumen tersebut diekspor ke dalam format PDF atau dicetak langsung melalui printer yang terhubung.



Gambar 3. Tampilan Halaman Login dan Formulir Awal Telusur

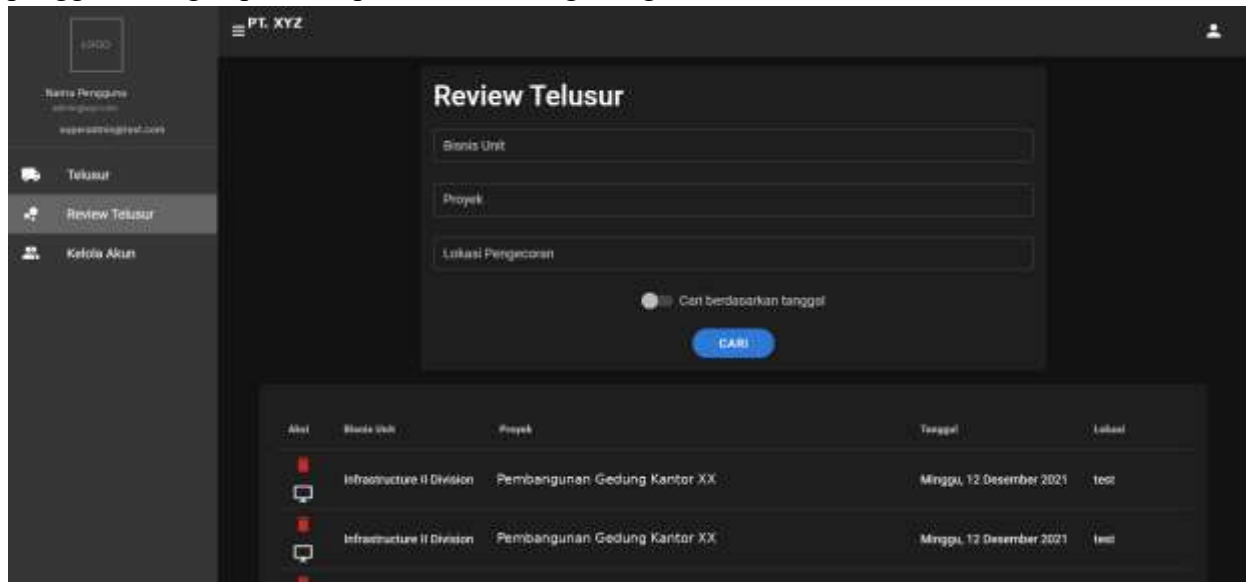
Sumber: Dokumentasi implementasi aplikasi, 2026



Gambar 4. Tampilan Stepper dan Formulir Input Sub-Modul Telusur

Sumber: Dokumentasi implementasi aplikasi, 2026.

