

PENGEMBANGAN TIFA (TEL-U INTERRACTIVE FOOD ASSISTANT)

Dokumentasi Pengembangan TIFA Versi 0.1 di Tahun 2023 Hingga Versi 1.0 di Tahun 2025

I. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang robotika dan automasi dapat di implementasi ke beberapa sektor , salah satunya FnB. Demi meningkatkan performa operasional dan perhatian masyarakat, teknologi robot pengantar makanan dikembangkan untuk Telkom University , lebih tepatnya untuk Tel-U Coffee. Berawal dari penelitian mahasiswa untuk menyelesaikan tugas akhirnya , pengembangan robot pengantar makanan Tel-U Interractive Food Assistant (TIFA) terus berlanjut di tahun berikutnya dengan skema penelitian tugas akhir.

Pengembangan robot pengantar makanan TIFA dikembangkan oleh beberapa prodi untuk menerapkan beberapa spesialisasi teknologi pada product robot pengantar makanan TIFA. adapun prodi yang berkontribusi ialah Teknik Elektro , Teknik Telekomunikasi dan Teknik Komputer. Diluar Tim peneliti yang menggunakan pengembangan TIFA sebagai tugas akhir terdapat beberapa tim dari prodi Design Product Fakultas Industri Kreatif dan prodi Teknik Fisika Fakultas Teknik Elektro yang membantu dalam pengembangan robot pengantar makanan TIFA.

Hingga saat ini TIFA masih dikembangkan untuk launching product di akhir tahun 2025. Kedepannya TIFA akan terus dikembangkan hingga Telkom University memiliki product robotika yang mampu bersaing dipasar indonesia maupun luar negri. Hal ini tentu membuktikan bahwa Telkom University mampu mencetak sumber daya yang mampu memproduksi product robotika.

II. Tujuan

1. Mengembangkan product robotika untuk bersaing dengan permintaan pasar terhadap kebutuhan otomasi robotika
2. Mengimplementasikan pengembangan robotika di lingkungan kampus
3. Memberikan support penelitian kepada mahasiswa terutama untuk kebutuhan tugas akhir mahasiswa

III. Rencana Pengembangan TIFA

A. Referensi Pengembangan Product

- Pudubot dan Swiftbot dari Pudu Robotics



- The Matradee dari Richtech Robotics



B. Analisis Kebutuhan Teknologi

1. Benchmark Teknologi PUDUBot
 - a. Penggunaan VSLAM untuk proses navigasi , memadukan kamera dan lidar untuk mengetahui jalur perjalanannya
 - b. Dual Lidar untuk keamanan dan presisi
 - c. Penggunaan baterai lebih dari 15 jam (full load) dan charging hanya 4 jam
 - d. Maksimal beban yang bisa diangkut 40kg
 - e. Sudah memiliki fitur auto charging
 - f. Konektivitas IoT ke beberapa device seperti smart watch ,smartphone , lift , smart gate , dan sebagainya
 - g. Memiliki operating system nya sendiri (PuduOS) untuk user interface
 - h. Design body full tertutup tanpa celah debu atau air dapat masuk
 - i. Carghing dock otomatis charge ketika kembali ke dock nya

- j. Memiliki 4 fitur delivery , delivery mode , birthday mode , cruise mode dan dish return mode
 - k. Design mechanical dengan suspensi sehingga dapat beradaptasi di beberapa medan tanpa selip
 - l. Dari robot satu dan robot lain dapat berkomunikasi melalui jaringan internet
2. Adaptasi Pudubot ke TIFA dan Inovasi
- a. Navigasi
 - i. Odometry
 - b. Odometry dan Lokalisasi Robot
 - i. Menggunakan eksternal encoder untuk mengetahui lokasi robot
 - ii. Lokalisasi belum ada
 - c. Sensor dan Aktuator
 - i. Sensor
 - 1. Kamera
 - 2. Rotary Encoder
 - 3. IMU
 - 4. Ultrasonic sensor
 - ii. Aktuator
 - 1. Motor DC gearbox
 - 2. Linear Aktuator
 - d. Design Robot
 - i. Base 3 roda omni wheel
 - ii. Susunan akrilik dan alumunium profile
 - e. Algorithma Kinematik dan Kontrol
 - i. PID kecepatan dan posisi
 - ii. Trigonometri transformasi
 - iii. Obstacle avoidance dari ultrasonic sensor
 - iv. Kinematik robot 3 roda omni
 - f. Mapping Algorithma SLAM
 - i. Belum ada
 - g. Sensor Deteksi meja
 - i. Menggunakan QR di setiap meja yang dideteksi oleh kamera
 - h. Tray dan Pintu Otomatis
 - i. Perpaduan material infraboard , akrilik dan alumunium profile 2020
 - i. Sensor Deteksi Makanan
 - i. Belum ada
 - j. Battery management
 - i. Menggunakan Lead Acid 12AH 12V

- k. Electrical System
 - i. Microcontroller
 - 1. Menggunakan STM32 blackpill
 - ii. SBC (Single Board Computer)
 - 1. Jetson nano
 - I. User Interface
 - i. User interface berbasis aplikasi untuk control pannel

C. Harapan Goal Akhir Robot

Referensi utama adalah Pudubot dari Pudu Robotics , jadi harapan akhir robot TIFA seminimal mungkin dapat mengantarkan makanan dari meja barista ke meja pelanggan tanpa menabrak object apapun. Didukung dengan fitur ketahanan baterai untuk beroperasional 8jam/hari atau lebih dan algorithma navigasinya.

