

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Keselamatan dalam sistem transportasi modern menjadi aspek utama yang semakin penting seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan di jalan raya. Pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat telah menyebabkan kepadatan lalu lintas yang tinggi, yang berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan dan kemacetan. Menurut data dari *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA), kecelakaan lalu lintas masih menjadi penyebab utama kematian dan cedera serius di banyak negara, terutama di daerah perkotaan [1]. Selain itu, kemacetan yang terjadi secara rutin tidak hanya mengganggu efisiensi pergerakan, tetapi juga berkontribusi terhadap polusi udara dan pemborosan energi [2].

Kesulitan pengemudi dalam menjaga jarak aman antar kendaraan menjadi salah satu penyebab kecelakaan lalu lintas, terutama pada kecepatan tinggi [3]. Banyak pengemudi yang tidak dapat secara konsisten mempertahankan jarak yang tepat, baik karena kelalaian, kelelahan, atau keterbatasan waktu reaksi terhadap perubahan situasi di jalan [4]. Hal ini dapat berisiko menyebabkan kecelakaan beruntun, di mana beberapa kendaraan terlibat dalam tabrakan berantai akibat jarak yang terlalu dekat antara kendaraan satu dengan lainnya. Menurut data dari *Fatality Analysis Reporting System (FARS)* pada tahun 2022, 81% kecelakaan fatal yang melibatkan truk besar terjadi dalam kecelakaan multi-kendaraan, di mana truk besar sering kali menjadi bagian dari tabrakan berantai [5].

Perkembangan teknologi *smart vehicles* telah membawa transformasi signifikan dalam paradigma transportasi modern. Kendaraan cerdas dilengkapi dengan berbagai sensor, sistem kontrol canggih, dan kemampuan komunikasi nirkabel yang memungkinkan mereka berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya secara *real-time* [6]. Teknologi ini memungkinkan kendaraan untuk mengumpulkan dan memproses data secara mandiri, sehingga dapat mengambil keputusan yang lebih cepat dan akurat dalam berbagai situasi lalu lintas. Selain itu, integrasi meningkatkan kemampuan kendaraan dalam beradaptasi.

Salah satu aspek kunci dari kendaraan cerdas adalah komunikasi antar kendaraan yaitu *Vehicle-to-Vehicle* (V2V), yang memungkinkan pertukaran informasi seperti posisi, kecepatan, dan arah pergerakan antar kendaraan [7]. Menurut penelitian oleh T. R. Gonçalves et al., komunikasi V2V memainkan peran penting dalam meningkatkan keselamatan dengan memberikan peringatan dini tentang potensi bahaya, seperti tabrakan atau pengereman mendadak [8]. Selain itu, V2V juga berkontribusi pada efisiensi lalu lintas dengan memungkinkan kendaraan untuk berkoordinasi dalam hal kecepatan dan jarak, sehingga mengurangi kemacetan dan meningkatkan aliran lalu lintas [9].

Kemampuan V2V ini menjadi fondasi utama dalam implementasi *platooning*, yang merupakan konsep di mana kendaraan bergerak dalam formasi berdekatan dengan jarak yang aman, saling terhubung melalui sistem komunikasi nirkabel [10]. Dalam sistem *platooning*, komunikasi V2V memungkinkan kendaraan untuk saling berkoordinasi secara *real-time*, menjaga kecepatan dan jarak yang konsisten, merespons kondisi jalan yang berubah secara dinamis, serta merespons perubahan kondisi jalan dengan cepat [10].

Dalam aplikasi komunikasi antar kendaraan, komunikasi yang stabil dan efisien oleh karenanya diperlukan teknologi tambahan salah satunya *Dedicated Short-Range Communications* (DSRC). Teknologi ini merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang dirancang khusus untuk aplikasi transportasi, terutama dalam mendukung komunikasi sistem transportasi cerdas [11]. Teknologi ini memungkinkan pertukaran data berkecepatan tinggi antara kendaraan. DSRC beroperasi pada frekuensi 5.9 GHz dan didasarkan pada standar IEEE 802.11p, yang telah dialokasikan secara global khusus untuk aplikasi transportasi cerdas [12]. Standar IEEE 802.11p mengatur penggunaan kanal 10 MHz dalam pita 5,9 GHz untuk meningkatkan toleransi terhadap efek *Doppler* dan *multi-path* yang umum terjadi dalam komunikasi kendaraan [12] [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model komunikasi V2V yang efektif untuk sistem *platooning* dengan memanfaatkan frekuensi 5,9 GHz dan standar IEEE 802.11p. Fokus utama penelitian ini adalah untuk memastikan koordinasi antara kendaraan dalam formasi *platooning*, yang diharapkan dapat

