

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

1.1.1. *Simulation of PWM Controller Based DC Motor*

Motor listrik digunakan secara luas pada aplikasi komersil dan industri. Motor listrik merupakan sebuah bagian penting dari segala macam sistem kelistrikan karena motor listrik mengonsumsi sekitar 65% sampai 70% dari listrik yang dibangkitkan. Awalnya kontrol manual digunakan pada motor *dc*. Pada kontrol manual, ukuran dari kontroler cukup besar karena digunakannya *switch* pada kondisi *high rate* yang digunakan pada industri, sehingga biaya sirkuit kontrol meningkat. Kontrol *manual* (mekanik) tidak diminati karena bergantung pada konstanta waktu mekanik yang lebih besar dari konstanta waktu listrik. Motor *dc* awalnya dikontrol dengan metode konvensional.

Konverter *H-Bridge* digunakan untuk mengontrol motor *dc*. Kontrol *bridge* biasanya diperoleh dengan teknik *Pulse Width Modulation*. Kontrol paling fleksibel didapatkan dengan cara *separately-excited dc motor*, yaitu *armature* dan medan sirkuit menggunakan sumber terpisah. Kontrol kecepatan motor *dc* luas penggunaannya, metode-metode dalam kontrol motor *dc* kebanyakan lebih simpel dan berbiaya rendah dibandingkan motor-motor *ac*, untuk mendapatkan performa yang sama. Kecepatan dapat dikontrol dengan mengontrol tegangan *armature*, medan tegangan, atau keduanya tergantung karakteristik performa dari *driver*. Pengembangan terbaru dalam sains dan teknologi memberikan area luas untuk aplikasi dari *driver* motor listrik performa tinggi pada bidang mekatronik, robotik, *rolling mills*, peralatan mesin, dan lain-lain (Kapil & Patel, 2015).

1.1.2. *DC Motor Speed Control Using MATLAB*

Motor *dc* memiliki peran fundamental dalam penelitian dan eksperimen laboratorium karena simpel dan berbiaya rendah. Motor *dc*

merupakan aktuator tenaga yang mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik. Terdapat beberapa macam aplikasi dimana beban pada motor *dc* berubah-ubah terhadap rentang kecepatan. Kelebihan luar biasa dari motor *dc* mungkin kontrol kecepatan. Aplikasi-aplikasi ini mungkin membutuhkan akurasi kontrol kecepatan tinggi dan respon dinamik yang baik. Istilah kontrol kecepatan berarti variasi kecepatan yang intens yang dihasilkan secara *manual* atau mekanik. Motor *dc* paling cocok untuk kontrol kecepatan rentang terukur dan maka dari itu digunakan dalam banyak *driver* kecepatan yang disesuaikan. Karena kecepatan proporsional secara terarah kepada tegangan *armature* dan sebaliknya proporsional kepada fluks magnetik terinduksi oleh kutub, menyesuaikan tegangan *armature* atau arus medan akan mengubah-ubah kecepatan *rotor*. Jadi, penting untuk membuat kontroler untuk mengontrol kecepatan motor *dc* dalam kecepatan yang diinginkan.

Kontroler *Proportional-Integral-Derivative (PID)* sudah digunakan dalam beberapa dekade dalam industri untuk aplikasi kontrol proses. Pada waktu yang sama, kontroler *PID* memiliki beberapa kekurangan yang dinamakan: kelebihan kecepatan yang tidak diinginkan, disamping respon dan sensitifitas, performa dari kontroler ini bergantung pada kepresisian dari model sistem dan parameter-parameter. Terdapat banyak algoritma/metode diajukan dalam literatur untuk menyetel kontroler *PID* seperti kurva proses reaksi (Cohen-coon) (Archana, Suganthini, & Malathi, 2014).

