

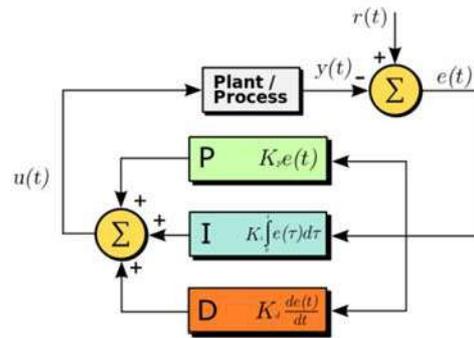
Bab II

Dasar Teori

2.1 Kontrol Proportional Derivative Integral (PID)

Instrumentasi dan kontrol industri tidak dapat dipisahkan satu sama lain, karena kontrol di pabrik tidak lagi manual seperti dulu, namun pada saat itu sudah didukung dengan fungsi kontroler sehingga dapat digunakan dalam proses produksi di pabrik manapun dengan lebih efektif dan efisien. PID (Proportional-Integral-Derivative Controller) merupakan kontroler yang dapat menjamin keakuratan sistem instrumentasi, yang ditunjukkan dengan adanya umpan balik pada sistem. Kontroler PID merupakan kontroler tradisional yang banyak digunakan di seluruh dunia industry[6].

Kontroler PID merupakan kontroler yang paling banyak digunakan di dunia industri. Sistem kendali merupakan hal yang sangat penting dalam suatu proses pengendalian mesin industri. Karena dengan sistem ini, hasil yang didapat sangat memuaskan. Sistem kontrol sangat perlu digunakan untuk stabilitas dan presisi. Sistem kontrol yang baik memiliki asumsi yang baik tentang berbagai sinyal masukan. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu proporsional, integral, dan derivatif. Ketiganya dapat digunakan bersama atau terpisah, tergantung pada reaksi yang ingin kita timbulkan pada *plant*. Sistem kontrol PID merupakan kontrol yang menjamin presisi suatu sistem instrumentasi dengan memberikan umpan balik ke sistem[6]. Berikut **Gambar 2.1** adalah Skema control PID.



Gambar 2. 1 Skema Kontrol PID [6]

Input kontrol ke plant dapat menghasilkan output kontroler yang bersumber dari domain waktu hasil umpan balik yang membentuk nilai error. Rumus yang sangat umum digunakan oleh PID adalah persamaan di bawah ini:

$$u(t) = P(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(r) dr + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.1)$$

Fungsi transfer umum dari kontroler PID fraksional ini dirumuskan sebagai berikut:

$$C(s) = U(s)E(s) = KP + KI s^{-1} + KD s^{\mu} (\mu \geq 0) \quad (2.2)$$

Di mana $C(s)$ adalah output pengontrol, $U(s)$ adalah sinyal kontrol, $E(s)$ adalah sinyal kesalahan, KP adalah penguatan konstanta proporsional, KI adalah penguatan konstanta integral, dan KD adalah penguatan konstanta derivative[7].

2.2 Kontrol *Proportional*

Penggunaan kontrol P memiliki berbagai keterbatasan karena sifatnya yang tidak dinamis. Namun, dalam aplikasi dasar yang sederhana, kontrol P dapat meningkatkan reaksi transien secara signifikan, khususnya waktu naik dan turun. Kelemahan kontrol proporsional adalah munculnya *overshoot*, dimana besarnya *overshoot* bergantung pada besarnya gain elemen dalam loop dan band proporsional (PB). Hal ini disebabkan oleh sifat dasar dari kontroler proporsional, yang membutuhkan kesalahan untuk membuat keluaran. Pengontrol proporsional

memiliki output yang sebanding dengan besarnya sinyal kesalahan (perbedaan antara kuantitas yang diinginkan dan nilai sebenarnya)[8].

2.3 Kontrol Integral

Pengontrol integral memiliki peran untuk menciptakan reaksi sistem yang memiliki kesalahan keadaan nol ($\text{error steady state} = 0$). Pengontrol integral juga dapat menghilangkan overshoot yang dicoba oleh proporsional. Jika pengontrol tidak memiliki faktor integrator, pengontrol proporsional tidak dapat menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan tunak nol. Kontrol I dapat memperbaiki sekaligus menghilangkan reaksi keadaan tunak, tetapi pemilihan K_i yang tidak tepat dapat menyebabkan reaksi transien yang besar yang dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Memilih K_i yang sangat besar sebenarnya dapat menyebabkan keluaran berosilasi karena meningkatkan urutan sistem. Keluaran pengontrol adalah jumlah terus menerus dari perubahan masukannya. Jika sinyal kesalahan tidak berubah, output akan mempertahankan keadaan sebelum input berubah[8].

