



Pengembangan Sistem Manajemen Data Spasial Aset Jalan Tol (Studi Kasus Ruas Jalan Tol Bakauheni-Terbanggi Besar)

(Development of Spatial Data Management System for Toll Road Assets (Case Study of Bakauheni-Terbanggi Besar Toll Road Section))

Wawan Setyadi¹, Yani Nurhadryani², Irman Hermadi²

¹ Mahasiswa Departemen Ilmu Komputer FMIPA-IPB, Indonesia

² Dosen Departemen Ilmu Komputer FMIPA-IPB, Indonesia

Penulis Korespondensi: Yani Nurhadryani | **Email:** yani_nurhadryani@apps.ipb.ac.id

Diterima (*Received*): 27/06/2024 | Direvisi (*Revised*): 12/07/2024 | Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 30/07/2024

ABSTRAK

Jalan tol merupakan infrastruktur yang memegang peranan penting dalam meningkatkan kesejahteraan ekonomi, sehingga aset-aset yang terkait dengan jalan tol perlu dikelola dengan baik. Kini, pengelolaan aset jalan tol dinilai sulit karena masih dilakukan secara manual dengan data yang sangat banyak. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan *Road Asset Management System* (RAMS) yang dapat mempermudah pengelolaan aset secara digital. Data yang digunakan merupakan data spasial dan non-spasial aset jalan tol ruas Bakauheni-Terbanggi Besar. Sistem dikembangkan menggunakan *Y-Model Webgis Methodology* (YWDM) dengan bahasa pemrograman HTML, PHP, JavaScript, dan CSS. RAMS yang dikembangkan berupa berupa sebuah *WebGIS* yang dapat menampilkan visualisasi aset jalan tol pada peta *online* OpenStreetMap, menambahkan aset baru menggunakan *file* GeoJSON, mencari dan melihat rincian aset, serta melihat rekap aset dalam bentuk grafik. Data aset seperti identifikasi jalan, *ramp*, akses, rambu jalan, lampu jalan, dan lainnya dengan total 51 tabel data spasial dan 31 tabel data non-spasial tersimpan dalam basis data PostgreSQL. Pengguna yang dapat mengakses sistem ini terbagi atas dua peran, yaitu admin yang dapat mengelola aset dan publik yang hanya dapat melihat aset. Pengujian fungsionalitas yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik.

Kata Kunci: Basis Data Spasial, Jalan Tol, Manajemen Aset, YWDM

ABSTRACT

Toll roads are infrastructure that plays a very important role in improving economic welfare, so assets related to toll roads need to be managed properly. Currently, toll road asset management is considered difficult because it is still done manually with a lot of data. Therefore, this study aims to develop a *Road Asset Management System* (RAMS) that can facilitate asset management digitally. The data used is spatial and non-spatial data of Bakauheni-Terbanggi Besar toll road assets. The system was developed using the *Y-Model Webgis Methodology* (YWDM) with HTML, PHP, JavaScript, and CSS programming languages. The RAMS developed is in the form of a *WebGIS* that can display toll road asset visualizations on the OpenStreetMap online map, add new assets using *GeoJSON* files, search and view asset details, and view asset recaps in graphical form. Asset data such as road identification, ramps, access, road signs, street lights, and others with a total of 51 spatial data tables and 31 non-spatial data tables are stored in a PostgreSQL database. Users who can access this system are divided into two roles, namely admins who can manage assets and public who can only view assets. Functional testing carried out showed that the system can run well.

Keywords: Asset Management, Spatial Database, Toll Roads, YWDM

© Author(s) 2024. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

1. Pendahuluan

Jalan diidentifikasi sebagai saluran transportasi penting yang memungkinkan terjadinya pertumbuhan, mobilitas, produktivitas, kesejahteraan, dan berkontribusi pada kemakmuran ekonomi (Cook, 2011). Jalan umum yang

merupakan bagian dari sistem jaringan jalan nasional dan mewajibkan penggunaannya untuk membayar sejumlah uang sebagai biaya penggunaan adalah Jalan Tol (PP No.15/2005). Dengan adanya biaya tersebut seharusnya aset jalan tol dapat dikelola dengan baik, namun faktanya

BPJT dan BUJT masih mengalami kesulitan dalam mengelola aset jalan tol. Jumlah aset yang banyak dan proses pengelolaan yang masih dilakukan secara manual menyebabkan informasi terkait aset sulit didapatkan.

Informasi aset jalan tol seperti identifikasi jalan, *ramp*, akses, rambu jalan, lampu jalan, dan lainnya tercatat dalam sebuah buku yang disebut leger jalan tol. Leger jalan adalah dokumen yang memuat data dan informasi mengenai perkembangan suatu ruas jalan yang mencakup aspek hukum, teknis, pembiayaan, dan pemanfaatannya (UU No. 34/2006). Leger jalan memiliki tebal ratusan halaman, ditambah lagi proses pembuatannya memerlukan proses panjang yang meliputi survei lapangan dan pengolahan data yang memakan waktu hingga 60 hari (Permen PU No.78/PRT/M/2005). Maka dari itu, proses manajemen aset jalan tol perlu ditingkatkan. Salah satu solusinya dengan menggunakan suatu *Road Asset Management System* (RAMS) berbasis geospasial yang dapat menganalisis dan menilai berkala data pada jaringan jalan secara digital.