D. Rencana Pengembangan Beberapa Tahun Kedepan

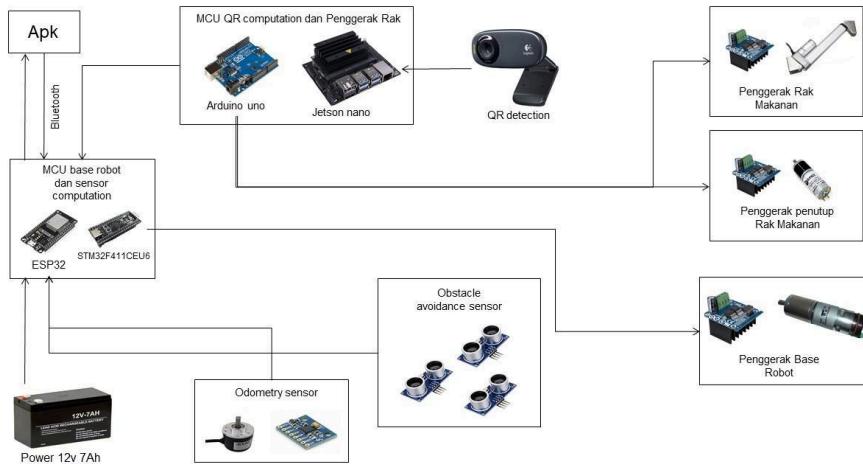
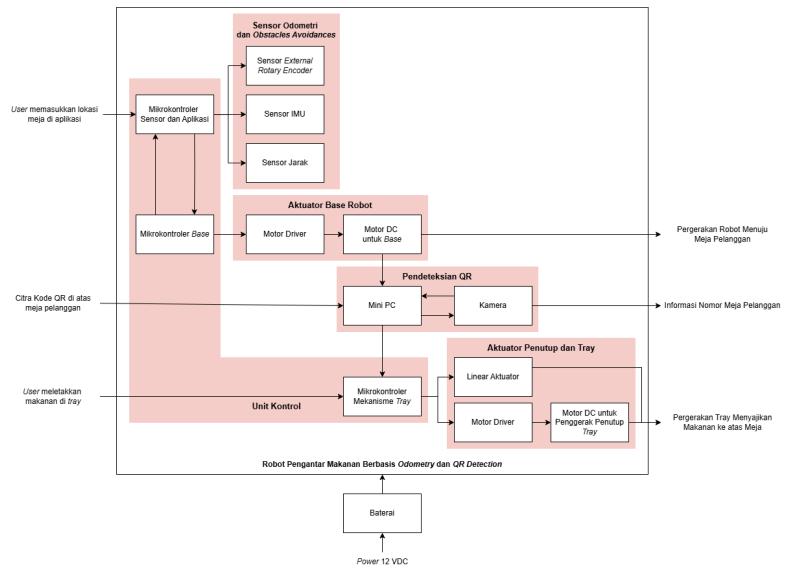
Kategori Pengembangan	Tahun Pertama	Tahun Kedua	Tahun Ketiga
Navigasi	1D , menghitung koordinat manual tanpa melihat map global	2D , ada referensi map global yang diikuti oleh robot	3D , penggunaan visual odometry dengan kamera depth sensing
Lokalisasi	Manual dengan rotary encoder	Menggunakan AMCL (Adaptive Monte Carlo Localization)	Fusion sensor
Mapping	Tidak ada	Menggunakan SLAM (simultaneus localization and mapping)	SLAM dengan lidar dan kamera (fusion 2D mapping dan 3D mapping)
Sensor dan Aktuator	Mampu deteksi meja dengan QR , mengetahui posisi robot , robot mampu menampung beban hanya 10kg	Mengetahui posisi robot secara real time , mengetahui lokasi meja dan dinamis object , robot mampu menampung beban kurang lebih 50 kg	Robot mampu menampung beban 100 kg , mampu mendeteksi makanan , mengetahui kondisi kesehatan robot

Kategori Pengembangan	Tahun Pertama	Tahun Kedua	Tahun Ketiga
Design Robot	Segitiga , material : akrilik , alumunium profile , plastic 3D print dan infraboard	3D print dan alumunium profile , design robot dua roda	3D print & laser cutting , design robot dua roda
Kinematik dan Kontrol	Kinematik 3 roda omni , PID kecepatan dan posisi , transformasi trigonometri	Kinematik 4 roda omni , PID kecepatan dan posisi , transformasi trigonometri	Kinematik 2 roda , PID kecepatan , Navigasi , DWA/MPC method untuk obstacle avoidance
Sensor Deteksi Meja	QR detection	SLAM	VSLAM
Tray dan Pintu Otomatis	Menggunakan linear aktuator dan akrilik , design kurang compact	Fully 3D print, menggunakan motor DC dan sistem sliding , design masih kurang compact	Fully 3D print dengan design lebih kecil dan efisien
Sensor Deteksi Makanan	Tidak ada	IR sensor	Membuat sensor deteksi makanan sendiri berbasis photodiode
Battery Management	Lead Acid , tidak ada monitoring atau management baterai	Lithium Ion 48V 30Ah , dengan power management system dan include BMS	Pengembangan lebih dari 10jam operasional
Electrical system	Microcontroller STM32 dan SBC jetson nano	Microcontroller arduino nano dan raspberry pi	Mengembangkan ke STM32 dan raspberry pi dengan algorithma yg lebih efisien
User Interface	MIT app inventor	Kotlin/Java android studio	Flutter Based

