

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Pertama, penelitian terdahulu yang telah dilakukan Fadillah Satria Bumi, Totok Winarno, Achmad Komarudin Tahun 2022. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Mobile Robot dengan kemampuan pergerakan holonomik yang dirancang untuk memudahkan manuver ke segala arah, sementara kontrol Proportional Derivative (PD) digunakan untuk menjaga kestabilan kecepatan motor [3]. Kesamaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini adalah Kedua penelitian menggunakan kontroler Proportional Integral Derivative (PID). Perbedaan antara studi terdahulu dan penelitian yang sedang dilakukan sekarang adalah Penelitian pertama mengembangkan robot mobile holonomic yang bergerak bebas di bidang datar.

Kedua penelitian ini dilakukan oleh Moh Khairudin tahun 2015. Penelitian ini pemodelan dinamika dan karakterisasi pada robot lengan lentur dua tautan (RLDL) dilakukan sebagai alternatif desain robot lengan yang lebih ringan, sehingga menawarkan efisiensi yang lebih tinggi dalam konsumsi energi listrik dibandingkan dengan robot lengan konvensional [6]. Kesamaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini adalah penelitian melakukan pemodelan dinamik untuk memahami perilaku fisik sistem lengan robot berdasarkan parameter fisik seperti inersia, gaya, dan momen. Perbedaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini adalah penelitian RLDL meneliti robot lengan lentur dua-link, yang mempertimbangkan fleksibilitas dan redaman struktur.

Ketiga, penelitian yang pernah dilakukan oleh Zen Nurkholik, Farrady Alif, Diah Arie tahun 2022. Penelitian ini bertujuan dalam merancang robot lengan dengan menerapkan metode kinematika invers, yaitu menentukan nilai sudut pada setiap motor stepper agar posisi end-effector dapat dicapai sesuai yang diinginkan [11]. Kesamaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini adalah keduanya fokus pada robot lengan dengan 3 derajat kebebasan. Perbedaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini adalah perancangan ini menggunakan invers kinematik.

## 2.2 Landasan Teori

Landasan teori memuat penjelasan mengenai konsep-konsep yang berkaitan dengan studi yang dilakukan. Penjelasan tersebut diharapkan dapat membantu peneliti maupun pembaca dalam memahami teori-teori yang mendasari laporan penelitian ini.

### 2.2.1 Robot Lengan

Robot lengan merupakan perangkat mekanik yang dirancang untuk menjalankan tugas fisik secara otomatis berdasarkan program yang telah ditentukan. Robot ini melakukan proses manipulasi melalui lengan mekanis dengan derajat kebebasan gerak yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan aplikasi. Salah satu robot yang umum digunakan adalah robot manipulator, yang dirancang menyerupai struktur lengan manusia. Robot jenis ini bersifat fleksibel dan memungkinkan pelaksanaan tugas secara cepat, akurat, dan presisi. [11].