RAMS telah dikembangkan di beberapa negara, diantaranya adalah negara Asia Tengah yang tergabung dalam *Central Asia Regional Economic Cooperation* (CAREC). Berdasarkan tahap pengembangannya, Asian Development Bank (2018) telah mengelompokkan negara-negara CAREC tersebut ke dalam tiga kelompok yaitu kelompok pertama dimana RAMS telah diperkenalkan dan diujicobakan dengan dukungan mitra pembangunan seperti pada negara Afghanistan, Kazakhstan, Kirgiztan, Tajikistan, Turkmenistan, dan Uzbekistan. Kelompok kedua dimana negara telah berhasil memperkuat RAMS yang ada seperti pada negara Azerbaijan, RRC, Georgia, dan Mongolia. Serta kelompok ketiga dimana pengelolaan aset jalan telah diarusutamakan atau dilakukan secara berkala dan dilembagakan seperti pada negara Pakistan. Informasi detail terkait pengembangan RAMS di negara Kazakhstan dijelaskan dalam penelitian Bonin et al. (2017). Dengan menggunakan kriteria tersebut, negara Indonesia termasuk ke dalam kelompok pertama dan RAMS yang dihasilkan belum berkelanjutan. Salah satu contohnya adalah penerapan RAMS untuk penanganan *long segment* jalan nasional oleh Pataras et al. (2019).

Sejumlah penelitian telah dilakukan pada subjek sistem manajemen aset jalan tol. Salah satunya adalah Sulaiman (2020) yang telah berhasil menampilkan leger jalan digital untuk aset jalan tol dalam bentuk kartu jalan, walaupun hanya terbatas pada aset perlengkapan jalan. Kemudian penelitian tersebut dilanjutkan oleh Ramadhani (2021) pada bagian *frontend* dan Nurjanah (2021) pada bagian *backend* yang mengembangkan sistem informasi geografis manajemen jalan tol untuk bagian *ramp* dan *mainroad*. Ketiga penelitian tersebut sangat membantu pengelola jalan tol terutama sebagai acuan dalam proses pengambilan keputusan terkait jalan tol. Namun masih terdapat beberapa batasan pada sistem yang telah dibuat, antara lain data kedua sistem belum saling terintegrasi sehingga pengguna perlu mengakses sistem yang berbeda

untuk mencari aset lain, waktu yang dibutuhkan untuk menampilkan data spasial masih tergolong lambat karena struktur basis data yang kurang baik, dan belum adanya rekam data oleh sistem sehingga data aset kurang informatif.

Sebelum mengembangkan RAMS yang jauh lebih kompleks, penelitian ini bertujuan memperbaiki, melengkapi dan mengintegrasikan basis data spasial pada penelitian sebelumnya lalu menerapkannya pada suatu sistem manajemen aset data spasial sederhana. Maksud dari sederhana disini adalah tidak menggunakan data *real-time* yang otomatis diperbarui, tidak adanya fitur perencanaan anggaran, serta tidak menggunakan kecerdasan buatan untuk membantu proses pengambilan keputusan. Sistem diharapkan dapat memetakan dan memberikan informasi terkait aset jalan menggunakan visualisasi lokasi yang terintegrasi, sehingga dapat menyempurnakan penelitian sebelumnya dan dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang didapat dari PT. Walei Teknik Pratama berupa data *shapefile* vektor ruas jalan tol Bakauheni-Terbangi Besar tahun 2021 dan contoh dokumen leger jalan tol. Data tersebut dianalisis menggunakan aplikasi Quantum GIS dan dijadikan acuan pada proses pengembangan sistem. Hasil analisis kedua data tersebut menghasilkan data spasial dan data teknik dengan rincian sebagai berikut:

1. Data Spasial

Data yang mencakup informasi koordinat geografis dan atribut-atribut yang terkait dengan aset jalan. Data tersebut terbagi menjadi tiga tipe berdasarkan bentuk geometrinya yaitu titik, garis dan poligon. Pada penelitian ini terdapat 18 data tipe titik, 18 data tipe garis dan 15 data tipe poligon. Untuk rincian data spasial yang diperoleh dari sumber dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rincian data spasial aset jalan tol

