

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam elektronika saat ini telah mampu menghasilkan sistem penyediaan daya dalam bentuk tegangan searah (*Direct Current* atau disingkat DC). Tegangan searah yang dihasilkan melalui konversi tegangan DC berbentuk tegangan DC keluaran yang lebih tinggi (*boost*) atau lebih rendah (*buck*) [1]. Rangkaian ini biasa disebut dengan DC-DC Converter. Pada dasarnya, hasil tegangan keluaran DC-DC Converter dicapai dengan cara pengaturan lamanya waktu penghubungan antara sisi keluaran dan sisi masukan pada rangkaian yang sama [2]. Komponen yang digunakan dalam menjalankan fungsi penghubung tersebut adalah *switch* (saklar daya). Komponen saklar daya (*switch*) umumnya yang digunakan pada rangkaian elektronika adalah seperti Thyristor, MOSFET, IGBT, dan GTO. Selain itu, rangkaian DC-DC Converter atau Konverter DC juga terdiri dari komponen induktor, dioda, dan kapasitor.

DC-DC Converter memiliki banyak kegunaan dalam perangkat elektronik. DC-DC Converter dimanfaatkan terutama sebagai penyedia tegangan keluaran DC yang bervariasi besarnya sesuai dengan permintaan pada beban [2]. Sirkuit elektronik, baik analog maupun digital membutuhkan catu daya dengan besaran berbeda, contohnya pada perangkat pendukung dalam sumber energi terbarukan dalam hal ini adalah sebagai penstabil tegangan *output* dari perangkat energi terbarukan seperti *photovoltaic* (PV) [3] dan generator DC serta penggunaan dalam sistem pengisian energi listrik pada baterai. Selain itu, DC-DC Converter juga digunakan dalam sistem penggerak listrik (motor listrik) dan generator AC serta perangkat-perangkat elektronik lainnya.

Agar keluaran (*output*) pada DC-DC Converter yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Maka DC-DC Converter disetting dengan mengatur besar lamanya saklar daya aktif (*on*) dan tidak aktif (*off*) dalam satu periode. Proses *switching* pada rangkaian DC-DC Converter diatur dengan menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*). Sinyal *Pulse Width Modulation* adalah sinyal kontrol paling umum yang diterapkan pada saklar dalam *switching* Konverter DC [4]. Pada sistem kerja dari PWM, di dalam satu periode, sinyal akan *high* untuk persentase periode tertentu (*duty cycle*) dan kemudian mati [4]. Oleh karena itu, *Pulse Width Modulation* berfungsi sebagai *regulating* tegangan pada DC-DC Converter. Sehingga tegangan dapat dinaikan atau *step up* (menggunakan DC-DC Boost Converter) dan diturunkan atau *step down* (menggunakan DC-DC Buck Converter).

DC-DC Buck Converter atau biasa disebut Konverter Buck merupakan salah satu topologi DC-DC Converter yang biasa digunakan sebagai penurun tegangan DC atau *step down*. Dalam pengaplikasiannya, umumnya Konverter Buck sangat banyak digunakan dalam penggunaan MPPT pada *photovoltaic* (PV),

eksitasi pada generator, suplai daya dengan tegangan DC pada alat-alat elektronik dan lain sebagainya. Adapun permasalahan umum DC-DC Converter adalah tegangan keluaran yang diperoleh tidak selalu sesuai dengan nilai ditetapkan. Pada kondisi *steady state* tegangan keluaran masih memiliki *error* yang disebut dengan *offset*. Pada kondisi dinamik, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi stabil masih membutuhkan *settling time* dan *rise time* yang lama, juga adanya fenomena *overshoot* dan *undershoot* yang berlebihan pada kondisi *start up*.

Untuk memperbaiki kinerja DC-DC Converter maka diterapkan berbagai metode kontroler, seperti kontroler PID. Kontroler PID menggunakan aksi proporsional, turunan (derivatif), dan integral terhadap *error* pada sistem, yang dinyatakan dengan *gain* atau konstanta kontroler. Konstanta PID yang tepat akan menghasilkan respon sistem yang cepat, *settling time* cepat atau mendekati nol, *steady state error* mendekati nol, serta mampu menghilangkan *overshoot* [5]. Konstanta proporsional mengatur *rise time* pada sistem, sementara konstanta integral mengatur besarnya *offset*, dan konstanta derivatif untuk meredam *overshoot* dan *undershoot* [6].

