

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN
(PTU)**



**PERANCANGAN SISTEM VIDEO STREAMING PADA
JARINGAN VANET UNTUK PENINGKATAN
KESELAMATAN BERKENDARA**

TIM PENELITI

**Muh. Ahyar, S.ST., M.T. (0027108401)
Ibrahim Abduh, S.ST., M.T (0014056807)**

Dibiayai oleh DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang, sesuai dengan
Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor : 020/PL10.13/PL/2019
Tanggal 1 April 2019

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
November, 2019**

**HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN**

Judul Penelitian : Perancangan Sistem Video Streaming Pada Jaringan VANET Untuk Peningkatan Keselamatan Berkendara

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 453 / Teknik Multimedia dan Jaringan

Ketua Peneliti:

a. Nama : Muh. Ahyar, S.ST., M.T.
b. NIDN : 0027108401
c. Jabatan Fungsional : S2/Lektor
d. Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan
e. Nomor HP : 085231052056
f. Alamat Surel (E-Mail) : ahyar@poliupg.ac.id

Anggota Peneliti:

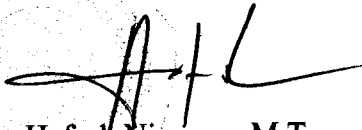
a. Nama : Ibrahim Abduh, S.ST., MT.
b. NIDN : 0014056807
c. Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang

Lama Penelitian Keseluruhan : 8 Bulan

Biaya Penelitian : Rp.7.000.000,-

Makassar, November 2019

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

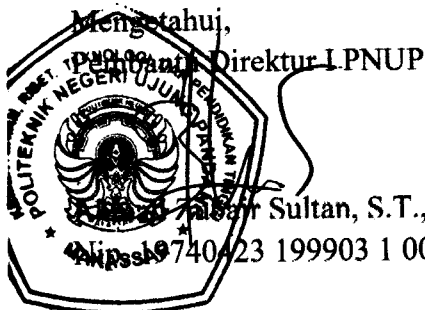


Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T.
Nip. 19640405 199003 2 002

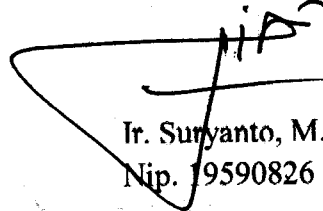
Ketua Peneliti



Muh. Ahyar, S.ST., M.T.
Nip. 19841027 200812 1 003



Menyetujui,
Ka. P3M PNUP,



Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D.
Nip. 19590826 198803 1 002

RINGKASAN

Perkembangan teknologi saat ini telah mengubah banyak proses dalam segala kegiatan, seperti halnya pada transformasi sistem transportasi. Masa depan permasalahan transportasi jalan tidak selalu dijawab dengan pembangunan fisik atau penambahan kapasitas saja, tetapi membutuhkan dukungan teknologi informasi. Teknologi informasi memungkinkan elemen dalam sistem transportasi jalan seperti, jalan, lampu lalu lintas, tanda-tanda pesan untuk menjadi cerdas dengan dukungan teknologi komputer (microchip dan sensor) untuk saling berkomunikasi satu dengan lainnya melalui teknologi nirkabel. Saat ini teknologi informasi dan komunikasi dalam bidang transportasi terus dikembangkan dengan tujuan untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan diperjalanan. Penelitian ini berupa perancangan dan implementasi sistem video streaming pada jaringan antar kendaraan atau yang dikenal dengan VANET untuk peningkatan keselamatan di jalan raya. Sistem video streaming digunakan untuk memantau kendaraan lain dari arah berlawanan sebagai solusi dalam menghindari tabrakan antar kendaraan utamanya ketika akan mendahului kendaraan yang berada didepan. Sistem ini terdiri dari sistem komunikasi menggunakan wireless IEEE 802.11 yang diintegrasikan dengan perangkat mikrokomputer serta dibekali dengan kamera. Sistem ini akan dipasang pada setiap kendaraan yang bertindak sebagai pengirim. Pada kendaraan roda empat akan ditambahkan perangkat LCD untuk menampilkan video hasil streaming sebagai media informasi visual kepada pengemudi kendaraan roda empat. Hasil dari penelitian ini adalah sistem video streaming yang memungkinkan setiap kendaraan dalam range tertentu dapat saling berbagi video. Video yang dikirimkan antar kendaraan berupa tampilan keadaan jalan dari arah depan kendaraan. Sistem ini diharapkan mampu mengurangi tingkat kecelakaan di jalan serta meningkatkan keamanan/keselamatan melalui informasi visual yang diberikan sebelum pengemudi menghadapi kondisi yang berpotensi terjadinya kecelakaan "*early warning*" serta peningkatan keselamatan di jalan dengan dukungan sistem canggih dalam kendaraan yang membantu pengemudi untuk menghindari terjadinya kecelakaan.

Kata kunci: Sistem Komunikasi Antar Kendaraan, Video Streaming

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya kami dapat menyelesaikan laporan kemajuan penelitian dengan judul “PERANCANGAN SISTEM VIDEO STREAMING PADA JARINGAN VANET UNTUK PENINGKATAN KESELAMATAN BERKENDARA”. Laporan ini dibuat dalam rangka hibah yang kami dapat untuk melaksanakan penelitian.

Ucapan terima kasih tak lupa kami ucapkan kepada:

1. Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si.,Ph.D selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan kesempatan seluas-luasnya kepada kami untuk mengembangkan diri dalam kegiatan penelitian memenuhi unsur Tri Darma Perguruan Tinggi.
2. Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan dorongan kepada kami selaku dosen untuk selalu meningkatkan produktivitas penelitian.
3. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua P3M beserta stafnya yang telah memberikan banyak dukungan teknis, fasilitas, administrasi guna kelancaran penelitian.
4. Teman-teman dosen, khususnya dari Teknik Multimedia dan Jaringan yang telah memberikan dorongan dan semangat untuk menyelesaikan penelitian ini.
5. Serta semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan, arahan serta dorongan kepada kami dalam menyelesaikan penelitian ini.

Akhirnya kami berharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun guna perbaikan, penyempurnaan sampai kami dapat menyusun Laporan Akhir.

Makassar, November 2019

DAFTAR ISI

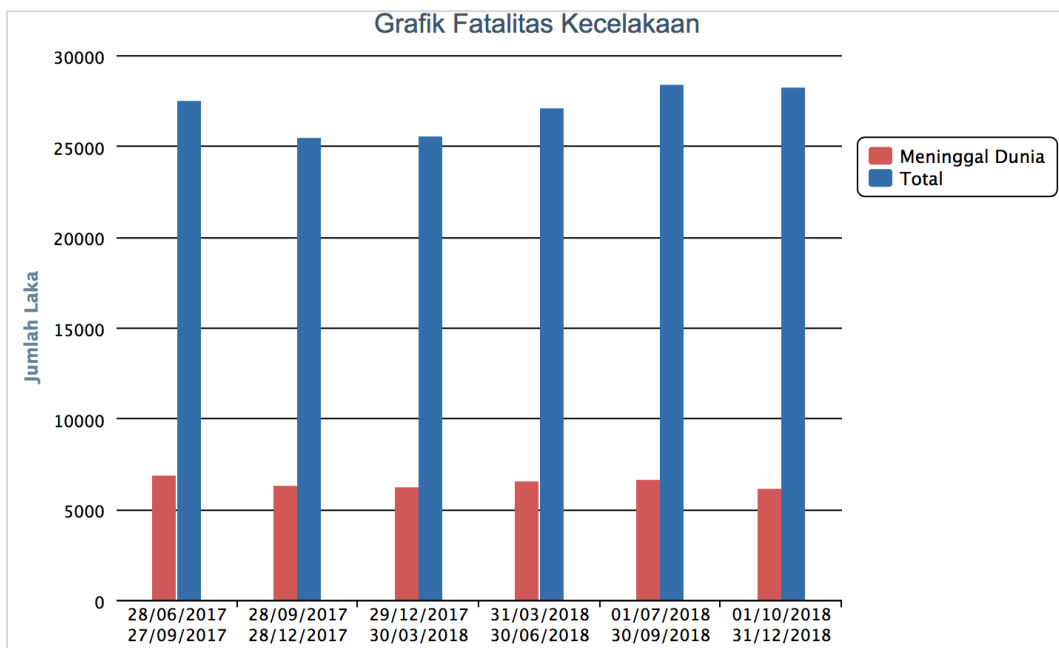
HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
BAB I. Pendahuluan	4
1.1. Latar Belakang Masalah	4
1.2. Tujuan Penelitian	7
1.3. Keutamaan Penelitian	7
1.4. Rencana Target Capaian Tahunan.....	8
BAB II. Tinjauan Pustaka	9
2.1. Penelitian Terdahulu	9
2.2. Vehicular Ad-Hoc Network (VANET).....	9
2.3. Aplikasi VANET.....	10
2.4. Video Streaming.....	11
2.5. Sistem Komunikasi Wireless.....	11
2.6. Sistem Mikrokontroler.....	12
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	18
3.1. Tujuan Penelitian	18
3.2. Manfaat Penelitian	18
BAB IV. METODE PENELITIAN	20
4.1. Tahapan Penelitian	20
4.2. Lokasi Penelitian	22
4.3. Kerangka Pemikiran	22
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
5.1. Perancangan Sistem	23
5.2. Pengujian	30
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	32
6.1. Kesimpulan	32
6.2. Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Tingkat kecelakaan lalu lintas jalan di Indonesia saat ini masih cukup tinggi. Berdasarkan data Korlantas Polri total jumlah kecelakaan di Indonesia mencapai 28.283 pada triwulan Oktober - Desember 2018. Ini menunjukkan kondisi keselamatan jalan di Indonesia sangat mengkhawatirkan, dengan pertumbuhan jumlah kendaraan yang terus bertambah setiap tahunnya dan tingkat mobilitas penggunaannya yang tinggi memiliki kemungkinan untuk terjadinya kecelakaan lalu lintas sangatlah tinggi. Dengan banyaknya kejadian kecelakaan lalu lintas, harus ada upaya-upaya yang dilakukan untuk menurunkan tingkat fatalitas akibat kecelakaan tersebut. Jika tidak ada langkah-langkah penanganan yang segera dan efektif, maka korban kecelakaan dapat terus meningkat.