No	Tipe Geometri	Nama Aset
1	Titik	Lampu lalu lintas, rambu lalu lintas dan penunjuk arah, tutup got, gerbang tol, berbagai jenis patok, reflektor, rumah kabel, stationing, tiang listrik dan tiang telepon, serta VMS (<i>Variable Message Sign</i>).
2	Garis	Jalan tol, garis tengah jalan, gerbang tol, batas desa, <i>box culvert</i> , bangunan penahan tanah, penjaga area tepi Sungai, pita kejut, saluran air, pembuangan air kotor, gorong-gorong, pagar pengaman jalan, pagar operasional, marka jalan, kabel telepon dan listrik bawah tanah, pagar operasional, pembatas jalur beton, serta Sungai.
3	Poligon	Wilayah administratif, jembatan tol, ruang

pengawasan jalan, lapis permukaan jalan, segmen konstruksi jalan, segmen leger jalan, segmen perlengkapan jalan, segmen seksi jalan, segmen tol, lintas harian rata-rata, IRI (*International Roughness Index*), lapis pondasi atas 1 dan 2, lapis pondasi bawah, serta data geometrik lengkungan jalan.

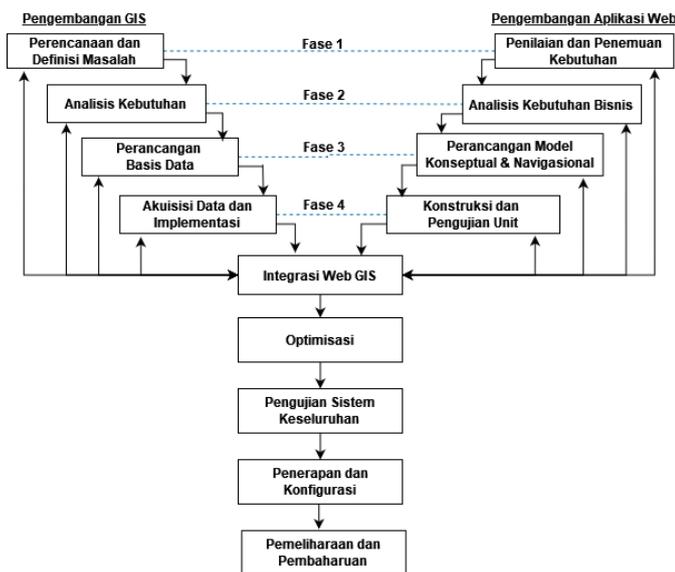
2. Data Teknik

Data hasil analisis yang akan dituliskan pada leger jalan. Data Teknik terbagi atas beberapa bagian antara lain:

- Data Identifikasi
- Data Teknik 1 (Lahan Rumija dan Perkerasan Jalan)
- Data Teknik 2 (Uraian Konstruksi Jalan)
- Data Teknik 3 (Pengaman dan Pelengkap Jalan)
- Data Teknik 4 (Uraian Perlengkapan Jalan)
- Data Teknik 5 (Utilitas Publik)
- Lintas Harian Rata-Rata
- Data Geometrik Jalan
- Data Lingkungan Jalan
- Data Lainnya
- Legalisasi

2.2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan *Y-Model Webgis Methodology* (YWDM) Metode ini diberi nama Y karena bentuk representasi diagramnya yang menyerupai huruf Y seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir metode YWDM

Metodologi ini merupakan proses pengembangan *WebGIS* dengan memisahkan metodologi pengembangan web dan metodologi pengembangan aplikasi GIS yang dilakukan karena kedua metodologi pengembangan tersebut memiliki kompleksitas yang berbeda (Fauzi, 2020). Metode ini dipilih karena pendekatannya

terstruktur dan linear, sehingga memudahkan pengguna dalam memahami dan memperkirakan hasil akhir proyek (Ananda et al., 2016).

2.2.1. Fase Definisi Masalah

Tahap awal yang dilakukan dalam metode ini adalah definisi masalah yang menentukan ruang lingkup masalah. Ada dua aktivitas yang terjadi secara bersamaan selama fase ini yaitu perencanaan dan definisi masalah yang didapat melalui pengamatan dan studi literatur, serta penemuan dan penilaian kebutuhan yang didapat dari hasil FGD (*Focus Group Discussion*) dengan *stakeholder* terkait. FGD dilakukan untuk membahas tujuan dibuatnya *WebGIS* untuk jalan tol, mengetahui kebutuhan sistem dan memperoleh contoh data yang dapat digunakan dalam penelitian ini.

2.2.2. Fase Analisis Kebutuhan

Berikutnya adalah tahap analisis, dimana persyaratan fungsional dan non-fungsional dari sistem ditentukan dan direpresentasikan dalam bentuk *Use Case Diagram*. Penting untuk memeriksa proses bisnis yang akan didukung oleh sistem. Untuk mendefinisikan proses bisnis dari sistem dibuat suatu arsitektur yang menunjukkan bagaimana berbagai lapisan dari sistem saling berinteraksi dan apa saja *tools* yang digunakan dalam sistem.

2.2.3. Fase Perancangan

Aplikasi web merupakan aplikasi yang interaktif, maka dari itu penting untuk merancang model konseptual dan navigasi dari sistem melalui pembuatan *mockup* tampilan. Perancangan basis data yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini juga dilakukan pada tahap ini menggunakan *Entity Relationship Diagram* (ERD) yang mengekspresikan entitas dalam sistem.