1.1.3. *PID Controller Based DC Motor Speed Control*

Kontroler *PID* menjadi sangat penting sejak permintaannya meningkat dalam beberapa tahun terakhir dari beberapa industri karena konsistensi dan penjagaan *outputnya* bahkan jika *inputnya* dirubah. Motor *dc* juga populer dalam industri aplikasi kontrol jauh di waktu sebelumnya, karena karakteristiknya yang bagus seperti performa respon tinggi, karakteristik torsi awal tinggi, dan kemudahan untuk

kontrol linear. Motor *dc* memberikan respon kontrol kecepatan yang bagus. Motor *dc* memiliki rentang kontrol kecepatan yang lebar dan digunakan dalam sistem kontrol kecepatan yang membutuhkan spesifikasi kontrol tinggi seperti alat presisi tinggi *digital*, *rolling mill*, *double-hulled tanker*, dan lain-lain. Contohnya, dimisalkan motor *dc* digunakan dalam robot, tenaga konstan diaplikasikan pada setiap motor pada robot, pada hal ini robot tidak dapat menjaga kecepatan tetap. Robot lebih lambat diatas karpet, lebih cepat diatas lantai yang halus, lebih lambat saat menanjak, lebih cepat saat menurun, dan lain-lain. Jadi, itu menjelaskan pentingnya sebuah kontroler untuk kontrol kecepatan motor *dc* pada kecepatan yang diinginkan.

Banyak skema kontrol seperti *proportional*, *integral*, *derivative*, *proportional integral*, *PID*, adaptif, dan *FLC* digunakan untuk kontrol kecepatan motor *dc*. Untuk mengontrol kecepatan motor *dc*, tegangan ke *armature* dari motor *dc* divariasikan. Sistem kontrol adalah sistem yang mengontrol sistem lain.

1.1.3.1. Sistem Kontrol *Loop* Terbuka

Dalam sistem kontrol *loop* terbuka, sistem tidak bisa mengoreksi variasi *output* secara otomatis. Pada sistem ini *output* tetap konstan untuk sinyal *input* konstan. Dengan mengubah *input* secara kira-kira, *output* mungkin berubah sesuai dengan nilai yang diinginkan dan variasi pada kondisi eksternal mungkin dapat menyebabkan *output* menjadi berubah.

1.1.3.2. Sistem Kontrol *Loop* Tertutup

Dalam sistem kontrol *loop* tertutup, sistem bisa mengoreksi variasi *output* secara otomatis. Pada sistem ini *output* tetap konstan untuk sinyal *input* yang berubah. Respon terukur dari sistem dibandingkan dengan respon sistem yang diinginkan. Perbedaan dari kedua respon memberikan respon aktual dari sistem (Kulkarni, Kulkarni, & Talele, 2017).

1.1.4. *Speed Control of DC Motor Using Fuzzy Logic Controller*

Hampir setiap pergerakan mekanis yang terlihat di sekitar kita digerakkan dengan motor listrik. Mesin listrik merupakan suatu cara untuk mengonversi energi. Motor menggunakan energi listrik untuk menghasilkan energi mekanik. Motor listrik digunakan untuk memberikan tenaga untuk ratusan alat dalam kehidupan sehari-hari.

Motor listrik secara umum diklasifikasikan dalam 2 kategori berbeda yaitu: *dc* (*direct current*) dan *ac* (*alternating current*). Dalam kategori tersebut terdapat beragam tipe berbeda yang mempunyai kemampuan tertentu yang cocok untuk aplikasi tertentu. Kebanyakan motor listrik, tanpa melihat tipenya, terdiri dari *stator* (*stationary field*) dan *rotor* (*rotating field* atau *armature*) dan beroperasi melalui interaksi fluks magnetik dan arus listrik untuk menghasilkan kecepatan sudut dan torsi.

Kontroler digunakan untuk memodifikasi perilaku dari sistem ini sehingga sistem tersebut berperilaku secara spesifik sesuai yang diinginkan dari waktu ke waktu. Salah satu contoh kontroler adalah *fuzzy logic controller*.

Fuzzy Logic Controller (FLC) yang dibuktikan secara analisis, setara dengan kontroler non linear ketika defuzzifikasi linear digunakan. Juga, hasil dari perbandingan dari teknik kontrol konvensional dan teknik kontrol *fuzzy* dalam bentuk FLC dan *fuzzy compensator* menunjukkan bahwa *fuzzy logic* dapat mereduksi efek non linear dari motor *dc* dan meningkatkan kemampuan kontroler (Almatheel & Abdelrahman, 2017).

