

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Seiring dengan dinamika perkembangan zaman, kemajuan teknologi telah menjadi bagian penting dalam berbagai aktivitas manusia [1]. Transformasi digital yang berkembang dengan sangat pesat ditandai oleh hadirnya berbagai perangkat elektronik yang semakin canggih dan inovatif, yang secara signifikan mendukung efisiensi dan kemudahan dalam berbagai aspek kehidupan [2], [3], [4], [5]. Dalam dunia industri, motor DC pada sistem *Conveyor* sering kali berperan sebagai tulang punggung dalam proses produksi, karena kemampuannya dalam menggerakkan material dari satu titik ke titik lainnya secara cepat dan efisien [6], [7]. Namun, dalam praktiknya, sistem ini kerap menghadapi tantangan berupa kesalahan *steady-state* yang cukup signifikan, terutama ketika menghadapi beban angkut yang berlebihan [8]. Kondisi ini dapat menyebabkan penurunan kecepatan putaran (RPM) motor DC, yang pada akhirnya berdampak pada ketidakstabilan alur produksi [9].

Untuk mengatasi permasalahan performa motor akibat perubahan beban, diperlukan sebuah sistem pengendali yang mampu mengompensasi kekurangan tersebut dan memberikan kinerja yang lebih optimal. Salah satu metode pengendalian yang paling umum dan efektif digunakan, baik dalam industri maupun bidang robotika, adalah pengendali PID (*Proportional-Integral-Derivative*) [10], [11]. Meskipun terdapat berbagai metode kontrol lain seperti *Fuzzy Logic*, *Neural Network Control*, dan *Model Predictive Control* (MPC), pengendali PID tetap menjadi pilihan utama dalam sistem kendali industri. Hal ini disebabkan oleh kemudahan implementasinya, efektivitas biaya, serta kemampuannya dalam memberikan performa yang memadai di berbagai kondisi operasi [12]. Dengan menggabungkan aksi *Proportional*, *Integral*, dan *Derivative*, kontroler PID mampu meningkatkan respons sistem secara keseluruhan, sehingga menjadikannya lebih cepat, akurat dalam mencapai *setpoint*, dan stabil terhadap gangguan atau fluktuasi beban [8].

Metode *tuning* PID yang umum digunakan antara lain : *Ziegler-Nichols* (ZN), *Cohen-Coon*, *Manual Tuning*, *Software-based Autotuning*, dan *Relay Feedback* [13], [14], [15], [16], [17]. Khusus untuk metode *Ziegler-Nichols*, pendekatan ini dibagi lagi menjadi dua, yaitu metode pertama dan metode kedua. PID *Ziegler-Nichols* metode 1 membahas tentang penalaan berdasarkan respons terhadap *input* langkah (*step response*). Metode ini dikenal sebagai *open-loop tuning* atau *reaction curve method*, di mana parameter PID ditentukan berdasarkan kurva

tanggapan sistem terhadap lonjakan masukan (biasanya berupa perubahan mendadak pada *input kontrol*). Parameter seperti waktu tunda ( $L$ ) dan konstanta waktu ( $T$ ) digunakan untuk menghitung nilai P, I, dan D. Sementara itu, PID *Ziegler-Nichols* metode 2 membahas tentang penalaan berdasarkan osilasi berkelanjutan pada sistem tertutup (*closed-loop tuning*). Metode ini disebut juga sebagai *ultimate gain method*, di mana pengguna menaikkan nilai gain proporsional ( $K_p$ ) secara bertahap hingga sistem menunjukkan osilasi terus-menerus [18], [19].

Penelitian oleh Zaidir Jamal menunjukkan bahwa penerapan pengendali PID pada miniatur *Hopper-Conveyor Plant* mampu menjaga aras bahan baku padat tetap konstan dengan akurasi tinggi. Hasil yang diperoleh meliputi: *overshoot* sebesar 1 cm (0,05%), *rise time* 280 detik, dan nilai IAE rata-rata 3.1733. Waktu respons tersebut tergolong lambat, terutama jika sistem diterapkan pada industri yang membutuhkan respons cepat terhadap perubahan kondisi [20].

Penelitian oleh Alifa Restu Janwar Wiriawan dan Andry Irawan menunjukkan hasil positif setelah menerapkan metode kontrol PID, kecepatan putaran motor DC menunjukkan peningkatan yang signifikan dengan mencapai nilai *set point* yang ditentukan dengan stabilitas yang lebih baik. Saat mengalami gangguan, grafik keluaran akan menunjukkan penyimpangan sesaat dari nilai *set point*, sebelum akhirnya sistem secara efektif mengembalikan kecepatan putaran ke titik stabil semula. Namun untuk penalaan PID masih dilakukan secara manual melalui metode osilasi (*trial and error*) [21].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rizky Hansza dan Subuh Isnur Haryudo, dengan adanya IoT, pengguna dapat mengelola sejumlah perangkat elektronik melalui internet. Berkat sensor *voice recognition*, perintah untuk mengatur kecepatan Motor DC menjadi sangat mudah dilakukan hanya dengan suara dari jarak jauh, tetapi tidak cukup baik jika digunakan dalam keadaan tidak ideal [22].