2.2.4. Fase Implementasi

Tahap berikutnya halaman web mulai dapat dikodekan namun masih berupa prototipe. Sebagian besar pekerjaan di halaman web akan menggunakan dan menganalisis data dari basis data spasial. Pengujian unit juga dilakukan pada halaman web untuk memeriksa kesalahan pada masing-masing fungsi.

2.2.5. Fase Integrasi

Tahap ini merupakan fase terakhir dan terpanjang. Berbagai komponen sistem diintegrasikan sehingga dapat bekerja sama melalui API (*Application Programming Interface*). Pengujian integrasi dilakukan menggunakan metode *blackbox* untuk memeriksa masalah kompatibilitas dan kinerja secara umum. Sistem perlu dioptimalkan terutama saat menjalankan lapisan peta. Beberapa cara optimasi yang dilakukan antara lain membatasi penggunaan *plugin* dan *script* eksternal, menggunakan *cache*, serta mengecilkan ukuran file kode seperti CSS dan JavaScript. *File* kode dari sistem kemudian diterapkan dan dikonfigurasi pada layanan *hosting* tertentu dan

dilakukan pengujian kembali dalam lingkungan operasional akhir atau simulasi yang mendekati, untuk mengekspos sistem kepada berbagai kasus nyata yang mungkin terjadi. Setelah dipastikan berjalan dengan baik, pemeliharaan akan terus dilakukan untuk mengakomodasi setiap kebutuhan baru yang muncul.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Fase Definisi Masalah

Tahap ini dilakukan melalui FGD bersama dengan PT. Walei Teknik Pratama. FGD ini dilakukan pertama kali pada tanggal 20 Januari 2021 melalui Zoom Meeting. Hasil dari FGD antara lain:

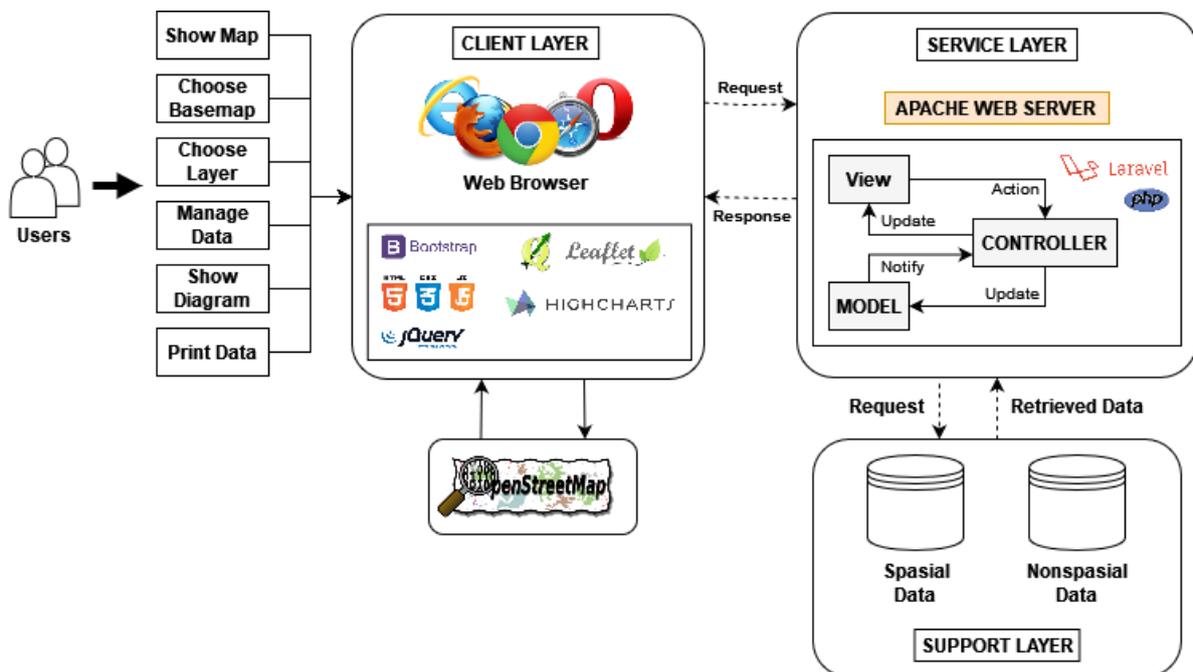
1. *WebGIS* dibuat dengan tujuan untuk meningkatkan pelayanan yang diberikan.
2. Sistem dapat digunakan oleh Pemerintah Pusat untuk inventarisasi aset negara, Pemerintah Daerah untuk mendata pemasukan dan biaya operasional aset daerah, BPJT untuk menjadi acuan pengambilan keputusan berdasarkan kondisi aset, BUJT untuk inventarisasi dan pencatatan perkembangan akan aset yang telah dibangun, dan Publik untuk melihat kondisi

aset secara digital. Namun untuk tahap awal dibatasi untuk dua peran yaitu admin dan publik saja.

