

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor DC digunakan secara luas dalam industri untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan kontrol kecepatan dan torsi yang presisi. Motor DC memungkinkan penyesuaian kecepatan yang fleksibel dan torsi yang stabil, sangat berguna dalam proses produksi yang memerlukan penanganan beban berat dan kecepatan yang dapat diatur. Terutama dalam ranah dunia industri misalnya dalam industri, motor DC berperan penting dalam mengendalikan putaran pada proses pendistribusian barang pada *conveyor*, menghasilkan baja tipis yang berkualitas. Motor DC menjadi komponen vital dalam robot industri, memungkinkan pergerakan presisi dan tugas-tugas yang kompleks. Motor DC digunakan dalam berbagai sistem otomotif, seperti *power window*, *wiper*, dan sistem kemudi, serta dalam kendaraan listrik. Motor DC digunakan dalam berbagai mesin industri lainnya, seperti mesin perkakas, pompa, dan kompresor. Motor DC dipilih karena karakteristiknya yang memungkinkan pengendalian lebih presisi serta kemampuan menghasilkan torsi tinggi dibandingkan motor AC. Untuk memenuhi kebutuhan pengaturan dinamis pada kecepatan putarannya, digunakan sistem DC *variable speed drive* yang berfungsi mengontrol kecepatan motor melalui pengaturan parameter tegangan dan frekuensi suplai daya listrik secara terintegrasi (Kurniawan et al., 2022).

Berdasarkan konstruksi dan cara kerja internalnya, motor DC terbagi menjadi dua jenis utama yaitu *brushed* dan *brushless*. Motor DC *brushed* bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Saat arus listrik dialirkan melalui sikat menuju kumparan *rotor* melalui komutator, akan terbentuk medan magnet yang memicu gaya Lorentz, sehingga menghasilkan putaran pada *rotor*. Peran komutator dan sikat adalah untuk secara berkala membalik arah arus pada kumparan *rotor*, agar arah torsi tetap konsisten dan memungkinkan *rotor* berputar secara kontinu. Motor DC *brushed* memiliki struktur yang relatif sederhana, di mana kumparan berfungsi sebagai *rotor* dan magnet permanen sebagai statornya. Sistem pengendali untuk jenis motor ini juga tergolong paling sederhana

dibandingkan jenis lainnya, serta dapat dikendalikan dengan mudah melalui pengaturan tegangan atau arus listrik(Darmawan & Soedjarwanto, 2023).

Dari banyak jenis motor DC *brushed*, seperti tipe PG36, memiliki peran vital dalam sistem automasi industri berdasarkan berbagai penelitian. Motor ini banyak digunakan sebagai aktuator penggerak karena kemudahan pengaturan kecepatan dan torsi yang dihasilkan, serta konstruksinya yang sederhana dan biaya relatif rendah. Dengan penerapan kontroler PID dan sensor umpan balik (seperti *rotary encoder*), motor DC *brushed* dapat diatur kecepatannya secara akurat, yang penting dalam aplikasi industri untuk menjaga konsistensi proses produksi dan gerakan robotik. Motor ini dapat dengan mudah diatur arah putarnya (maju/mundur) hanya dengan membalik polaritas tegangan, sehingga fleksibel untuk berbagai aplikasi automasi yang memerlukan perubahan arah gerak cepat dan responsif. Penelitian menunjukkan motor DC *brushed* dengan spesifikasi seperti PG36 mampu menggerakkan kendaraan listrik dengan kecepatan rata-rata yang memadai dan konsumsi daya yang efisien, serta kompatibel dengan sistem baterai dan kontrol elektronik modern. Motor DC *brushed* tipe PG36 berperan sebagai komponen kunci dalam automasi industri dengan keunggulan utama pada kemudahan pengaturan kecepatan dan torsi, kemampuan kontrol yang presisi melalui pengontrol PID, serta fleksibilitas pengendalian arah putar. Motor ini banyak diaplikasikan pada robotika, kendaraan listrik, dan sistem automasi lain yang membutuhkan performa handal dengan biaya yang efisien(Hendra et al., 2021).

Keberadaan sistem proteksi seperti tegangan rendah (*under voltage*), tegangan berlebih (*over voltage*), dan arus berlebih (*over current*) pada driver motor DC *brushed* memiliki peran penting dalam menjaga performa sistem tetap andal, memperpanjang usia perangkat, serta menjamin keselamatan saat pengoperasian. Ketidakstabilan pada tegangan atau arus dapat menimbulkan kerusakan signifikan baik pada motor maupun rangkaian driver yang mengendalikannya. Arus berlebih dapat menyebabkan panas berlebih pada kumparan motor dan komponen driver seperti MOSFET atau transistor, yang berujung pada kerusakan atau bahkan kebakaran. Tegangan yang berada di atas ambang batas dapat menyebabkan kerusakan pada isolasi lilitan motor dan merusak elemen elektronik dalam driver,

terutama pada sistem yang mendukung aliran energi balik (regenerasi). Sebaliknya, jika tegangan terlalu rendah, motor mungkin tidak mampu menghasilkan torsi yang dibutuhkan, sehingga kinerjanya menurun atau bahkan berhenti beroperasi. Pada beberapa kasus, kondisi tegangan rendah yang tidak stabil dapat menyebabkan motor menarik arus lebih besar sebagai bentuk kompensasi, yang berpotensi mempercepat kerusakan pada rangkaian dan mengurangi umur pakai sistem secara keseluruhan (Saefulloh et al., 2024).