2.4 Kontrol Derivatif

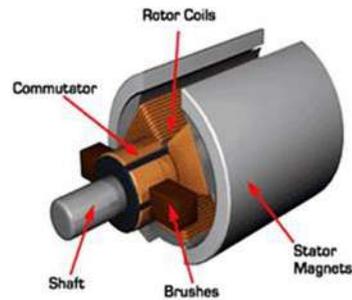
Karena lambatnya kontrol PI dalam mengontrol sistem. Upaya untuk memperbaiki respon diperoleh dengan menggunakan unit kendali diferensial atau turunan yang disingkat D. Output dari kontroler D adalah diferensial dari fungsi input. Sayangnya, faktor D tidak dapat menghasilkan keluaran jika tidak ada perubahan masukan. Karena sifat ini, pengontrol D tidak pernah digunakan sendirian. Unit kontrol D selalu digunakan dalam kombinasi dengan P dan I sebagai pengontrol PD atau PID. Tidak hanya itu, kontroler D tidak dapat digunakan untuk variabel proses yang memiliki noise. Karena banyaknya kendala pada kontroler D,

maka populasi kontroler PID dan PD tidak sebesar populasi kontroler P atau PI. Masing-masing kelebihan dan kekurangan dari masing-masing kontroler P, I, dan D dapat dikompensasi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler (kontroler PID)[8].

2.5 Motor DC

Motor DC adalah perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik, atau gerak. Seperti namanya, motor DC memiliki dua terminal dan membutuhkan arus searah (DC) untuk beroperasi. Motor DC ini biasanya digunakan pada perangkat elektronik dan elektrik yang menggunakan energi DC, seperti : vibrator bergerak, kipas DC, dan bor DC[9].

Motor DC membutuhkan pasokan listrik yang konstan ke gulungan medan untuk mengubahnya menjadi energi mekanik. Dalam lilitan medan motor DC, stator (bagian yang tidak berputar) dan roda jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Ketika kumparan armature bagian dalam berputar dalam medan magnet, menghasilkan tegangan (EMF) yang berbalik arah setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan AC. Prinsip operasi arus searah adalah mengubah fasa tegangan poros dengan nilai positif menggunakan komutator, sehingga membalikkan arus ketika roda angker berputar di lapangan. Bentuk motor yang paling sederhana memiliki kumparan tunggal yang bebas di antara kutub-kutub magnet permanen[9]. Berikut dibawah ini bagian dari motor DC yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2**



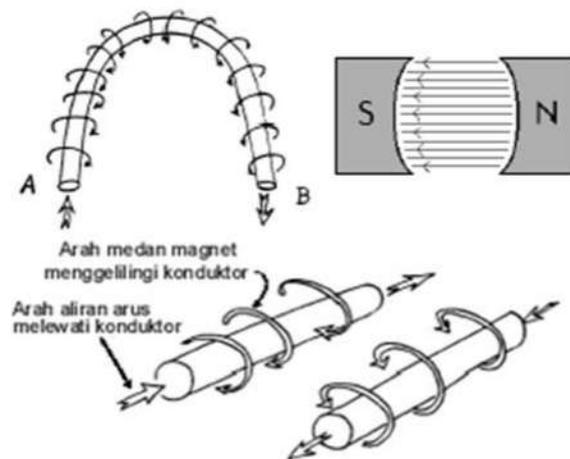
Gambar 2.2 Bagian Motor DC [9]

Pada **Gambar 2.2** Bagian medan adalah kumparan yang terhubung ke catu daya DC. Di sisi lain, bagian jangkar diorientasikan sebagai magnet permanen (U-S). Bagian armature ini tidak harus berupa magnet permanen itu bisa berupa kumparan yang menjadi elektromagnet ketika mendapat daya DC[9].

Bagian lain yang kurang penting dari motor DC adalah “komutator” (commutator). Keuntungan dari motor DC ini adalah metode kontrol kecepatan melindungi catu daya. Kontrol ini dapat dicoba dengan mengubah tegangan dinamo. Peningkatan akan meningkatkan kecepatan, dan penurunan akan mengurangi kecepatan. Ada juga cara lain untuk mengubah arus medan; peningkatan arus medan sebanding dengan peningkatan kecepatan[9].

2.5.1 Prinsip Kerja Motor DC

Jika arus dalam suatu penghantar telah menimbulkan medan magnet disekitarnya, maka arah medan magnet akan ditentukan oleh arah arus yang mengalir disekitar penghantar tersebut. Berikut di bawah ini **Gambar 2.3** prinsip kerja motor DC



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Motor DC [9]

Pada **Gambar 2.3** menunjukkan bahwa medan magnet yang dihasilkan di dekat konduktor berubah arah karena bentuk U. Medan magnet ada di dekat konduktor hanya ketika arus mengalir melalui konduktor itu. Jika konduktor berbentuk U (angker) ditempatkan di antara kutub utara dan selatan yang kuat, medan magnet konduktor akan bersentuhan dengan medan magnet kutub[9].

2.5.2 Komponen Utama Motor DC

Motor DC memiliki tiga komponen utama

a. Kutub Medan

Motor DC memiliki kutub medan tetap dan angker yang menggerakkan bantalan di ruang antara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub.

Medannya terdiri dari kutub utara dan selatan.

b. Dinamo

Jika arus yang masuk mengarah ke dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Motor silinder terhubung ke poros untuk mentransfer beban.

c. Komutator

Komutator membantu membalikkan arah arus di dinamo. Komutator juga membantu mentransfer listrik antara angker dan catu daya.