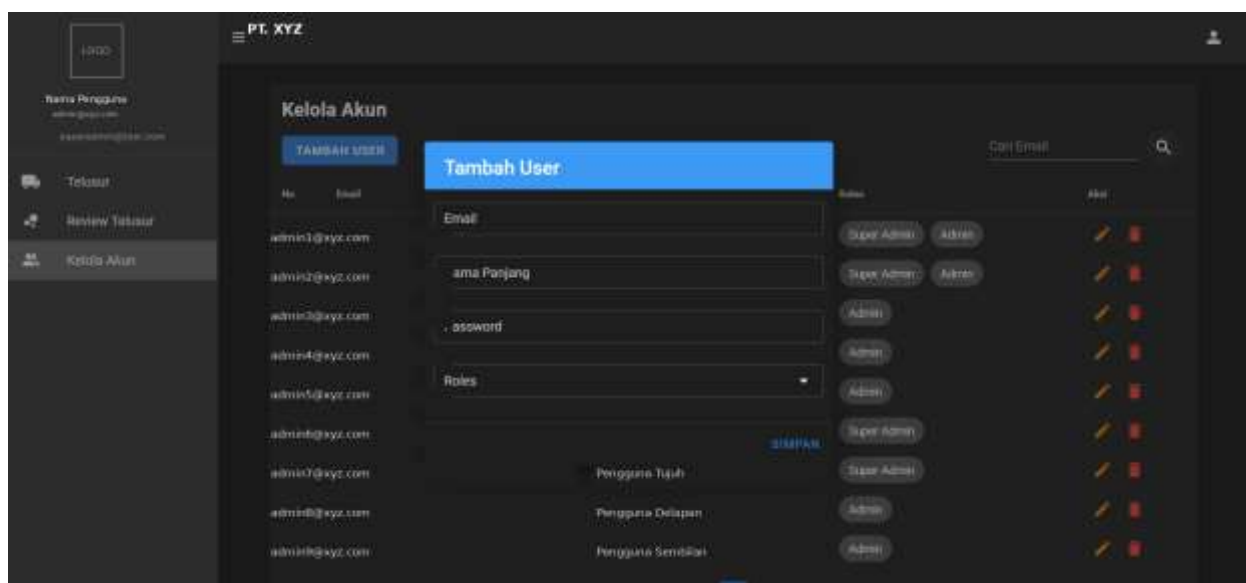
Modul Review Telusur menyajikan daftar seluruh dokumen telusur yang telah dibuat, dikelompokkan berdasarkan judul business unit dan sub-judul nama proyek. Setiap dokumen telusur dapat diakses kembali melalui nomor formulir yang ditampilkan, sehingga riwayat pengisian dapat ditelusuri secara lengkap. Pada halaman ini juga tersedia fitur pemantauan status keseluruhan formulir telusur serta fitur penghapusan data yang hanya dapat diakses oleh pengguna dengan peran Super Admin, sebagai bagian dari kontrol akuntabilitas data.

