

Sistem Informasi Geografis Pemetaan Drainase Berbasis *Web* di Wilayah Abianbase Kabupaten Badung

Erha Syaifuddin Hassant'R, I Nyoman Piarsa, I Putu Agung Bayupati

Jurusan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

e-mail : new.erhalz@gmail.com, nyoman_piarsa@ftunud.ac.id, bayuhelix@yahoo.com

Abstrak

Banjir dan saluran drainase yang tersumbat banyak sekali kita temui di jalan. Pengelolaan saluran drainase yang kurang baik dan kurangnya perawatan berkala satu penyebab hal tersebut. Pengelolaan saluran yang baik dan penanganan terhadap saluran tersumbat atau rusak mutlak diperlukan untuk memperbaiki sistem yang salah. Dinas Bina Marga sebagai dinas yang bertugas untuk mengerjakannya perlu untuk memiliki sistem yang terpadu dan terintegrasi dengan baik untuk mengelola saluran drainase tersebut. SIG pemetaan drainase berfungsi memudahkan mendata, mengelola, dan melakukan manajemen saluran drainase dengan baik. Masyarakat umum juga dapat mengetahui sistem saluran drainase di wilayahnya dengan akses mudah berbasis *web*. SIG Pemetaan Drainase disajikan dengan tampilan *web* berbasis Google Maps Api. *Output* program adalah berupa hasil pemetaan saluran drainase dan titik kerusakan. Sistem dapat bekerja baik dan mampu menunjukkan hasil yang memang diperlukan oleh *user* seperti tipe saluran drainase, panjang dan atribut lainnya yang dan juga dengan pemetaan titik kerusakan/tersumbat dari saluran yang ada.

Kata Kunci : Sistem Informasi Geografis, Drainase, *Google Maps*

Abstract

Flood and drainage channels clogged lot we meet on the street. Management of drainage is poor and lack of regular maintenance is one reason how it happens. Management of good drainage and drainage canals are clogged or damaged is absolutely necessary to improve the system is wrong. Department of Highways and Irrigation Badung regency as a service charge to do it needs to have a system that is integrated and well integrated to manage the drainage channel. GIS mapping can serve to facilitate drainage record, manage, and conduct management with good drainage. For the general public can also know the drainage system in the area with easy access to web-based. GIS Mapping Drainage is presented in the form of web interface by using the Google Maps Api management. The output of the program is a result of drainage mapping and critical points of damage / clogged based on the data that has been processed. This system may work well and are able to demonstrate the attributes and the results that are required by the user such as the type of drainage channels, channel length, image type pieces and other attributes that complement the channel and come equipped with points of damage / clogged from existing channels.

Keywords: *Geographic Information Systems, Drainage, Google Maps*

1. Pendahuluan

Wilayah Kabupaten Badung merupakan wilayah yang padat jumlah penduduknya, sehingga keperluan terhadap jaringan jalan dan drainase merupakan kebutuhan penting di wilayah Kabupaten Badung. Keberadaan sistem jaringan utilitas dalam hal ini adalah jaringan drainase sudah tentu dibutuhkan pengelolaan yang baik untuk memudahkan dalam melakukan manajemen data. Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung bidang Jalan dan Jembatan sebagai Dinas milik Pemerintah yang mengelola segala jenis sistem jaringan utilitas umum salah satunya adalah sistem jaringan drainase.

Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung bidang Jalan dan Jembatan yang bertugas memberikan pelayanan dalam pengelolaan jaringan drainase kepada masyarakat luas di wilayah Kabupaten Badung ini terus melakukan pengembangan dalam pengelolaan sistem manajemennya. Sistem jaringan drainase merupakan salah satu hal yang penting untuk dikelola dengan baik dan harus di manajemen dengan baik oleh Dinas Bina Marga dan Pengairan Bidang Jalan dan Jembatan Kabupaten Badung.

Berbagai upaya peningkatan yang telah dilakukan oleh Dinas Bina Marga dan Pengairan diantaranya, melalui peningkatan pelayanan kepada masyarakat salah satunya yakni dengan melakukan perbaikan pada titik drainase yang rusak, mengoptimalkan pembuatan jaringan drainase baru, melakukan *maintenance* dan cek berkala pada pengelolaan sistem saluran drainase.