2.6 PWM (Pulse Width Modulation)

Pulse Width Modulation (PWM) adalah metode memanipulasi lebar sinyal, biasanya diwakili oleh pulsa dalam satu siklus, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Contoh aplikasi PWM antara lain modulasi informasi yang digunakan untuk mengontrol daya atau tegangan lintas beban, pengatur tegangan, dan aplikasi lainnya[10].

PWM adalah teknik untuk menerima sinyal analog dari perangkat digital. Sinyal PWM biasanya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, tetapi lebar pulsa bervariasi. Lebar pulsa PWM sebanding dengan amplitudo sinyal asli yang tidak termodulasi. Ini berarti bahwa sinyal PWM memiliki frekuensi tetap tetapi *duty cycle* bervariasi (antara 0% dan 100%)[10].

2.7 Arduino Nano

Arduino Nano adalah sebuah papan rangkaian berukuran kecil dan terintegrasi dimana didalamnya sudah tersedia IC mikrokontroler dan peripheralnya. Arduino Nano Clone dirancang dan dibuat oleh perusahaan Gravitech dengan menggunakan basis mikrokontroler Atmega328 (untuk Arduino NanoV3) atau Atmega168 (untuk Arduino NanoV2). Arduino nano juga telah mendukung kompatibilitas dengan *Breadboard* sehingga memudahkan kalian dalam melakukan rancangan rangkaian elektronika kendali menjadi sebuah prototype jadi. [11]. Berikut **Tabel 2.1** Spesifikasi Arduino Nano. dan **Gambar 2.4** Arduino Nano



Gambar 2.4 Arduino Nano [11]

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Nano

Mikrokontroler	Atmega328
Operasi Tegangan	5 Volt
Input Tegangan	7-12 Volt
Pin I/O Digital	14
Pin Analog	6
Arus DC tiap pin I/O	50 mA
Arus DC ketika 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan clock	16 mHz

2.8 Driver Motor L298N

Driver Motor L298N merupakan modul yang sering digunakan untuk mengendalikan motor DC. Dengan menggunakan Driver Motor L298N, kita dapat dengan mudah mengontrol baik kecepatan maupun arah putaran dua motor sekaligus. Driver Motor L298N dirancang menggunakan IC Driver Motor L298

Dual H-Bridge yang didalamnya terdapat gerbang logika yang sangat populer di dunia elektronika sebagai pengendali motor[11].



Gambar 2.5 Motor Driver L293N[11]

2.9. Sensor Opto Coupler

Optocoupler, juga dikenal sebagai opto-isolator atau photocoupler, adalah komponen elektronika yang digunakan untuk mengisolasi atau memisahkan dua sirkuit elektronik secara elektrik sambil memungkinkan transfer sinyal atau informasi antara keduanya melalui cahaya optik. Optocoupler terdiri dari dua bagian utama, yaitu Transmitter (pengirim) dan Receiver (penerima), yang bekerja secara terpisah dan tidak memiliki hubungan penghantar rangkaian langsung. Dalam satu paket komponen, keduanya diintegrasikan sedemikian rupa sehingga dapat melakukan isolasi sinyal dengan aman.

Transmitter pada optocoupler berfungsi untuk menghasilkan cahaya optik (biasanya menggunakan dioda LED) ketika diberi tegangan pada bagian inputnya. Cahaya optik ini kemudian ditransmisikan melalui ruang hampa udara atau melalui medium optik lainnya ke Receiver.

Receiver, di sisi lain, berfungsi untuk mendeteksi cahaya optik yang datang dari Transmitter dan mengubahnya menjadi sinyal listrik di bagian outputnya. Ini

memungkinkan isolasi galvanik antara dua sirkuit, sehingga tegangan atau arus pada satu sirkuit tidak memengaruhi yang lainnya secara langsung.

Penggunaan optocoupler umumnya digunakan untuk melindungi perangkat elektronik dari interferensi elektromagnetik, memisahkan sirkuit tinggi tegangan dari sirkuit rendah tegangan, atau mengisolasi sinyal dalam aplikasi seperti pengendalian dan deteksi[12]. Ini membuat optocoupler menjadi komponen yang sangat berguna dalam elektronika industri untuk menjaga keamanan dan integritas sirkuit elektronik. Berikut dibawah ini **Gambar 2.6** Sensor Opto Coupler



Gambar 2.6 Sensor Opto Coupler[12]

2.10 Potensiometer

Potensiometer (POT) adalah salah satu jenis Resistor yang Nilai Resistansinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan Rangkaian Elektronika ataupun kebutuhan pemakainya. Potensiometer merupakan Keluarga Resistor yang tergolong dalam Kategori Variable Resistor. Secara struktur, Potensiometer terdiri dari 3 kaki Terminal dengan sebuah shaft atau tuas yang berfungsi sebagai pengaturnya[13]. Berikut adalah **Gambar 2.7** Potensiometer



Gambar 2.7 Potensiometer[13]