IV. Pengembangan Tahun 2023 - 2024

1. Konsep Design Pengembangan

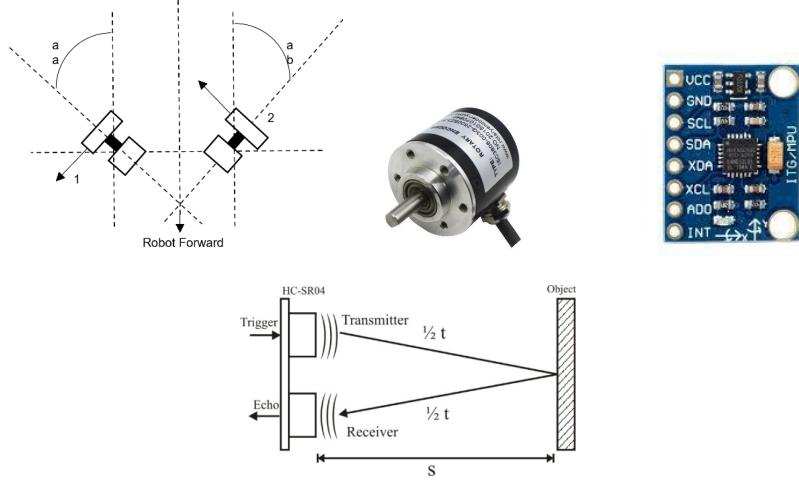
- Diagram blok sistem dan subsystem robot pengantar makanan
- Base robot 3 roda omni wheel dengan body berbentuk segitiga mengikuti bentuk robot
- Navigasi manual menggunakan odometry dari rotary encoder



2. Teknologi Pengembangan

Robot pengantar makanan pertama dikembangkan dengan biaya minimum dan material minimum, berikut beberapa teknologi yang dapat diterapkan untuk robot pengantar makanan tahap pertama.

a. Navigasi : Manual Odometry & Kinematika Kontrol

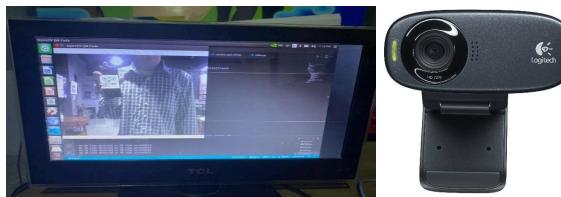


- Hard code PID control dengan C++
- Obstacle avoidance menggunakan sensor ultrasonic
- Konfigurasi dua rotary encoder + IMU untuk mendapatkan lokasi robot bergerak dalam bentuk koordinat (DX ,XY) , didapat dari rumus berikut :

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

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

b. QR scanning : OpenCV



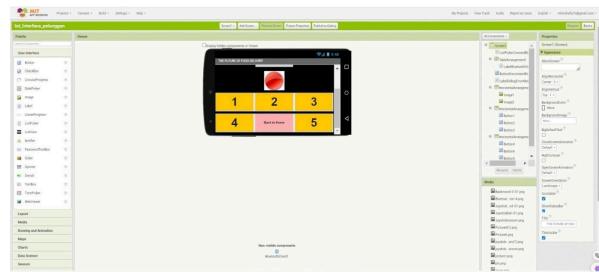
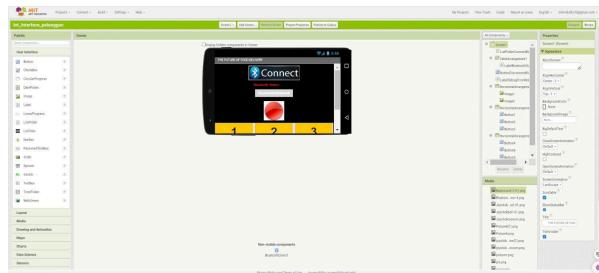
- Setiap barcode memiliki value integer (1-10) untuk menandakan nomor meja

c. Tray dan Pintu Otomatis

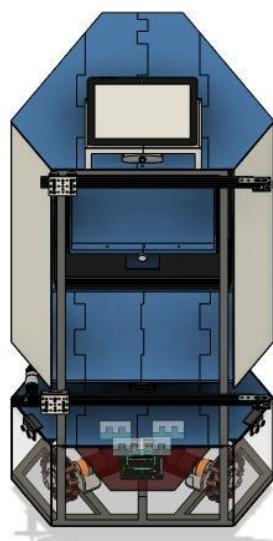


- Aktuator tray menggunakan linear aktuator
- Aktuator pintu menggunakan motor DC PG28
- Mekanisme slider digunakan untuk pintu
- Material : infraboard , akrilik , alumunium profile

d. User Interface



e. 3D printing dan alumunium profile manufatur



- 3D printing supporting manufaktur robot
- Rangka dibuat dengan menyusun alumunium profile
- Laser cut akrilik untuk cover robot