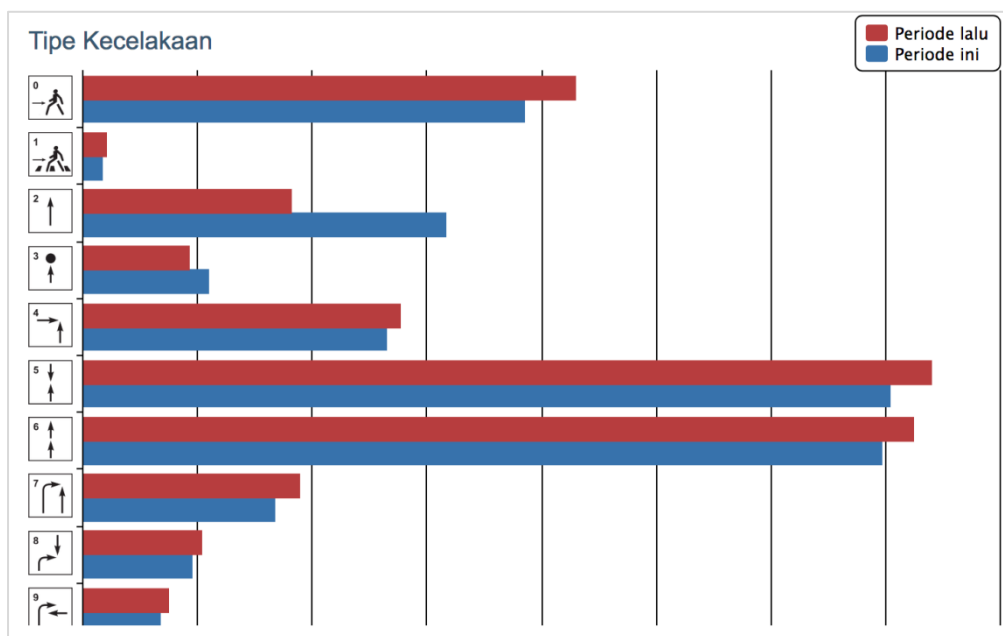
Gambar 1.1 Grafik kecelakaan di Indonesia

Sumber: Kakorlantas Polri

Pada dasarnya kecelakaan melibatkan banyak faktor, akan tetapi terdapat tiga faktor utama yang menjadi penyebab kecelakaan secara umum yaitu: faktor manusia (pengemudi dan pejalan kaki), faktor jalan dan lingkungannya, dan faktor kendaraan (Rustijan dkk, 2011). Dari ketiga faktor tersebut, faktor manusia merupakan faktor utama yang mendominasi terjadinya kecelakaan lalu lintas, tetapi faktor jalan dan

lingkungannya beserta faktor kendaraan tetap tidak dapat dipandang sebelah mata sebagai faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan. Oleh karena itu, dalam peningkatan keselamatan jalan secara umum diperlukan usaha baik untuk mengurangi maupun mencegah terjadinya kecelakaan lalu lintas yang dapat merugikan baik korban jiwa maupun materi melalui usaha mendidik pengguna jalan yang memiliki wawasan keselamatan, menciptakan jalan dan lingkungan yang aman serta menciptakan teknologi kendaraan yang memiliki tingkat keselamatan yang tinggi.

Berdasarkan data Korlantas Polri pada akhir periode 2018 tipe kecelakaan didominasi oleh jenis tabrakan antar dua kendaraan dari arah yang berlawanan dengan jumlah 7.041 kejadian. Tentu saja hal ini perlu perhatian khusus utamanya untuk mengurangi angka tipe kecelakaan serupa.



Gambar 1.2 Tipe kecelakaan

Sumber: Kakorlantas Polri

Salah satu upaya dalam mengurangi jumlah kecelakaan di jalan dan meningkatkan keselamatan di jalan raya adalah dengan menambahkan kemampuan kepada pengemudi untuk mampu memantau apa yang terjadi di sekitar mereka, meramalkan apa yang akan terjadi selanjutnya, serta melakukan reaksi pencegahan yang sesuai.

Pada tahun 2016, perusahaan Samsung mengembangkan prototipe *Samsung Safety Truck* berupa truk *trailer* dengan menempatkan layar besar dengan kualitas tinggi di sisi belakang sehingga kendaraan lain di belakang dapat melihat kondisi

jalan di depan truk tersebut, bahkan di malam hari. Teknologi ini sebagai salah satu cara untuk membuat jalan raya satu lajur lebih aman dengan memungkinkan kendaraan yang mengikuti truk untuk mengetahui kapan jalur tersebut aman untuk dilewati. Sistem ini dilengkapi dengan kamera yang menghadap ke depan dan didukung platform perangkat lunak yang dirancang untuk menangkap dan mengirimkan gambar jalan di depan ke layar monitor dibelakang.



Gambar 1.3 Prototipe *Samsung Safety Truck*

Sumber: Artikel Computerworld, 2016

Menurut analisis kami, kelemahan dari prototipe yang dibuat oleh Samsung adalah harga alat yang tentu saja mahal karena menggunakan monitor layar besar dan resolusi tinggi. Selain itu, alat ini juga membutuhkan ruang yang memadai untuk dipasang pada bagian belakang kendaraan. Dengan begitu sistem ini hanya cocok untuk kendaraan besar seperti truk *trailer*. Sehubungan hal tersebut maka kami mencoba untuk mengembangkan sistem tersebut dengan menggabungkannya dengan teknologi sistem komunikasi antar kendaraan atau yang dikenal dengan istilah *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET) sehingga dapat lebih efisien dan efektif.

Penerapan teknologi VANET dapat menjadi salah satu solusi dalam meningkatkan keselamatan berkendara, utamanya untuk mengurangi tipe kecelakaan yang didominasi oleh jenis tabrakan antar dua kendaraan dari arah yang berlawanan, Dengan teknologi VANET kendaraan dapat saling berkomunikasi atau saling memberikan informasi keadaan, seperti lokasi, kecepatan, dan akselerasi sehingga dapat terhindar dari kecelakaan. Adanya informasi ini, mampu memperingatkan

pengemudi agar tidak terjadi kecelakaan yang disebabkan pengemudi tidak melihat keberadaan kendaraan lain saat berada di persimpangan atau kendaraan yang dari arah berlawanan. Melalui *streaming video* yang berasal dari kamera depan kendaraan secara *real time* menggunakan jaringan VANET dapat membantu pengemudi lain dibelakang dalam memantau kendaraan yang akan melintas didepan yang tak terlihat secara langsung. Dengan transmisi video tersebut, akan membantu pengemudi lain dibelakang dalam melakukan reaksi, terutama ketika akan menyalip. Dengan begitu pengemudi dapat melakukan tindakan yang tepat dan aman sehingga dapat menghindari terjadinya tabrakan. Kelebihan dari sistem ini adalah dengan memanfaatkan jaringan VANET, hasil transmisi video *streaming* antar kendaraan dapat dengan mudah dilihat oleh pengemudi, menjangkau jarak yang lebih jauh dan lebih banyak kendaraan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasar pada latar belakang di atas terdapat beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang-bangun sistem komunikasi antar kendaraan melalui jaringan wireless?
2. Bagaimana merancang aplikasi *video streaming* sebagai layanan informasi antar kendaraan?
3. Bagaimana mengimplementasikan dan menguji sistem *video streaming* secara riil pada kendaraan di jalan?
4. Bagaimana mengukur kualitas streaming video pada jaringan VANET?

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Teknologi *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET) menjadi salah satu solusi untuk dapat mengatasi masalah-masalah kecelakaan antar kendaraan. Dengan teknologi VANET kendaraan dapat saling berkomunikasi, sehingga jika terdapat potensi kecelakaan, pengendara akan diberi peringatan agar dapat menghindari terjadinya kecelakaan, dengan begitu pencegahan kecelakaan jalan raya dapat dilakukan. Teknologi ini juga memungkinkan pertukaran data yang cepat dan efisien sehingga dapat digunakan sebagai sistem informasi trafik lalu lintas yang cerdas. Komunikasi ini dapat dilakukan antar kendaraan (*vehicle to vehicle*) ataupun antar kendaraan dengan infrastruktur di sekitar ruas jalan (*vehicle to roadside*).