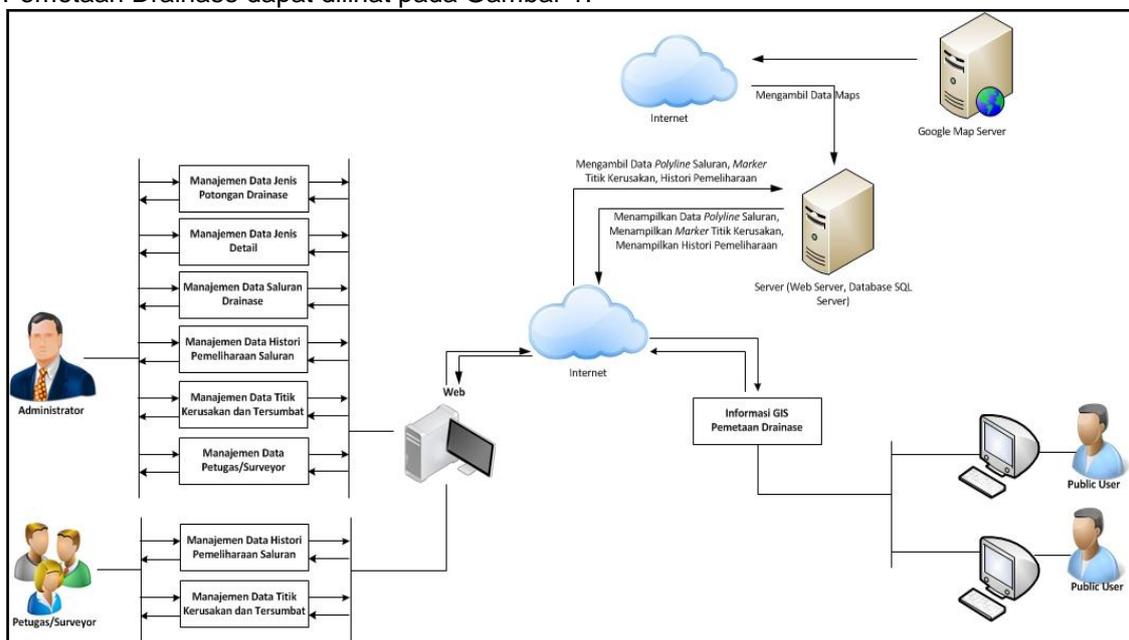
Melihat dari upaya peningkatan pelayanan Dinas Bina Marga dan Pengairan, maka perlu adanya perancangan suatu Sistem Informasi Geografis (SIG) pemetaan jaringan drainase oleh Dinas Bina Marga Jalan dan Pengairan Bidang Jalan dan Jembatan untuk mengelola dan menyajikan data yang berbasis komputer. Sistem Informasi Geografis (SIG) ini diharapkan menjadi solusi untuk melakukan pemetaan jaringan drainase berbasis komputer yang membantu dalam pengelolaan dan manajemen data yang baik terhadap sistem jaringan drainase Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung.

2. Metodologi Penelitian

Bab metodologi penelitian membahas mengenai langkah akuisisi pengetahuan yang akan digunakan di dalam pembuatan Sistem Informasi Geografis Pemetaan Drainase Berbasis *Web* dan membahas mengenai metode pengumpulan data dan analisis kebutuhan perangkat sistem.

2.1 Gambaran Umum Sistem

Gambaran Umum Sistem berisikan bagian-bagian yang membangun Sistem Informasi Geografis Pemetaan Drainase Berbasis *Web*. Berikut Gambaran Umum Informasi Geografis Pemetaan Drainase dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambaran Umum Sistem Informasi Pemetaan Drainase Berbasis *Web*

Berikut keterangan dari Gambaran Umum SIG Pemetaan Drainase.