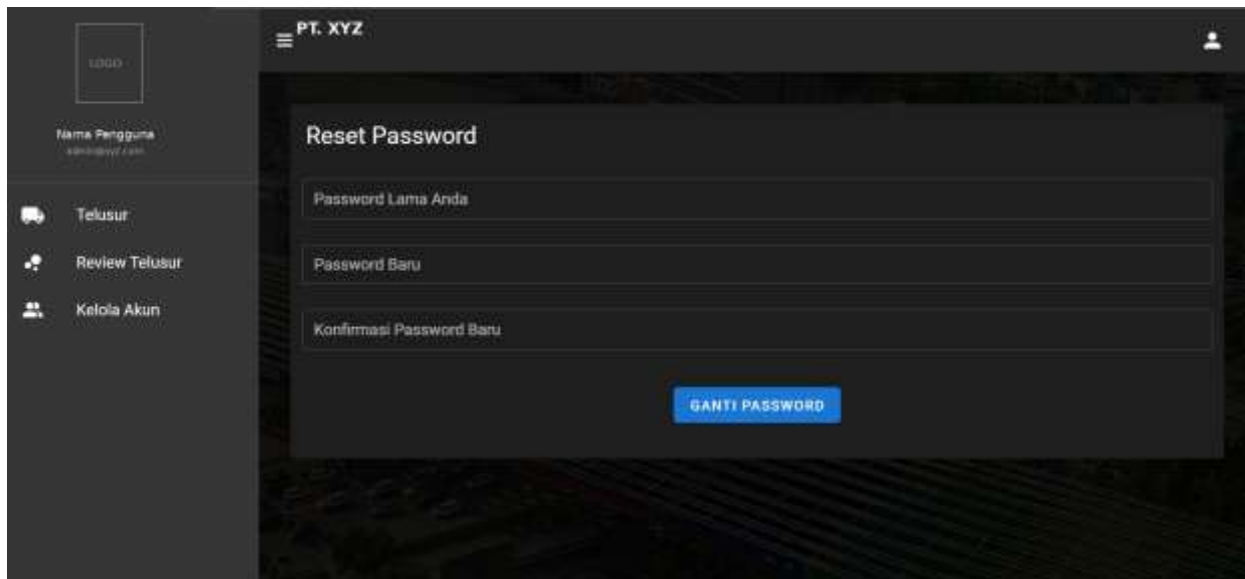


Gambar 5. Tampilan Halaman Review Telusur

Sumber: Dokumentasi implementasi aplikasi, 2026

Modul Kelola Akun hanya dapat diakses oleh Super Admin dan menyediakan fungsi penambahan, pengeditan, dan penghapusan akun pengguna beserta pengaturan perannya. Selain itu, setiap pengguna dapat melakukan pembaruan kata sandi secara mandiri melalui menu profil dengan memasukkan kata sandi lama dan kata sandi baru beserta konfirmasinya, sebelum kata sandi baru tersebut berlaku.





Gambar 6. Tampilan Halaman Kelola Akun dan Reset Password
Sumber: Dokumentasi implementasi aplikasi, 2026

Implementasi Keamanan Aplikasi

Keamanan akses aplikasi diimplementasikan melalui mekanisme autentikasi berbasis JSON Web Token (JWT). Setiap pengguna wajib login menggunakan email dan kata sandi yang telah terdaftar pada sistem; pembuatan akun baru hanya dapat dilakukan oleh Super Admin melalui modul Kelola Akun, sehingga akses ke dalam aplikasi tidak dapat diperoleh oleh pihak yang tidak berwenang. Pada saat login berhasil, server menerbitkan token JWT yang dikirimkan kepada klien dan disertakan pada setiap permintaan berikutnya untuk diverifikasi oleh *middleware* autentikasi pada sisi server (lihat kembali Gambar 2 pada bagian Metode Penelitian). Token dirancang memiliki masa berlaku tujuh hari, sehingga setelah periode tersebut berakhir, pengguna diwajibkan melakukan login ulang. Pendekatan ini konsisten dengan karakteristik JWT yang bersifat *stateless*, yaitu tidak memerlukan penyimpanan status sesi di sisi server, sehingga lebih ringan untuk diterapkan pada arsitektur REST API dibandingkan mekanisme sesi konvensional berbasis cookie pada server.

Hasil Pengujian Black Box

Pengujian fungsional terhadap aplikasi dilakukan menggunakan metode *black box testing* dengan teknik *equivalence partitioning*, yaitu teknik pengujian yang membagi data input ke dalam kelas-kelas data valid dan tidak valid untuk memperoleh kasus uji (test case) yang representatif tanpa harus menguji setiap kombinasi input secara menyeluruh (Setiawan et al., 2020; Maulana et al., 2020). Rancangan skenario pengujian beserta hasil yang diharapkan pada setiap modul utama disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rancangan dan Hasil Pengujian Black Box (Equivalence Partitioning)

No.	Modul Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Ket.
1	Login	Login dengan email dan kata sandi valid	Sistem menerbitkan token JWT dan mengarahkan ke dashboard	Sesuai	Valid