Sejumlah penelitian terkait teknologi VANET, salah satu diantaranya adalah penelitian yang telah dilakukan oleh Ibrahim Abduh dkk, yang berjudul “Perancangan prototipe pendeteksi potensi terjadinya kecelakaan antar kendaraan berbasis VANET (*Vehicular Ad Hoc Network*)” tahun 2018. Penelitian tersebut merancang prototipe pendeteksi potensi terjadinya kecelakaan antar kendaraan berbasis VANET (*Vehicular Ad Hoc Network*) menggunakan Raspberry Pi 3 dan perangkat GPS yang dapat memberikan informasi *security distance warning* dan bunyi *buzzer* apabila ada potensi terjadinya kecelakaan berdasarkan jarak antar kendaraan.

Nanok Adi Saputra dkk, Mengembangkan aplikasi vehicular ad-hoc network untuk monitoring kecelakaan mobil di jalan raya. Penelitian ini menggunakan wireless 802.15 (zigbee) dalam membangun sistem komunikasi antar kendaraan.

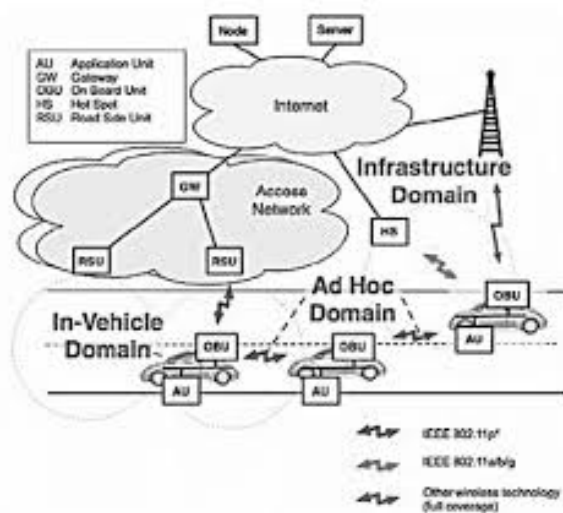
Saat ini pengembangan teknologi dalam rangka meningkatkan keselamatan berkendara terus dilakukan oleh produsen mobil dan juga tidak ketinggalan dari perusahaan teknologi. Salah satu contoh produk keamanan dan keselamatan berkendara yang dikeluarkan oleh perusahaan Samsung adalah *Samsung Safety Truck*.

2.2 Vehicular Ad-Hoc Network (VANET)

Vehicular Ad hoc Network (VANET) adalah sebuah bentuk baru dalam komunikasi data untuk kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tinggi dan pertukaran informasi terjadi di jalan raya. VANET merupakan kategori dari *Mobile Ad-hoc Network* (MANET) di mana *node* terdiri dari kendaraan dan *Roadside Unit* (RSU). Bentuk jaringan VANET dan MANET cenderung sama, namun terdapat

beberapa perbedaan karakteristik, antara lain mobilitas tinggi, perubahan topologi sangat cepat, pergerakan yang cenderung terarah dan mengikuti pola-pola tertentu, kepadatan node yang tidak dapat diprediksi, dan waktu koneksi yang cenderung singkat (Saishree Bharadwaj.P dkk, 2011).

Jaringan VANET memadukan kemampuan komunikasi antar kendaraan (*vehicle to vehicle*) dan komunikasi antar kendaraan dengan infrastruktur sepanjang jalan (*road infrastructur to vehicle*). Setiap kendaraan dapat bergabung ke jaringan VANET melalui komunikasi nirkabel antar kendaraan (*vehicle to vehicle*) atau ke infrastruktur (*vehicle to infrastructure*). Sehingga memungkinkan kendaraan dalam jarak 100 sampai 300 meter dapat saling terhubung satu sama lain dan pada gilirannya, membentuk sebuah jaringan dengan cakupan yang luas.

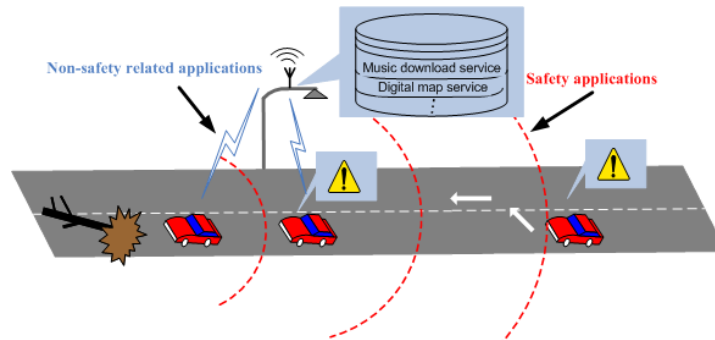


Gambar 2.1 Arsitektur sistem VANET

Sumber: Irma Nurlita Dewi dkk

2.3 Aplikasi VANET

Aplikasi utama dari VANET dibagi menjadi dua kategori, yakni aplikasi keselamatan (*safety*) dan aplikasi *non safety*. Pada aplikasi keselamatan, komunikasi umumnya bersifat *broadcast* sedangkan komunikasi aplikasi *non safety* hanya berdasarkan *request* dan *response*, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 2.2 Aplikasi *safety* dan *non safety* di jaringan VANET

Aplikasi keselamatan termasuk peringatan tabrakan, deteksi halangan atau rintangan dan pencegahan, penyebaran pesan untuk keadaan darurat, peringatan perubahan jalur dan kondisi jalan untuk menghindari kecelakaan di jalan raya. VANET mendukung beberapa aplikasi diantaranya aplikasi peringatan darurat menyangkut keselamatan nyawa, peringatan keselamatan, tol elektronik, akses internet, layanan pencarian tepi jalan.

2.4 *Video Streaming*

Video streaming merupakan bagian dari *streaming* media, pada multimedia yang secara konstan diterima dan dinikmati oleh *end-user* dan disaat itu pula dikirim oleh penyedia jasa (*provider*). Pengertian ini lebih pada pengertian dari sebuah proses dan metode pengiriman multimedia, bukan pada media pengirimannya. *Streaming* media merupakan pengiriman secara *direct* dari sumber (*source*) menuju sebuah player secara *real-time*, yang dimaksud *real-time* bukan berarti harus *live* tapi juga kondisi *pre-recorded*, karena *real-time* lebih pada pengertian tidak adanya media penyimpanan diantara *source* dan *player*, secara praktikal mungkin akan terjadi *buffering* (berupa penundaan) namun secara sistem sinyal dikirim langsung dari *source* pada *player*.

2.5 **Sistem Komunikasi Wireless**

Perkembangan teknologi telekomunikasi di dunia terjadi dengan sangat pesat dikarenakan kebutuhan untuk berkomunikasi dan bertukar data dengan cepat, mudah dan *mobile*. Jaringan *wireless*/nirkabel adalah teknologi jaringan yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik melalui udara sebagai media untuk mengirimkan informasi dari pengirim ke penerima. Teknologi ini muncul sebagai jawaban atas keterbatasan jaringan *wireline*. Mobilitas manusia yang tinggi dan informasi yang selalu dekat menjadi faktor pendorong utama berkembangnya teknologi ini. Beberapa

teknologi *wireless* yang telah dikembangkan antara lain: *Infrared*, *Bluetooth*, WiFi, WiMAX.

Teknologi WiFi atau yang lebih dikenal dengan *Wireless LAN* (WLAN) telah banyak diimplementasikan, utamanya untuk mengakses internet. Selain untuk aplikasi *private*, WLAN juga banyak digunakan untuk aplikasi *public* (*hotspot*). Selain karena teknologinya, WLAN sangat cepat berkembang karena harganya yang murah dan perangkatnya mudah didapat. Banyak vendor yang telah menyediakan perangkat WLAN dimana masing-masing saling *interoperable* karena masing-masing mengikuti standar yang sama yaitu (IEEE 802.11). Perkembangan selanjutnya untuk teknologi *Broadband Wireless* adalah WiMAX (*Wireless Interoperability for Microwave Access*). Teknologi ini hampir mirip dengan WiFi ditambah dengan kemampuannya di sisi jarak jangkauan, QoS, NLOS (*Non Line of Sight*), *security* dan berbagai fitur lainnya.

Pada jaringan selular juga telah dikembangkan teknologi yang dapat mengalirkan data yang *overlay* dengan jaringan suara seperti GPRS, EDGE, WCDMA, dan HSDPA. Masing-masing evolusi pada umumnya mengarah pada kemampuan menyediakan berbagai layanan baru atau mengarah pada layanan yang mampu menyalurkan *voice*, video dan data secara bersamaan.

2.6 Sistem Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur Input/Output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan mikrokontroler sudah cukup untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi.

Sistem yang menggunakan mikrokontroler sering disebut sebagai *embedded system* atau *dedicated system*. *Embedded system* adalah sistem pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan *dedicated system* adalah sistem pengendali yang dimaksudkan hanya untuk suatu fungsi tertentu. Sebagai contoh printer adalah suatu *embedded system* karena di dalamnya terdapat mikrokontroler sebagai pengendali dan juga *dedicated system* karena fungsi pengendali tersebut berfungsi hanya untuk menerima data dan mencetaknya. Hal ini berbeda dengan suatu PC yang dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, sehingga mikroprosesor pada PC sering disebut sebagai *general purpose microprocessor* (mikroprosesor serba guna). Pada PC berbagai macam software yang disimpan pada media penyimpanan dapat dijalankan, tidak seperti mikrokontroler hanya terdapat satu software aplikasi.

