

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kendaraan memegang peran penting dalam mobilitas manusia di abad ke-21 ini, termasuk di Indonesia. Jarak yang jauh hingga ribuan kilometer bukan lagi masalah di tengah perkembangan teknologi transportasi yang semakin canggih. Kebutuhan akan kenyamanan dan kestabilan dalam berkendara sangat diperhatikan seiring meningkatnya jumlah penggunaan kendaraan di Indonesia. Salah satu kendaraan yang paling banyak digunakan adalah mobil (Gaikindo, 2023). Kenyamanan dan keamanan dalam mengendarai mobil merupakan salah satu faktor utama yang diperhatikan pengemudi dan penumpang. Meski demikian, tak bisa dipungkiri profil jalan yang tidak rata akan selalu menyebabkan terjadinya getaran dan guncangan pada mobil. Selain profil jalan yang tidak rata, getaran dan guncangan pada mobil juga berasal dari mesin mobil. Untuk mengurangi getaran dan guncangan tersebut setiap mobil perlu dilengkapi dengan sistem suspensi untuk meredam getaran tersebut sebaik mungkin sebelum diteruskan ke bodi kendaraan (Buntarto, 2015).

Sistem suspensi merupakan komponen mekanik pada mobil yang memiliki peran penting untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan berkendara. Posisi sistem suspensi pada kendaraan terletak di antara bodi kendaraan dengan roda-rodanya. Suspensi terdiri atas dua komponen utama, yaitu pegas dan *shock absorber* (peredam kejut) (Buntarto, 2015). Dinamika kendaraan secara vertikal memodelkan kendaraan menjadi tiga, yaitu sistem suspensi model seperempat bagian mobil (*quarter car*), model setengah bagian mobil (*half car*), dan model mobil penuh (*full car*). Model seperempat bagian mobil adalah model yang paling sederhana karena hanya merepresentasikan satu roda dan bagian kecil dari bodi mobil yang terhubung dengan roda serta hanya mampu memodelkan gerakan naik turun pada satu roda (Mudduluru & Mahmoud, 2021).

Model setengah bagian mobil mencakup dua roda, yaitu roda depan dan belakang, serta setengah bodi mobil yang berada di antara kedua roda tersebut.

Struktur utama model setengah bagian mobil biasanya terdiri dari satu massa pegas (bodi kendaraan) dan dua massa tak berpegas (roda) dengan sistem suspensi depan dan belakang. Setiap sistem suspensi terdiri dari elemen peredam dan pegas untuk mengisolasi gangguan jalan dari bodi kendaraan. Sistem suspensi model setengah bagian mobil mampu memodelkan gerakan naik turun dan gerakan *pitching* pada mobil (Matrood & Nassar, 2024). Sementara itu, model mobil penuh (*full car*) merupakan model yang cukup kompleks karena merepresentasikan seluruh bagian mobil dan mampu memodelkan gerakan naik-turun, *pitching*, dan *rolling* pada mobil (Mudduluru & Mahmoud, 2021).

Perancangan sistem suspensi yang tepat dan optimal diperlukan agar getaran yang ditimbulkan oleh profil jalan tidak rata dan dari getaran mesin dapat diserap sepenuhnya oleh sistem suspensi mobil. Pemodelan matematika sistem suspensi perlu dilakukan untuk memudahkan dalam proses analisa respon dinamis pada suspensi mobil. Pemodelan matematika sistem suspensi setengah bagian mobil dapat diperoleh melalui penerapan Hukum II Newton pada penurunan persamaan dinamis sistem suspensi yang akan menghasilkan persamaan *state space* (Uddin et al., 2021).

Suatu cara memberi perlakuan pada sistem dinamis sehingga perilaku sistem dinamis menjadi seperti yang diinginkan dinamakan metode kendali. Kendali diperlukan untuk mencapai sistem suspensi yang optimal dan mampu meredam getaran sebaik mungkin, sehingga kenyamanan dan keamanan berkendara dapat dicapai. Kendali optimal (*optimal control*) adalah salah satu metode desain kendali yang paling populer pada desain sistem suspensi kendaraan. Salah satu metode kendali optimal yang biasa diaplikasikan pada sistem suspensi adalah metode kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR). Metode kendali lainnya yang dapat digunakan dalam desain sistem suspensi adalah kendali *fuzzy*, kendali PID (*proportional integral and derivative*), kendali *adaptive backstepping*, dan *Model Predictive Control* (MPC) (Uddin et al., 2021).

Metode kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) merupakan metode kendali yang mampu menstabilkan sistem dengan membawa sistem ke posisi nol atau biasa disebut sebagai regulator, dengan cara meminimalkan fungsi tujuan yang berbentuk kuadratik (Salmah, 2020). Matriks Q dan R merupakan parameter desain kendali dari metode *Linear Quadratic Regulator*. Memvariasikan matriks pembobotan Q dan R akan menghasilkan respons sistem yang berbeda (Uddin, 2019). Selain populer diaplikasikan pada sistem suspensi, metode LQR juga biasa diaplikasikan pada pengendalian motor DC yang merupakan perangkat elektronik yang digunakan pada bidang robotika, industri bahkan banyak ditemui dalam kehidupan sehari – hari (Firdaus et al., 2023; Hudati et al., 2023). Selain itu, kendali LQR juga dapat diaplikasikan pada pesawat *flying wing* untuk mengendalikan sudut *roll* sehingga mampu mempertahankan sikap longitudinal-nya (Susanto et al., 2020).

Pada penelitian ini akan digunakan sistem suspensi setengah bagian mobil karena model setengah bagian mobil mampu memberikan analisis lebih mendalam dari model seperempat bagian mobil, namun proses analisis modelnya tidak sekompleks model mobil penuh, Sistem suspensi yang akan diberi kendali berbentuk persamaan *state space* linear. Metode kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) akan diterapkan pada sistem suspensi setengah bagian mobil untuk menghasilkan sistem suspensi yang optimal dan mampu meredam getaran sebaik mungkin, sehingga kenyamanan dan keamanan berkendara dapat dicapai. Hal inilah yang melatarbelakangi penelitian dengan judul “**Aplikasi Kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) pada Sistem Suspensi Setengah Bagian Mobil**”.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana memodelkan sistem suspensi setengah bagian mobil?
2. Bagaimana menentukan kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) pada sistem suspensi setengah bagian mobil?

3. Bagaimana aplikasi metode kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) pada kestabilan sistem suspensi setengah bagian mobil?

C. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada pengaplikasian metode kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) pada sistem suspensi setengah bagian mobil.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk

1. Memodelkan sistem suspensi setengah bagian mobil.
2. Menentukan kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) pada sistem suspensi setengah bagian mobil.
3. Mengaplikasikan metode kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) pada sistem suspensi setengah bagian mobil.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan Penulis terkait metode kendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) dan aplikasinya pada sistem suspensi setengah bagian mobil.
2. Hasil penelitian ini dapat diterapkan pada pengembangan pengetahuan dan teknologi sistem suspensi mobil.
3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi pada penelitian berikutnya.