3. Teknologi Gagal

a. Fusion sensor dan Object Detection

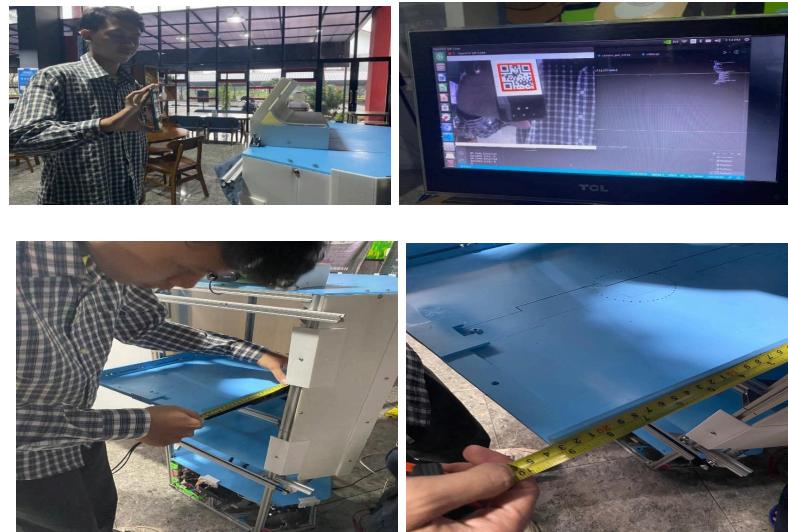
Kurang nya pemahaman akan pengetahuan tentang fusion sensor dan object detection , menyebabkan missed concept implementasinya ke autonomous mobile robot, sehingga penggunaan teknologinya tidak diperlukan.

4. Hasil dan Kesimpulan

a. Motion (Navigasi , Kinematika & kontrol , Obstacles Avoidance)



b. Tray , Pintu dan QR Scan (door mechanism)



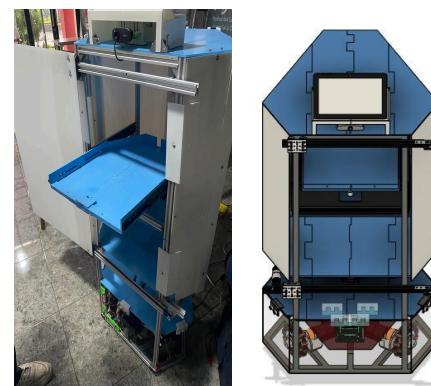
- Scan QR menggunakan openCV di SBC jetson nano (ini cenderung terlalu berlebihan karena hanya menggunakan openCV di jetson nano)
- Setelah QR di scan pintu terbuka oleh motor DC dan Tray keluar oleh linear aktuator

c. User Interface



- User interface sebagai control panel
- Fitur tombol command
- Led indikator menunjukan sedang jalan atau diam

d. 3D printing and alumunium profile manufatur



V. Pengembangan Tahun 2024 - 2025

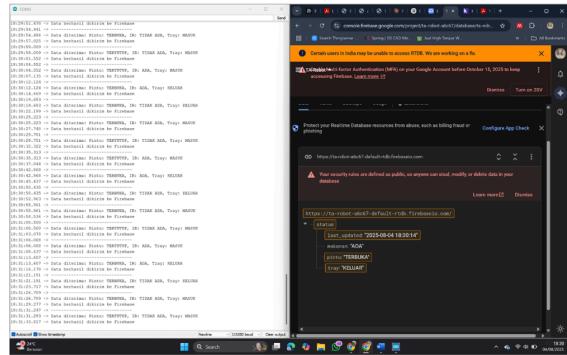
- A. Tim Pengembang dan Pembagian Tugas
 - 1. Tim Teknik Elektro 1
 - a) Mengerjakan tray otomatis
 - b) Monitoring tray otomatis
 - 2. Tim Teknik Elektro 2
 - a) Mengerjakan Pintu otomatis
 - b) Monitoring pintu otomatis
 - 3. Tim Teknik Telekomunikasi
 - a) Mengerjakan Navigasi dengan Machine Learning
 - b) Mengerjakan algorithma mapping otomatis\
 - 4. Tim Teknik Komputer
 - a) Mengerjakan Apps development berbasis Java/Kotlin
 - b) Mengerjakan Web dev berbasis Laravel
 - c) Database local arsitektur MySQL
 - d) Monitoring Baterai
 - 5. Tim Design Product
 - a) Mengerjakan Design Product TIFA

B. Hasil Penelitian Tim Teknik Elektro 1

- 1. Komponen dan Software yang digunakan
 - a) Limit switch KW10-Z1P
 - b) Esp32 V1
 - c) IR sensor FC-51
 - d) Driver BTS7960
 - e) Motor DC JGY370
 - f) Ultrasonic HC-SR04
 - g) Kodular
 - h) Fusion360 Autodesk
 - i) Arduino IDE
- 2. Mekanisme Tray