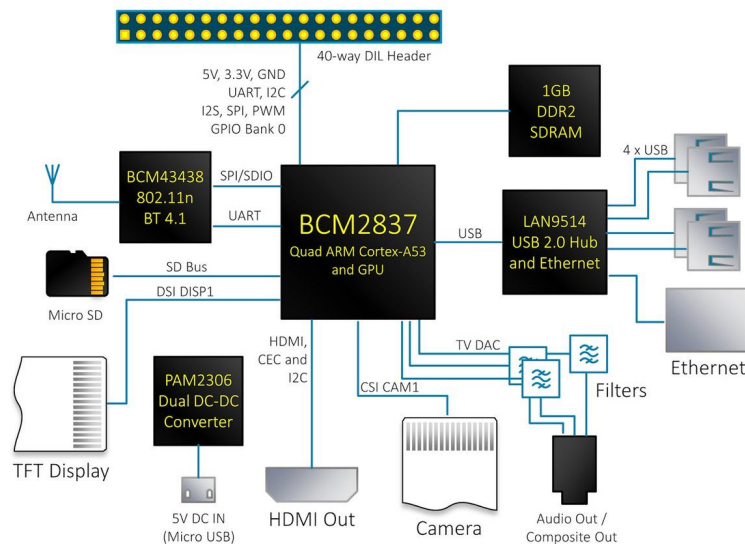
Embedded system merupakan sistem komputer dengan tujuan khusus, yang seluruhnya dimasukkan kedalam alat yang ingin dikontrol. Salah satu alat pengembangan yang membawa konsep ini adalah Raspberry Pi.

Raspberry Pi adalah sebuah Single Board Computer yang berupa komputer papan tunggal yang lengkap dengan mikroprosesor, memori, input/output (I/O) dan fitur lain yang dibutuhkan dari sebuah komputer fungsional. SBC menggunakan memori eksternal seperti kartu SD dan kartu mikro SD. Raspberry Pi adalah komputer papan tunggal (*Single Board Computer/SBC*) yang memiliki ukuran sebesar kartu kredit. Raspberry Pi bisa digunakan untuk berbagai keperluan seperti spreadsheet, game, bahkan sebagai media player. Raspberry Pi dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation yang didukung oleh sejumlah developer dan ahli komputer dari Universitas Cambridge, Inggris. Saat ini keluaran versi terbaru dari Raspberry Pi adalah Raspberry Pi 3. Adapun tampilan layout Raspberry Pi 3 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Layout Raspberry Pi 3

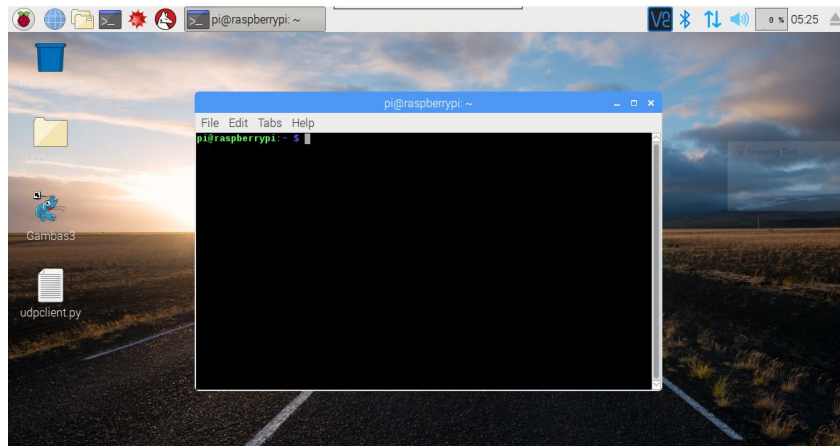
Raspberry Pi 3 memiliki prosesor Broadcom BCM2837 ARMv8A Quad Core 64 bit. Dengan RAM 1 GB Raspberry Pi 2 dapat digunakan untuk aplikasi yang lebih besar dan powerful. GPU pada Raspberry Pi 3 adalah 400MHz VideoCore IV yang lebih powerful daripada versi sebelumnya. Raspberry Pi 3 dilengkapi dengan 4 buah port USB 2, 40 pin GPIO, 4 *pole stereo output* dan *composite video port*, port HDMI, port 10/100 Ethernet, port CSI untuk kamera Raspberry Pi, dan port DSI untuk menghubungkan dengan tampilan touch screen. USB port mampu menyediakan arus hingga 1.2 A, sehingga mampu memberikan daya lebih untuk perangkat USB yang membutuhkan daya lebih. Gambar 2.4 menunjukkan diagram blok sistem Raspberry Pi 3.



Gambar 2.4 Blok Diagram Raspberry Pi 3

Untuk menjalankan fungsi Raspberry Pi secara keseluruhan, dibutuhkan sistem operasi yang mendukung fungsi dan performa Raspberry Pi. Sistem operasi yang dipakai yaitu raspbian. Sistem operasi ini berbasis linux dengan distro debian, khusus untuk Raspberry Pi. Sistem operasi ini mudah dalam proses instalasinya dan menyediakan lebih dari 35.000 paket perangkat lunak untuk mengoptimalkan kinerja

Raspberry Pi. Raspbian kini masih dalam perkembangan aktif, dan lebih ditekankan untuk peningkatan stabilitas dan kinerja dengan paket debian sebanyak mungkin. Berikut tampilan dari sistem operasi raspbian pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Tampilan Sistem Operasi Raspbian

2.7 Web Kamera

Web camera (*webcam*) adalah kamera video sederhana berukuran relatif kecil yang dihubungkan ke komputer melalui port USB atau serial.



Gambar 2.6 Kamera Logitech B525

Kamera yang digunakan dalam penelitian ini adalah kamera Logitech B525 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Kamera ini dapat memberikan gambar beresolusi 5MP, video HD 720p atau rekaman pada 30fps.

2.8 Aplikasi Gambas

Gambas singkatan dari *Gambas Almost Means Basic* merupakan sebuah IDE untuk pemrograman visual (VB) menggunakan bahasa basic di linux. Gambas pertama kali dikembangkan oleh Benoît Minisini.

Gambas adalah suatu program yang ada pada operating system linux yang mirip dengan Visual Basic. Sama seperti Visual Basic Gambas juga merupakan bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman adalah perintah perintah yang

dimengerti oleh komputer untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Gamas memiliki perbedaan di bidang code dengan Visual Basic tetapi secara logis penggunaan algoritmanya sama dengan Visual basic.

Semua versi Gamas yang dikeluarkan dibawah GNU (*General Public License*) dan bebas untuk digunakan. Hal ini juga berarti bahwa runtime Gamas bebas untuk digunakan. Gamas bersifat *Open Source* dimana kita bisa mendapatkan, melihat, menyebarluaskan, dan juga memodifikasi *source code* jika dibutuhkan. Berikut tampilan dari aplikasi Gamas pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Tampilan Aplikasi Gamas

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari proposal penelitian ini untuk pengembangan sarana dan prasarana bidang teknologi informasi dan komunikasi khususnya pengembangan teknologi telekomunikasi berbasis jaringan VANET untuk mencegah terjadinya kecelakaan sehingga dapat meningkatkan keselamatan berkendara.

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem komunikasi antar kendaraan melalui jaringan wireless.
2. Merancang aplikasi *video streaming* sebagai layanan informasi antar kendaraan.
3. Mengimplementasikan dan menguji sistem *video streaming* secara riil pada kendaraan di jalan.
4. Mengukur kualitas streaming video pada jaringan VANET.

Dengan mengerjakan penelitian ini maka akan didapatkan baik perangkat keras dalam bentuk modul-modul elektronik (perangkat keras) maupun perangkat lunak dalam bentuk modul-modul program. Hasil akhir yang diharapkan adalah berupa prototipe sistem *video streaming* antar kendaraan dengan teknologi berbasis VANET sebagai upaya dalam menekan angka kecelakaan di jalan utamanya di Indonesia.

3.2 Manfaat Penelitian

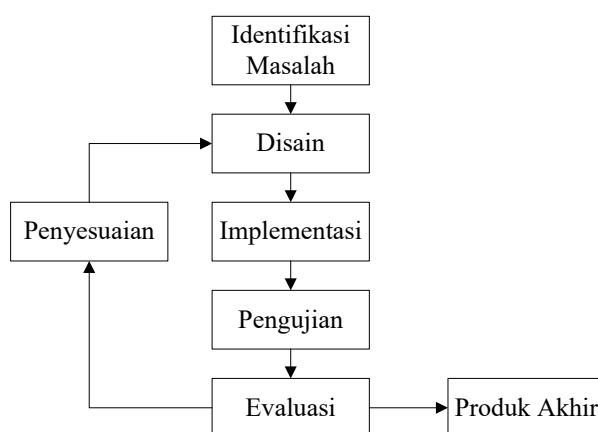
Manfaat penelitian ini adalah pengembangan sistem keselamatan berkendara dengan memanfaatkan aplikasi streaming video melalui jaringan VANET, sehingga proses monitoring kendaraan menjadi lebih mudah dan efektif. Beberapa manfaat penelitian ini adalah :

- Meningkatkan keselamatan di jalan dengan dukungan teknologi dalam kendaraan yang dapat memberikan informasi keberadaan kendaraan lain yang berada didepan.
- Dapat menjadi solusi dari tingginya tingkat kecelakaan lalu lintas yang ada di Indonesia.
- Dapat membantu untuk mengurangi tingkat kecelakaan di jalan.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan model *prototyping*. Dalam pemodelan, sistem dirancang dan dibangun secara bertahap dan untuk setiap tahap pengembangan dilakukan percobaan-percobaan untuk melihat apakah sistem sudah bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Sistematika model *prototyping* terdapat pada gambar 4.1 memperlihatkan tahapan pada *prototyping*.



