

Mobilisasi Robot Pengantar Makanan Dengan Tiga Roda Omniwheel Dan Odometry

1st Rifqy Fachrizi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

kikifachrizi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Erwin Susanto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

erwinelektro@telkomuniversity.ac.id

3rd Irham Mulkan Rodiana
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

irhammulkan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian bertujuan untuk mengembangkan robot pengantar makanan dengan menggunakan roda omnidirectional dan sistem odometri untuk pergerakan yang lebih fleksibel dan efisien. Robot ini menggunakan tiga mikrokontroler dan satu komputer papan tunggal (SBC) untuk mengendalikan pergerakan, membaca sensor, dan memproses gambar. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi odometri dan kinerja PID dalam mengontrol kecepatan roda. Hasil dari pengujian menunjukkan robot dapat bergerak sesuai dengan trajektori yang telah ditentukan pada robot, namun masih terdapat beberapa kekurangan dalam akurasi dan pengamatan lingkungan. Oleh karena itu, robot masih perlu pengembangan lebih lanjut dalam meningkatkan pergerakan yang lebih fleksibel dan mengurangi resiko tabrakan.

Kata kunci — Robot pengantar makanan, omnidirectional, odometri, PID, mikrokontroler, komputer papan tunggal

I. PENDAHULUAN

Mobile robot adalah hasil penerapan berbagai metode kontrol yang terus berkembang. Dengan kemajuan zaman, mobile robot kini memiliki beberapa varian seperti robot pengantar barang di pergudangan, robot pengantar paket ke rumah warga, dan robot pengantar makanan di restaurant.

Namun banyak dari metode yang digunakan belum sepenuhnya efisien dan memerlukan pengembangan lebih lanjut. Beberapa robot penelitian masih menggunakan sistem mekanisme roda diferensial dan bahkan garis untuk otomatisasi mobilitasnya. Sementara itu, banyak produk komersil telah menghasilkan robot yang mampu membaca lingkungan sekitar dan bergerak otomatis sesuai target yang ditentukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan robot agar dapat bergerak secara otomatis dengan pergerakan yang fleksibel menggunakan omnidirectional dan sistem odometri, sehingga robot dapat bergerak tanpa mengikuti garis, melainkan membuat trajektorinya sendiri.

II. KAJIAN TEORI

Robot pengantar makanan yang dikembangkan meliputi beberapa aspek dalam pengembangannya, seperti robot locomotion, robot kinematic, robot control PID dan odometry.

1. Robot Locomotion

Robot locomotion merujuk pada cara yang digunakan oleh robot untuk bergerak. Robot locomotion terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu roda, kaki, roda diferensial, omnidirectional, rantai, terbang dan mengapung.

2. Robot Kinematic

Robot kinematic merujuk pada studi gerakan robot dengan memperhatikan hubungan geometris antara bagian – bagian robot, seperti sendi dan segmen, tanpa mempertimbangkan gaya atau massa. Kinematic dalam konteks robotika fokus pada bagaimana posisi, kecepatan, dan akselerasi bagian – bagian robot berubah seiring waktu berdasarkan input dari aktuator.

3. PID

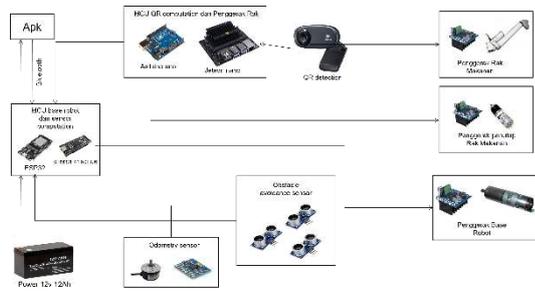
PID merupakan kepanjangan dari proportional derivative integral. PID merupakan salah satu metode kontrol yang digunakan untuk mengatur sistem dimana output akan menuju target berdasarkan input dan feedback yang di terima. Ada dua macam PID yang digunakan dalam penelitian ini, yang pertama PID kecepatan untuk mengatur perputaran masing – masing roda dan kedua PID posisi untuk mengatur perpindahan posisi robot.

4. Odometry

Odometry adalah metode yang digunakan untuk memperkirakan posisi dan orientasi robot bergerak berdasarkan data dari sensor internal, seperti encoder pada roda atau motor. Ini adalah teknik fundamental dalam navigasi robotika, terutama untuk robot yang bergerak di lingkungan yang diketahui maupun tidak diketahui. Dalam penelitian ini sistem odometri dijalankan dengan menggabungkan dua jenis nilai dari dua sensor yang berbeda, yang pertama sensor IMU untuk mendapatkan orientasi robot yang kedua sensor rotary encoder untuk mendapatkan posisi robot.