meningkatkan keselamatan dan memaksimalkan efisiensi lalu lintas. Dengan memodelkan dan mensimulasikan komunikasi dalam skenario nyata, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan solusi terhadap tantangan komunikasi yang ada, serta membuka jalan bagi implementasi sistem transportasi cerdas dan kendaraan otonom yang lebih luas di masa depan.

## 1.2 Penelitian Terkait

Penelitian terkait menegaskan keaslian penelitian serta membandingkannya dengan riset sebelumnya sebagai acuan. Penjelasan singkat diberikan untuk memperkuat alasan penelitian dilakukan. Tabel 1.1 memuat referensi penelitian sejenis dari peneliti terdahulu.

Tabel 1. 2 Penelitian Terkait

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
1	Hou, J., Chen, G., Huang, J., Qiao, Y., Xiong, L., Wen, F., Knoll, A., & Jiang, C.	2023	<i>Large-Scale Vehicle Platooning Advances and Challenges in Scheduling</i>
2	Cao, L., Yin, H., Hu, J., & Zhang, L.	2021	<i>Performance Analysis and Improvement on DSRC Application for V2V Communication</i>
3	Lee, Y., Ahn, T., Lee, C., Kim, S., & Park, K.	2020	<i>2020 A Novel Path Planning Algorithm for Truck Platooning Using V2V Communicatio</i>
4	Gonçalves, T. R., Varma, V., & Elayoubi, S. E.	2020	<i>Vehicle platooning schemes considering V2V</i>
5	El Zorkany, M., Yasser, A., & Galal, A. I.	2020	<i>Vehicle To Vehicle “V2V” Communication Scope, Importance, Challenges, Research Directions</i>

Paper [9] membahas kemajuan dan tantangan dalam penjadwalan dan perencanaan platooning kendaraan, dengan menekankan pentingnya komunikasi *vehicle-to-vehicle* untuk mengoptimalkan aliran lalu lintas. Penelitian ini menyoroti perlunya algoritma penjadwalan untuk menangani dinamika pembentukan *platoon*, pergantian jalur, dan interaksi dengan lampu lalu lintas. Beberapa teknik penjadwalan, seperti metode berbasis aturan dan pendekatan optimasi diterapkan untuk meningkatkan operasi *platoon*, seperti efisiensi bahan bakar, meminimalkan waktu tempuh, dan mengoptimalkan penggunaan infrastruktur lalu lintas.

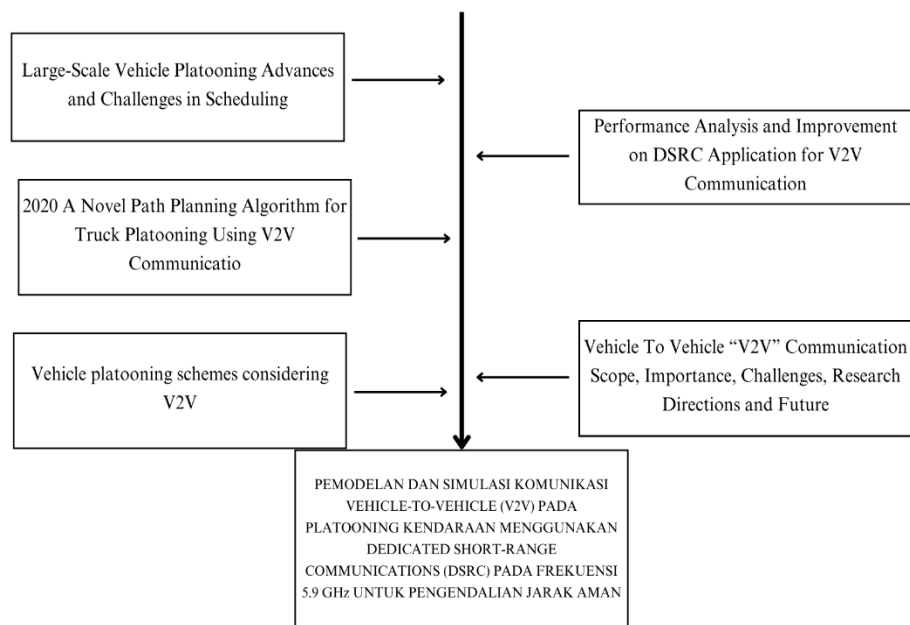
Paper [11] membahas analisis kinerja dan perbaikan DSRC dalam komunikasi *vehicle-to-vehicle*, Penulis mengembangkan model analitik untuk menganalisis *Packet Delivery Ratio* (PDR) dan waktu *delay* pada mode siaran periodik. Untuk meningkatkan kinerja DSRC paper ini memperkenalkan skema *Semi-persistent Contention Density Control* (SpCDC) yang mengurangi kepadatan kontensi saluran komunikasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa SpCDC dapat meningkatkan PDR lebih dari 10% dan mengurangi waktu penerimaan lebih dari 50%, terutama di skenario dengan beban kendaraan tinggi.