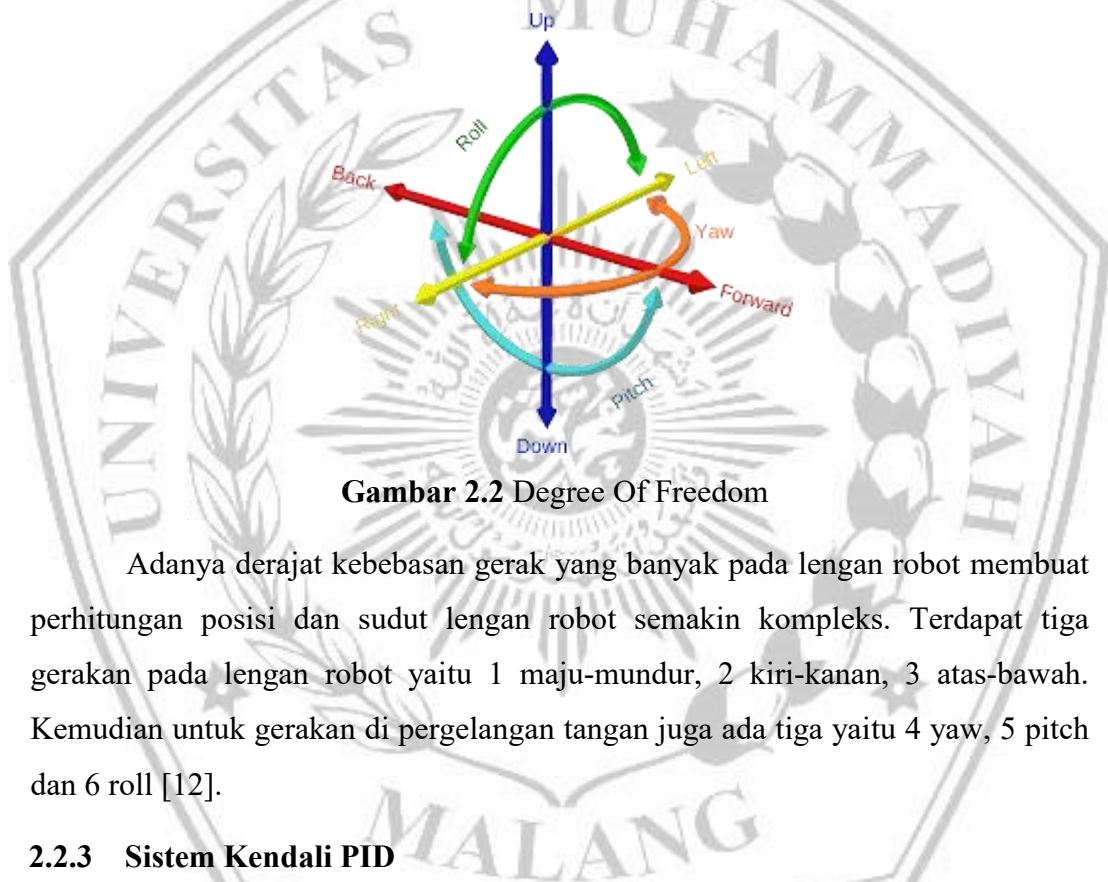
**Gambar 2.1** Robot Lengan

Robot lengan bisa digambarkan mempunyai 1 atau 2 lengan lebih dan sendi untuk pergerakannya. Robot lengan atau biasa disebut robot manipulator mempunyai beberapa bagian dalam menjalankan fungsinya. Bagian tersebut ada 4 bagian yaitu manipulator, sensor, aktuator dan controller. Manipulator adalah komponen mekanik yang digunakan untuk mengangkat, memindahkan, dan memanipulasi objek. Sensor berfungsi mendeteksi kondisi atau posisi bagian-bagian manipulator. Aktuator merupakan penggerak yang terbagi menjadi tiga jenis, yaitu motor listrik (DC servo, stepper, AC), penggerak pneumatik (berbasis

tekanan gas), dan hidrolik (berbasis tekanan fluida). Kontroler adalah rangkaian elektronik berbasis mikrokontroler yang mengatur kerja seluruh sistem [12].

### 2.2.2 Derajat Kebebasan Gerak

Derajat kebebasan gerak atau Degree of Freedom (DoF) adalah banyaknya gerakan dan sudut yang bisa dilakukan oleh sebuah objek. Derajat kebebasan gerak pada lengan robot merupakan representasi dari sebuah sendi dari lengan manusia. Banyaknya sendi pada lengan robot biasanya mempengaruhi gerakan robot lengan tersebut namun, pada umumnya lengan robot hanya memiliki maksimal 6 derajat kebebasan gerak atau 6 DoF.