Gambar 4.1 Tahap *prototyping*

Berikut adalah tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dengan metode pengembangan prototyping:

Tahap 1: Identifikasi Masalah. Pada tahap ini akan dicari masalah dari kondisi atau sistem yang sudah ada, pada konteks ini permasalahan tersebut adalah bagaimana meningkatkan keselamatan berkendara melalui penerapan sistem video streaming pada jaringan VANET. Dengan target luaran mendapatkan permasalahan sistem yang ada saat ini, dan mendapatkan hal-hal yang dibutuhkan untuk pengembangan dan integrasi sistem.

Tahap 2: Disain. Pada tahap ini dicari solusi yang paling cocok dengan permasalahan yang ada. Metode yang digunakan untuk mencari solusi tersebut adalah penelitian kualitatif dengan melakukan studi pustaka tentang sistem komunikasi antar kendaraan sebagai pendukung sistem transportasi cerdas yang praktis dan efisien untuk diterapkan dalam meningkatkan keselamatan berkendara. Dari studi tersebut akan diperoleh analisis kebutuhan sistem, desain permodelan sistem, dan teknologi relevan yang akan digunakan.

Tahap 3: Implementasi dan Pengembangan. Pada tahap ini dirancang prototipe sistem video streaming pada jaringan VANET berbasis embedded sistem. Pada tahap ini akan didapatkan prototipe sistem video streaming melalui jaringan VANET menggunakan teknologi nirkabel dan embedded sistem.

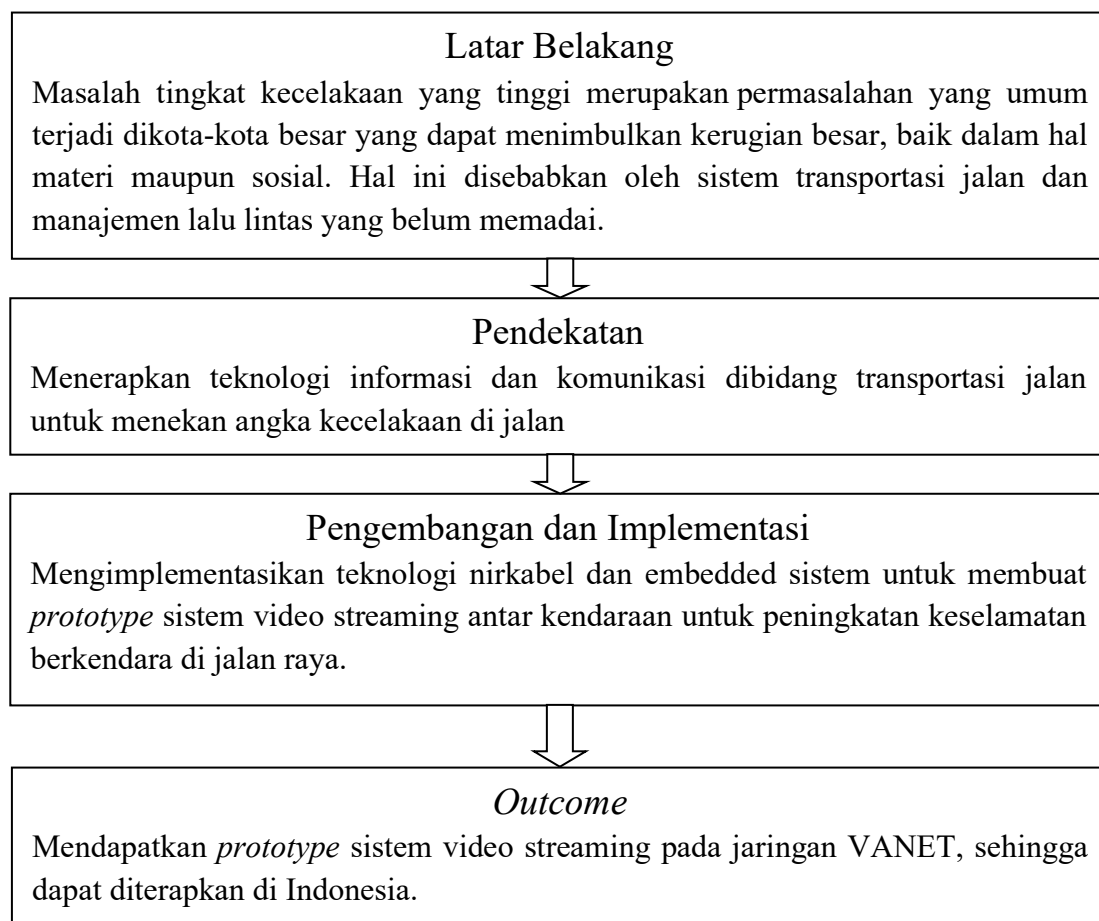
Tahap 4: Pengujian. Pada tahap ini sistem akan dicoba dengan skenario pengukuran seperti jarak dan kecepatan. Adapun parameter pengujian yang digunakan adalah *delay*, *packet delivery ratio* dan status keberhasilan video streaming antar kendaraan. Hasil dari pengujian ini akan digunakan untuk evaluasi pada tahap berikutnya untuk memperbaiki sistem.

Tahap 5: Evaluasi dan Finishing. Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi dan perbaikan sistem berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dengan cara penambahan maupun penyederhaan sistem, sehingga didapatkan prototipe sistem video streaming yang dapat bekerja dengan baik.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di laboratorium Studio dan Jaringan dan Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pada laboratorium ini terdapat komputer dan peralatan jaringan yang dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem.

4.3 Kerangka Pemikiran



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Identifikasi Masalah

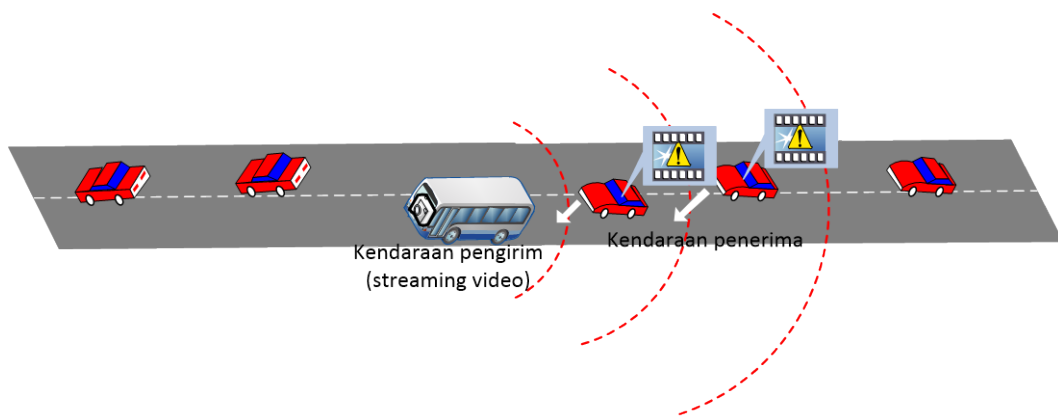
Sistem transportasi cerdas merupakan penerapan kemajuan telekomunikasi, teknik informasi dalam infrastruktur transportasi dan kendaraan sebagai alternatif untuk mengatasi permasalahan lalu lintas seperti keselamatan berkendara. Penerapan layanan video streaming antar kendaraan merupakan salah satu cara untuk membangun sistem transportasi yang baik yang dapat memberikan pengelolaan sistem transportasi yang ada dan penanganan permasalahan yang muncul di jalan.

Salah satu tipe kecelakaan yang banyak terjadi di jalan raya adalah jenis tabrakan antar dua kendaraan dari arah yang berlawanan utamanya di jalan dengan satu lajur yang sempit. Hal ini disebabkan pengemudi sulit melihat keberadaan kendaraan lain dari arah depan karena terhalang oleh kendaraan lain yang berada didepannya, utamanya saat kendaraan akan mendahului.

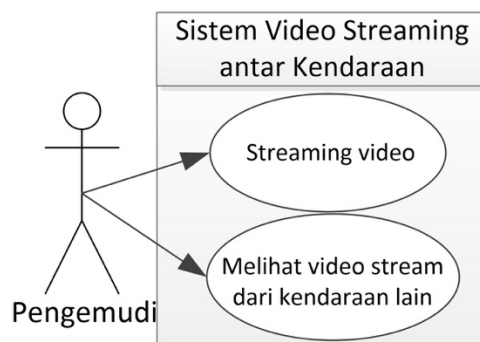
Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menerapkan sistem video streaming antar kendaraan untuk menyebarkan video kondisi visual arah depan kendaraan, sehingga pengemudi dari kendaraan lain yang posisinya berada dibelakang dapat mengetahui situasi kondisi jalan dari kendaraan yang berada didepannya. Sistem ini akan membantu pengemudi dalam mengambil keputusan yang tepat sebelum mendahului kendaraan yang berada didepan, sehingga dapat menghindari potensi tabrakan yang dapat terjadi.

5.2 Desain

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem video streaming antar kendaraan untuk mendukung sistem transportasi cerdas. Penelitian ini dikembangkan dengan memanfaatkan perangkat dan aplikasi teknologi informasi dan komunikasi. Layanan pengiriman video kendaraan untuk menginformasikan keadaan/kondisi lalu-lintas kendaraan di jalan agar dapat membantu pengemudi memantau kendaraan lain dari arah depan yang tidak dapat terlihat secara langsung, seperti diperlihatkan pada gambar 5.1.