Paper [10] membahas pengembangan algoritma perencanaan jalur untuk platooning truk menggunakan komunikasi *vehicle-to-vehicle*. Algoritma tersebut menggabungkan penggunaan filter Kalman, komunikasi V2V, dan metode konversi koordinat untuk menghitung jalur kendaraan depan yang digunakan sebagai jalur target bagi kendaraan pengikut. Algoritma ini mengatasi tantangan perencanaan jalur pada kendaraan pengikut yang terhalang oleh kendaraan depan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa algoritma ini meningkatkan stabilitas lateral dan memungkinkan kendaraan pengikut mengikuti jalur kendaraan depan dengan akurat.

Paper [8] mengembangkan skema kontrol dinamis untuk platooning kendaraan yang menggabungkan kualitas komunikasi *vehicle-to-vehicle* dengan teknologi *Predicted Cooperative Adaptive Cruise Control* (PCACC). Penelitian ini menyesuaikan parameter kontrol berdasarkan kualitas link komunikasi untuk meminimalkan jarak antar kendaraan dan menghindari rem darurat. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kontrol adaptif yang disesuaikan berdasarkan kualitas

komunikasi lebih efektif daripada kontrol statis, meningkatkan efisiensi dan keselamatan platooning, terutama dalam kondisi lalu lintas padat atau gangguan komunikasi.

Paper [7] membahas komunikasi *vehicle-to-vehicle* dalam sistem transportasi cerdas. Fokus penelitian ini adalah tantangan dalam standarisasi protokol komunikasi, evaluasi kinerja, dan pengintegrasian teknologi V2V dan IEEE 802.11p. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun V2V menawarkan manfaat besar, tantangan terkait keamanan, skalabilitas, dan pengelolaan data tetap perlu diatasi.



Gambar 1.1 Penelitian Terdahulu

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa hal berikut:

1. Bagaimana pemodelan dan simulasi sistem komunikasi V2V pada *platooning* kendaraan menggunakan DSRC pada frekuensi 5.9 Ghz untuk pengendalian jarak aman?
2. Bagaimana kinerja sistem komunikasi V2V pada *platooning* kendaraan menggunakan DSRC pada frekuensi 5.9 Ghz untuk pengendalian jarak aman berdasarkan hasil simulasi?

## 1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah maka dapat dirumuskan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pemodelan dan mensimulasikan sistem komunikasi V2V berbasis DSRC untuk memastikan pengendalian jarak aman dalam *platooning* kendaraan.
2. Menganalisis kinerja sistem komunikasi V2V pada *platooning* kendaraan menggunakan DSRC pada frekuensi 5.9 Ghz untuk pengendalian jarak aman berdasarkan hasil simulasi?

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

### 1 Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik dalam pengembangan ilmu komunikasi kendaraan V2V, khususnya dalam pemodelan dan simulasi komunikasi *platooning* kendaraan menggunakan DSRC pada frekuensi 5.9 GHz.

### 2 Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi praktis untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas dengan optimasi pengendalian jarak aman antar kendaraan dalam *platooning* melalui teknologi komunikasi V2V.