Pada umumnya, sistem kontrol PID digunakan dalam sistem kendali *linear* yaitu sistem kendali dengan nilai *gain* kontrolernya diseting pada satu titik yang telah ditetapkan. Pada kondisi ini responnya cenderung sebanding (*linear*) untuk berbagai seting referensi atau *setpoint*. Besarnya respon sistem yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya nilai *gain* kontroler.

Namun demikian ada kondisi dimana diinginkan sistem kontrol yang memiliki performansi respon dinamikanya pada berbagai nilai *setpoint* menunjukkan nilai yang konstan. Untuk menghasilkan respon sistem yang demikian itu, maka diperlukan proses pengaturan sistem kontrol PID dengan nilai *gain* yang adaptif atau sistem kontrol PID yang *non-linear*. Untuk sistem *non-linear*, maka dibutuhkan updating perhitungan pada nilai *gain* PID ketika dinamika sistem berubah sesuai *setpoint* yang diberikan [7].

Pada pengembangan sistem kontrol, ada beberapa tanggapan peralihan pada dinamika respon yang dapat diabaikan dalam peningkatan performa seperti analisa respon transien (*rise time* dan *settling time*). Sehingga pengembangan sistem kontrol hanya difokuskan kepada performansi yang dapat meminimalisir nilai *overshoot* atau *undershoot* dan *offset*. Salah satu aksi kontrol pada PID yang sangat berperan pada dinamika respon tersebut adalah aksi kontrol integral. Sehingga pengembangan sistem kontrol PID yang *non-linear* dapat diterapkan hanya kepada *gain* integral dengan berbasis *tuning gain*.

Tuning pada PID merupakan suatu cara untuk menentukan respon dengan mengatur nilai *gain* pada PID agar mendapatkan respon sistem yang ideal. Proses *tuning gain* pada PID mempengaruhi respon keluaran yang dihasilkan oleh sistem. Proses ini umumnya dapat dilakukan secara manual dan otomatis. Secara manual, proses *tuning* dilakukan dengan mengandalkan kemampuan manusia untuk mendapatkan nilai *gain* yang sesuai. *Tuning* secara manual memiliki beberapa

metode penentuan, salah satunya adalah metode *Ziegler Nichols*. Sedangkan secara otomatis (*tuning*), dapat dilakukan dengan mengandalkan sistem kontrol yang dapat melakukan pelacakan. Salah satu sistem kontrol yang dapat melakukan pelacakan yaitu kinerja *Fuzzy Logic Controller* (FLC).

Fuzzy Logic Controller (FLC) atau logika *fuzzy* merupakan suatu cara untuk memetakan suatu ruang masukan kedalam suatu ruang keluaran. Dimana, logika *fuzzy* bekerja dengan mengubah himpunan *real* (*crisp*) kedalam himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*) yang kemudian dilakukan pengelompokan pada ruang masukan (*input*) dan keluaran (*output*). Ada tiga komponen utama pada pengontrol logika *fuzzy*. Elemen-elemen tersebut adalah: modul fuzzifikasi atau *fuzzifier*, basis aturan, dan modul defuzzifikasi (*defuzzifier*) [8]. Logika *fuzzy* mengelola data berdasarkan pengelompokan pada variabel (*membership function*). Kemudian, data atau nilai yang berbentuk *membership function* akan dibentuk kedalam basis aturan *fuzzy* (*rule base*) sehingga didapatkan himpunan *fuzzy* baru untuk dibentuk kembali ke himpunan *real*. Namun, keandalan tergantung pada pengetahuan dari perancang kontrol yang menentukan basis aturan *fuzzy* dan memilih akurasi parameter *fuzzy*. Oleh karena itu, desain FLC diimplementasikan dengan metode coba-coba dan bukan dengan metodologi yang sistematis [9]. Akibatnya desain FLC tidak optimum [9].