3. IoT : Monitoring Tray



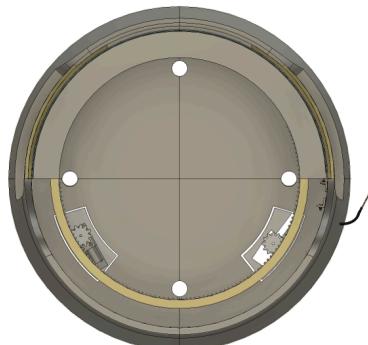
4. PID control tray dengan ultrasonic



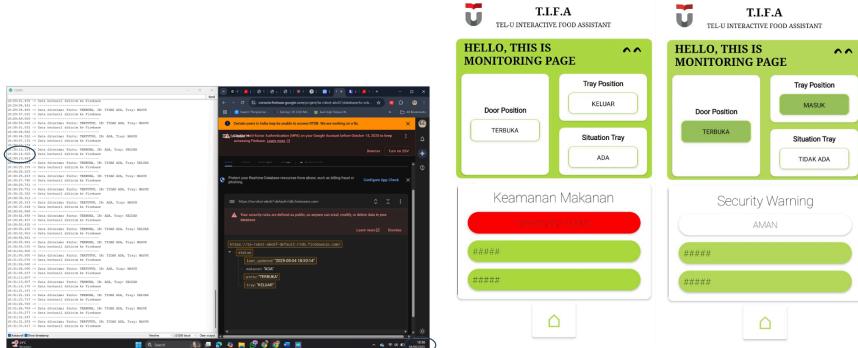
C. Hasil Penelitian Tim Teknik Elektro 2

1. Komponen yang digunakan
 - a) Limit switch KW10-Z1P
 - b) Arduino Mega
 - c) Driver BTS7960
 - d) Motor DC JGY370
 - e) Rotary Encoder 600ppr
 - f) Kodular
 - g) Fusion360 Autodesk
 - h) Arduino IDE

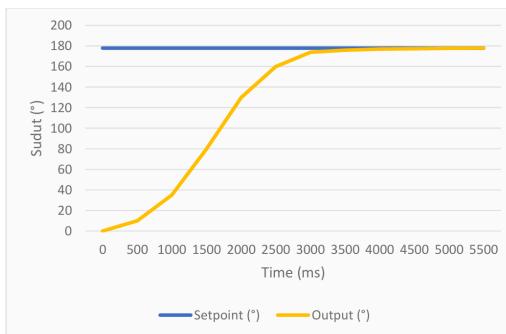
2. Mekanisme Pintu



3. IoT : Monitoring Pintu

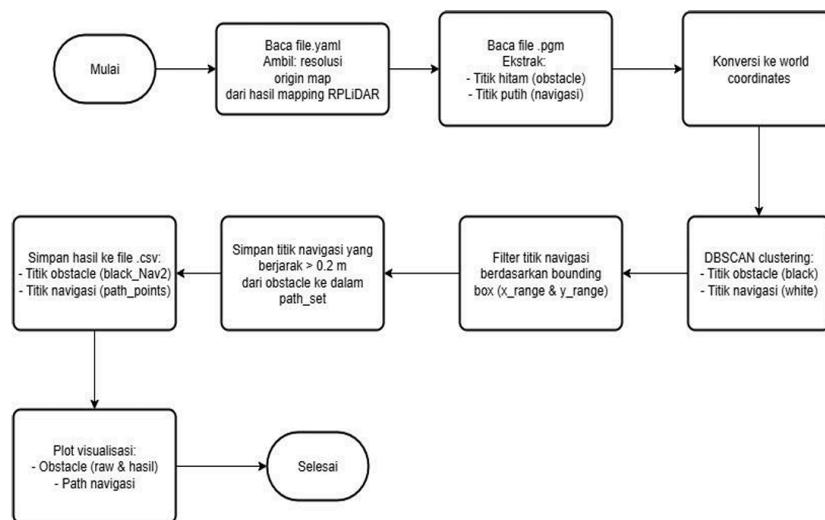


4. PID control pintu dengan rotary encoder

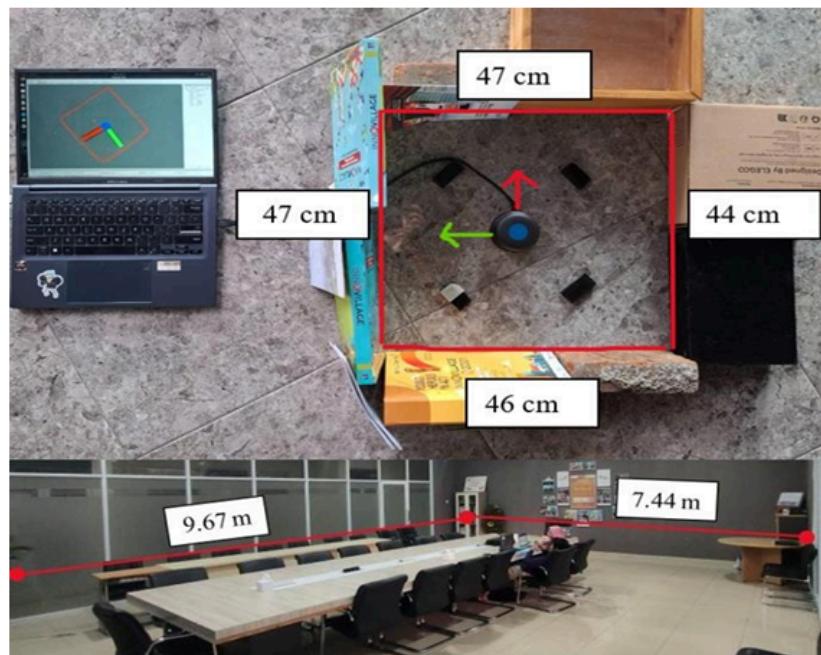
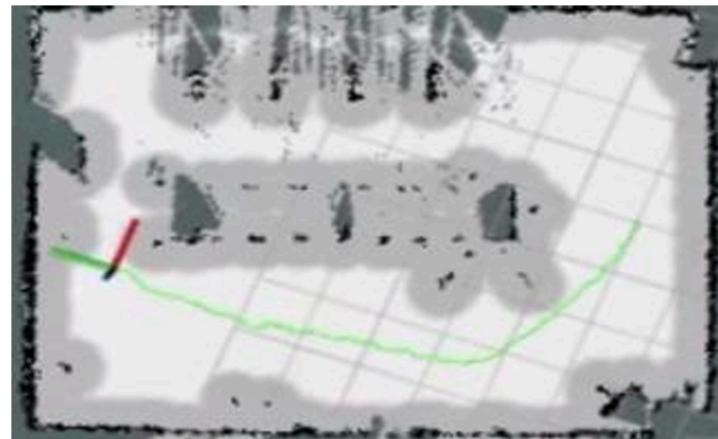