Gambar 5.1. Skenario prototipe



Gambar 5.2 Diagram use case

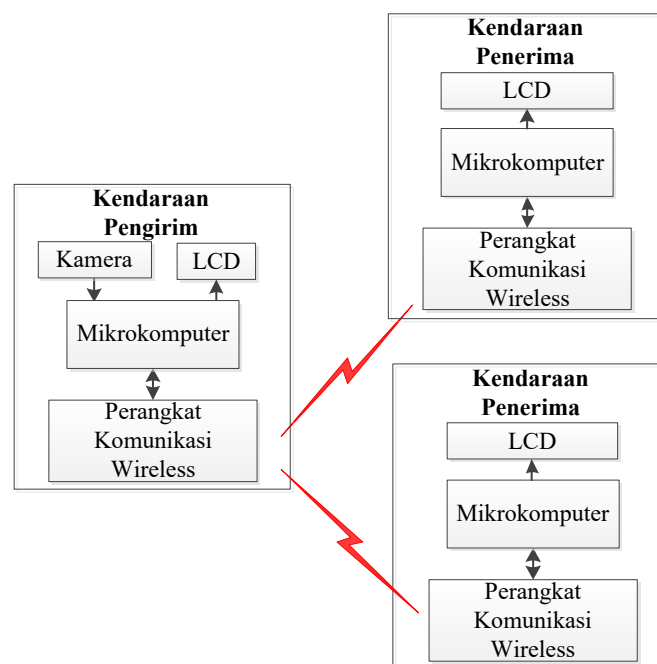
Gambar 5.2 merupakan diagram use case yang merepresentasikan user requirement dari sistem video streaming antar kendaraan di jalan.

Sistem video streaming antar kendaraan ini dibuat sebagai solusi untuk mencegah terjadinya tabrakan kendaraan dari arah berlawanan dengan cara memberikan video visual keadaan lalu-lintas di jalan dari arah depan yang tidak terlihat secara langsung oleh pengemudi yang berada dibelakang sehingga pengemudi dapat mengambil keputusan yang tepat dan dapat mengantisipasi potensi tabrakan yang dapat terjadi. Sistem ini dilakukan secara otomatis dan dijalankan dengan media komunikasi nirkabel. Sistem ini menggunakan komputer mini Raspberry Pi 3 sebagai embedded system dan camera USB sebagai perekam video. Untuk perangkat komunikasinya menggunakan wireless IEEE 802.11n. Dalam komunikasinya setiap kendaraan melalui perangkat transceiver yang dipasang pada masing-masing kendaraan akan mengirimkan video streaming secara broadcast kesemua kendaraan disekitarnya.

5.3 Implementasi dan Pengembangan Sistem

5.3.1 Perancangan Hardware

Perancangan dan realisasi perangkat sistem video streaming antar kendaraan, secara umum terdapat dua fungsi utama yaitu bagian pemancar dan penerima berbasis *embedded system* menggunakan Raspberry Pi 3 sebagai alat komunikasi dan pemrosesan data video. Alat inilah yang menjadi dasar sistem video streaming di jalan bagi pengendara. Adapun blok diagram perancangan *hardware* sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Blok diagram sistem

- Perangkat Transceiver

Alat *transceiver* dapat berfungsi mengirim dan menerima video streaming kendaraan. Pada alat ini terdiri dari *embedded system* berupa mini komputer Raspberry Pi 3 yang telah dibekali dengan prosesor pendukung Broadcom BCM2837 ARMv8A Quad Core 64 bit dan dukungan Wireless IEEE 802.11n yang telah diinstall Raspbian Linux. Pada Raspberry Pi 3 ditambahkan bagian antar muka berupa LCD, yang fungsinya untuk menampilkan gambar video streaming. Perangkat ini ditempatkan dikendaraan umum/pribadi untuk membantu pengemudi memantau kendaraan lain dari arah depan yang tidak terlihat secara langsung sehingga dapat

mengantisipasi potensi tabrakan yang dapat terjadi dari arah berlawanan. Adapun tampilan alat seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Tampilan alat *transceiver*

5.3.2 Perancangan Software

Dalam perancangan *software*, perangkat ini menggunakan sistem operasi Raspbian Linux yang telah diinstall beberapa software pendukung untuk mengaktifkan perangkat antarmuka dan membangun koneksi jaringan wireless ad-hoc.

Adapun tahapan penginstalan software dan konfigurasi perangkat Raspberry:

- Instalasi antar muka LCD

```
Download driver LCD dari http://www.spotpear.com/download/diver24-5/LCD-show-170703.tar.gz
```

```
#tar -xvf LCD-show-170703.tar.gz
```

```
#./LCD35-show
```

- Instalasi dan konfigurasi virtual keyboard

```
#apt-get install matchbox-keyboard
```

```
#nano /usr/bin/toggle-matchbox-keyboard.sh
```

```
#!/bin/bash
```

```
#This script toggle the virtual keyboard
```

```
PID=`pidof matchbox-keyboard`
```

```
if [ ! -e $PID ]; then
```

```
    killall matchbox-keyboard
```

```
else
```

```
    matchbox-keyboard&
```

```
fi
```

```
#chmod +x /usr/bin/toggle-matchbox-keyboard.sh
```

```
#mkdir /usr/local/share/applications
```

```
#nano /usr/local/share/applications/toggle-matchbox-keyboard.
```

```
desktop
```



```
[Desktop Entry]
Name=Toggle Matchbox Keyboard
Comment=Toggle Matchbox Keyboard
Exec=/usr/bin/toggle-matchbox-keyboard.sh
Type=Application
Icon=matchbox-keyboard.png
Categories=Panel;Utility;MB
X-MB-INPUT-MECHANSIM=True
```

```
#nano /home/pi/.config/lxpanel/LXDE-pi/panels/panel
```

```
Plugin {
type = launchbar
Config {
    Button {
        id=/usr/local/share/applications/toggle-matchbox-keyboard.desktop
    }
}
```

- Instalasi dan konfigurasi touchscreen

```
#apt-get install -y xinput-calibrator
```

Kalibrasi touchscreen pada Menu->Preferences-->Calibrate Touchscreen

```
#nano /usr/share/X11/xorg.conf.d/99-calibration.conf
```

```
Section "InputClass"
    Identifier "calibration"
    MatchProduct "ADS7846 Touchscreen"
    Option "Calibration" "3942 220 249 3820"
    Option "SwapAxes" "1"
EndSection
```

- Konfigurasi sound jack

```
#amixer cset numid=3 1
```

Adapun tahapan penginstalan dan konfigurasi jaringan wireless ad-hoc:

- Instalasi routing olsr

```
#apt-get install olsrd
#apt-get install mesh3d
#apt-get install telnet
#apt-get install graphviz
```

- Instalasi routing BATMAN-adv

```
#apt-get install batmand batmand-dbg
#apt-get install batctl batctl-dbg
```

- Konfigurasi jaringan wireless ad-hoc

```
#nano /etc/network/interfaces
```

```
auto wlan0
allow-hotplug wlan0
```

```

iface wlan0 inet static
    address 192.168.1.x
    netmask 255.255.255.0
    wireless-channel 1
    wireless-ssid RPiAdHocNetwork
    wireless-mode ad-hoc

```

- Konfigurasi routing olsr

```

#nano /etc/default/olsrd
    START_OLSRD="YES"
#nano /etc/olsrd
    DebugLevel 0
    IpVersion 4
    Interface "wlan0"
    {
        AutoDetectChanges yes
    }
    LoadPlugin "olsrd_dot_draw.so.0.3"
    {
        PlParam "accept" "127.0.0.1"
        PlParam "port" "2004"
    }
# /etc/init.d/olsrd restart

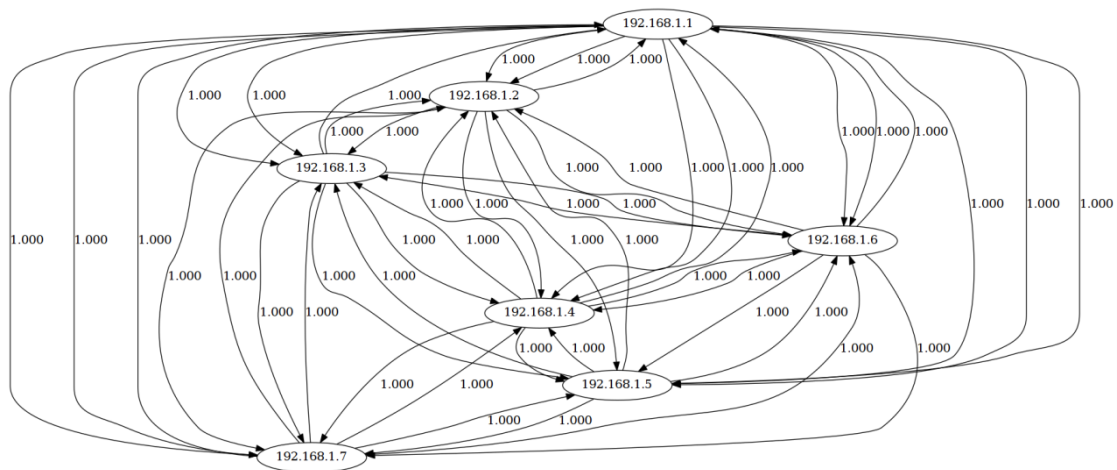
```