Kontroler PID berbasis *tuning* dengan metode logika *fuzzy* merupakan skema pengontrolan yang menggunakan kombinasi dua pengontrolan yaitu *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dan pengontrol PID. Mode pengontrolan ini memiliki skema baru berbasis aturan (*rule*) untuk penskalaan nilai *gain* dari kontroler PID sebagai proses kontrol. Pengontrol logika *fuzzy* dapat dianggap sebagai pengontrol PID *non-linear* yang parameternya dapat ditentukan secara *on-line* berdasarkan sinyal *error* dan turunan waktu atau perbedaannya [10]. Parameter perubahan nilai *gain* dituning secara otomatis dan *real time* berdasarkan dinamika respon yang terjadi.

Pada tugas akhir ini, digunakan DC-DC Converter jenis *step down* atau Konverter Buck untuk menguji kontroler PID berbasis logika *fuzzy* dengan penyetelan komponen *gain integral* yang divariasikan secara *real time*. Pada tugas akhir ini digunakan Konverter Buck berbasis sistem kontrol PID berbasis *tuning* gain integral dengan metode *fuzzy* agar dapat dilihat performansi keluaran yang dihasilkan dengan membandingkan keluaran PID konvensional.

1.2 Permasalahan Penelitian

Konverter Buck maupun topologi DC-DC Converter lainnya memiliki keterbatasan dalam *output* yang dihasilkan. Pada kondisi *steady state* tegangan keluaran masih memiliki *error* atau *offset*. Dan saat kondisi *start up*, respon dinamik masih memiliki respon transien yang lambat terutama pada kondisi *rise time* dan *settling time* serta juga adanya fenomena *overshoot* dan *undershoot*. Maka

sistem perlu diperbaiki dalam performansi dengan menerapkan metode kontroler, seperti kontroler PID.

Kontroler PID menggunakan aksi proporsional, turunan (derivatif), dan integral terhadap *error* pada sistem, yang dinyatakan dengan *gain* atau konstanta kontroler. Ketiga konstanta pengontrolan PID ini memiliki karakteristik yang berbeda dalam mempengaruhi sistem pada dinamika respon. Dimana, konstanta proporsional mengatur *rise time* pada sistem, sementara konstanta integral mengatur besarnya *offset*, dan konstanta derivatif untuk meredam *overshoot* dan *undershoot*.

Ada beberapa tanggapan peralihan pada dinamika respon dapat diabaikan dalam peningkatan performa seperti analisa respon transien (*rise time* dan *settling time*). Sehingga pengembangan sistem kontrol hanya difokuskan kepada performansi yang dapat meminimalisir nilai *overshoot* atau *undershoot* dan *offset*. Salah satu aksi kontrol pada PID yang sangat berperan pada dinamika respon tersebut adalah aksi kontrol integral. Pengembangan sistem kontrol PID dapat dikembangkan dengan *gain* integral yang *non-linear* dengan proses *tuning*. Proses *tuning* secara otomatis dan *real time* dapat dilakukan dengan menggunakan sistem kontrol berbasis pelacakan nilai. Salah satunya dengan menggunakan kinerja *Fuzzy Logic Controller* (FLC) atau disebut logika *fuzzy*.

Logika *fuzzy* melakukan sistem pengontrolan dengan basis aturan (*rule*) yang telah ditentukan dengan nilai *input* dan *output* yang terbagi kedalam kelompok-kelompok atau terbentuk beberapa *variable* (*membership function*). Logika *fuzzy* yang diterapkan bekerja berdasarkan dinamika respon pada keluaran sistem. Oleh sebab itu, logika *fuzzy* dapat digunakan sebagai penalaan atau *tuning* nilai *gain* atau konstanta PID. Sehingga logika *fuzzy* disetel untuk pengatur nilai komponen *gain integral* secara aktual. Sistem kontrol ini dapat disebut dengan kontroler PID berbasis *tuning gain* integral dengan metode *fuzzy*.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesain *fuzzy logic controller* untuk dapat mentuning *gain* integral dari kontroler PID yang diterapkan pada Konverter Buck?
2. Bagaimana pengaruh respon nilai *gain integral* pada kontroler PID berbasis *fuzzy logic controller* yang diterapkan pada Konverter Buck terhadap respon *output* yang dihasilkan?
3. Bagaimana perbandingan respon sistem (*settling time*, *rise time*, *overshoot* dan kondisi *steady-state*) dari *output* Konverter Buck yang dikendalikan dengan kontroler PID konvensional dan kontroler PID berbasis *tuning gain* integral dengan metode *fuzzy* terhadap variasi tegangan *output* (*setpoint*)?