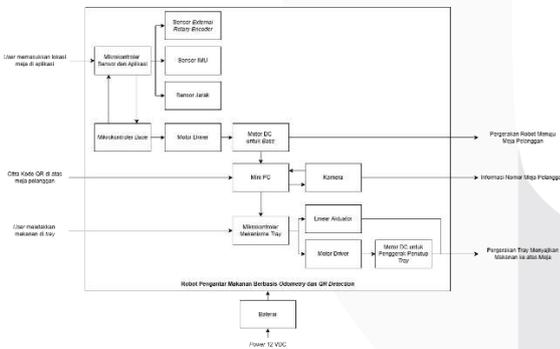
III. METODE

A. Susunan Elektronika



Robot pengantar makanan dalam penelitian ini menggunakan 3 microcontroller dan 1 SBC (single board computer). Controller pertama yaitu STM32F411CEU6 digunakan untuk mengendalikan pergerakan base bawah dimana microcontroller ini membaca encoder internal dari motor dan menggerakannya berdasarkan kalkulasi PID. Lalu microcontroller yang kedua, yaitu ESP32 DEVKIT V1 yang digunakan untuk membaca semua pembacaan sensor dan di kalkulasi lalu dikirim ke microcontroller pertama. Sensor – sensor yang dibaca ialah, sensor odometri yang terdiri dari rotary encoder dan IMU, sensor jarak, dan membaca data melalu pengiriman bluetooth dari user interface. Lalu terdapat microcontroller yang ketiga yaitu arduino uno yang berfungsi untuk menggerakkan mekanisme buka tutup pintu laci dan mengeluarkan laci penyajian. SBC yang kami gunakan ialah jetson nano recomputer j1010, jetson tersebut kami gunakan untuk image processing dengan kamera logitech C310 untuk mendeteksi QR, dimana algoritma tersebut digunakan untuk membedakan meja 1 dengan meja yang lainnya.

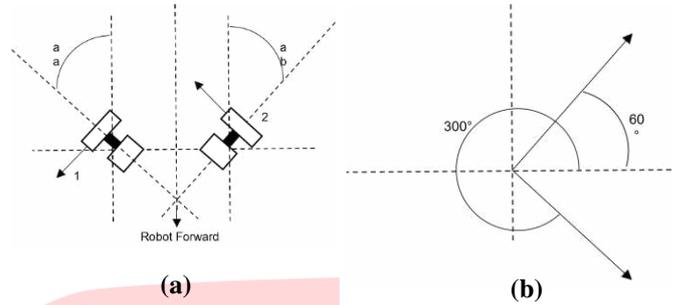
B. Diagram Alir



Gambar diatas merupakan diagram alir cara robot pengantar makanan bekerja. Dimulai dari memberikan input berupa titik lokasi meja yang akan di tuju melalui user interface dan memasukan makanan ke dalam laci. Setelah itu sensor odometri akan melakukan kalkulasi dimana robot akan bergerak sesuai trajectory yang telah ditentukan. Data hasil odometri akan selalu dikirimkan ke STM32 untuk melakukan pergerakan robot dari starting point menuju lokasi meja pelanggan. Setelah sampai ke meja pelanggan robot akan melakukan scan QR untuk menentukan meja itu benar dan sesuai dengan lokasi yang diinputkan, jika benar SBC akan memerintahkan arduino uno untuk membuka pintu laci dan mengeluarkan laci untuk menyajikan makanan pada pelanggan. Setelah semua proses selesai dan pelanggan merasa puas akan pelayanan, pelanggan menekan tombol

“kembali” pada user interface untuk memberi perintah pada robot supaya kembali ke starting point robot.

C. Implementasi Odometri



Implementasi odometry menggunakan dua sensor rotary encoder. Sensor tersebut di pasang dengan konfigurasi seperti gambar diatas (a), dimana gambar (b) merupakan referensi arah gerak vector dari roda rotary encoder.