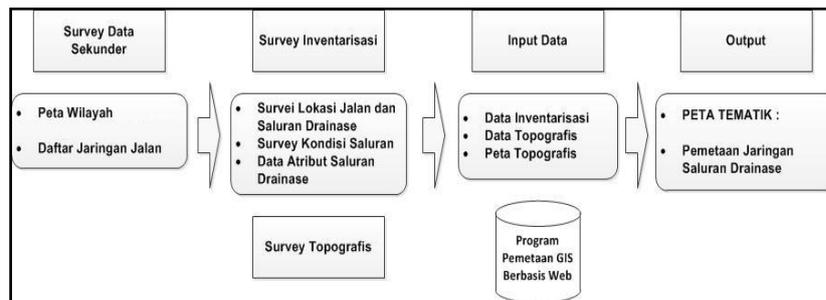
1. Admin, memiliki hak akses ke dalam sistem. Admin dapat melakukan manipulasi data seperti menambah jenis potongan drainase, saluran drainase baru, pengelolaan histori pemeliraan, pengelolaan titik kerusakan/tersumbat, dan pengelolaan petugas/*surveyor*

baru. Admin juga dapat mengelola output *report excel* dari data jenis potongan drainase, jenis detail, saluran, histori pemeliharaan, dan titik kerusakan/tersumbat dari saluran drainase.

2. Petugas/*Surveyor*, memiliki hak akses ke dalam sistem. Petugas/*Surveyor* hanya terbatas memiliki akses untuk melakukan pengelolaan histori pemeliharaan drainase dan pengelolaan titik rawan rusak/tersumbat. Fitur lainnya dikunci untuk hak akses petugas/*surveyor*. Petugas/*Surveyor* dapat mengelola *report excel* terbatas hanya pada *report* histori pemeliharaan dan *report* titik kerusakan/tersumbat dari saluran drainase.
3. User tidak memiliki hak akses ke dalam sistem. User hanya dapat melihat hasil pemetaan *polyline* saluran drainase dan melihat *marker* titik kerusakan/tersumbat yang terdapat di sekitar pemetaan saluran drainase Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung.

2.2 Metode Pengumpulan Data

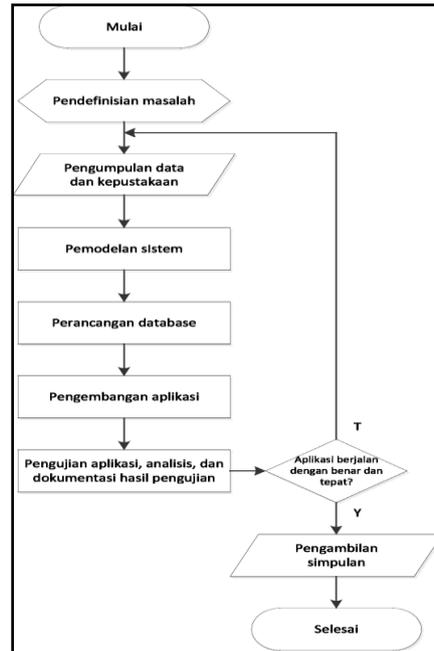
1. Metode Observasi, yaitu pengumpulan data dengan mengadakan penelitian secara langsung kepada Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung Bidang Jalan dan Jembatan dan bertanya kepada pihak-pihak yang terkait dengan penelitian ini.
2. Metode *Studi Literature*, yaitu mengumpulkan data dari buku-buku referensi, modul-modul yang relevan dengan objek permasalahan.



Gambar 2. Gambaran Pengumpulan Data dan *Output* Sistem

2.3 Metode Alur Sistem

Metode yang di gunakan untuk menentukan alur kegiatan dan tindakan sebagai kerangka kerja dalam membuat aplikasi sistem informasi geografis pemetaan drainase. Gambar 3 memperlihatkan bagaimana metode alur sistem perancangan sistem informasi geografis pemetaan drainase.



Gambar 3. Tampilan Alur Sistem SIG Pemetaan Drainase

3. Kajian Pustaka

Kajian Pustaka berisikan dasar teori yang menunjang dalam pembuatan sistem informasi Geografis Pemetaan Drainase Berbasis *Web* yang di temukan dalam beberapa literatur.

