

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan kendaraan listrik sangat eksponensial dalam beberapa tahun terakhir karena tingginya harga minyak di pasar dunia, serta pengembangan baterai yang tahan lama dan motor listrik yang lebih kuat dan efisien. Kendaraan listrik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan kendaraan dengan mesin pembakaran dalam. Beberapa keunggulan kendaraan listrik seperti tidak ada emisi gas efek kaca, karakteristik torsi yang lebih baik, efisiensi motor yang lebih tinggi, kemungkinan mengembalikan energi ke baterai dan banyak lainnya. Kendaraan listrik juga memiliki kelemahan tertentu, terutama terkait dengan ukuran baterai, waktu pengisian dan kapasitas [1].

Adapun kendaraan listrik yang banyak dikembangkan menggunakan konfigurasi empat roda dan juga tiga roda dimana tidak seperti mobil konvensional yang menggunakan empat roda sebagai konfigurasi dasarnya, kendaraan dengan konfigurasi tiga roda memiliki karakteristik bermanuver yang lebih ekstrem, tiga roda adalah jumlah minimal untuk memiliki stabilitas statis kendaraan, sementara biaya produksi dan perawatan berkurang, terutama untuk *all wheel drive*. Kelemahan dari kendaraan roda tiga adalah stabilitas yang berkurang, jika dibandingkan dengan kendaraan roda empat, terutama saat manuver menikung [1].

Pada kendaraan listrik secara umum menggunakan motor listrik yang difungsikan sebagai aktuator dimana biasanya menggunakan jenis motor AC maupun DC, motor DC menyediakan cara kendali yang sederhana dan tepat serta memiliki sejarah penggunaan yang panjang di berbagai industri. Selain efisien, motor DC menunjukkan torsi awal yang tinggi yang membantu mencegah kenaikan beban secara acak dan tiba-tiba. Motor DC *Brushless* (BLDC) telah menjadi pengganti yang paling cocok dan mampu menggantikan motor DC konvensional. Pengaplikasian motor BLDC sudah meluas ke berbagai domain seperti produksi, kedokteran, otomasi industri, elektronik konsumen dan aeronautika. Motor BLDC tidak memiliki kontak fisik antara stator dan rotor, juga untuk memutar motor

belitan stator harus diberi energi secara berurutan yang mana Motor BLDC menggunakan sensor Hall yang tertanam di stator sehingga dapat merasakan rotasi melalui Efek Hall [2].

Pengembangan kendaraan listrik sekarang ini telah banyak dilakukan terutama mengenai kendaraan listrik otonom. Sekarang ini, perusahaan-perusahaan pengembang mobil listrik otonom sedang berlomba-lomba dalam mengembangkan produk mereka. Tesla yang digagas oleh Elon Musk dan Waymo yang didukung oleh Google. Keduanya terus berupaya dalam mengembangkan self-driving skills pada mobil listrik untuk bisa dioperasikan di jalanan. Tidak hanya dalam bentuk mobil listrik yang otonom, namun produk kendaraan otonom berupa bus dan kursi roda otomatis juga sedang dikembangkan. Skema *Bus Autonomous Rapid Transit* (BART) yang mulai diimplementasikan di Guangzhou, China, dan Curitiba, Brazil, serta Whill Next (*self-driving wheeled chair*) yang diujicobakan di Jepang [3].

Salah satu sistem kendali yang banyak digunakan adalah pengendali PID. Kendali PID merupakan gabungan dari ketiga macam metode kendali, yaitu pengendali proporsional (*Proportional Controller*), pengendali integral (*Integral Controller*), dan pengendali turunan (*Derivative Controller*). Perancangan kendali PID masih mendapatkan kesulitan dalam mengatur parameter – parameter PID karena bersifat independen. Jika salah satu nilai konstantanya diubah, mungkin sistem tidak akan bereaksi seperti yang diinginkan. Ketiga parameter tersebut juga tidak dapat berdiri sendiri karena dapat mengakibatkan hasil yang dicapai kurang baik karena memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing [4].