2	Login	Login dengan kata sandi tidak valid	Sistem menolak akses dan menampilkan pesan kesalahan	Sesuai	Valid
3	Telusur (Form Baru)	Generate form telusur tanpa mengisi field wajib	Sistem menampilkan validasi bahwa semua bagian harus diisi	Sesuai	Valid
4	Telusur (Form Baru)	Generate form telusur dengan seluruh field terisi	Form telusur baru berhasil dibuat dan tersimpan ke basis data	Sesuai	Valid
5	Telusur Bahan Masuk	Input data bahan masuk lalu klik tombol generate	Dokumen PDF telusur bahan masuk berhasil dibuat	Sesuai	Valid
6	Telusur Benda Uji	Input data benda uji lalu klik tombol generate	Dokumen PDF telusur benda uji berhasil dibuat	Sesuai	Valid
7	Telusur Hasil Tes	Input data hasil tes lalu klik tombol generate	Dokumen PDF telusur hasil tes berhasil dibuat	Sesuai	Valid
8	Telusur Proses	Input data proses pengecoran lalu klik tombol generate	Dokumen PDF telusur proses berhasil dibuat	Sesuai	Valid
9	Review Telusur	Mencari data telusur berdasarkan business unit/nama proyek	Sistem menampilkan daftar telusur yang sesuai dengan kata kunci	Sesuai	Valid
10	Review Telusur	Menghapus data telusur menggunakan akun Admin (bukan Super Admin)	Sistem menolak permintaan penghapusan karena tidak memiliki hak akses	Sesuai	Valid
11	Kelola Akun	Menambah akun baru menggunakan akun Super Admin	Akun baru berhasil ditambahkan ke dalam sistem	Sesuai	Valid
12	Reset Password	Mengubah kata sandi dengan konfirmasi kata sandi yang tidak sesuai	Sistem menolak permintaan dan menampilkan pesan ketidaksesuaian	Sesuai	Valid
13	Autentikasi Token	Mengakses endpoint API setelah token JWT kedaluwarsa (>7 hari)	Sistem menolak akses dan mengarahkan pengguna untuk login ulang	Sesuai	Valid

Sumber: Hasil pengujian fungsional peneliti, 2026

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, seluruh 13 skenario pengujian yang dirancang pada modul Login, Telusur (Form Baru), Telusur Bahan Masuk, Telusur Benda Uji, Telusur Hasil Tes, Telusur Proses, Review Telusur, Kelola Akun, Reset Password, dan Autentikasi Token berhasil dijalankan dan memberikan hasil yang sesuai dengan hasil yang diharapkan, sehingga seluruh kasus uji (13 dari 13 kasus uji, atau 100%) dinyatakan valid. Hasil ini menunjukkan bahwa fungsi autentikasi, validasi input, pembuatan dan pencetakan dokumen telusur pada keempat sub-modul, pencarian dan pemantauan riwayat telusur, pengelolaan akun, pembaruan kata sandi, serta mekanisme kedaluwarsa token JWT pada aplikasi telah berfungsi sebagaimana mestinya dan siap untuk digunakan secara operasional.

Penerapan metode prototyping pada penelitian ini terbukti memberikan fleksibilitas dalam mengakomodasi perbedaan struktur data antar sub-modul telusur. Hal ini sejalan dengan temuan Sidiq dan Rohayati (2023) serta penelitian sejenis lain yang menerapkan metode

prototyping pada pengembangan sistem informasi berbasis web, di mana keterlibatan pengguna sejak tahap awal perancangan prototipe terbukti mengurangi risiko ketidaksesuaian antara hasil akhir sistem dengan kebutuhan riil pengguna di lapangan, dibandingkan pendekatan waterfall yang menetapkan seluruh spesifikasi sejak awal tanpa proses validasi iteratif (Amirillah et al., 2020; Hidayati, 2019).

Dari sisi teknologi, kombinasi Nuxt.js dan MongoDB pada penelitian ini memberikan dua keunggulan utama. Pertama, kemampuan server-side rendering pada Nuxt.js memungkinkan halaman aplikasi dirender lebih awal pada sisi server, sehingga konten utama dapat langsung terlihat oleh pengguna tanpa harus menunggu seluruh berkas JavaScript dimuat dan dieksekusi pada sisi klien, sebagaimana ditemukan pada kajian komparatif performa SSR antar framework JavaScript modern oleh Hermanto dan Engel (2025). Kedua, fleksibilitas skema pada basis data MongoDB memungkinkan setiap collection (Telusur, TelusurBahanMasuk, TelusurBendaUji, TelusurHasilTest, TelusurProses, dan Users) memiliki struktur atribut yang berbeda tanpa memerlukan proses migrasi skema formal, sehingga pengembangan modul-modul yang memiliki struktur data heterogen tersebut dapat dilakukan secara lebih efisien dibandingkan apabila menggunakan basis data relasional yang menuntut skema tabel yang kaku, sejalan dengan temuan Susetyo dan Yulius (2023).