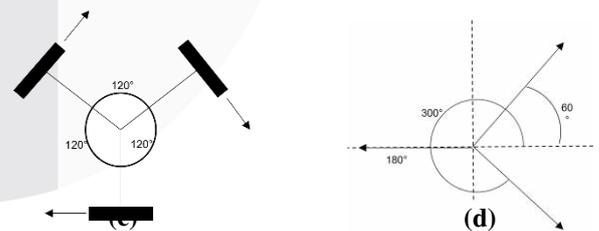
Berikut merupakan formula yang digunakan oleh roda odometri dan menggabungkan nilai sudut pada imu:

$$Dx = P2 \times \cos(ab + (\text{YawAngleMPU6050} \times 0.01745329251)) + P1 \times \cos(aa + (\text{YawAngleMPU6050} \times 0.01745329251)) \quad (1)$$

$$Dy = P2 \times \sin(ab + (\text{YawAngleMPU6050} \times 0.01745329251)) + P1 \times \sin(aa + (\text{YawAngleMPU6050} \times 0.01745329251)) \quad (2)$$

D. Robot Kinematic dan PID kecepatan

Robot menggunakan PID untuk mengontrol pergerakan secara linear dan angular. Sebelum masuk ke PID kecepatan untuk menggerakkan masing – masing roda , nilai input yang berupa detak tiap putaran masuk ke rumus kinematic terlebih dahulu untuk menentukan target pada nilai kecepatan angular roda.



Gambar diatas merupakan konfigurasi kinematic tiga omniwheel (c) dan gambar vector untuk sudut dan arah putar omniwheel (d). dari gambar tersebut didapatkan rumus kinematic robot sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W1 &= Px.\cos(180) + Py.\sin(180) - Pth \quad (3) \\ W2 &= Px.\cos(60) + Py.\sin(60) - Pth \quad (4) \\ W3 &= Px.\cos(300) + Py.\sin(300) - Pth \quad (5) \end{aligned}$$

W1,w2,dan w3 merupakan output dari kinematic yang nilainya akan digunakan sebagai target pada PID. Vx,Vy dan Vth merupakan input yang berupa detak tiap putaran pada

robot. Lalu nilai w_1 , w_2 dan w_3 akan masuk ke rumus PID kecepatan sebagai berikut :

$$u(t) = K_p * e(t) + K_i * \int e(\tau) d\tau + K_d * de(t)/dt \quad (6)$$

Setelah masuk pada rumus PID kecepatan outputnya akan menjadi pwm dan akan menggerakkan setiap roda yang ada pada motor dc.

E. Pengujian Robot

Dengan metode yang kami gunakan, kami melakukan pengujian pada robot dengan berbagai macam cara, yang pertama kami melakukan pengujian untuk roda omniwheel dengan menjalankan robot ke 4 arah, depan, belakang, kanan ,dan kiri dengan jarak 1 meter. Dari pengujian tersebut nilai odometri akan di ambil ,lalu dibandingkan dengan pengukuran asli, dan error akan dihitung untuk mengetahui nilai asli toleransi odometri yang digunakan. Pengujian berikutnya dilakukan pada jarak 1m, 2m ,3m,4m ,dan 5m. Hal yang sama dilakukan, kami mengambil jarak asli, nilai odometri dan menghitung nilai error.

Berikutnya kami melakukan pengujian untuk masing masing roda, hal ini bertujuan untuk melakukan monitoring kecepatan putar pada roda. Pengujian dilakukan dengan memberikan nilai ke PID untuk memutar roda, lalu kami print di serial monitor nilainya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengujian odometri , kami mendapatkan hasil pengukuran jarak aktual dengan mengukur perpindahan robot dari titik 0,0,0 (X,Y,theta) ke titik target / setpoint pada (0,100,0) untuk 100 cm hingga (0,500,0) untuk 500 cm. Pengukuran ini kami lakukan menggunakan meteran dan kami melakukan print data di serial monitor untuk membaca data terakhir posisi robot menggunakan odometri. Lalu data jarak aktual di selisih kan dengan data odometri menjadi data toleransi untuk akurasi robot. Sayangnya akurasinya masih belum bisa dikatakan ideal, hal ini bisa terjadi oleh banyak faktor, yang pertama bisa berpengaruh pada center of gravity, tuningan PID , daya yang digunakan untuk mengendalikan pwm motor , dan lain sebagainya. Tabel dibawah menjelaskan bagaimana hasil pengujian yang kami lakukan dari setpoint 100 cm sampai ke setpoint 500 cm.