3. Dokumen leger jalan tol dan data vektor jalan tol ruas Bakauheni-Terbangi Besar tahun 2021 sebagai landasan pembuatan sistem. Leger jalan biasa digunakan untuk sertifikasi jalan. Setiap kegiatan penyelenggaraan jalan tol wajib membuat leger jalan yang berisikan data pembuatan, pemantauan, dan pemeliharaan (UU No. 34/2006).

3.2. Hasil Fase Analisis Kebutuhan

Secara umum sistem yang akan dibuat memiliki tiga lapisan utama yaitu lapisan klien (*client layer*) untuk menampilkan data dan berinteraksi dengan pengguna, lapisan layanan (*service layer*) yang bertugas untuk memproses data menjadi informasi yang diperlukan dan mudah dimengerti pengguna, dan lapisan pendukung (*support layer*) yang merupakan basis data untuk menyimpan seluruh data sistem baik spasial maupun non-spasial serta mengatur bagaimana data tersebut diambil. Untuk lebih jelasnya, rancangan arsitektur secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Arsitektur keseluruhan RAMS

Karena keseluruhan sistem sangat besar dan terdiri atas beberapa lapisan, penelitian ini akan berfokus pada salah satu lapisan saja yaitu lapisan pendukung. Lapisan yang akan dibuat nantinya akan dihubungkan dengan suatu sistem sederhana untuk mempermudah pengujian dan visualisasi. Terdapat beberapa kebutuhan fungsional yang dibutuhkan dari sistem sederhana ini, seperti yang terlihat pada Tabel 2.

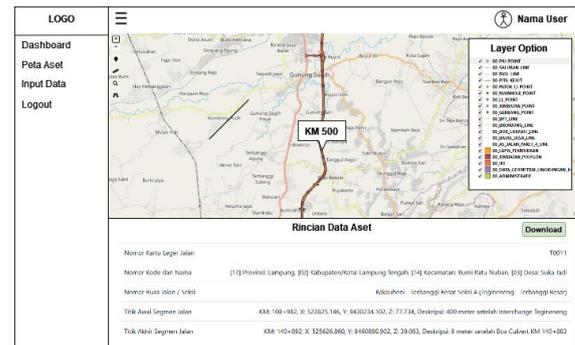
Sistem memiliki dua jenis pengguna yaitu pengguna publik dan admin. Pengguna publik hanya dapat melihat detail aset, visualisasi aset pada peta, dan mencari informasi aset berdasarkan parameter tertentu. Sedangkan admin dapat mengunduh informasi aset dalam format tertentu, melihat rekap aset dalam bentuk tabel atau grafik, serta dapat menambah, mengubah, atau menghapus aset. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat melalui *Use Case Diagram* pada Gambar 3.

Tabel 2 Kebutuhan fungsional RAMS

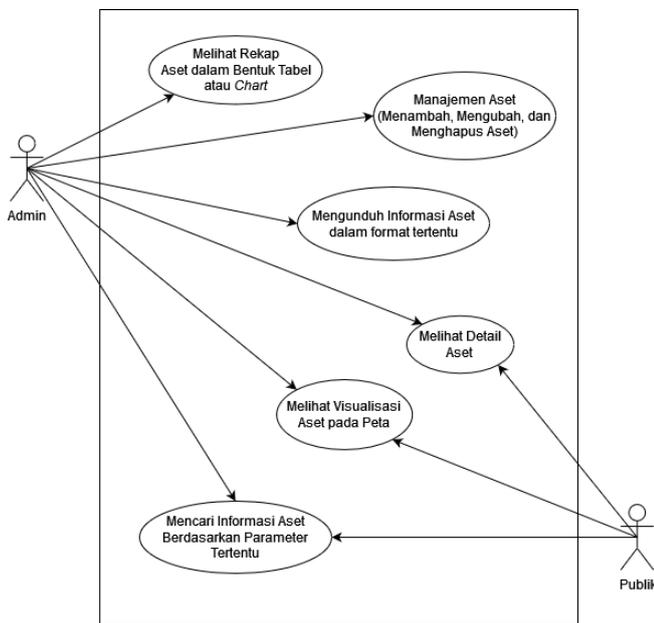
No	Kebutuhan	Fungsi
1	Melihat data aset jalan tol pada map interaktif	Menampilkan data aset dalam map digital secara berlapis (<i>layering</i>)
2	Mencari informasi yang diinginkan	Menampilkan data yang dicari oleh pengguna berdasarkan kriteria pencarian tertentu
3	Melakukan manajemen aset jalan tol	Melakukan fungsi-fungsi dasar manajemen aset seperti membuat aset baru, mengedit data aset, dan menghapus aset
4	Merekap data	Membuat rekap data aset dalam bentuk yang mudah dipahami seperti grafik
5	Mengunduh data	Mengekspor data aset yang diinginkan dalam format tertentu seperti Excel atau PDF