Pembagian hak akses bertingkat antara Super Admin dan Admin pada aplikasi ini berkontribusi pada aspek akuntabilitas data, karena setiap tindakan sensitif seperti penghapusan data telusur dan pengelolaan akun hanya dapat dilakukan oleh pihak yang memiliki kewenangan tertinggi. Mekanisme ini relevan dengan kebutuhan tata kelola dokumen proyek konstruksi, yang menuntut adanya jejak audit (audit trail) yang jelas atas setiap perubahan data, sebagaimana ditekankan pada penelitian-penelitian terdahulu terkait sistem informasi manajemen proyek konstruksi yang menyoroti pentingnya transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan dokumen proyek (Widagdo, 2015; Wandanaya, 2018; Lestari & Setiyadi, 2019).

Penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain pengisian nomor formulir pada setiap sub-modul telusur masih dilakukan secara manual oleh pengguna sehingga berpotensi menimbulkan duplikasi penomoran, serta pembagian hak akses pada sub-modul telusur (Telusur Bahan Masuk, Telusur Benda Uji, Telusur Hasil Tes, dan Telusur Proses) belum dapat diatur secara independen, melainkan masih mengikuti hak akses umum Admin dan Super Admin. Keterbatasan ini menjadi dasar pengembangan lebih lanjut yang diuraikan pada bagian saran.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan aplikasi web telusur benda uji proyek konstruksi yang mengintegrasikan seluruh tahapan pencatatan mulai dari bahan masuk, benda uji, hasil pengujian, hingga proses pengecoran ke dalam satu sistem terpadu. Aplikasi dibangun menggunakan metode prototyping yang terbukti efektif mengakomodasi perubahan kebutuhan fungsional selama proses pengembangan, dengan memanfaatkan kombinasi teknologi Nuxt.js untuk server-side rendering, Node.js dan Express.js untuk API, MongoDB untuk penyimpanan data, serta JWT untuk autentikasi dan otorisasi berbasis peran. Hasil pengujian black box dengan teknik equivalence partitioning menunjukkan bahwa seluruh 13 skenario pengujian (100%) berfungsi sesuai harapan, mencakup modul login, formulir

telusur, keempat sub-modul telusur (bahan masuk, benda uji, hasil tes, dan proses pengecoran), review telusur, kelola akun, reset password, serta mekanisme kedaluwarsa token JWT.

Penelitian ini juga berhasil mengimplementasikan fitur ekspor dan cetak dokumen dalam format PDF serta pengelolaan hak akses bertingkat antara Super Admin dan Admin, yang mendukung akuntabilitas data dan keamanan dokumen proyek konstruksi. Keterbatasan penelitian meliputi pengisian nomor formulir yang masih manual sehingga berpotensi menimbulkan duplikasi, serta pembagian hak akses pada sub-modul telusur yang belum dapat diatur secara independen. Saran untuk pengembangan selanjutnya adalah mengotomatisasi penomoran formulir menggunakan sistem auto-numbering, menambahkan fitur notifikasi real-time berbasis email atau WhatsApp untuk mempercepat alur persetujuan dokumen, mengintegrasikan dengan sistem manajemen proyek yang lebih luas, serta menerapkan pengujian performa dan keamanan yang lebih mendalam, termasuk penetration testing dan load testing, untuk memastikan ketahanan sistem terhadap berbagai skenario penggunaan dan akses dari banyak pengguna secara bersamaan.