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian dalam tugas akhir ini memiliki tujuan untuk menjawab permasalahan yang dimiliki antara lain sebagai berikut:

1. Melakukan desain *gain integral* secara adaptif dengan menggunakan *fuzzy logic controller* pada kontroler PID yang diterapkan pada Konverter Buck.
2. Mengetahui pengaruh perubahan nilai *gain integral* pada Konverter Buck dengan kontroler PID berbasis *tuning gain integral* dengan metode *fuzzy* terhadap keluaran (*output*) yang dihasilkan.
3. Mengetahui perbandingan antara respon sistem pada keluaran yang dihasilkan antara Konverter Buck dengan kontroler PID berbasis *tuning gain integral* dengan metode *fuzzy* dan PID konvensional terhadap variasi tegangan *output (setpoint)*.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan desain pemodelan simulasi Konverter Buck dengan penggunaan kontroler PID berbasis *tuning gain integral* dengan metode *fuzzy*.
2. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan pengetahuan mengenai Konverter Buck dengan kontroler PID beserta cara *tuning* PID menggunakan logika *fuzzy*.
3. Sebagai sebuah referensi Konverter Buck dengan kontroler PID berbasis *tuning gain integral* dengan metode *fuzzy*.
4. Sebagai referensi bagi mahasiswa yang akan mengerjakan penelitian dengan topik energi terbarukan yaitu mengenai sistem kendali konverter.

1.6 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, berdasarkan indentifikasi masalah diatas maka permasalahan sebagai berikut:

1. Topologi DC-DC *Converter* yang digunakan adalah Konverter Buck.
2. Penelitian hanya terbatas terhadap respon tegangan keluaran sebagai *setpoint*.
3. Nilai tegangan *input* Konverter Buck sebesar 12 Volt DC dan tegangan *output* dengan variasi 3 sampai 9 Volt DC. Serta frekuensi *switching* sebesar 20k Hz.
4. Pemodelan perancangan menggunakan aplikasi simulasi MATLAB versi 2017.

1.7 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Studi Kepustakaan
Mempelajari konsep-konsep yang berkaitan dengan sistem konverter DC-DC, Konverter Buck, sistem kendali PID serta proses *tuning* dan logika *fuzzy*

dengan mencari beberapa literatur-literatur sebagai acuan untuk melaksanakan penelitian.

2. Perancangan simulasi

Merancang simulasi Konverter Buck dengan pengontrolan menggunakan sistem kontrol PID berbasis *tuning gain integral* dengan metode *fuzzy* beserta perbandingan sebagai acuan Konverter Buck dengan Metode pengontrolan PID konvensional.

3. Pengujian simulasi.

Pengujian simulasi menggunakan *software* MATLAB Simulink tahun 2017. Serta dilakukan analisa dari hasil penelitian.

4. Pembuatan laporan

Pembuatan laporan tugas akhir ini dilakukan setelah didapatkan hasil dan data yang diperlukan serta menjelaskan hasil penelitian.

1.8 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah, permasalahan penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang materi dan dasar teori yang berhubungan dengan Konverter Buck, sistem kontrol logika *fuzzy*, sistem kontrol PID dan proses *tuning* PID.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian, dimulai dari metode perancangan, metode pengujian dan metode analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas langkah-langkah penyelesaian penelitian, yang dimulai dari perancangan rangkaian, perancangan sistem pengontrol dan sebagainya berdasarkan langkah-langkah yang dipaparkan pada Bab 3.

BAB V PENUTUP

Bab ini membahas mengenai simpulan yang didapatkan berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian serta pemberian saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya yang memiliki tema yang sama dengan penelitian ini.