Gambar 4 Mockup RAMS halaman Dashboard



Gambar 5 Mockup RAMS halaman Map



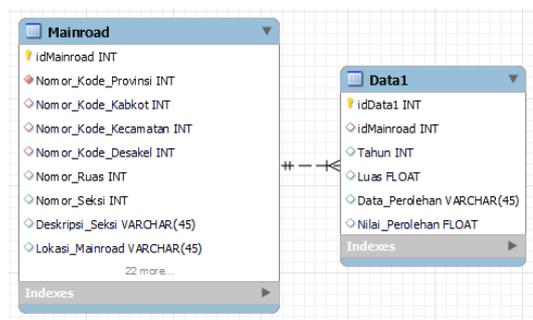
Gambar 3 Use Case Diagram RAMS

3.3. Hasil Fase Perancangan

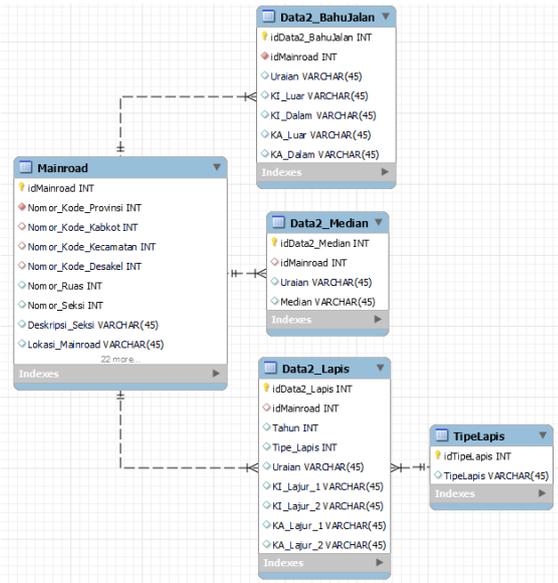
Model konseptual dan navigasional sistem dapat terlihat lebih jelas jika dibuat menjadi sebuah *mockup*, seperti yang terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Gambar 4 menunjukkan tampilan halaman *Dashboard* yang menampilkan rekam informasi terkait aset jalan tol dalam bentuk tabel atau grafik. Gambar 5 menunjukkan tampilan halaman *Peta Aset* yang menampilkan informasi dan visualisasi aset terintegrasi dengan peta. Pada halaman *Peta Aset* pengguna dapat melakukan pencarian aset, mengatur aset apa saja yang ditampilkan pada peta pada menu *Layer Option*, melihat rincian informasi aset yang dipilih, serta mengunduh informasi lengkap aset melalui tombol *Download*. Selain itu terlihat juga pada bagian kiri kedua gambar halaman *Input Data* yang memungkinkan Admin untuk menambahkan data aset jalan tol.

Perancangan *database* terbagi atas dua bagian. Bagian pertama adalah *database* untuk data spasial yang memiliki 51 tabel sesuai dengan jumlah aset yang ada pada sistem seperti jalan, rambu lalu lintas, lampu jalan, patok, dan lain-lain. Masing-masing tabel tersebut memiliki atribut geom yang menyimpan informasi geografis aset, id aset, dan atribut lain seperti ukuran aset jika ada.

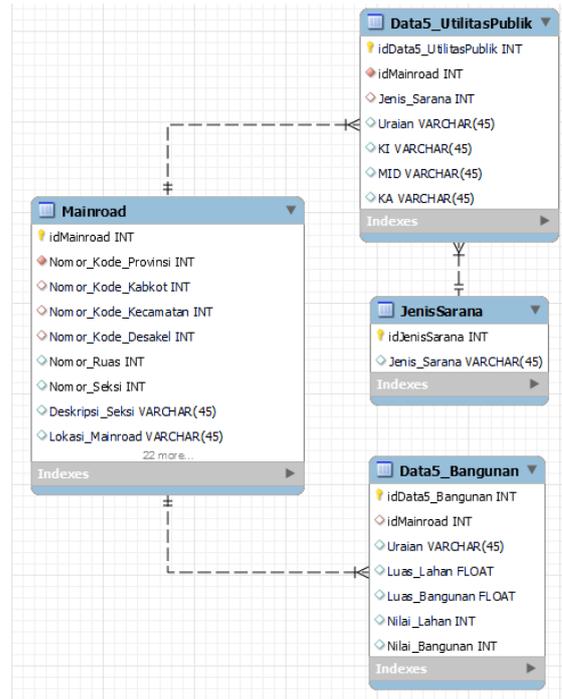
Bagian kedua adalah *database* untuk data non-spasial yang memiliki 31 tabel berdasarkan atribut pada data teknik leger jalan. Leger jalan memiliki enam entitas utama yaitu *mainroad*, *ramp*, akses, jembatan, gerbang tol, dan rumija atau ruang milik jalan. Keenam entitas ini terhubung dengan entitas data teknik lainnya sesuai dengan bagian-bagian dalam leger jalan. Untuk lebih jelasnya hubungan antara entitas *mainroad* dengan data tekniknya dapat dilihat pada gambar-gambar berikut.