Daftar Pustaka

- Akram, S., & Hoffmann, A. (2019). On the usability of modern JavaScript frameworks for single-page web applications. *Journal of Web Engineering*, 18(6), 531–556.
- Alizadehsalehi, S., & Yitmen, I. (2021). Digital twin-based progress monitoring management model through reality capture to extended reality technologies (DRX). *Smart and Sustainable Built Environment*, 10(2), 163–181. <https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2020-0013>
- Biørn-Hansen, A., Grønli, T.-M., Ghinea, G., & Alouneh, S. (2020). An empirical study of cross-platform mobile development frameworks and their effects on application performance. *Journal of Systems and Software*, 168, 110648. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110648>
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (2021). *Building information modeling: Technology foundations and industry practice* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-5>
- Chen, K., Lu, W., Peng, Y., Rowlinson, S., & Huang, G. Q. (2022). Bridging BIM and digital construction management: A review of information integration in construction projects. *Automation in Construction*, 141, 104420. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104420>
- Darko, A., Chan, A. P. C., Owusu, E. K., Edwards, D. J., Hosseini, M. R., & Ameyaw, E. E. (2020). Review of application of digital technologies in construction management. *Journal of Building Engineering*, 32, 101530. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101530>
- Hassan, B., Rizvi, S. S. H., & Ahmad, M. O. (2021). Managing evolving software requirements using agile software development: A systematic literature review. *IEEE Access*, 9, 93039–93060. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3092498>
- Hosseini, M. R., Martek, I., Zavadskas, E. K., Aibinu, A. A., Arashpour, M., & Chileshe, N. (2022). Digitalization of construction: A systematic review of the current status and future directions. *Journal of Civil Engineering and Management*, 28(5), 341–360. <https://doi.org/10.3846/jcem.2022.16415>

- Kuhrmann, M., Tell, P., Klünder, J., MacDonell, S. G., Münch, J., Linssen, O., Pfahl, D., & Hebig, R. (2022). What makes agile software development agile? *IEEE Software*, 39(1), 49–56. <https://doi.org/10.1109/MS.2021.3104660>
- Kumar, R., & Singh, P. (2022). Performance optimization techniques for modern web applications: A systematic review. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 34(10), 8898–8912. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.09.012>
- Larman, C. (2021). *Applying UML and patterns: An introduction to object-oriented analysis and design and iterative development* (4th ed.). Pearson.
- Li, Z., Chen, X., & Wang, Y. (2021). Improving web application performance through server-side rendering and modern JavaScript frameworks. *Future Generation Computer Systems*, 119, 138–149. <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.02.018>
- Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2020). Building information modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Automation in Construction*, 115, 103194. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103194>
- Matarneh, S. T., Danso-Amoako, M., Al-Bizri, S., Gaterell, M., & Matarneh, R. (2019). Building information modeling for facilities management: A literature review and future research directions. *Journal of Building Engineering*, 24, 100755. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100755>
- Mourtzis, D., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2021). A framework for the digital transformation of manufacturing enterprises using cloud technologies and web-based information systems. *Procedia CIRP*, 104, 1719–1724. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.289>
- Núñez, D., Silva, H., & Martins, J. P. (2021). Digital data management in construction projects: Challenges and opportunities for quality control. *Journal of Building Engineering*, 44, 102976. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102976>
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2019). Behind the scenes: Understanding the socio-technical barriers to building information modeling adoption through the theoretical lens of information systems research. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 413–431. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.003>
- Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122, 103517. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103517>
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software engineering: A practitioner's approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Saha, H. N., Mandal, A., & Sinha, A. (2023). Web-based application development using modern internet technologies: A review. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 35(4), 101585. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.101585>
- Sánchez-Gordón, M., & Colomo-Palacios, R. (2019). Taking advantage of software prototyping in software engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(6), 1421–1432. <https://doi.org/10.1002/cae.22174>
- Sommerville, I. (2020). *Software engineering* (10th ed.). Pearson.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>

- Zhao, Y., Liu, H., & Xu, J. (2023). Comparative evaluation of rendering strategies for JavaScript web applications. *Software: Practice and Experience*, 53(4), 876–894. <https://doi.org/10.1002/spe.3178>
- Zhou, Z., Irizarry, J., & Li, Q. (2019). Applying advanced information technologies for construction quality management: A review. *Automation in Construction*, 106, 102901. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102901>.