D. Hasil Penelitian Tim Teknik Telekomunikasi

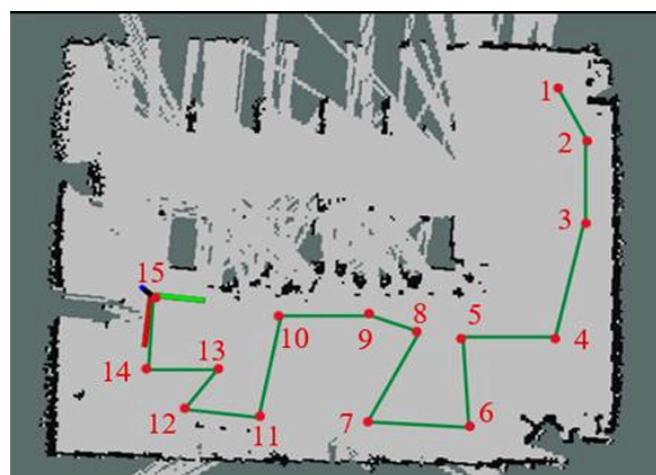
1. Komponen yang digunakan
 - a) RPLidar A2 dan A1
 - b) Raspberry Pi 4 model B
2. Algorithma Machine Learning
 - a) KNN
 - b) DB scan
3. Pengambilan Koordinat Path



4. Hasil Mapping



5. Hasil Localization

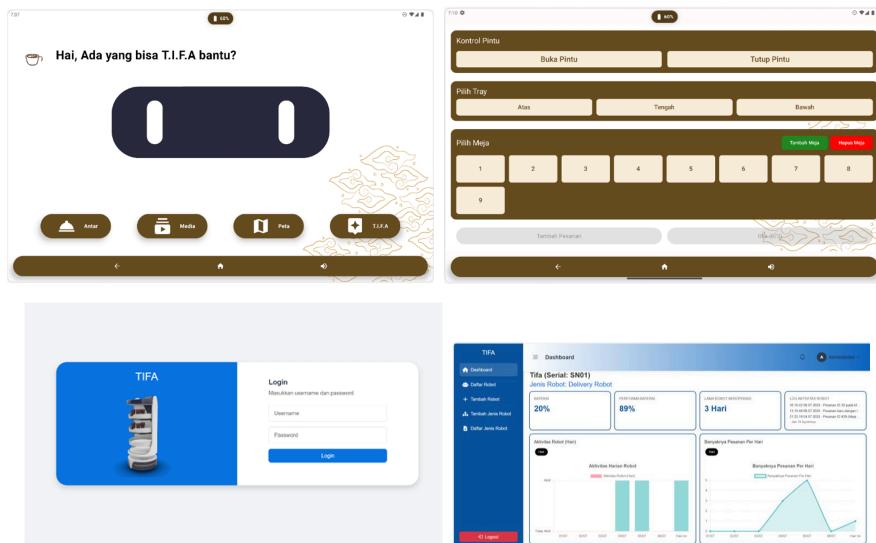


6. Hasil Navigation

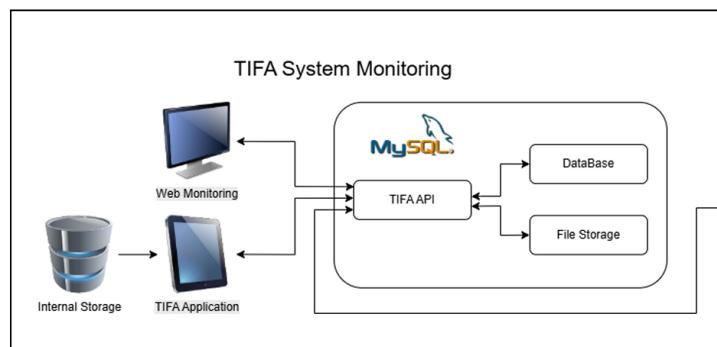


E. Hasil Penelitian Tim Teknik Komputer

1. Komponen yang digunakan
 - a) ESP32
 - b) Sensor tegangan
 - c) Sensor arus acs712
 - d) Tab Redmi PAD SE
 - e) MySQL database
2. UI/UX , Apps & Web