- Menampilkan gambar topologi routing ad-hoc

```

#telnet localhost 2004 >topology.dot
#dot -otopology.png -Tpng topology.dot

```



Gambar 5.5 Tampilan topologi jaringan ad-hoc dengan jumlah node sebanyak 7

- Konfigurasi routing BATMAN-adv

```

#/etc/init.d/olsrd stop
#ifconfig wlan0 mtu 1527
#modprobe batman-adv

```

```
#batctl if add wlan0
#ifconfig wlan0 0.0.0.0
#ifconfig bat0 192.168.1.1
```

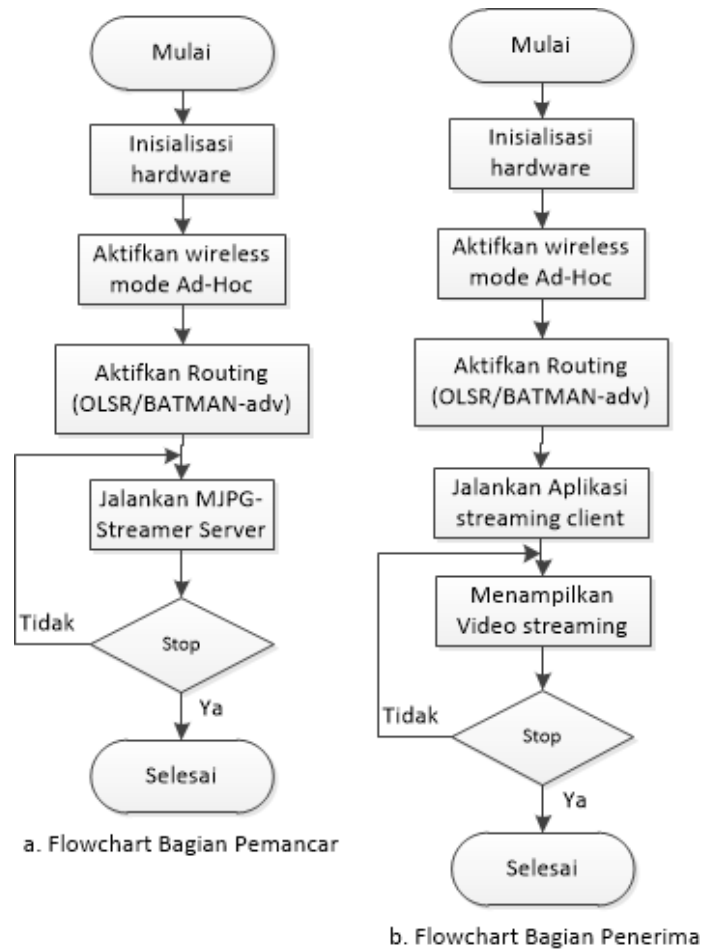
- Memasang dan mengecek usb webcam

```
#lsusb
```

- Instalasi dan konfigurasi streaming server MJPG-Streamer

```
#sudo apt-get update
#sudo apt-get upgrade
#sudo apt-get install libjpeg8-dev imagemagick libv4l-dev
#sudo ln -s /usr/include/linux/videodev2.h
/usr/include/linux/videodev.h
#sudo apt-get install subversion
#cd ~
#svn co https://svn.code.sf.net/p/mjpg-streamer/code/mjpg-
streamer/ mjpg-streamer
#cd mjpg-streamer
#make mjpg_streamer input_file.so input_uvc.so output_http.so
#sudo cp mjpg_streamer /usr/local/bin
#sudo cp output_http.so input_file.so input_uvc.so /usr/local/lib/
#sudo cp -R www /usr/local/www
#export LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/lib/
#source ~/.bashrc
#/usr/local/bin/mjpg_streamer -i "/usr/local/lib/input_uvc.so" -o
"/usr/local/lib/output_http.so -w /usr/local/www"
```

Secara garis Alur kerja dari program sistem peringatan potensi tabrakan antar kendaraan di persimpangan jalan dan dipembelokan tajam dapat dilihat pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Flowchart program

5.4 Pengujian dan Analisa

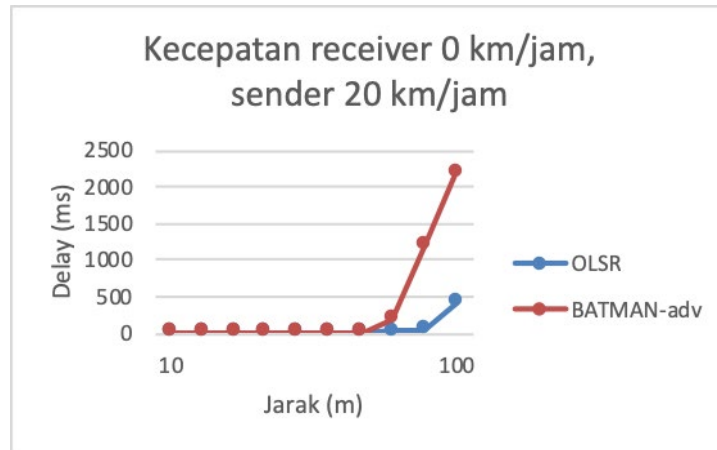
Pengujian pada sistem komunikasi antar kendaraan untuk mengetahui kinerja *delay* pengiriman data video streaming oleh kendaraan yang dikirim secara *broadcast* kesemua kendaraan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi kecepatan kendaraan. Adapun parameter yang diukur adalah *delay*.

5.4.1 Pengujian *delay* antara routing OLSR dengan BATMAN-adv pada kondisi kecepatan kendaraan bervariasi

Pengujian kecepatan pengiriman dan penerima bertujuan untuk mengukur seberapa optimal kecepatan antara pemancar dan penerima dalam berkomunikasi secara nirkabel. Jarak yang menjadi variabel bebas diukur mulai dari 5 meter–100 meter. Dalam melakukan pengujian akan diukur waktu yang dibutuhkan prototype ini untuk mengirim dan menerima data dari aplikasi ping menggunakan dua routing protocol yakni OLSR dan BATMAN-adv. Skenario yang dilakukan dalam pengujian ini adalah sebuah pemancar dan penerima diberi jarak antar keduanya kemudian

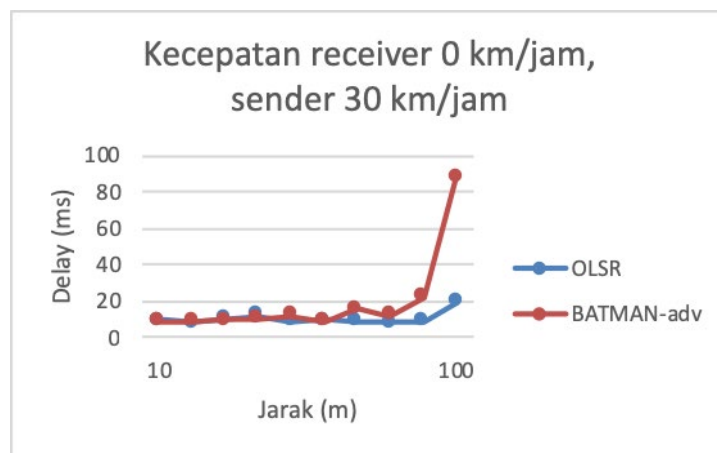
dilakukan pengukuran *delay* dari proses pengiriman data. Untuk grafik data hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 5.7 sampai 5.13.

- a. Kecepatan penerima tidak bergerak sementara kecepatan pengirim 20 km/jam



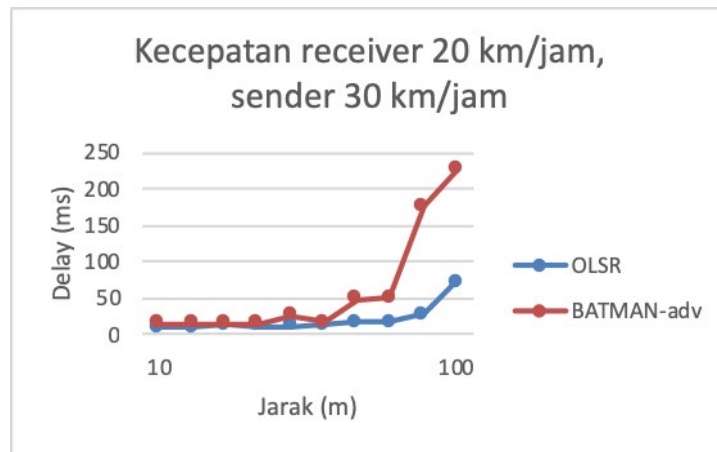
Gambar 5.7 Hasil pengujian *delay* terhadap jarak dengan kecepatan penerima tidak bergerak sementara kecepatan pengirim 20 km/jam

- b. Kecepatan penerima tidak bergerak, sementara kecepatan pengirim 30 km/jam



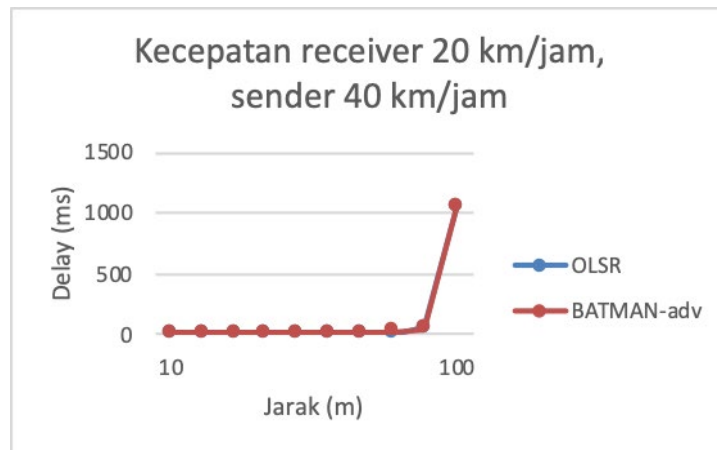
Gambar 5.8 Hasil pengujian *delay* terhadap jarak dengan kecepatan penerima tidak bergerak sementara kecepatan pengirim 30 km/jam