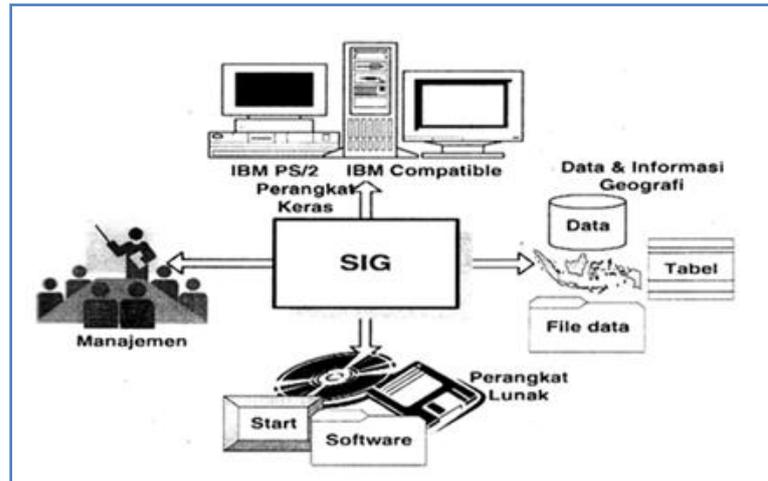
3.1 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis secara umum adalah sistem yang mengandung pengertian informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, pengetahuan mengenai posisi suatu objek di permukaan bumi, dan informasi mengenai keterangan-keterangan (atribut) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya diketahui.

Berdasarkan pengertian tersebut, Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi yang memberikan suatu informasi geografis tentang keruangan di permukaan bumi, suatu lokasi atau suatu tempat, objek dan keterangan-keterangan yang terdapat pada permukaan bumi yang posisinya telah diketahui [1].

3.2 Komponen SIG Geografis

SIG merupakan sistem informasi yang kompleks dan saling berintegrasi dengan lingkungan sistem komputer lainnya seperti lingkungan fungsional dan jaringan (*network*). SIG terdiri dari beberapa komponen dengan berbagai karakteristiknya. Berikut Gambaran Umum Komponen dalam Perancangan Sistem Informasi Geografis diperlihatkan pada Gambar 4 [2].



Gambar 4. Komponen dalam Perancangan SIG

3.3 Web-Based GIS

Web-Based GIS (WebGIS) yaitu Sistem Informasi Geografis (SIG) yang terdistribusi pada jaringan komputer untuk mengintegrasikan dan menyebarkan informasi geografis pada *World Wide Web* (WWW). *Web-Based GIS* dengan kata lain adalah sebuah *web mapping* yang berbasis sistem informasi geografis yang memanfaatkan media internet untuk pemetaan [3].

Keuntungan *Web-Based GIS* dengan *Desktop GIS* yaitu *Web-Based GIS* lebih efisiensi biaya, efisiensi beban kerja sumber daya manusia untuk instalasi, pemeliharaan dan dukungan teknis, pemangkasan kurva pembelajaran untuk pengguna akhir dan keunggulan dalam hal integrasi data spasial dan data non spasial menggunakan DBMS.

Manfaat yang dimiliki oleh *Web-Based GIS* salah satunya adalah memudahkan mendapatkan suatu informasi, pencarian data yang berkaitan dengan geografis berbasis web. Manfaat yang didapat dari *Web-Based GIS* yaitu menyediakan peta atau informasi yang tersusun rapi, akurat, mudah dibaca dan mudah untuk menggunakan baik berupa data maupun peta skematik berbasis *web*. Mendukung perencanaan keputusan mengenai dalam hal pembangunan, transportasi, sistem, sistem jaringan saluran dan sarana prasarana suatu daerah baik secara langsung maupun tidak langsung [4].

3.4 Definisi Sistem Drainase

“Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya).

Drainase berasal dari bahasa Inggris “*drainage*” yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, sistem dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*), dan badan air penerima (*receiving waters*). Sepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya seperti gorong-gorong, siphon, jembatan air (*aqueduct*), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tando, dan stasiun pompa.



Gambar 5. Salah Satu Contoh Tipe Potongan Saluran Drainase

Drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase disini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol air saluran pembuangan [5].

3.4.1 Permasalahan Sistem Drainase

Pertambahan penduduk yang tidak diimbangi dengan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan yang tidak memadai mengakibatkan pemanfaatan lahan perkotaan menjadi semerawut. Pemanfaatan lahan yang tidak tertib inilah yang menyebabkan persoalan drainase di perkotaan menjadi sangat kompleks. Hal ini barangkali juga disebabkan oleh tingkat kesadaran masyarakat yang masih rendah dan masih acuh tak acuh terhadap penting dan perlunya memecahkan permasalahan yang dihadapi kota.

