

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bencana alam yang terjadi seperti gempa bumi, kebakaran, tsunami memiliki efek yang sangat signifikan dan serius pada manusia. Pada tahun 2021, sekitar 432 bencana dilaporkan telah memengaruhi seratus juta orang yang menyebabkan 10.492 kematian dan kerusakan ekonomi senilai \$252,1 miliar secara global. Dampak keseluruhan dan tingkat kematian ini konsisten selama 20 tahun terakhir. Oleh karena itu, sangat penting untuk menggunakan teknologi mutakhir untuk menyelesaikan masalah bencana, khususnya dalam membantu peran tim SAR (*Search and Rescue*) dalam menyelamatkan nyawa manusia. Menurut survei oleh Mordor Intelligence, sektor robotika SAR tumbuh pada CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) 20%. Selain itu, karena biaya robot telah menurun selama sepuluh tahun terakhir, telah dicatat bahwa robot sekarang 80% lebih murah dibandingkan pada tahun 1990. Dengan penggunaan teknologi berbiaya rendah dan lebih baik, tim penyelamat dapat mengakses informasi yang lebih lengkap untuk menemukan dan menyelamatkan orang. (Chitikena, 2023:3-4).

Berdasarkan data yang telah disebutkan di atas, robot otonom dapat menjadi salah satu perwujudan hal tersebut. Robot otonom telah memainkan peran yang penting dalam hidup manusia selama beberapa tahun terakhir ini. Salah satu area di mana robot tersebut dapat memberikan dampak pada hidup manusia ada pada operasi pencarian dan penyelamatan (SAR). Secara khusus, sistem robot memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi personel SAR secara signifikan dengan waktu respons yang lebih cepat di lingkungan berbahaya, atau memberikan pemetaan dan pemantauan *real-time* di area tempat terjadinya insiden. (Queralta, 2020:191617).

Dalam dua dekade terakhir, beberapa proyek internasional telah didedikasikan untuk robot SAR. Beberapa contoh proyek internasional yang mengembangkan robot SAR diantaranya adalah COMETS yang berfokus pada koordinasi dan kontrol *real-time* dari beberapa UAV heterogen, NIFTi yang berfokus pada kerja sama manusia-robot dalam lingkungan yang dinamis untuk SAR perkotaan, ICARUS yang berfokus pada pengembangan alat robot yang dapat membantu operator SAR manusia, TRADR yang berfokus pada kerjasama manusia-robot jangka panjang untuk respons dalam kecelakaan industri, CENTAURO yang berfokus pada mobilitas dan manipulasi cekatan dalam operasi SAR melalui *full-body telepresence* (Queralta, 2020:191617). Selain proyek internasional, terdapat kompetisi guna mendukung perkembangan robot SAR seperti, *RoboCup Rescue League*, ERL-ESR (*European Robotics League Emergency Service Robots*), dan KRSRI (Kontes Robot SAR Indonesia).

Berdasarkan proyek robot yang sudah ada, maka dibuat robot SAR yang dapat melewati berbagai medan jalan seperti jalan pecah, lumpur, bidang miring, dan tangga. Selain itu, robot ini juga dapat mengambil benda dengan menggunakan lengan robot. Sehingga robot ini dibuat dengan menggunakan kaki yang meniru gerakan hewan anjing dan ditambahkan gripper untuk mengambil objek. Robot ini dipilih menggunakan kaki karena robot berkaki mampu

melaksanakan misi di lingkungan yang letaknya jauh atau terlalu berbahaya bagi manusia, seperti di tempat-tempat di mana atmosfer mengandung atau mungkin mengandung cukup gas, debu, atau uap sehingga sangat mudah terbakar atau meledak, serta area berbahaya lainnya yang beresiko bahaya pada manusia. Kaki pada robot dapat berjalan di atas medan yang sulit dengan kemiringan curam, tangga, dan celah yang mungkin untuk kendaraan beroda dengan ukuran yang serupa sulit untuk melaluinya. Selain itu, robot berkaki memiliki kemajuan yang signifikan dalam bidang robotika dan beberapa platform komersial sedang diterapkan pada dunia nyata (Miki, 2022:1).

Dengan demikian, paper yang berjudul "*Skylobot: Integrasi Sistem dan Pengujian Robot SAR Berkaki dengan Gripper untuk Evakuasi Korban Bencana Alam*" dibuat untuk membahas tentang pengembangan robot SAR dalam menghadapi masalah dalam melewati medan yang bervariasi, berjalan secara otonom, serta mampu membawa dan memindahkan suatu objek. Penelitian ini dilakukan secara berkelompok.

1.2. Landasan Teori

Beberapa teori yang akan dijadikan landasan dalam pembuatan robot ini adalah sebagai berikut.