1.1.5. *Parameter Optimization for a Fuzzy Logic Control of a Permanent Magnet Brushless Motor*

Motor *brushless*, disebut motor *brushless* magnet permanen, digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pertahanan, industri, robotik, dan lain-lain. Awal kepopuleran motor tersebut karena performanya yang tinggi terhadap gangguan elektromagnetik, *noise*,

dan cocok untuk aplikasi keamanan yang kritis. Panjang dari motor bisa dikurangi untuk semua aplikasi yang dibutuhkan karena ketiadaan komutator dan sikat.

Kecepatan yang lebih baik melawan karakteristik torsi, respon dinamis tinggi, efisiensi dan keandalan yang tinggi, umur operasi yang lama, operasi tanpa *noise*, jarak kecepatan yang tinggi, dan reduksi interferensi elektromagnetik menunjukkan semua kelebihan dari motor ini terhadap motor dengan sikat dan motor induksi.

Tambahannya, mesin *brushless* magnet permanen didefinisikan sebagai sebuah motor listrik yang tidak membutuhkan sambungan listrik antara bagian yang statis dan yang berotasi, dan dikategorikan berdasarkan pemasangan magnet permanen dan bentuk *back-emf*.

Untuk implementasi kontrol motor, dibutuhkan model matematika, tugas sulit untuk hasil akurat. Alternatifnya menggunakan kontroler kecerdasan yang dapat memberikan akurasi tinggi tanpa model matematika dalam strategi kontrolnya.

Salah satu tipe kontroler kecerdasan seperti itu adalah *fuzzy logic controller*, yang memberikan akurasi tinggi dalam sistem penggerak performa tinggi tanpa sistem model matematika.

Fuzzy logic controller menggunakan *fuzzy logic* sebagai metode desain, yang dapat diaplikasikan dalam mengembangkan sistem nonlinear untuk kontrol tertanam. *Fuzzy logic* merupakan pilihan menarik ketika rumusan matematika yang presisi tidak memungkinkan.

Sekarang, banyak dikembangkan strategi kontrol *fuzzy logic* dan memberikan performa kontrol yang lebih baik. Dalam strategi kontrol ini, beberapa parameter konstan harus didefinisikan dan ditentukan secara hati-hati namun tidak ada metode yang presisi untuk itu.

Jadi, sebuah percobaan dibuat untuk mengembangkan metode menggunakan sistem *neural network* untuk mendefinisikan dan menentukan parameter-parameter dalam kontroler *fuzzy* untuk

penggerak motor *brushless* magnet permanen (Andriniriniainmalaza, Razafinjaka, & Kreindler, 2017).

1.1.6. *A Modified PID Control with Adaptive Fuzzy Controller Applied to DC Motor*

Kontrol *Proportional-Integral-Derivative* menawarkan kemudahan dan metode paling efektif untuk berbagai masalah nyata dengan tiga istilah fungsional yang dapat mengatasi respon sementara dan respon stabil. Sehingga, kontroler *PID* sangat umum digunakan dalam *loop* kontrol kecepatan konvensional. Kontrol *PID* konvensional memiliki beberapa kekurangan seperti *overshoot* yang tidak dapat ditentukan, respon stagnan yang disebabkan oleh perubahan beban torsi dan sensitifitas terhadap kontroler. Kerentanan parameter motor selama kondisi pengoperasian dan keberadaan *noise* dalam sistem adalah dua masalah utama dalam kontrol motor. Jadi, ini menjadi tugas menantang pada kontrol motor kompleks, non linear, dan sistem variasi waktu menggunakan metode konvensional. Sehingga, jelas dibutuhkan untuk mengatur parameter-parameter dari kontroler *PID* untuk mendapatkan keadaan optimal. Sebuah *adaptive fuzzy logic* berdasarkan desain kontroler *PID* disarankan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik daripada konvensional.