Maka dari itu dibutuhkan pengendalian pada kemudi kendaraan listrik roda tiga untuk kestabilan dalam bermanuver dengan menggunakan kendali optimal yang mana dalam penelitian ini akan digunakan algoritma PID yang menggunakan metode Ziegler-Nichols II sebagai metode kendalinya. Metode kendali ini dipilih karena mampu mengatasi gangguan-gangguan yang terjadi serta mampu diterapkan tanpa menggunakan model matematis.

1.2. *State of The Art*

Demi membuktikan bahwa penelitian ini tidak memiliki unsur plagiarisme terhadap penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain maka secara singkat diuraikan mengenai penelitian sebelumnya tentang kendali kendaraan listrik. Adapun referensi *State of The Art* penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Tabel Referensi

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN
1	<i>Optimal Control of Three-wheel Steering Forklift with Steer-by-wire</i> [5]	Yang Liu, Benxian Xiao, Zhizheng Jiang, dan Yigang He.	2017
2	<i>Comparison Between Ziegler-Nichols and AMIGO Tuning Techniques in Automated Steering Control System for Autonomous Vehicle</i> [6]	Nadia Nabilah Binti Mohd Mazlan, Norashikin M. Thamrin, dan Noorfadzli Abdul Razak	2020
3	<i>A Differential Steering Control with Proportional Controller for an Autonomous Mobile Robot</i> [7]	Mohd Saifizi Saidonr, Md Noor Rudzuan, dan Hazry Desa.	2019
4	<i>Research on Fuzzy PID Control of Electronically Controlled Hydraulic Power Steering System for Unmanned Agricultural Vehicle</i> [8]	Yibo Li, Qi Cao, dan Fang Liu.	2019
5	<i>Design and Simulation for Steer-by-Wire System Based on Fuzzy-PID</i> [9]	Yang Nianjiong dan Liao Qifeng.	2015

NO	JUDUL	PENELITI	TAHUN
6	<i>Development of Steering Control Algorithms with Self-tuning Fuzzy PID for All-terrain Cranes</i> [10]	Jaho Seo, Moohyun Cha, Kwangseok Oh, Young-Jun Park, dan Tae J. Kwon.	2020

Penelitian mengenai kendali pada sistem kemudi serta analisis karakteristik kendaraan dengan konfigurasi roda tiga telah banyak dilakukan dan dipublikasikan, sebagaimana yang tertera pada Tabel 1.1. Penelitian [5], mengusulkan sistem kemudi berbasis *steer-by-wire* pada forklift dengan konfigurasi tiga roda yang mana berfungsi untuk menggantikan kemudi mekanik sehingga mampu dikendalikan secara elektronik. Kendali optimal juga diterapkan untuk mengendalikan kemudi pada roda depan dan juga pada roda belakang.

Penelitian [6], menyajikan desain sistem kendali kemudi otomatis dengan pengendali PID untuk Kendaraan Otonom dengan menggunakan implementasi dan evaluasi metode tuning dengan menggunakan Ziegler-Nichols dan Amigo. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja metode penyetelan Ziegler-Nichols dan Amigo untuk parameter pengontrol PID untuk mengontrol sudut kemudi kendaraan otonom secara *real-time*.

