

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Komunikasi *Vehicle-to-Everything* (V2X), yang mencakup *Vehicle-to-Vehicle* (V2V) dan *Vehicle-to-Infrastructure* (V2I), memungkinkan pertukaran informasi tentang kecepatan, posisi, dan kondisi jalan secara cepat. V2V adalah sistem komunikasi antar kendaraan yang memungkinkan pertukaran informasi secara . V2V berbasis pada teknologi *Dedicated Short Range Communication* (DSRC)[1] untuk mendukung komunikasi yang cepat dengan jarak pendek, sehingga cocok untuk keselamatan di jalan raya. Sistem ini harus memiliki mobilitas yang tinggi, karena kendaraan bergerak secara dinamis di jalanan, yang membutuhkan kemampuan untuk terus terhubung dan bertukar data meskipun dalam situasi yang berubah ubah. [2]

Platooning adalah sekelompok kendaraan yang bergerak berdekatan untuk meningkatkan kapasitas jalan, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan meningkatkan efisiensi transportasi. Pendekatan dalam sistem *platooning* berguna untuk melakukan proses *clustering* yang dimana alokasi sumberdaya akan bergantung juga terhadap konsep *clustering*. Keberhasilan sistem ini sangat bergantung pada kemampuan alokasi sumber daya informasi terhadap kendaraan dalam *cluster* yang dibantu dengan pendekatan sistem platooning. [3]

Pengelompokan kendaraan yang bergerak berdekatan (*clustering*) menjadi salah satu pendekatan penting dalam meningkatkan efisiensi komunikasi pada sistem *Vehicle-to-Everything* (V2X). Meskipun penelitian ini tidak secara eksplisit menerapkan sistem *platooning*, konsep pengelompokan yang menyerupai formasi kendaraan dalam *platoon* menjadi inspirasi dalam pembentukan cluster. Dengan pendekatan ini, alokasi sumber daya dapat dilakukan secara lebih terstruktur berdasarkan distribusi spasial kendaraan, sehingga mendukung efisiensi komunikasi dalam kondisi jaringan yang padat dan dinamis.

Pengembangan sistem komunikasi *Vehicle-to-Everything* (V2X) menjadi penting seiring dengan meningkatnya penggunaan kendaraan otonom dan kebutuhan untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas. Dengan mengembangkan sistem V2X yang efektif, diharapkan dapat mengurangi risiko kecelakaan, meningkatkan mobilitas, dan mengurangi emisi. [4]

Sistem komunikasi *Vehicle-to-Everything* (V2X) juga membutuhkan *resource* dalam berkomunikasi (*bandwidth* dan sinyal), *resource* komunikasi menjadi penting untuk anggota *platoon* di dalam *cluster*, dikarenakan berbagai masalah yang dapat terjadi jika anggota *platoon* tidak mendapat *resource* yang cukup antara lain adalah disruptif pada sinkronisasi dan pecahnya formasi, disruptif pada sinkronisasi akan menyebabkan kendaraan tidak menerima informasi yang tepat mengenai perubahan kondisi kendaraan di depannya.[2]

seperti rem mendadak yang dapat mengakibatkan tabrakan beruntun, dan pecahnya formasi akan menyebabkan formasi *platoon* terputus dan kendaraan akan kembali ke mode individual tanpa koordinasi karena *platoon* yang terputus tadi, hal ini akan mengurangi manfaat dari *platooning* seperti efisiensi bahan bakar dan kelancaran lalu lintas. Masalah-masalah ini dapat muncul dalam kondisi gangguan jaringan seperti kehilangan sinyal atau kapasitas jaringan yang terlalu penuh dan kondisi lalu lintas yang kompleks seperti lingkungan yang padat sehingga anggota *platoon* menghadapi tantangan dalam mempertahankan formasinya. Aspek yang terkait dalam pengembangan komunikasi V2X adalah Pengembangan infrastruktur pendukung seperti *Roadside Units* (RSUs) dan jaringan seluler yang memadai sangat diperlukan untuk memastikan komunikasi yang efektif antara kendaraan dan infrastruktur.[5]

1.2 Analisis Masalah

Penelitian ini membahas permasalahan utama dalam sistem komunikasi *Vehicle-to-Everything* (V2X), khususnya terkait dengan efisiensi komunikasi antara kendaraan dan infrastruktur. Seiring meningkatnya jumlah kendaraan yang saling terhubung, tantangan dalam pengelolaan sumber daya spektrum menjadi semakin kompleks. Keterbatasan bandwidth serta dinamika mobilitas tinggi menuntut sistem komunikasi yang mampu mengalokasikan sumber daya secara efisien dan adaptif.