Dengan teknik kontrol kecepatan konvensional, kecepatan yang diinginkan mengikuti akurasi yang dapat diterima dalam kondisi gangguan mendadak dan variasi parameter tidak dapat didapat dan masalah ini dapat ditekan dengan menggunakan teknik kontrol yang lebih maju seperti *adaptive control*, *fuzzy logic control* (FLC), dan *neural network*. Teori *fuzzy control* memberikan kontrol non linear yang dapat melakukan kontrol non linear kompleks bahkan untuk sistem non linear tak terbatas (Sharma, K., & Palwalia, D.K., 2017).

1.1.7. *A Fast Realization Method of Fuzzy PID Control for DC Motor*

Zadeh membuat teori *fuzzy system* pada tahun 1965, dan setelah itu teori *fuzzy system* berhasil diaplikasikan. Dibandingkan dengan teori kontrol tradisional, kontrol fuzzy mempunyai kelebihan yang tidak dapat dibandingkan. Pertama, kontrol fuzzy dapat secara efektif dan mudah merealisasikan strategi kontrol manusia dan berpengalaman dalam banyak aplikasi. Kedua, fuzzy control dapat mengontrol lebih baik tanpa model matematika dari objek yang dikontrol, karena karakteristik dinamis dari objek yang dikontrol terlibat dalam input kontroler *fuzzy* dan *output fuzzy sets* dan *fuzzy rules*.

Fuzzy logic mempunyai dua arti yang berbeda. Dalam arti yang sempit, *fuzzy logic* adalah sistem logika, yang merupakan perpanjangan dari logika multi nilai. Namun, dalam arti yang luas *fuzzy logic* adalah hampir sama dengan teori *fuzzy sets*, sebuah teori yang berhubungan dengan kelas-kelas dari objek dengan batas tak jelas dimana keanggotaan adalah tentang tingkatan. Konsep dasar lain dalam *fuzzy logic*, yang memainkan peran sentral dalam kebanyakan aplikasinya, adalah dari *fuzzy if-then rule*, secara simpel, *fuzzy rule*.

Karakteristik dari *fuzzy logic* yaitu :

- a) *Fuzzy logic* secara konsep mudah dipahami
- b) *Fuzzy logic* toleran terhadap data yang tidak presisi
- c) *Fuzzy logic* dapat memodelkan fungsi non linear dari kompleksitas yang berubah-ubah
- d) *Fuzzy logic* dapat dibangun atas dasar pengalaman ahli
- e) *Fuzzy logic* berdasarkan bahasa alami
- f) *Fuzzy logic* dapat digabungkan dengan teknik kontrol konvensional

Fuzzy control seharusnya tidak menggantikan metode konvensional. Mengombinasikan *fuzzy control* dengan kontrol PID konvensional, dapat memberikan performa lebih baik pada sistem. Kontroler *fuzzy* PID dapat digunakan dalam sistem kontrol kecepatan motor dc untuk mendapatkan efek kontrol yang lebih baik daripada kontroler PID konvensional (Wei-Jie Tang, & Shao-Yong Cao, 2018).

1.2.Rumusan Masalah

Untuk mengontrol motor *dc* dapat menggunakan perangkat kontroler seperti mikrokontroler, *programmable logic controller (PLC)*, mikroprosesor, dan lain-lain. Metode kontroler yang biasa digunakan untuk mengontrol motor *dc* adalah metode *PID*. Namun metode ini memiliki permasalahan pada tingkat kestabilannya. Masalah yang akan diangkat pada Tugas Akhir ini adalah bagaimana mereduksi ketidakstabilan dari metode *PID* sehingga kecepatan motor *dc* yang diinginkan menjadi lebih stabil.

1.3.Pembatasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan ini adalah bagaimana mengontrol motor *dc* menggunakan perangkat mikrokontroler Arduino Uno dengan metode *Proportional-Integral-Derivative* dan mereduksi ketidakstabilannya dengan digabungkan dengan metode *Fuzzy Logic Controller*.

1.4.Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah:

1. Sebagai syarat kelulusan pada jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Informasi, Institut Sains dan Teknologi Nasional.
2. Penerapan (aplikasi) ilmu yang didapat selama perkuliahan.
3. Mengatur motor *dc* dengan metode tertentu agar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan dan mereduksi ketidakstabilan pada metode *PID* konvensional.