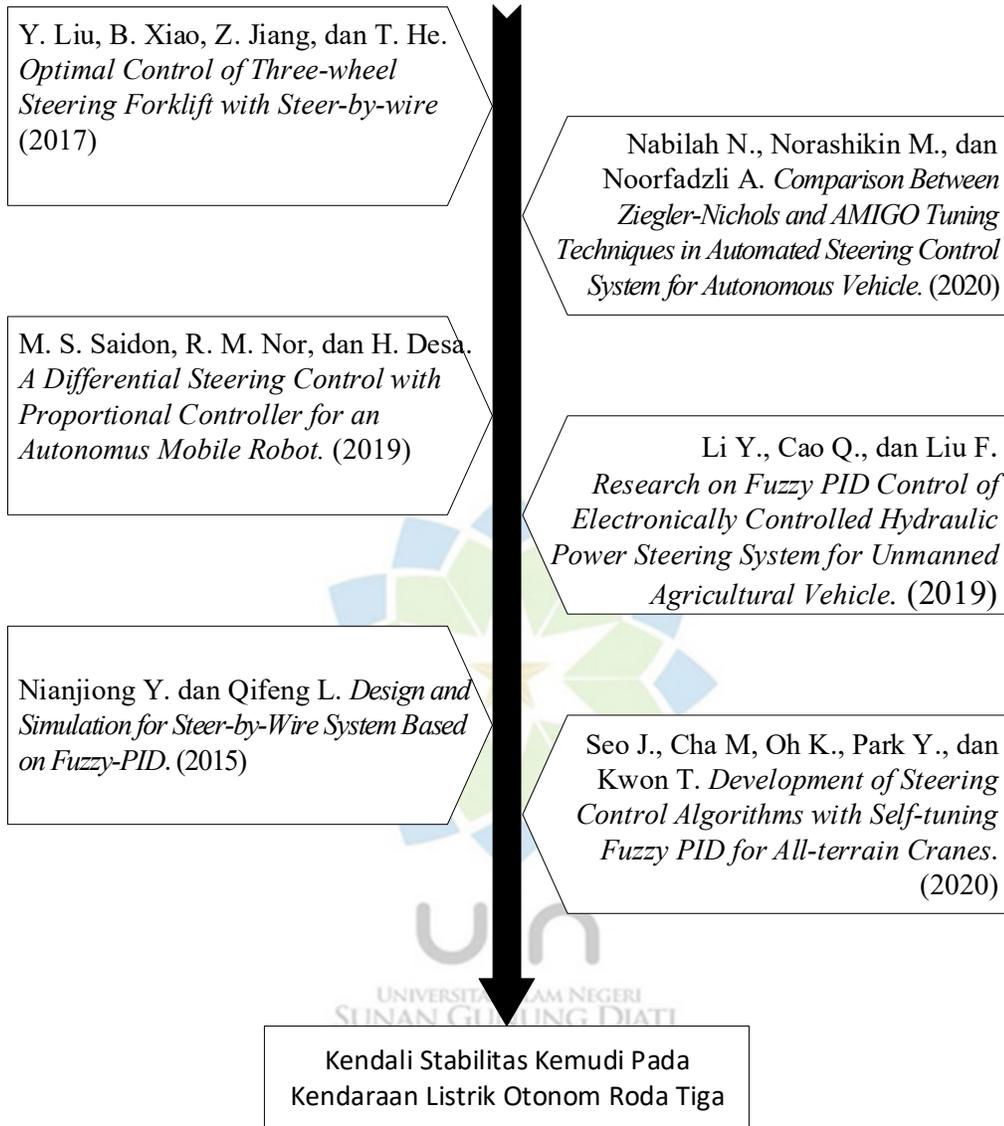
Penelitian [7], mengusulkan kendali kemudi diferensial dengan metode kendali proporsional. Dalam kemudi robot otonom kendali proporsional diterapkan untuk memprediksi jalur yang akan diikuti oleh mobile robot dengan menggunakan kecepatan arus roda, dimana kendali proporsional ini menghasilkan kecepatan roda kanan dan roda kiri yang sama agar mobile robot dapat bergerak lurus. Ini juga digunakan untuk menghasilkan kecepatan yang diinginkan dari roda kanan dan roda kiri untuk kontrol kemudi untuk berbelok ke kiri atau kanan.

Penelitian [8], melakukan perancangan sistem *power steering* hidrolis yang dikendalikan secara elektronik untuk kendaraan pertanian tak berawak. Penelitian ini menetapkan model matematis dari sistem kemudi, dan kemudian merancang kontroler PID-fuzzy dan melakukan eksperimen simulasi melalui MATLAB/simulink.

Penelitian [9], mengusulkan sistem kemudi berbasis *steer-by-wire* dengan menghilangkan hubungan mekanisme antara roda kemudi dan roda sehingga rasio roda kemudi kendaraan dapat dirancang secara bebas sesuai permintaan. Penelitian ini menerapkan kendali Fuzzy-PID, menggunakan torsi target dan torsi aktual motor sebagai input, dan menggunakan metode kendali fuzzy, untuk mendapatkan nilai koefisien gain PID. Koefisien PID ditetapkan sebagai masukan kendali untuk mengendalikan percepatan lateral dari kendaraan.