1. Sistem kendali PID (*Proportional, Integral, and Derivative*)

Sistem kendali PID merupakan salah satu kontroler yang banyak digunakan pada proses industri. Sistem kendali PID terdiri dari tiga komponen, yaitu komponen *Proportional* (K_p), *Integral* (K_i), dan *Derivative* (K_d). Sistem kendali PID memiliki rumus seperti pada nomor (1). (Dorf & Bishop, 2018:479).

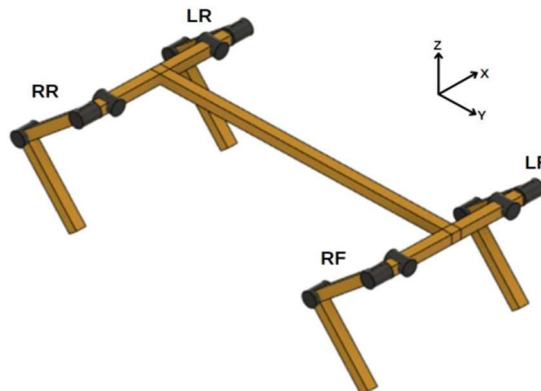
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

PID digunakan secara luas karena performanya yang baik dan mudah untuk diimplementasikan di banyak bidang. Untuk mengimplementasikan sistem kendali PID, ada tiga parameter yang harus ditentukan, yaitu nilai K_p , K_i , dan K_d . Ada berbagai cara yang bisa digunakan untuk menentukan nilai K_p , K_i , dan K_d . Nilai K_p , K_i , dan K_d dapat ditentukan melalui proses *trial-and-error* atau disebut sebagai *PID tuning*. Selain itu, nilai K_p , K_i , dan K_d juga dapat ditentukan secara analitik dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols. (Dorf & Bishop, 2018:481).

2. *Inverse kinematics*

Kinematika robot digunakan untuk menentukan gerak robot dengan menggunakan persamaan matematika. Kinematika dibagi menjadi 2 jenis, yaitu *forward kinematics* dan *inverse kinematics*. *Forward kinematics* menghitung semua posisi lengan berdasarkan posisi awal dan sudut pergerakan sendi dan *inverse kinematics* digunakan untuk menghitung sudut pergerakan sendi berdasarkan koordinat kerangka pada kaki. (Yan, Pan, Che, Yu, & Han, 2021).

Pada bagian ini akan dilakukan pencarian besar sudut pergerakan setiap sendi pada kaki untuk mencapai titik tujuan. Bentuk robot yang akan digunakan secara detail dapat dilihat pada BAB 2. Koordinat global robot pertama-tama didefinisikan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Gambar koordinat global robot

Keterangan:

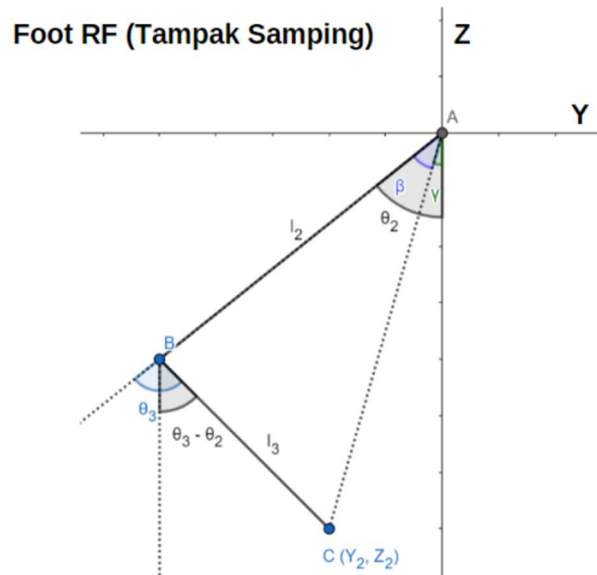
LF = *Left Front*

RF = *Right Front*

LR = *Left Rear*

RR = *Right Rear*

Besar sudut sendi dari masing-masing kaki dilakukan melalui pendekatan geometri. Pada bagian ini, pencarian sudut masing-masing sendi kaki dilakukan untuk kaki pada bagian RF (*Right Front*). Gambar geometri pada kaki RF dapat dilihat pada gambar 1.2 dan gambar 1.3.



Gambar 1.2. Gambar tampak samping kaki RF

Dari gambar 1.2, bisa diperoleh persamaan berikut.

$$\theta_2 = \beta + \gamma \quad (2)$$

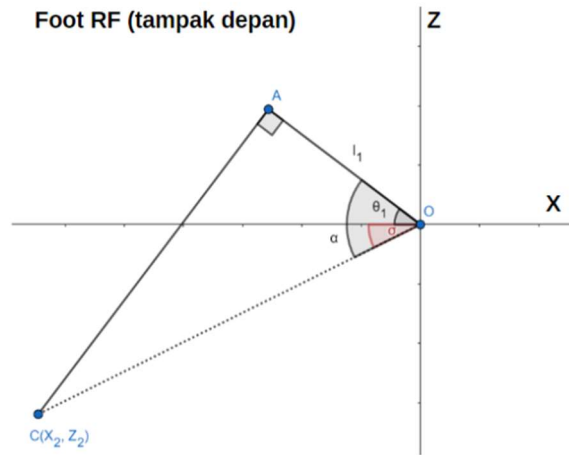
$$AC = \sqrt{Z_2^2 + Y_2^2 - l_1^2} \quad (3)$$