Permasalahan lain yang dihadapi dalam pembangunan drainase adalah lemahnya koordinasi dan sinkronisasi dengan komponen infrastruktur yang lain. Sering dijumpai tiang listrik di tengah saluran drainase, dan pipa air bersih (PDAM) memotong saluran pada penampang basah.

Umumnya masalah yang dihadapi adalah dalam penggalian saluran drainase dengan tidak sengaja merusak prasarana yang telah lebih dulu tertanam dalam tanah karena tidak adanya informasi yang akurat, arsip atau dokumen tidak ada, atau perencanaan lapangan tidak melibatkan instansi pengendali tata ruang.

Drainase sering diabaikan dalam perencanaan Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) seolah olah bukan pekerjaan yang penting, atau paling tidak dianggap kecil dibandingkan dengan pekerjaan-pekerjaan pengendalian banjir. Padahal pekerjaan drainase merupakan pekerjaan yang rumit dan kompleks, bisa jadi memerlukan biaya tenaga, dan waktu yang lebih besar dibandingkan dengan pekerjaan pengendalian banjir.

Sistem drainase sudah menjadi salah satu infrastruktur perkotaan yang sangat penting. Kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang ada. Sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air. Genangan air menyebabkan lingkungan menjadi kotor dan jorok, menjadi sarang nyamuk, dan sumber penyakit lainnya sehingga dapat menurunkan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat [5].

4. Hasil dan Pembahasan

Bab hasil dan pembahasan akan membahas mengenai pengujian sistem dan analisis hasil yang didapat setelah melakukan pengujian terhadap Sistem Informasi Geografis Pemetaan Drainase Berbasis *Web* dan hasil dari penelitian.

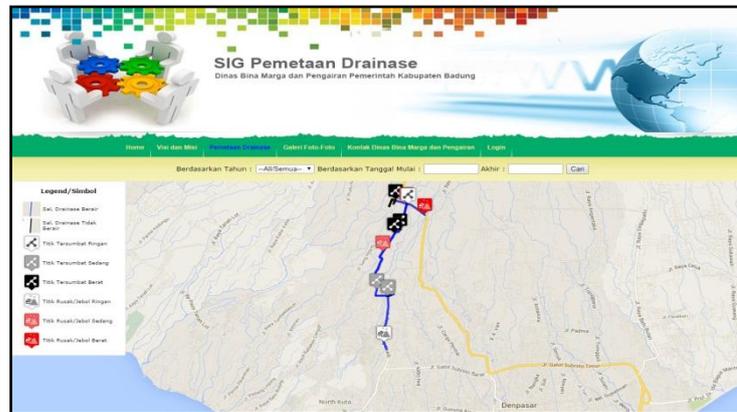
4.1 Pengujian Tampilan Awal Antarmuka

Pengujian Tampilan antarmuka Aplikasi Sistem Informasi Geografis Pemetaan Drainase Berbasis *Web* ini memiliki beberapa bagian yaitu bagian tampilan awal (bagian ini dapat dilihat oleh semua pengguna), bagian tampilan pemetaan jaringan drainase, bagian manipulasi data jaringan saluran drainase, dan bab manipulasi data report laporan saluran drainase. Pengujian Tampilan Awal Antarmuka diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Halaman *Home* Awal dari SIG Pemetaan Drainase Berbasis *Web*

Halaman awal antaramuka ini memberikan 5 pilihan menu awal bagi *user*, apakah dia *Public User* ataukah *admin/surveyor*. *Link* untuk halaman *Public User* ditujukan kepada *user* sebagai pengguna umum seperti masyarakat untuk mengakses atau melihat informasi peta jaringan drainase dengan memilih menu *Tab* Pemetaan Drainase yang terdapat di halaman awal. Tampilan peta jaringan drainase untuk *Public User* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Peta Jaringan Drainase *Public User* dari SIG Drainase Berbasis *Web*