Selain itu, ada juga penelitian dari David Setiawan yang menyatakan bahwa kontrol kecepatan motor DC bisa dilakukan melalui koneksi *Bluetooth* berbasis Android untuk meningkatkan kenyamanan dan kemampuan kendali jarak jauh. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan pada jangkauan kontrolnya, sehingga perlu pengembangan alternatif lebih lanjut [23].

Penelitian yang dilakukan oleh penulis ini akan jauh berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, karena menggunakan algoritma PID *Ziegler-Nichols* yang telah diintegrasikan dengan *Internet of Things* (IoT) untuk mengendalikan dan memantau kecepatan putaran (RPM) motor DC pada *Conveyor*. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan fitur pengendalian seperti perintah *On / Off*, serta pengaturan arah putaran pada motor DC (maju atau mundur), yang tentunya dapat dioperasikan dari jarak yang dekat maupun dari jarak yang jauh. Pengendalian jarak

dekat menggunakan Potensiometer dan *Push Button*, sedangkan pengendalian jarak jauh menggunakan Ubidots sebagai Platform IoT.

Untuk dapat membuat sistem tersebut, maka dibutuhkan sebuah metodologi yang sesuai. Penulis menetapkan RAD (*Rapid Application Development*) sebagai metodologi di penelitian ini. RAD adalah model pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara bertahap dengan pendekatan yang terstruktur, khususnya untuk proyek dengan waktu pengerjaan yang singkat. Pengembangan sistem dimulai dari tahap *requirement*, lalu *prototyping*, kemudian *output*, dan yang terakhir adalah *testing* [24].

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan yang ada di latar belakang, adapun rumusan masalah yang dapat dipetik dari pembahasan dan pelaksanaan penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

- a. Bagaimana caranya mengimplementasikan metode PID *Ziegler-Nichols* pada sistem pengendalian kecepatan putaran (RPM) motor DC pada *Conveyor* ?
- b. Bagaimana caranya mengendalikan *On / Off* dan arah putaran motor DC pada *Conveyor* dari jarak jauh maupun jarak dekat ?
- c. Bagaimana proses implementasi dan integrasi protokol MQTT pada ESP32 ?
- d. Bagaimana hasil pengendalian kecepatan putaran (RPM) motor DC pada *Conveyor* saat menggunakan metode PID *Ziegler-Nichols* ?
- e. Bagaimana efektivitas kendali *On / Off* dan arah putaran motor DC pada sistem *Conveyor* saat dioperasikan dari jarak jauh maupun jarak dekat ?

## 1.3. Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang diteliti, adapun tujuan dari pelaksanaan penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Untuk mengimplementasikan metode PID *Ziegler-Nichols* pada sistem kendali kecepatan putaran (RPM) motor DC pada *Conveyor*.
- b. Untuk mengimplementasikan kendali *On / Off* dan arah putaran motor DC pada *Conveyor* dari jarak jauh maupun jarak dekat.
- c. Untuk mengetahui cara kerja dan penggunaan protokol MQTT pada ESP32.

- d. Untuk mengetahui hasil pengendalian kecepatan putaran (RPM) motor DC secara *real-time* pada *Conveyor*.
- e. Untuk mengetahui efektivitas kendali *On / Off* dan arah putaran motor DC pada *Conveyor* dari jarak jauh maupun jarak dekat.

#### 1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan apa yang telah dijelaskan dalam rumusan masalah di atas, maka batasan masalah perlu ditetapkan oleh penulis, yaitu sebagai berikut :

- a. ESP32 merupakan *Controller* yang digunakan oleh penulis untuk mengendalikan *On* atau *Off*, arah putaran (Maju atau Mundur), dan kecepatan putaran (RPM) motor DC pada *Conveyor*.
- b. Protokol komunikasi IoT yang digunakan adalah MQTT.
- c. Kendali PID menggunakan metode *Ziegler-Nichols* dengan *Loop* Tertutup.
- d. Ubidots sebagai platform IoT digunakan untuk memantau nilai kecepatan putaran (RPM) motor DC pada *Conveyor*, sekaligus untuk mengendalikan *On / Off* dan juga arah putaran dari motor DC tersebut.
- e. *Digital Laser Photo Tachometer* digunakan oleh penulis untuk mengukur kecepatan putaran (RPM) motor DC pada *Conveyor* guna memperoleh data yang lebih akurat dan meyakinkan.
- f. RAD (*Rapid Application Development*) digunakan sebagai metodologi dalam penelitian ini. Sedangkan untuk pengujian sistem, menggunakan pendekatan eksperimental.

#### 1.5. Manfaat

Berdasarkan penelitian ini, manfaat yang diperoleh antara lain :

- a. Bagi penulis, hal ini dapat dijadikan sebagai ajang pembuktian kemampuan dalam menciptakan suatu inovasi yang bermanfaat.
- b. Bagi pembaca, dapat dijadikan sebagai acuan dalam mempelajari ilmu *Internet of Things* (IoT) dan juga kendali PID dengan metode *Ziegler-Nichols*.