Penelitian [10], mengusulkan desain algoritma kendali Fuzzy-PID untuk meningkatkan kinerja kemudi *crane* pada segala medan. Dimana sistem kemudi hidrauliknya dimodelkan menggunakan alat simulasi multifisika dan kendali PID-fuzzy menggunakan metode *self-tuning* dikembangkan untuk mengendalikan aktuator kemudi hidraulik.

Berdasarkan hasil tinjauan literatur diatas dapat disimpulkan bahwa penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya merupakan penelitian-penelitian yang membahas mengenai penerapan sistem kendali PID maupun penerapan kendali pada kendaraan roda tiga. Banyak yang melakukan penelitian kendali PID yang digabungkan dengan kendali Fuzzy maupun penerapan kendali pada kendaraan otonom. Maka dari itu pada penelitian tugas akhir ini dilakukan analisis, perancangan, dan penerapan mengenai sistem kendali kestabilan kemudi pada kendaraan listrik otonom roda tiga dengan konfigurasi kemudi roda belakang yang mana memungkinkan kendaraan listrik otonom untuk melakukan manuver berbelok dengan kendali PID dengan metode penyetelan koefisien gain menggunakan metode Ziegler-Nichols II yang mana mampu melakukan penyetelan kendali secara langsung pada sistem tanpa menggunakan pemodelan matematis maupun simulasi pada perangkat lunak, sehingga memiliki kinerja yang lebih baik serta mampu meredam gangguan-gangguan yang terjadi selama bermanuver.



Gambar 1.1 *State of The Art.*

1.3. Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini seperti:

1. Bagaimana karakteristik kendaraan roda tiga dengan konfigurasi kemudi roda belakang.
2. Bagaimana rancangan kendali kemudi kendaraan listrik otonom roda tiga.
3. Bagaimana kinerja kendali stabilitas kemudi pada kendaraan.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Analisis karakteristik kendaraan roda tiga dengan konfigurasi kemudi roda belakang.
2. Merancang kendali stabilitas pada sistem kemudi kendaraan.
3. Analisis kinerja dari penerapan kendali pada kendaraan.

1.5. Manfaat

1. Manfaat akademis
Penelitian ini dapat menjadi potensi untuk pengembangan ilmu pada bidang Sistem Kendali maupun bidang otomotif.
2. Manfaat praktis
Mampu memudahkan kinerja bermanuver pada kendaraan otonom serta meningkatkan stabilitas sistem kemudi pada kendaraan.