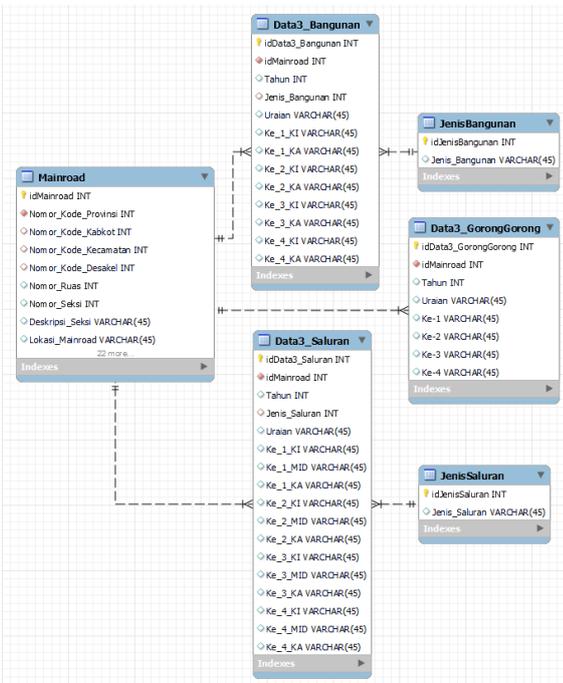
Gambar 6 ERD antara *mainroad* dengan Data Teknik 1



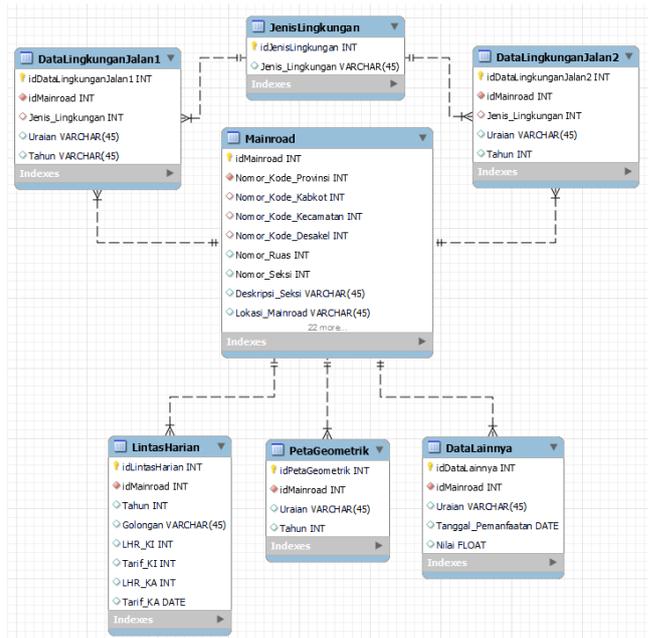
Gambar 7 ERD antara *mainroad* dan Data Teknik 2



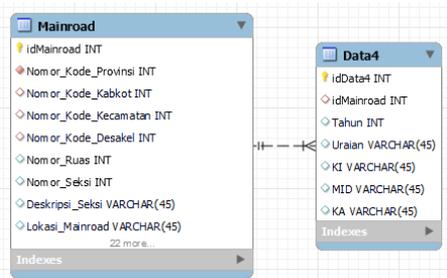
Gambar 10 ERD antara *mainroad* dan Data Teknik 5



Gambar 8 ERD antara *mainroad* dan Data Teknik 3



Gambar 11 ERD antara *mainroad* dan Data Teknik Lainnya



Gambar 9 ERD antara *mainroad* dan Data Teknik 4

Entitas *Mainroad* memiliki atribut berupa informasi identifikasi jalan seperti nomor ruas, nomor seksi, deskripsi, lokasi aset, titik-titik penting penting jalan, serta kode-kode wilayah administrasi jalan. Entitas tersebut terhubung dengan data-data teknik aset mulai dari data1, data2, data3, data4, data5, lintas harian, data geometrik, data lingkungan jalan, dan data lainnya dengan total atribut sebanyak 254.

Sedangkan basis data dibuat berdasarkan ERD menggunakan *Database Management System* (DBMS) berupa PostgreSQL dengan ekstensi PostGIS untuk pengolahan data spasialnya. Basis data ini dapat diakses oleh sistem menggunakan API yang dibuat menggunakan Bahasa pemrograman PHP.