Salah satu skenario penting dalam V2X adalah *platooning*, yaitu pergerakan beberapa kendaraan secara beriringan dengan jarak yang rapat. Dalam kondisi ini, komunikasi real-time antar kendaraan sangat krusial untuk mempertahankan kestabilan formasi, menjaga jarak aman, dan menghindari potensi kecelakaan. Setiap perubahan kecepatan atau posisi pada satu kendaraan harus segera dikomunikasikan kepada kendaraan lain dalam formasi.

Untuk menangani kompleksitas komunikasi dalam skenario seperti ini, dibutuhkan pendekatan clustering, yang berfungsi untuk mengelompokkan kendaraan berdasarkan kedekatan spasial atau karakteristik jaringan. Dengan pendekatan clustering, sistem dapat mengatur alokasi sumber daya secara lebih terstruktur dan efisien pada masing-masing kelompok kendaraan. Hal ini memungkinkan mekanisme *resource allocation* untuk bekerja secara optimal dalam kondisi jaringan yang padat dan sangat dinamis, seperti pada formasi platooning.

1.2.1 Data Rate

Data rate dalam sistem komunikasi V2X berperan penting dalam memastikan pengiriman informasi antar kendaraan maupun terhadap infrastruktur dapat berlangsung secara cepat dan akurat. Nilai data rate yang tinggi memungkinkan kendaraan untuk bertukar berbagai jenis data secara real-time, seperti peringatan tabrakan, informasi kecepatan, dan kondisi lalu lintas. Hal ini menjadi penting terutama dalam lingkungan dinamis seperti sistem platooning, di mana waktu respons sangat menentukan keselamatan. Dengan semakin tingginya jumlah kendaraan yang terhubung serta meningkatnya kompleksitas teknologi kendaraan pintar, keberadaan data rate yang optimal memastikan bahwa setiap informasi penting dapat diterima tepat waktu untuk mendukung pengambilan keputusan yang efisien.

1.2.2 Spectral Efficiency

Spectral Efficiency menggambarkan seberapa efisien sistem dalam memanfaatkan spektrum frekuensi yang tersedia. Dalam simulasi komunikasi V2X yang dikembangkan, efisiensi spektral yang tinggi memungkinkan sejumlah besar kendaraan maupun infrastruktur untuk saling bertukar data pada waktu yang sama, tanpa menimbulkan gangguan atau penurunan performa komunikasi. Hal ini menjadi sangat penting dalam skenario simulasi dengan kepadatan kendaraan yang bervariasi, karena menjaga sistem tetap stabil dan responsif merupakan kunci dalam mengevaluasi efektivitas algoritma alokasi sumber daya yang diuji.

Spectral Efficiency yang baik tidak hanya mencerminkan kemampuan sistem dalam mengelola kapasitas kanal secara optimal, tetapi juga menunjukkan sejauh mana skema klusterisasi dan alokasi RB (Resource Block) mampu menyesuaikan diri terhadap kondisi jaringan yang berubah-ubah. Dalam implementasi skenario seperti platooning, efisiensi spektral menjadi krusial untuk memastikan komunikasi serentak antar kendaraan dapat

berlangsung dengan latensi rendah dan keandalan tinggi. Oleh karena itu, spectral efficiency merupakan salah satu parameter utama dalam menilai performa sistem V2X modern yang mengandalkan pendekatan cerdas berbasis clustering dan optimasi alokasi sumber daya.[6]

1.2.3 Fairness

Fairness dalam alokasi sumber daya merupakan faktor kunci untuk menjaga kestabilan sistem komunikasi antar kendaraan. Dalam situasi di mana banyak kendaraan berbagi kanal komunikasi yang sama, penting untuk memastikan bahwa setiap kendaraan mendapatkan kesempatan yang setara dalam mengakses sumber daya jaringan. Pendekatan yang adil dalam distribusi resource block (RB) akan mencegah terjadinya dominasi oleh kendaraan tertentu, serta mengurangi risiko keterlambatan pengiriman data bagi kendaraan lain. Sistem yang memiliki tingkat fairness yang tinggi akan mampu menjaga kelancaran komunikasi antar semua kendaraan, memastikan tidak ada pihak yang dirugikan dan mendukung kolaborasi yang lebih efisien dalam ekosistem transportasi cerdas.