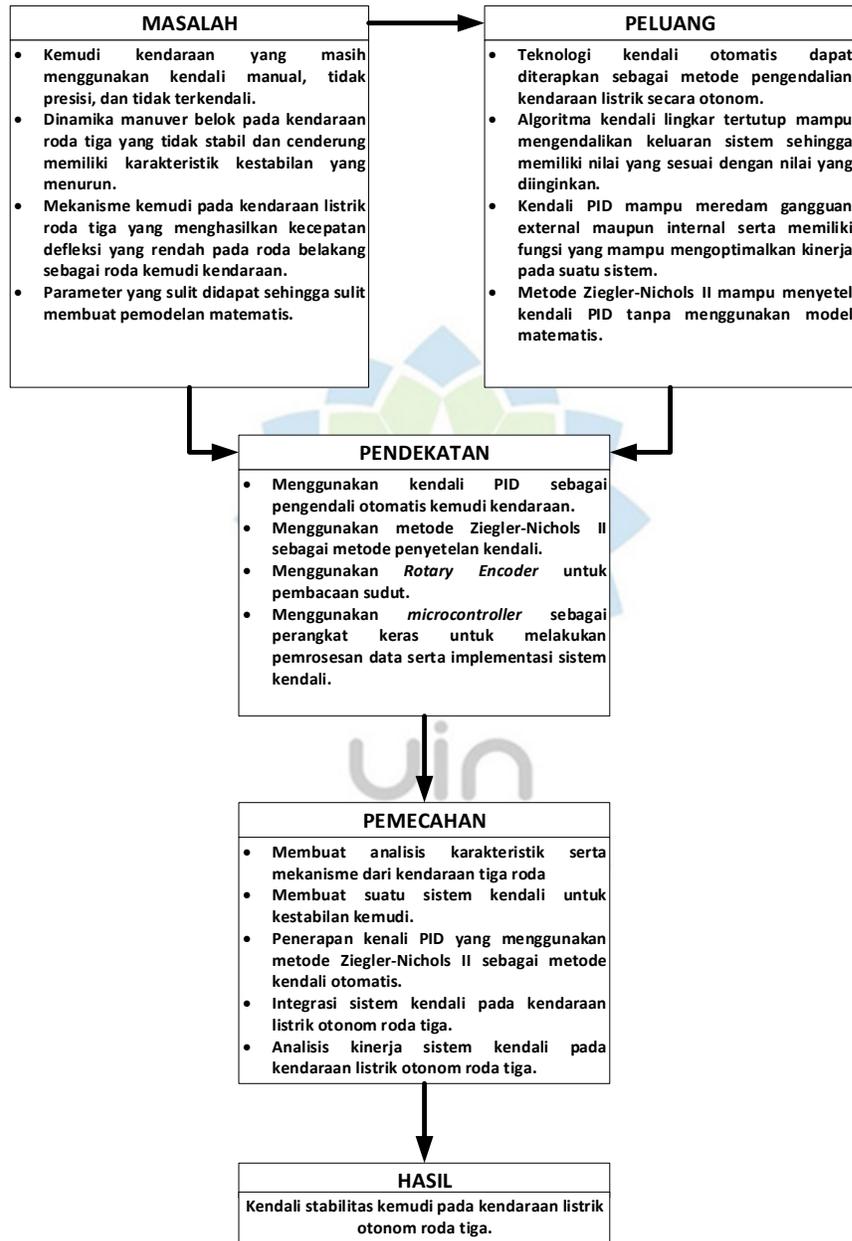
1.6. Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak meluas maka pembahasan dibatasi dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan di dalam ruangan.
2. Pengujian dilakukan tanpa *body* kendaraan.
3. Kecepatan tanpa kendali ditetapkan 100 RPM, 500RPM, dan 1000 RPM.
4. Sudut pengujian ditetapkan 10 derajat dan 30 derajat.
5. Kendali yang digunakan menggunakan jenis kendali PID.
6. Metode penyetelan kendali menggunakan Ziegler-Nichols II.

1.7. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.2 Kerangka Berfikir.

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini memiliki total 6 (enam) bab. karya ini dibuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, *state of the art*, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Memberi gambaran secara umum mengenai teori dasar dari, karakteristik kendaraan roda tiga, motor BLDC, mekanisme kemudi, sistem kendali, PID, Ziegler-Nichols II, *microcontroller*, dan rotary encoder.

BAB III METODOLOGI

Penjelasan secara detail mengenai metode serta alur penelitian yang dilakukan seperti studi literatur, analisa karakteristik dan mekanisme, perancangan sistem kendali, implementasi kendali, serta analisa respon sistem.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Penjelasan secara detail mengenai perancangan kendali yang berdasarkan karakteristik kendaraan serta mekanisme kemudi yang kemudian menghasilkan *system requirement* yang mana menjadi acuan dalam merancang kendali.

BAB V HASIL DAN ANALISIS

Analisis mengenai karakteristik kendaraan secara dinamis, mekanisme kemudi, pengujian sistem tanpa kendali, serta penerapan metode penyetelan PID. Di bagian ini juga menganalisis respon sistem setelah diterapkannya sistem kendali PID dengan metode Ziegler-Nichols II.

BAB VI PENUTUP

Berisi mengenai kesimpulan akhir dari penelitian pada sistem kendali stabilitas kemudi yang diterapkan pada kendaraan listrik roda tiga serta saran peneliti mengenai sistem kemudi pada kendaraan listrik otonom roda tiga.