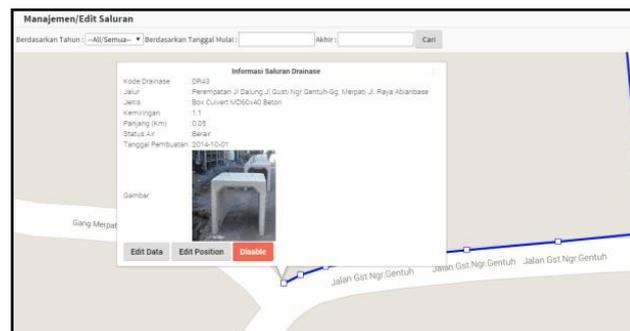
4.2 Pengujian Manipulasi Data Objek dan Jaringan Drainase

Penambahan dan manipulasi data objek dan jaringan drainase dapat dilakukan jika *user* sudah melakukan proses *login* ke sistem dan mengakses halaman *admin* atau halaman *petugas/surveyor* yang memiliki hak akses untuk manipulasi data. Pengujian manipulasi data objek dan jaringan drainase untuk manipulasi data saluran diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Contoh Pengelolaan Manipulasi Data Objek Saluran

Admin dapat melakukan manipulasi data dengan menu *edit* data maupun *edit* posisi *polyline* drainase. Mengubah posisi saluran drainase dengan cara mengarahkan kursor tepat ke *marker* kotak dan geser posisi *polyline* sesuai ke posisi yang diinginkan. Bentuk pengujian menu *edit* saluran diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Contoh Pengelolaan Manipulasi Data Objek Saluran

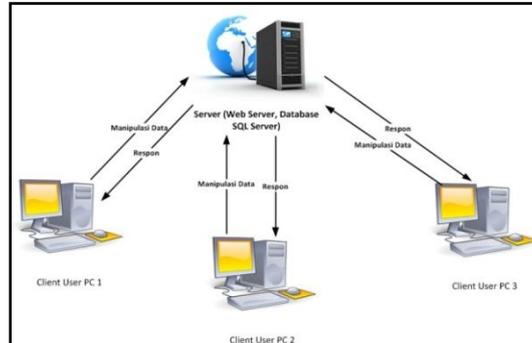
Proses *disable* jaringan drainase dilakukan dengan meng-klik tombol *disable* pada *info window* saluran drainase ataupun pada titik *marker* saluran tersumbat. *Disable* saluran adalah fungsi untuk melakukan *disable* saluran sehingga tidak dimunculkan kembali dalam peta namun tetap tersimpan datanya dalam *database*. Bentuk pengujian menu *disable* untuk titik *marker* saluran tersumbat diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Contoh Pengelolaan Manipulasi Data Objek Saluran

4.3 Pengujian Manipulasi Data secara Bersamaan oleh *MultiUser*

Uji coba *input* data oleh *multiuser* dilakukan bertujuan untuk mendapat kelemahan sistem dan kekurangannya ketika proses *input* oleh *multiuser* dilakukan secara bersamaan. Pengujian manipulasi data *input* secara bersamaan diperlihatkan seperti skema yang ditunjukkan pada Gambar 11.



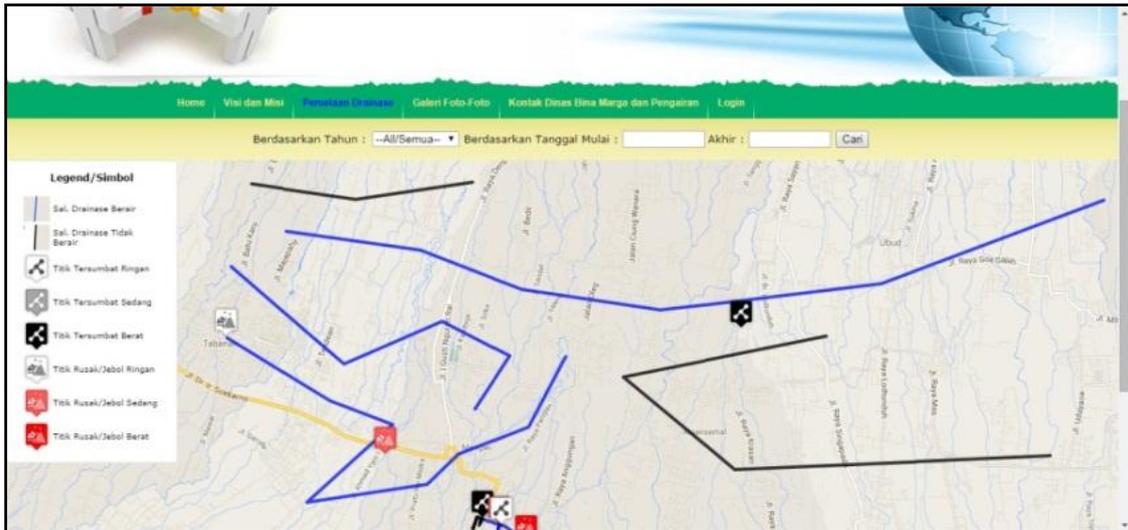
Gambar 11. Skema Pengujian Manipulasi Data oleh *Multi User*