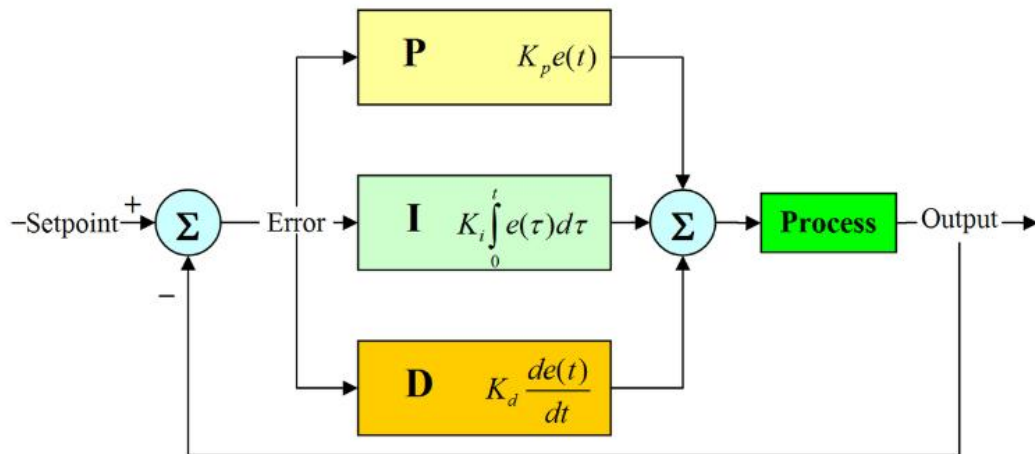
**Gambar 2.2** Degree Of Freedom

Adanya derajat kebebasan gerak yang banyak pada lengan robot membuat perhitungan posisi dan sudut lengan robot semakin kompleks. Terdapat tiga gerakan pada lengan robot yaitu 1 maju-mundur, 2 kiri-kanan, 3 atas-bawah. Kemudian untuk gerakan di pergelangan tangan juga ada tiga yaitu 4 yaw, 5 pitch dan 6 roll [12].

### 2.2.3 Sistem Kendali PID

PID (Proportional–Integral–Derivative) merupakan kontroler konvensional yang umum digunakan dalam sistem instrumentasi berbasis umpan balik, terutama di industri. Kontroler ini memiliki keunggulan seperti desain yang sederhana, biaya rendah, perawatan mudah, dan tidak memerlukan keahlian khusus dalam pengoperasiannya. Komponen kontrol PID terdiri dari tiga elemen utama: Proportional, Integral, dan Derivative, yang dapat digunakan secara terpisah maupun bersamaan sesuai kebutuhan respon sistem (plant). PID merupakan kontroler yang umum digunakan pada sistem linier karena kemudahan dalam

perancangan dan penerapannya. Sistem ini bersifat close-loop dan cukup sederhana, namun mampu memberikan performa yang baik. Meskipun begitu, efektivitasnya menurun pada sistem yang tidak pasti atau tidak linier. Oleh karena itu, kontrol PID dapat dikombinasikan dengan metode lain seperti fuzzy control, adaptive control, sliding mode control, atau robust control untuk meningkatkan kinerja sistem.



**Gambar 2.3** Kontrol PID

#### 2.2.4 Kontrol Proporsional

$K_p$  merupakan konstanta proporsional yang berfungsi sebagai gain tanpa memengaruhi dinamika sistem. Meskipun kontrol P memiliki keterbatasan karena tidak bersifat dinamis, pada aplikasi sederhana kontrol ini cukup efektif untuk memperbaiki respons transien, seperti rise time dan settling time. Keluaran pengontrol proporsional sebanding dengan sinyal kesalahan antara nilai yang diinginkan dan aktual. Nilai  $K_p$  yang kecil menghasilkan respons lambat, sedangkan peningkatan  $K_p$  dapat mempercepat sistem mencapai kondisi mantap.

#### 2.2.5 Kontrol Integratif

Pengontrol integral berperan dalam menghilangkan kesalahan keadaan tunak (steady-state error), yang tidak dapat diatasi hanya dengan kontrol proporsional. Kontrol I secara efektif mengurangi error hingga nol, namun pemilihan konstanta  $K_i$  yang tidak tepat dapat memicu respons transien yang besar dan bahkan menyebabkan ketidakstabilan sistem. Nilai  $K_i$  yang terlalu tinggi dapat menimbulkan osilasi akibat peningkatan orde sistem. Keluaran kontrol integral merupakan hasil akumulasi sinyal kesalahan seiring waktu, yang

secara grafis merepresentasikan luas area di bawah kurva error. Jika tidak ada perubahan sinyal kesalahan, keluaran tetap mempertahankan kondisi sebelumnya.

### **2.2.6 Kontrol Derivatif**

Keluaran pengontrol derivatif bekerja berdasarkan prinsip turunan, di mana perubahan mendadak pada sinyal masukan menghasilkan respons yang cepat dan signifikan. Karena hanya merespons perubahan error, kontrol D efektif dalam memperbaiki respon transien dengan memprediksi arah dan laju perubahan kesalahan. Namun, saat error bersifat statis, kontrol ini tidak memberikan reaksi, sehingga tidak dapat digunakan secara mandiri tanpa dikombinasikan dengan elemen kontrol lainnya [1].