Sistem kendali PID sangat penting untuk mencapai presisi kontrol kecepatan motor DC karena mampu mengoreksi kesalahan antara kecepatan aktual dan *setpoint* secara efektif dengan tiga aksi utama: proporsional, integral, dan derivatif. Komponen proporsional (K_p) dan integral (K_i) dalam PID membantu mengurangi atau bahkan menghilangkan kesalahan kecepatan saat motor sudah mencapai kondisi stabil, sehingga motor dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan dengan akurasi tinggi. Perbaikan Respons Dinamis. PID mengatur waktu naik (*rise time*) dan waktu settling sehingga motor dapat mencapai kecepatan target lebih cepat tanpa *overshoot* berlebihan. Komponen derivatif (K_d) membantu meredam *overshoot* dan osilasi, menghasilkan respon yang lebih halus dan stabil. Dalam aplikasi industri, beban motor sering berubah-ubah. Sistem PID dapat menyesuaikan sinyal kontrol secara *real-time* berdasarkan feedback dari sensor (*encoder*), menjaga kecepatan motor tetap konstan meskipun terjadi perubahan beban. Kendali PID mudah dipahami, diimplementasikan, dan banyak digunakan di industri (sekitar 90% aplikasi kendali kecepatan motor DC menggunakan PID), sehingga menjadi solusi andal untuk pengendalian kecepatan motor. Penyetelan parameter PID, misalnya dengan metode Ziegler-Nichols atau trial and error, dapat mengoptimalkan performa sistem kendali sehingga menghasilkan *overshoot*, *steady-state error*, dan *settling time* yang minimal (Upit Wanarti Rusimanto, Endryansyah, 2024).

Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring berbasis Modbus RTU dan RS485 untuk mengintegrasikan data variabel elektrik (seperti suhu, tegangan, dan RPM) dari beberapa perangkat *slave* (Arduino Nano) yang terhubung ke *master* (ESP32). Keunggulan penelitian ini terletak pada kemampuannya mendukung komunikasi multislave (hingga 32 node) dengan jarak hingga 1200m, biaya rendah

(menggunakan Arduino Nano dan ESP32), serta integrasi IoT untuk pemantauan jarak jauh. Namun, sistem ini memiliki kelemahan, seperti delay update data (5 detik) akibat baud rate terbatas (9600 bps) dan ketergantungan pada koneksi WiFi untuk Blynk. Keterbaruan penelitian ini adalah kombinasi Modbus RTU dengan Blynk untuk monitoring berbasis IoT, khususnya dalam aplikasi generator DC. Hipotesis penelitian menyatakan bahwa sistem ini dapat memantau variabel elektrik secara *real-time* dengan akurasi *error* <1% dan mengontrol motor DC via PWM. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan meningkatkan baud rate hingga 19200 bps, menambahkan LCD offline sebagai backup, dan menerapkan enkripsi data untuk keamanan protokol Modbus(Suwarno, 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berikut beberapa hal yang akan dibahas pada penelitian ini:

- a. Bagaimana merancang sistem proteksi integratif (*under/over voltage* + *over current*) yang responsif?
- b. Bagaimana mengoptimalkan kecepatan motor PG36 menggunakan PID?
- c. Bagaimana mengimplementasi RS485 dengan mikrokontroler?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan

Tujuan dari penulisan penelitian ini antara lain:

- a. Mengembangkan mekanisme proteksi otomatis terhadap *under-voltage*, *over voltage*, dan *over current*.
- b. Merancang algoritma kendali proporsional-integral-derivatif (PID) berbasis mikrokontroler.
- c. Menampilkan parameter kritis (tegangan, arus, RPM) melalui antarmuka LCD.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari pembahasan ini antara lain:

- a. Kontribusi pada metode desain driver motor lengkap dengan sistem proteksi aktif.
- b. Penggabungan antara sistem proteksi analog dan kendali digital.

- c. Sebagai referensi RS485 pada sistem kontrol gerak.
- d. Memperpanjang usia pakai motor melalui proteksi optimal.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yaitu untuk memastikan bahwa penelitian yang dilakukan konsisten sesuai yang diharapkan:

- a. Sistem hanya bekerja untuk motor DC *Brushed* yaitu tipe PG36.
- b. Driver motor menggunakan H-bridge MOSFET dengan IC *gate driver* IR2101.
- c. Algoritma PID diimplementasikan secara digital pada Arduino Nano, dengan metode tuning PID.
- d. Komunikasi antarmuka menggunakan RS485.
- e. Pengujian dilakukan pada beban mekanis maksimum 70% dari rating motor.
- f. Sampling rate pembacaan *encoder* dibatasi maksimal 1 kHz oleh kapasitas Arduino Nano.

1.5 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan dari proses penelitian dan data dari disertasi. Proposal disertasi ini memiliki banyak bagian, di antaranya adalah:

- a. Bab I Pendahuluan

Bab pertama menjabarkan latar belakang pembuatan skripsi serta penjelasan tentang tujuan dan manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penulisan, serta sistematika penulisan.

- b. Bab II Teori Penunjang

Bab kedua berisi landasan teori yang berkaitan dengan judul “Rancang Bangun Driver Motor DC Dengan Proteksi Tegangan dan Arus Serta Kendali Pid Berbasis RS485” yang didapatkan dari jurnal, buku, paper, serta sumber lainnya.

- c. Bab III Perancangan Sistem

Bab ketiga membahas perancangan dan desain sistem yang akan direalisasikan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak serta diagram alur (*Flowchart*) dari rancangan sistem.

- d. Bab IV Hasil Penelitian dan Analisa

Bab keempat berisi mengenai pengujian dari sistem yang sudah dibuat kemudian hasil data dianalisa untuk memperoleh kesimpulan dari sistem yang telah dirancang.

e. Bab V Penutup

Bab kelima berkaitan dengan kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian dan uji coba sistem yang dibuat. Serta saran dari peneliti untuk dapat dikembangkan dan disempurnakan dalam penelitian di kemudian hari.