1.2.4 Power Efficiency

Power efficiency dalam alokasi sumber daya adalah kemampuan sistem dalam memilih user dan resource block (RB) sehingga rasio antara jumlah bit yang ditransmisikan dengan daya yang dikonsumsi menjadi maksimum. Hal ini berarti sistem tidak hanya fokus pada throughput tinggi, tetapi juga mempertimbangkan hemat daya untuk mendukung efisiensi energi.

Dalam konteks komunikasi Vehicle-to-Everything (V2X), efisiensi daya menjadi aspek krusial, terutama pada skenario dengan mobilitas tinggi dan kepadatan pengguna yang dinamis. Penggunaan daya yang tidak efisien dapat menyebabkan gangguan komunikasi, peningkatan interferensi, serta penurunan kinerja sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengalokasian resource yang mempertimbangkan power efficiency diperlukan untuk mendukung kestabilan komunikasi, menjaga umur perangkat, serta meminimalkan beban jaringan, khususnya dalam skema berbasis cluster seperti pada platooning. Strategi alokasi yang memperhatikan efisiensi daya tidak hanya membantu dalam menurunkan konsumsi energi per kendaraan, tetapi juga menjaga keberlangsungan sistem jaringan dalam skala besar.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi performa sistem komunikasi Vehicle-to-Everything (V2X) dengan menggabungkan algoritma clustering dan alokasi sumber daya. Penelitian ini secara khusus ingin menganalisis seberapa efektif kombinasi algoritma cluster dengan alokasi sumberdaya dalam berbagai kondisi jaringan, termasuk perbedaan waktu aktif pengguna dan perubahan posisi Base Transceiver Station (BTS). Melalui simulasi pada empat skenario berbeda, performa sistem dinilai menggunakan beberapa parameter, seperti total kapasitas data (sumrate), rata-rata kecepatan data, efisiensi spektrum, efisiensi daya, dan tingkat pemerataan alokasi (fairness). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk melihat sejauh mana masing-masing kombinasi algoritma mampu beradaptasi dengan perubahan kondisi kanal dan penyebaran pengguna yang dinamis. Dengan begitu, diharapkan penelitian ini dapat mengidentifikasi kombinasi algoritma yang paling optimal dalam memaksimalkan kapasitas jaringan sekaligus menjaga keadilan dalam pembagian sumber daya antar pengguna.

1.4 Analisis Solusi yang Ada

Dalam pengembangan komunikasi V2X (Vehicle-to-Everything), terdapat beberapa Algoritma yang dapat dipertimbangkan untuk menyelesaikan permasalahan komunikasi V2X yang memilih perilaku kendaraan, seperti perbedaan kecepatan antar kendaraan. Analisis ini akan membahas keunggulan dan kelemahan dari beberapa algoritma yang sudah kami pertimbangkan.

1.4.1 Algoritma Clustering Fuzzy C-Means

Fuzzy C-Means memungkinkan satu data point menjadi anggota beberapa cluster dengan derajat keanggotaan berbeda. Dalam V2V untuk menangani situasi dimana kendaraan berada di perbatasan antar cluster, memberikan fleksibilitas lebih dalam pengelolaan transisi antar cluster.

1.4.2 Algoritma Clustering DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)

Mengelompokkan data berdasarkan kepadatan, efektif untuk data dengan noise terbagi menjadi tiga outlier, border dan core.[7]

1.4.3 Algoritma K-Means

K-means merupakan algoritma clustering yang membagi n observasi ke dalam k cluster dimana setiap observasi dimiliki oleh cluster dengan mean terdekat. Dalam konteks V2V, menerapkan K-means untuk mengelompokkan kendaraan berdasarkan karakteristik seperti kecepatan dan posisi, memungkinkan manajemen sumber daya yang lebih efisien.[8]

1.4.4 Algoritma K-Medoids

Algoritma clustering yang bekerja dengan memilih pusat cluster (medoid) dari data asli, sehingga lebih tahan terhadap outlier dibandingkan K-Means. Dalam konteks komunikasi V2V, algoritma ini dapat digunakan untuk mengelompokkan kendaraan berdasarkan posisi atau kecepatan secara lebih stabil.