3. TIFA system Monitoring

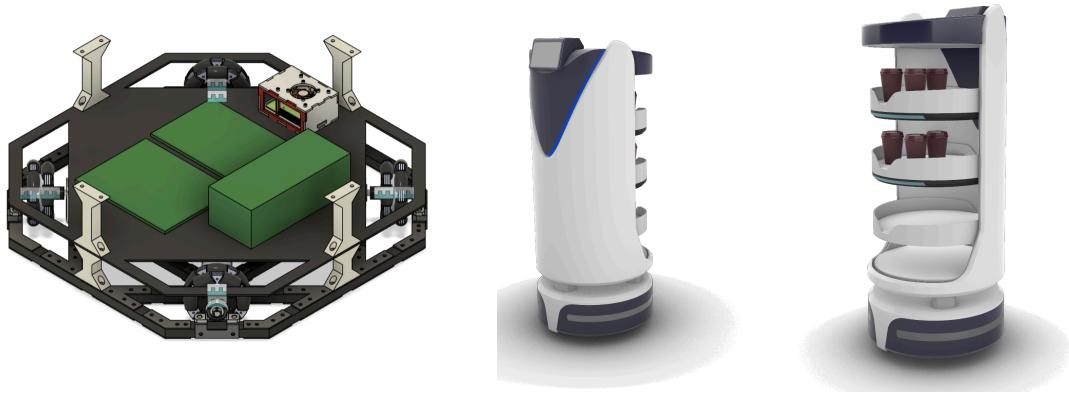


4. Database arsitektur management

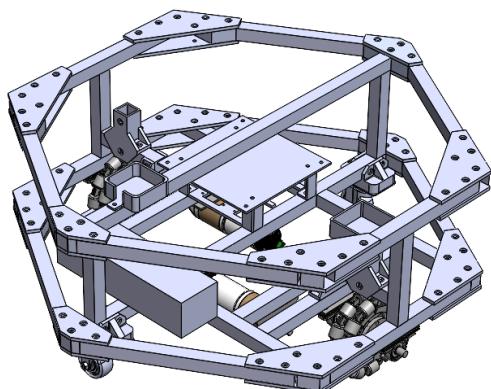
id	name	serial	battery_p	battery_level	timestamp	created_at	updated_at	jenis_robot_id
3	Tifa	SN01	89	20	2025-07-03 13:...	2025-07-03 13:...	2025-07-06 16:...	2
4	Tifa	SN02	100	100	2025-07-04 04:...	2025-07-04 04:...	2025-07-04 04:...	2
5	Cobot 1	SN-01	100	100	2025-07-04 04:...	2025-07-04 04:...	2025-07-06 09:...	3
6	Cobot 2	SN-02	100	100	2025-07-06 16:...	2025-07-06 16:...	2025-07-06 16:...	3
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

F. Hasil Penelitian TIm Design Product

1. Design pertama



2. Design kedua

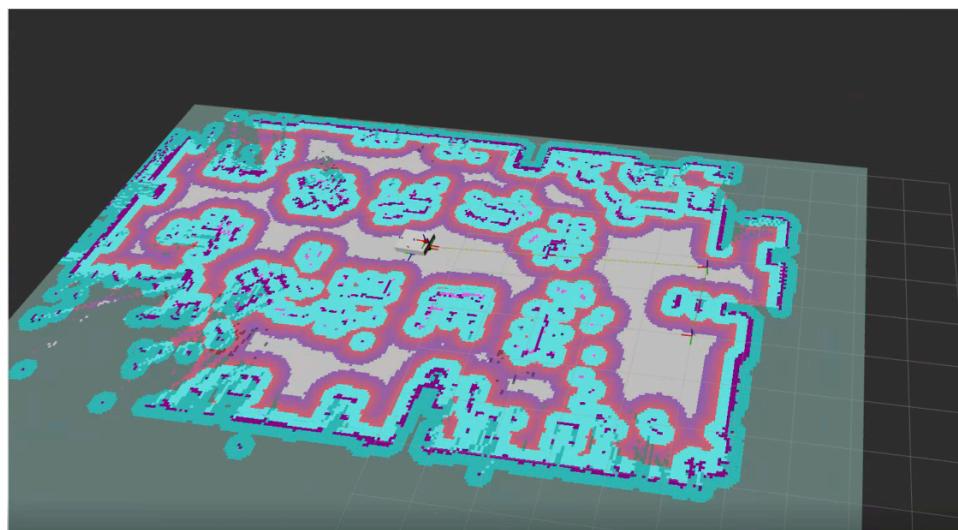


VI. Penelitian Diperlukan Pengembangan Lebih Lanjut

- A. AutoMapping Algorithms (ROS 1 Noetic)
- B. Machine Learning Navigasi berbasis KNN dan DB scan
- C. Database Arsitektur local
- D. Aplikasi berbasis Kotlin/Java
- E. Webapp
- F. Tray & Pintu
- G. Sensor Pendekripsi Makanan
- H. Sensor Monitoring Baterai
- I. PFA method control untuk obstacles avoidance dengan 16 sensor ultrasonic
- J. PID kecepatan dan posisi (hard code)
- K. Kinematik Omniwheel