Persiapan uji coba manipulasi dan *input* data oleh *multi user* dilakukan setelah sebelumnya proses untuk konfigurasi alamat IP untuk menjadikan web server lokal sudah selesai dikerjakan. Konfigurasi perlu dilakukan untuk melakukan *setting* jaringan komputer secara *local network* yang agar dapat dilakukan uji coba *multi user* berbasis web. Persiapan uji coba oleh *multi user* diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Persiapan *User* sedang Bersiap Melakukan Uji Coba Sistem

Hasil uji coba manipulasi data secara bersamaan oleh *multi user* dalam hal ini, uji coba *input data* saluran drainase dan titik kerusakan drainase secara bersamaan melalui sistem berbasis web berhasil dikerjakan. Gambar 13 memperlihatkan saluran *polyline* baru dan titik *marker* kerusakan berhasil di-*input*-kan pada sistem.



Gambar 13. Tampilan Berhasil Tambah 3 Saluran Baru *MultiUser* secara Bersamaan

4.4 Pengujian Pembuatan *Report* dalam File Excel

Pembuatan *report* atau laporan yang dihasilkan dari sistem informasi geografis pemetaan drainase Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung adalah pembuatan *report* per modul manajemen data. Modul data yang dimaksud adalah pembuatan *report* mulai dari *report* data jenis, data jenis detail, data saluran, data histori pemeliharaan, dan data titik rawan kerusakan.

ID Drainase	Kode Drainase	Jenis Detail	Tanggal Pembuatan	Kemiringan	Panjang Saluran	Ruas Pangkal - Ruas Ujung
72	DR42	Box Culvert MD100x80 Beton	10/7/2014	5	51.2	RS Kapal Partigan - Depan Pasar Raya Abanbase
66	DR28	Box Culvert MD100x80 Beton	10/4/2014	8.9	1.5	Partigan Bukit Abanbase Dalam - Gg Swadaya 1 J. Raya Abanbase
73	DR43	Box Culvert MD100x80 Beton	10/7/2014	3	9.09	Partigan Laliuk Mengel - Gg Gakjaya 1 J. Raya Abanbase
70	DR40	Box Culvert MD200	10/7/2014	1.3	1.4	Partigan Laliuk Mengel - Partigan Trafik Light Perum. Dalam Perum.
62	DR32	Box Culvert MD100x80 Beton	10/1/2014	1.2	8.4	Pemertanian J. Dakang J. Gusti Ngr Genthul - Partigan Monumen Bujangan.
71	DR41	Box Culvert MD100x80 Beton	10/1/2014	1.1	8.0	Pemertanian J. Dakang J. Gusti Ngr Genthul - Gg Merpati J. Raya Abanbase.

Gambar 14. Tampilan *Report* Excel Saluran Drainase

Gambar 14 memperlihatkan *report* data saluran drainase yang telah dicetak dalam file excel. *Report* excel yang ditampilkan memperlihatkan mengenai informasi detail data saluran drainase. Informasi yang ditampilkan seperti ID drainase, kode drainase, jenis detail, tanggal pembuatan, kemiringan, panjang saluran, ruas pangkal – ruas ujung, dan koordinat *polyline* saluran.