- c. Kecepatan penerima 20 km/jam, sementara kecepatan pengirim 30 km/jam



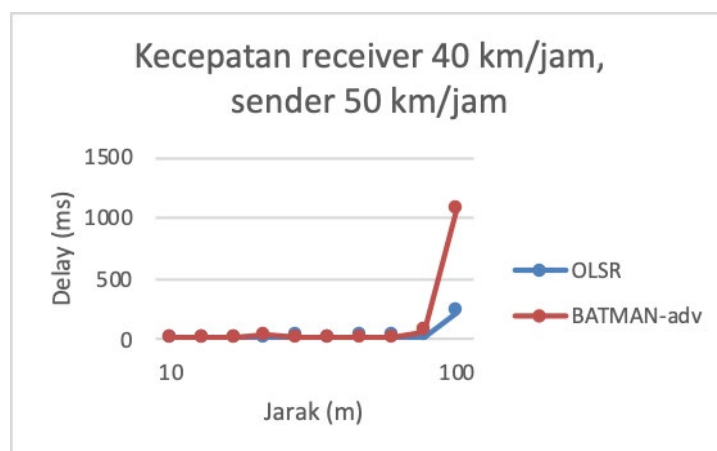
Gambar 5.9 Hasil pengujian *delay* terhadap jarak dengan kecepatan penerima 20 km/jam, sementara kecepatan pengirim 30 km/jam

- d. Kecepatan penerima 20 km/jam, sementara kecepatan pengirim 40 km/jam



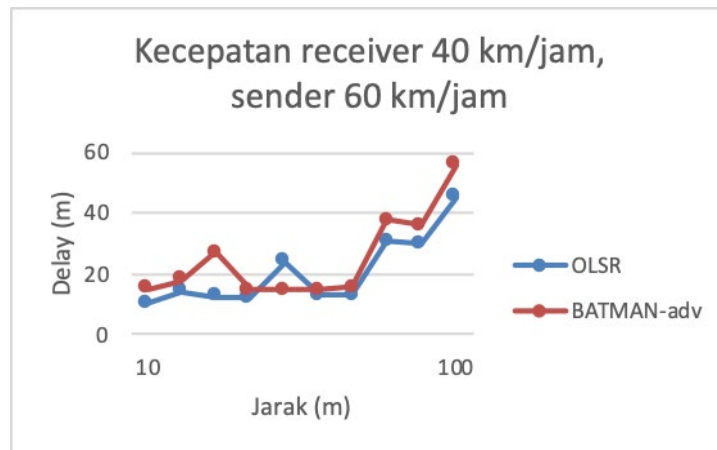
Gambar 5.10 Hasil pengujian *delay* terhadap jarak dengan kecepatan penerima 20 km/jam, sementara kecepatan pengirim 40 km/jam

- e. Kecepatan penerima 40 km/jam, sementara kecepatan pengirim 50 km/jam



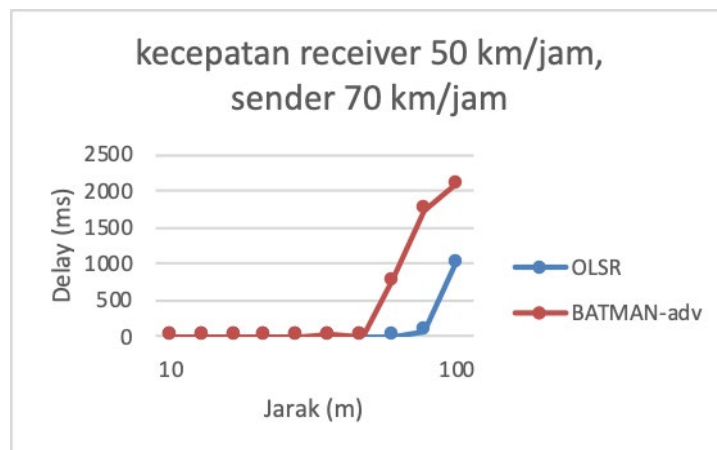
Gambar 5.11 Hasil pengujian *delay* terhadap jarak dengan kecepatan penerima 40 km/jam, sementara kecepatan pengirim 50 km/jam

- f. Kecepatan penerima 40 km/jam, sementara kecepatan pengirim 60 km/jam



Gambar 5.12 Hasil pengujian *delay* terhadap jarak dengan kecepatan penerima 40 km/jam, sementara kecepatan pengirim 60 km/jam

- g. Kecepatan penerima 50 km/jam, sementara kecepatan pengirim 70 km/jam



Gambar 5.13 Hasil pengujian *delay* terhadap jarak dengan kecepatan penerima 50 km/jam, sementara kecepatan pengirim 70 km/jam

Dari data hasil pengujian terlihat bahwa sistem ini dapat berkomunikasi dengan jarak dapat mencapai 100 meter, dengan nilai *delay* cenderung mengalami kenaikan untuk setiap kenaikan jarak. Hal ini disebabkan oleh perambatan sinyal yang semakin jauh dari pengirim ke penerima seiring bertambahnya jarak, sehingga *delay* yang terjadi semakin besar. Adapun pengaruh kecepatan terhadap delay cenderung fluktuatif. Dari variasi skenario kecepatan dan jarak yang telah dilakukan terlihat bahwa routing protocol OLSR memiliki delay yang lebih rendah dibanding routing protocol BATMAN-adv.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem video streaming antar kendaraan dapat digunakan dalam memantau keadaan lalu-lintas kendaraan dari arah depan kendaraan sebagai teknologi pendukung penerapan sistem transportasi cerdas.
2. Sistem video streaming antar kendaraan dapat mencegah terjadinya kecelakaan kendaraan dari arah yang berlawanan.

6.2 Saran

Penambahan fitur peringatan dini ketika terdapat kondisi yang membahayakan dijalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tamin, Ofyar Z, “Perencanaan dan Pemodelan Transportasi”, ITB, Bandung, 2000
- [2] Rustijan, Rizky Adelwin. J. “Manajemen Keselamatan Jaringan Jalan”, Kementerian Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Volume 1, 2011.
- [3] Sutandi, A. Caroline. “Advanced Traffic Control Systems Impacts On Environmental Quality In A Large City In A Developing Country, Journals of Eastern Asia Society of Transportation Studies”, Volume 7, ISSN: 1881-1124, pp. 1169 – 1179, 2007.
- [4] Dia, Hussein, “Introduction of ITS, Proceedings of Short course on Intelligent Transportation Systems”, The University of Queensland, Brisbane, Australia, Nov. 2000.
- [5] E. Kusnandar, “Intellegent Transportation Systems untuk Indonesia”, Kementerian Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Volume 1, 2011.
- [6] E. Kusnandar, “Intellegent Transportation Systems untuk Jalan Bebas Hambatan”, Kementerian Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Volume 1, 2011.
- [7] H. Pandia, “Pengembangan Model Intelligence Transportation System (ITS) untuk Solusi Kemacetan di Indonesia”, Jurnal TeIKa, Volume 5 Nomor 1, April 2013
- [8] Widana I Nyoman Negara, “Pentingnya Rambu Multi Pesan (Variable Messages Sign) Untuk Memberikan Informasi Dini Lalu Lintas Dan Kegiatan Sosial-Budaya Serta Bencana Di Kota Denpasar”, artikel <http://denpasarkota.go.id/>, Diakses 3 September 2015.
- [9] Kulovits H, Stogerer C, Kastner W, "System architecture for variable message signs in Emerging Technologies and Factory Automation", 10th IEEE Conference on ETFa, vol.2, no., pp.7 pp.-909, 19-22 Sept. 2005
- [10] Praveen K, Dhanunjaya R Varun S, “Intelligent transport system using GIS, Advanced traveler information system for Hyderabad City“, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, April 2005
- [11] Nanok A. S, M. Zen S. H, Taufiqqurahman, Aplikasi Vehicular Ad-Hoc Network Untuk Monitoring Kecelakaan Mobil Di Jalan Raya. Artikel <https://www.pens.ac.id/uploadta/downloadmk.php?id=1770>, Diakses 21 Juli 2017.

- [12] Sutandi, AC & Dia, H., 2005, "Evaluation of the Impacts of Traffic Signal Control Parameters on Network Performance", the 27th Conference of the Australian Institutes of Transport Research, proceedings, December 2005
- [13] Tsugawa, S, "Issues and recent trends in vehicle safety communication systems". IATSS. Research, Journal of international association of traffic and safety sciences, Vol. 29 No.1, 2005
- [14] Y. Ge, T. Kunz, and L. Lamont, "Quality of service routing in adhoc networks using OLSR". *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on*, ser. HICSS '03. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2003
- [15] Open-mesh Org. B.A.T.M.A.N. advanced. (Online) <http://www.open-mesh.org/projects/batman-adv>. Diakses 21 Juli 2017

LAMPIRAN