3.5. Hasil Fase Integrasi

Tahap ini mengintegrasikan berbagai komponen sistem dengan basis data menggunakan API. Saat mengambil data sistem akan memberikan *request* kepada API, kemudian API akan mengambil data sesuai dengan *query* yang ditentukan berdasarkan *request* tersebut dan mengirimkannya dalam bentuk JSON ke sistem. Setelah terintegrasi sistem dioptimalkan dan dikonfigurasi kembali sesuai dengan ekosistemnya. Berikutnya sistem akan diuji menggunakan metode *blackbox* untuk memastikan semua fungsi berjalan dengan baik. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Hasil pengujian *blackbox* RAMS

Fungsi	Skenario	Hasil yang Diharapkan	Hasil Uji
Melihat Visualisasi Aset	Pengguna dapat melihat visualisasi aset jalan tol dalam bentuk titik, garis, maupun poligon	Data Spasial aset tampil pada peta	Berhasil
Melihat Detail Aset	Pengguna dapat melihat detail aset saat mengklik aset yang diinginkan	Data rincian aset muncul sesuai dengan aset yang dipilih	Berhasil
Mencari Informasi Aset	Pengguna dapat mencari informasi aset berdasarkan parameter tertentu	Data aset yang muncul sesuai dengan parameter pencarian	Berhasil
Mengunduh Informasi Aset	Admin dapat mengunduh informasi aset dalam format Excel atau PDF	Informasi aset berhasil terunduh dalam format yang diinginkan	Berhasil
Manajemen Aset	Admin dapat menambahkan ruas dan aset baru	Data Ruas dan Aset berhasil ditambahkan	Berhasil
Melihat Rekap Aset	Admin dapat melihat rekap aset pada Dashboard	Rekap informasi aset muncul dalam bentuk tabel atau grafik	Berhasil

4. Kesimpulan

Perancangan dan pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode YWDM. Data yang digunakan sistem terdiri atas data spasial dan non-spasial aset jalan tol khususnya ruas Bakauheni-Terbangi Besar. Data tersebut dihubungkan melalui API dan disimpan dalam basis data

PostgreSQL yang memiliki 51 tabel spasial dan 31 tabel non-spasial.

Sistem informasi geografis yang dihasilkan berhasil menyempurnakan sistem pada penelitian sebelumnya dengan melengkapi dan memetakan semua aset terkait jalan tol yang terpisah, inventarisasi dan rekap aset jalan melalui grafik pada dashboard, memberikan informasi aset jalan menggunakan visualisasi lokasi yang terintegrasi pada peta digital, dan mempercepat sistem dengan mengoptimalkan struktur *database* dan kode program yang digunakan. Diharapkan sistem ini dapat mempermudah proses pengambilan keputusan dalam manajemen aset baik untuk pemeliharaan maupun pengadaan aset jalan tol yang dimiliki.

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

6. Referensi

- Ananda, F., Kuria, D., Ngigi, M. (2016). Towards a New Methodology for Web GIS Development. *International Journal of Software Engineering & Applications*, 7(4), 47-66. <https://doi.org/10.5121/ijsea.2016.7405>
- Asian Development Bank. (2018). *Compendium of Best Practices in Road Asset Management*. Asian Development Bank. <http://dx.doi.org/10.22617/TCS179047-2>
- Bonin, G., Polizzotti, S., Loprencipe, G., Folino, N., Oliviero, R.C., Teltayev, B.B. (2017). Development of a Road Asset Management System in Kazakhstan. In *International Congress on Transport Infrastructure and Systems* (pp. 537-546). CRC Press. <http://dx.doi.org/10.1201/9781315281896-71>
- Cook, A. (2011). *A Fresh Start for the Strategic Road Network*. Department of Transport.
- Fauzi, C. (2020). Pengembangan Sistem Informasi Geografis Menggunakan YWDM dalam Perencanaan Tata Ruang. *Jurnal Sains Komputer & Informatika*, 4(2), 598-607.
- Nurjanah, A. (2021). *Perancangan Data Spasial dan Data Teknik Jalan Tol pada Sistem Informasi Geografis Berbasis Web (WebGIS) Jalan Tol*. IPB University.
- Pataras, M., Kadarsa, E., Susanti, B., Adhitya, B.B., Juliastini, D. (2019). Road Asset Management System Dalam Penanganan Long Segment Jalan Nasional (Studi Kasus: Batas Kota Sekayu-Mangun Jaya). *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, 806-815.
- Pemerintah Indonesia. 2005. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 78/PRT/M/2005 tentang Leger Jalan. Menteri Pekerjaan Umum.
- Pemerintah Indonesia. 2005. Peraturan Pemerintah No.15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol. Lembaga Negara RI Tahun 2005.

- Pemerintah Indonesia. 2006. Peraturan Pemerintah No.34 Tahun 2005 tentang Jalan. Lembaga Negara RI Tahun 2006.
- Ramadhani, C.P. (2020). *Pengembangan Modul Front End pada Sistem Informasi Geografis Manajemen Jalan Tol Berbasis Web Menggunakan Metode Prototyping*. IPB University.
- Sulaiman. (2020). *Pengembangan Sistem Informasi Geografis Manajemen Aset Jalan Tol Berbasis Web*. IPB University.