ID Titik	Koordinat	Tanggal Periksa	Nama Titik Tersumbat/Jebol	Keterangan	Status	Nama Petugas Pemeriksa
3	(4.58158599437368, 115.18740717154541)	9/3/2011	Dipaan Kantor Lurah Sukak	Rusak / Jebol	Berat	erha1
6	(4.59489929949382, 115.17436814837106)	9/3/2012	Perigaan Gg. Gumilir V	Rusak / Jebol	Sedang	erha1
7	(4.57794616390797, 115.18172963825207)	9/1/2012	Perigaan Palas Mengai	Rusak / Jebol	Sedang	erha1
8	(4.57793419624365, 115.18011913918076)	9/1/2012	Perigaan Palas Mengai	Tersumbat	Berat	erha1
9	(4.57764516390797, 115.18172963825207)	9/1/2011	Perigaan Palas Mengai	Tersumbat	Sedang	erha1
10	(4.62748914131476, 115.17461615172367)	7/4/2013	Dipaan Bati Meda	Tersumbat	Sedang	erha1
11	(4.69844437397076, 115.172074448917)	7/4/2013	Perigaan Jalan Sakraya	Tersumbat	Sedang	erha1
12	(4.57644731329728, 115.1782281671448)	7/4/2011	Perigaan Jl Raya Mungga Kapal	Tersumbat	Berat	erha1
13	(4.62748914131476, 115.17461615172367)	7/4/2013	Dipaan Bati Meda	Rusak / Jebol	Berat	erha1
14	(4.566881035296, 115.1796190095415)	6/2/2013	Jl. Wijaya Kusuma I	Tersumbat	Berat	erha1

Gambar 15. Tampilan Report Excel Titik Kerusakan dan Tersumbat

Gambar 15 memperlihatkan *report* data *marker* titik kerusakan/tersumbat drainase yang telah dicetak dalam file excel. Fitur *report* adalah fitur yang dapat membuat *report* laporan per modul manajemen data yaitu pembuatan *report* mulai dari *report* data jenis, data jenis detail, data saluran, data histori pemeliharaan, dan data titik rawan kerusakan

5. Kesimpulan

Sistem Sistem Informasi Geografis Pemetaan Drainase Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung berbasis *Web* memiliki akses yang mudah, cepat dan hanya memerlukan koneksi internet, tampilan peta pada sistem dapat menampilkan informasi yang ada meliputi informasi pemetaan jaringan saluran drainase, jenis detail potongan drainase, histori pemeliharaan, dan titik rawan kerusakan/tersumbat. *Output* berupa *report* dalam file *excel* memberikan informasi data mengenai jaringan drainase yang saling terkoneksi dengan saluran drainase, jenis detail, histori pemeliharaan, dan titik kerusakan/tersumbat dengan format HTML dan EXCEL.

Daftar Pustaka

- [1] Prahasta, Eddy. Sistem Informasi Geografis: Tutorial Arcview. Bandung: Informatika. 2002.
- [2] Prahasta, Eddy. Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Bandung: Informatika. 2001.
- [3] Priyanto, Eko., Kurnia Muludi, Anie Rose Irawati. Perancangan Sistem Informasi Geografis. (SIG) Berbasis Web untuk Penyediaan Informasi Fasilitas dan Personalia di Universitas Lampung. Lampung: Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. 2013.
- [4] Prahasta, Eddy. Membangun Aplikasi Web-based GIS dengan MapServer. Bandung: Informatika. 2005.
- [5] Qomariyah, Siti., Agus P. Saido, Beni Dhiamarto. Kajian Genangan Banjir Saluran Drainase Dengan Bantuan Sistem Informasi Geografi (Studi Kasus: Kali Jenes, Surakarta). Surakarta. Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. 2007.
- [6] Mahendra, I Wayan Adi. Sistem Informasi Geografis Tindak Kriminal Di Wilayah Polresta Denpasar Berbasis Web Menggunakan Google Map API. Bali: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana. 2012.
- [7] Rachmawati, Azizah. Aplikasi SIG (Sistem Informasi Geografis) Untuk Evaluasi Sistem Jaringan Drainase di Sub DAS Lowokwaru Kota Malang. Malang: Teknik Sipil Universitas Islam Malang.