VII. Hasil Akhir Robot

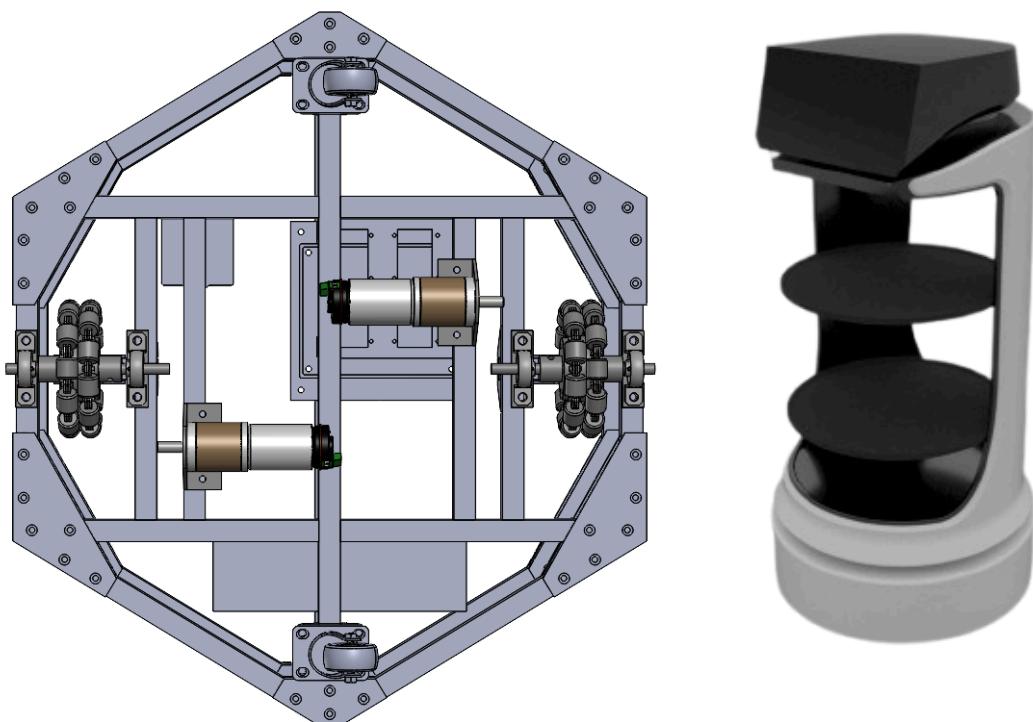
- A. Teknologi Terpakai
 - 1. Differential Kinematik Drive (dua roda)
 - 2. SLAM Ros 2 Humble dengan slam_toolbox
 - 3. ROS 2 Humble : framework robot programming
 - 4. Nav2 for Ros 2 Humble untuk navigasi robot
 - 5. AMCL (adaptive monte carlo localization) methode untuk lokalisasi atau mengetahui posisi robot terhadap map frame
 - 6. Sensor : Rplidar C1 dan Rotary Encoder Internal Motor DC
 - 7. Apps Flutter based
 - 8. Database : supabase berbasis cloud
 - 9. Design Final TIFA V1.0



navigation_goals		
◆	id	int4
◆	order_id	int4
◆	status	varchar
◇	goal_x	float8
◇	goal_y	float8
◇	goal_yaw	float8
◇	frame_id	varchar
◇	meta	jsonb
◇	created_at	timestamptz
◇	updated_at	timestamptz

orders		
◆	id	int4
◇	table_number	varchar
◇	goal_x	float8
◇	goal_y	float8
◇	goal_yaw	float8
◇	created_at	timestamptz
◇	updated_at	timestamptz

table_coordinates		
◆	id	int4
◆	table_number	varchar
◆	goal_x	float8
◆	goal_y	float8
◆	goal_yaw	float8



VIII. Saran Pengembangan

- A. Software
 - 1. integrasi apps interface dengan POS tel-u coffee
 - 2. navigasi to docking charging system (sensor RPlidar)
 - 3. navigasi outdoor dengan (sensor GPS)
 - 4. navigasi auto while mapping (sensor RPlidar)
 - 5. advanced sistem control & kinematik dengan STM32
 - 6. swarm robot
 - 7. apps interface V2.0
- B. Mechatronics
 - 1. mechatronic docking charging system (mekanikal dan electrical development)
 - 2. mechatronic pintu dan tray (advanced mode) → versi lebih compact
- C. IoT & System
 - 1. development IR sensor untuk deteksi makanan lebih akurat dengan fusion sensor
 - 2. development battery sensor untuk memonitor battery performa dan robot condition
 - 3. web dashboard V2.0 dan product status yg terhubung dengan performa robot
- D. AI/MI
 - 1. LLM untuk TIFA Apps interface, speech to text dan translate text to speech fitur interactive TIFA
 - 2. object detection advanced navigation dengan kamera depth
 - 3. visual odometry advanced navigation

IX. Implementasi TIFA ke sektor lain (Vacuum Robot)

Pengembangan Vacuum robot bisa mereplikasi dari teknologi TIFA. berikut beberapa teknologi yang bisa direplikasi :

- 1. Navigasi
- 2. Mechatronics
- 3. System dan Power Management

Berikut hal baru yg bisa di teliti untuk implementasi ke vacuum robot :

- 1. Vacuum System
- 2. User Interface (control panel)