Dari segitiga ABC dapat digunakan aturan kosinus segitiga untuk mencari nilai sudut β dan γ .

$$\beta = \arccos\left(\frac{|Z_2|}{\sqrt{Y_2^2 - AC^2}}\right) \quad (4)$$

$$\gamma = \arccos\left(\frac{l_2^2 + l_3^2 - Y_2^2 - AC^2}{2l_2l_3}\right) \quad (5)$$

Nilai sudut θ_1 dapat dicari dengan melihat kaki RF dari tampak depan seperti pada gambar 1.3.



Gambar 1.3. Gambar tampak depan kaki RF

Dari gambar 1.3, diperoleh persamaan matematika berikut.

$$\theta_1 = \alpha - \sigma \quad (6)$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{l_1}{\sqrt{X_2^2 + Z_2^2}}\right) \quad (7)$$

$$\sigma = \arccos\left(\frac{|Z_2|}{\sqrt{X_2^2 + Z_2^2}}\right) \quad (8)$$

3. ORB (*Oriented FAST and Rotated BRIEF*)

ORB merupakan salah satu algoritma untuk mencocokkan atau mendeteksi objek. ORB merupakan kombinasi antara algoritma FAST (*Features for Accelerated Segment Test*) dan BRIEF (*Binary Robust Independent Elementary Features*). ORB tahan terhadap *noise* dan invarian terhadap rotasi. (Rublee, Rabaud, Konolige, & Bradski, 2011).

4. Protokol komunikasi IIC (*inter-integrated circuit*)

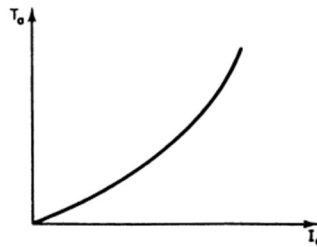
Protokol komunikasi IIC merupakan protokol komunikasi yang memungkinkan untuk mempunyai lebih dari satu master dalam satu bus. Pada protokol IIC, untuk berkomunikasi antar perangkat hanya membutuhkan 2 kabel, yaitu SCL untuk jalur *clock* dan SDA untuk jalur transmisi data dan alamat. Setiap perangkat memiliki alamat yang berbeda sehingga antara *master* dan *slave* dapat berkomunikasi dengan tujuan perangkat yang spesifik dalam satu bus yang sama. (Kusna, Akbar, & Syauqy, 2018).

5. Hubungan Beban Torsi Motor DC Seri terhadap Arus Jangkar

Pada motor dc seri, belitan medan dihubungkan secara seri dengan belitan jangkar. Sehingga nilai arus jangkar, arus medan, dan arus terminal adalah sama. Tegangan terminal, sama dengan jumlah tegangan jangkar dan penurunan tegangan pada resistansi medan seri. Karakteristik kinerja dasar dari motor dc melibatkan variasi variabel keluaran seperti daya, torsi, dan kecepatan, dengan arus jangkar. Hubungan torsi dengan arus jangkar dapat diperoleh dengan menggunakan hubungan dasar pada persamaan (2).

$$T_a = \frac{P_a}{\omega} = K_1 K_2 (I_a)^2 \quad (9)$$

Sehingga berdasarkan persamaan 2, torsi memiliki hubungan dengan kuadrat arus jangkar, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.4.

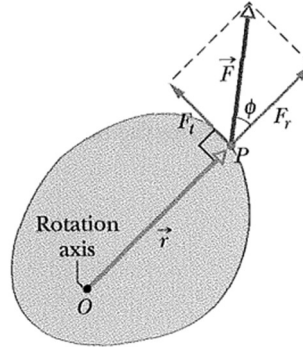


Gambar 1.4. Hubungan karakteristik torsi dan arus jangkar pada motor DC seri

Berdasarkan pada gambar 1, dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban torsi yang diberikan maka arus yang mengalir pada motor dc akan semakin besar pula. (El-Hawary, 2002)

6. Torsi

Kemampuan gaya \underline{F} untuk memutar benda tidak hanya tergantung pada besarnya komponen tangensial \underline{F}_t tetapi juga pada seberapa jauh dari pusat rotasi (O) gaya yang diterapkan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 1.5.



Gambar 1.5. Komponen gaya tangensial

Untuk memasukkan kedua faktor ini, dapat didefinisikan besaran yang disebut torsi sebagai perkalian kedua faktor dan menuliskannya seperti pada persamaan 3 .

$$\tau = (r)(F \sin \phi) \quad (10)$$

(Halliday, 2011).