1.4.5 Agglomerative Hierarchical Clustering

Agglomerative Hierarchical Clustering membentuk cluster secara bertahap dari bawah ke atas, dengan menggabungkan data yang paling dekat hingga terbentuk struktur hierarki. Dalam komunikasi V2V, algoritma ini membantu memetakan hubungan kendaraan secara bertingkat tanpa perlu menentukan jumlah cluster di awal.[9]

1.4.6 Density-Based Algorithm

Algoritma berbasis kepadatan dalam V2V mempertimbangkan distribusi spasial kendaraan untuk membentuk cluster. Metode ini efektif untuk jaringan dengan kepadatan tidak merata dan mampu beradaptasi dengan perubahan dinamis dalam pola lalu lintas.

1.4.7 Algoritma Genetika

Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi solusi terbaik dalam konteks komunikasi Vehicle-to-Vehicle (V2X). Dalam proses ini, solusi-solusi yang paling efektif dalam pengalokasian sumber daya atau pengaturan rute akan dipilih sebagai "induk" untuk generasi berikutnya. Proses ini diulang secara berkelanjutan, sehingga setiap generasi baru menghasilkan lebih banyak solusi dengan tingkat kecocokan (fitness) yang lebih tinggi, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem komunikasi V2X secara keseluruhan.[10]

1.4.8 Algoritma Greedy

Algoritma Greedy mengambil keputusan secara bertahap dengan memilih opsi terbaik di setiap langkah berdasarkan nilai local. Dalam konteks alokasi resource V2V, pendekatan ini digunakan untuk memberikan sumber daya seperti RB kepada kendaraan dengan sinyal atau prioritas terbaik secara cepat dan efisien. Meskipun prosesnya sederhana dan cepat, hasil akhirnya belum tentu optimal secara keseluruhan karena tidak mengevaluasi semua kemungkinan kombinasi.

1.5 Metode Penelitian

1.5.1 Desain Model dan Formulasi

Pada tahap ini, model sistem yang menjadi fokus penelitian dirancang secara menyeluruh melalui proses perumusan dan pengembangan yang sistematis Model tersebut di susun sebagai landasan utama dalam pelaksanaan penelitian. Setiap komponen dalam sistem dianalisis secara mendalam untuk memastikan bahwa seluruh variabel dan parameter yang relevan telah terakomodasi secara tepat.

1.5.2 Perancangan Algoritma

Pada tahap perancangan algoritma mencakup proses penulisan serta pengembangan algoritma ke dalam bentuk kode pemrograman yang kompatibel dengan perangkat lunak simulasi yang dipilih. Tahapan ini memerlukan pemahaman yang mendalam terhadap logika serta urutan prosedural dari algoritma, yang kemudian diimplementasikan ke dalam kode secara efisien dan tepat. Pemilihan bahasa pemrograman dan platform simulasi yang sesuai menjadi faktor krusial dalam menunjang efektivitas simulasi. Setelah proses implementasi selesai, dilakukan pengujian awal untuk memastikan bahwa algoritma berjalan sesuai dengan rancangan, serta siap untuk tahap pengujian dan validasi lanjutan di lingkungan simulasi.

1.5.3 Proses Simulasi Algoritma dan Analisis

Pada tahap ini, algoritma yang telah dirancang diimplementasikan kedalam bahasa pemrograman yang telah dipilih untuk menjalankan proses simulasi. Simulasi dilakukan dengan memasukan parameter-parameter yang telah ditetapkan sebelumnya

guna merepresentasikan kondisi sistem secara realistis. Melalui implementasi ini, diperoleh keluaran yang mencerminkan performa algoritma dalam berbagai skenario.

1.5.4 Kesimpulan Hasil

Data analisis dari simulasi digunakan untuk merespon pertanyaan dan permasalahan yang menjadi fokus penelitian. Data yang diperoleh dari proses simulasi berperan sebagai dasar untuk mendukung atau menyanggah hipotesis yang telah dirumuskan.