Data Hasil odometri pengujian 100 cm sampai 500 cm (a)

no	Setpoint	Jarak aktual	Odometri data	Toleransi
1	100	118	95	23
2	100	86	95	-9
3	100	115	94	21
4	200	221	189	32
5	200	185	189	-4
6	200	227	189	38
7	300	312	283	29
8	300	371	283	88
9	300	281	284	-3
10	400	377	378	-1
11	400	412	378	34
12	400	413	378	35

13	500	479	472	7
14	500	514	472	42
15	500	482	472	10

Untuk perpindahan robot selain odometri untuk mengatur posisi robot, PID kecepatan juga berpengaruh dalam gerakannya. Kami menguji PID kecepatan dengan melakukan print data di serial monitor. Data yang kami baca adalah data input , data feedback sensor dalam ppr (pulse per revolution) , dan data output PID yang berupa pwm. Targetnya adalah menjaga data feedback untuk tetap pada nilai input, meskipun nilai feedback berbeda dari input harapannya memiliki selisih yang tidak terlalu jauh. Lalu setelah itu hasil dari PID yang berupa pwm akan dikirim kan sebagai sinyal penggerak motor dc melalui motor driver. Berikut merupakan tabel pembacaan PID kecepatan dengan input 1 ppr.

No	input roda 1	input roda 2	input roda 3	ppr roda 1	ppr roda 2	ppr roda 3	pwm 1	pwm 2	pwm 3
1	1	1	1	1	1	1	-49.839	-49.839	-49.839
2	1	1	1	2	1	0	-387.195	-49.034	438.966
3	1	1	1	1	0	1	1.449	43.961	-48.229
4	1	1	1	0	1	1	440.093	-47.585	2.415
5	1	1	1	-1	1	1	828.898	2.737	3.381
6	1	1	1	1	0	1	3.542	441.381	-45.492
7	1	1	1	2	1	1	-433.814	4.186	-44.204
8	1	1	1	1	2	2	4.991	-433.492	-431.077
9	1	1	1	1	1	2	5.635	5.313	-429.789
10	1	1	1	-1	0	0	83.244	394.279	397.499

Data hasil PID kecepatan dengan P : , I : , D : (A)

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan memang benar dengan omniwheel konfigurasi tiga roda dang menggunakan odometri membuat robot pengantar makanan bergerak lebih fleksibel dan terarah. Robot tidak terfokus hanya pada 1 trajectory saja akan tetapi robot bisa fleksibel dalam bergerak menuju tujuan.

Namun robot masih memiliki beberapa kekurangan dalam memahami lingkungan sekitar, ketika keadaan di kafe/restaurant lebih ramai dari biasanya, atau ketika ada pelanggan yang menggeser meja dan sebagainya. Jadi memang dengan metode yang kami gunakan masih banyak yang perlu dikembangkan lagi dari segi fleksibilitasnya dan dalam upaya mengurangi resiko tabrakan, apakah itu dengan pelanggan maupun dengan benda mati.

REFERENSI

[1] C. Spencer, "Restaurant Hires \$1000-a-Month Robot Waiter, Leading to Tip Surge," Changing America," Changing America. [Online]. Available: <https://thehill.com/changing-america/resilience/smart-cities/577452-restaurant-hires-1000-a-month-robot-waiter-and-tips/>

[2] S. Stone, "Robots in Restaurants? What Restauranteurs Need to Know About This Growing Trend,"

The Bottom Line. [Online]. Available: <https://squareup.com/us/en/the-bottom-line/operating-your-business/robots-in-restaurants/>

[3] C. Hu, "What Robots Can and Can't Do For A Restaurant," Popular Science. [Online]. Available: <https://www.popsci.com/technology/robots-in-restaurants/>

[4] H. Taheri and C. X. Zhao, "Omnidirectional mobile robots, mechanisms and navigation approaches," Mech Mach Theory, vol. 153, p. 103958, 2020, doi: 10.1016/j.mechmachtheory.2020.103958.

[5] Richtech Robotics, "The Matradee : Provide the Ultimate Experience with Our Serving Robot." [Online]. Available:

https://www.richtechrobotics.com/matradee#section_matradee-applications

[6] Pudu Robotics, "PuduBot : An Intelligent Delivery Robot." [Online]. Available:

<https://www.pudurobotics.com/products/pudubot>

[7] Pudu Robotics, "SwiftBot : All-Powerful Delivery Robot." [Online]. Available:

<https://www.pudurobotics.com/products/swiftbot>

[8] K. Rogers, "Restaurants Prep for Long-Term Labor Crunch by Turning to Robots to Work the Fryer, Shuttle Food to Tables," CNBC News. [Online]. Available:

<https://www.cnbc.com/2021/10/22/restaurants-looking-for-labor-and-speed-turn-to-robots-.html>