## 1.6 Batasan Masalah

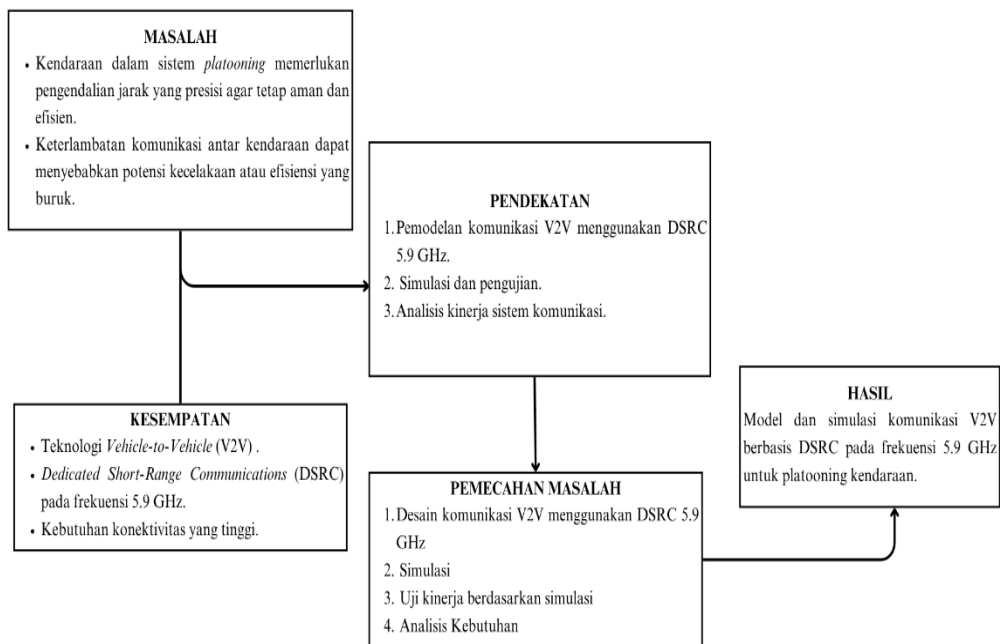
Tujuan batasan masalah yaitu supaya menghindari adanya penyimpangan atau perluasan topik, agar penelitian lebih terarah, sehingga dapat mencapai tujuan penelitian. Beberapa batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian adalah tiga kendaraan dalam satu formasi *platoon*.
2. Jenis kendaraan yang dimodelkan adalah truk tipe *tractor-trailer* (Kendaraan berat).
3. Pengujian dilakukan sepenuhnya melalui simulasi.
4. *Platoon* bergerak pada satu lajur lurus dan tanpa perpindahan lajur.
5. Kondisi lalu lintas terkendali dan tanpa kendaraan lain.

6. Sistem menggunakan model IEEE 802.11p.
7. Tidak ada gangguan eksternal seperti pejalan kaki atau hambatan dinamis.
8. Fokus kendali adalah kendali longitudinal.
9. Kecepatan operasi dibatasi pada rentang yang ditetapkan pada skenario simulasi.
10. Jarak awal antar kendaraan (*initial spacing*) ditentukan sesuai skenario uji dan dapat divariasikan.

### 1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan alur sistematis dari hasil perumusan masalah yang diperkirakan dapat diselesaikan melalui pendekatan yang dibutuhkan. Adapun penjabaran kerangka berpikir ini dapat dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 1.2 Kerangka Berpikir

### 1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan suatu tahap penyusunan data dan penulisan dalam suatu laporan yang terdiri dari 5 bab agar dapat menghasilkan penulisan yang baik, diantaranya-Nya sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang, penelitian terkait, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

## **BAB II TEORI DASAR**

Pada bab ini berisi tentang teori dasar yang digunakan dalam penelitian serta memberikan gambaran yang digunakan dalam penelitian ini.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tahapan penelitian, metode yang digunakan, perancangan skenario simulasi, serta alur kerja pengujian sistem komunikasi V2V untuk platooning menggunakan simulasi MATLAB.

## **BAB IV DESAIN PEMODELAN**

Berisi desain dan implementasi model sistem, meliputi pemodelan kendaraan dinamika longitudinal, pemodelan komunikasi V2V pengemasan dan pertukaran pesan/BSM, serta pemodelan pengendali jarak aman spacing/spacing error dan error kecepatan yang digunakan untuk membentuk dan mempertahankan platoon.

## **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Berisi skenario pengujian dan hasil simulasi, termasuk analisis kinerja leader dan follower, evaluasi tracking berdasarkan error jarak dan error kecepatan, evaluasi komunikasi berdasarkan PRR dan kondisi in-range/out-of-range, serta analisis kestabilan platoon pada tiap skenario.