

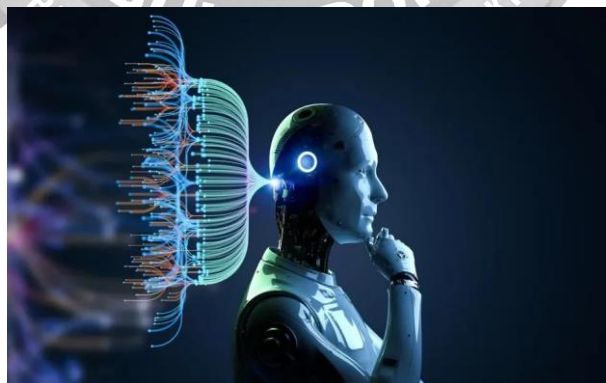
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Kecerdasan Buatan (AI)

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) merupakan suatu teknologi yang memungkinkan suatu mesin untuk melakukan tugas-tugas yang biasanya dapat dilakukan oleh manusia (Sobron, 2021). AI ini dapat melakukan tugas-tugas seperti pembelajaran, pemahaman, pemecahan masalah, pengenalan pola, pemrosesan bahasa, dan juga pengambilan keputusan. *Artificial Intelligence* mampu menghubungkan setiap perangkat, hingga seseorang dapat mengotomatisasi semua perangkat tanpa harus berada di lokasi. AI telah menjadi salah satu teknologi yang paling transformatif dalam era digital serta memberikan dampak signifikan pada berbagai sektor seperti militer, kesehatan, pendidikan, dan logistik.



Gambar 2.1. *Artificial Intelligence*

Sumber: wartakita.id

AI bekerja dengan memanfaatkan algoritma dan data untuk menciptakan model yang dapat menggeneralisasi pola dari informasi yang tersedia. Teknologi ini terdiri dari berbagai subbidang, *Machine Learning* dan *Deep Learning*. Perbedaannya adalah *Machine Learning* fokus kepada pengembangan model dan algoritma untuk membuat sistem yang semakin cerdas berdasarkan dataset yang telah ada. Sementara *Deep Learning*

adalah cabang keilmuan dari *machine learning* yang menggunakan jaringan saraf tiruan (banyak layer) yang sangat dalam dan kompleks untuk melakukan pemrosesan data. Dalam konteks penelitian ini, AI digunakan untuk mengembangkan sistem robotika otonom yang mampu melakukan pelacakan dan mengikuti manusia secara real-time.

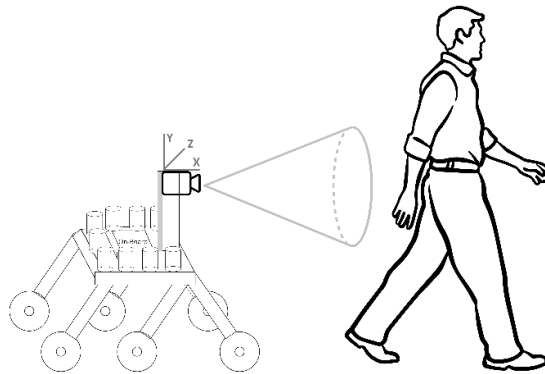
Menurut laporan dari McKinsey & Company (2022), implementasi AI dapat meningkatkan efisiensi operasional hingga 52% di berbagai sektor. Hal ini terjadi karena kemampuan AI untuk memproses data dalam jumlah besar secara cepat dan menghasilkan wawasan yang dapat diimplementasikan. Dalam lingkup militer, kecerdasan buatan memiliki potensi besar untuk merevolusi operasi logistik. Dengan adanya AI, dapat dirancang suatu robot untuk mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia dalam membawa perbekalan, yang pada akhirnya meningkatkan keselamatan dan efisiensi dalam operasi. Penelitian ini berusaha memanfaatkan potensi AI untuk mengembangkan robot human following yang dapat mendukung kebutuhan logistik militer secara optimal.

2.1.2 Human Following Robot

Human Following Robot merupakan suatu robot yang dirancang dan ditugaskan secara otomatis untuk mengikuti objek yaitu manusia yang berada didepannya. *Human Following Robot* didefinisikan sebagai robot otonom yang dirancang untuk mengikuti manusia dengan bantuan sistem pelacakan visual berbasis AI, yang memungkinkan robot mendeteksi pergerakan target dan menjaga jarak secara aman dan akurat (Algabri et al., 2020).

Komponen utama pada *Human Following Robot* meliputi sistem pelacakan visual yang menggunakan USB Kamera untuk mendeteksi dan melacak target manusia berdasarkan pola visual. Algoritma pemrosesan data yang memanfaatkan AI digunakan untuk menganalisis data dan memprediksi pergerakan target, sistem navigasi yang mengontrol motor penggerak agar robot dapat mengikuti target dengan akurat tanpa

menabrak hambatan, serta platform hardware yang biasanya menggunakan mikrokomputer seperti Raspberry Pi 4 untuk mengintegrasikan sistem pemrosesan data dan kontrol.



Gambar 2.2 Human Following Robot

Sumber: diolah oleh peneliti

Keunggulan teknologi *Human Following Robot* ini berkaitan dengan efisiensi operasional yang mempercepat proses pengangkutan barang di medan sulit, keamanan personel dengan mengurangi risiko cedera melalui penggantian peran manusia dalam membawa beban berat, dan adaptabilitas yang memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor serta algoritma untuk memenuhi kebutuhan di berbagai bidang.

Dalam penelitian ini, *Human Following Robot* dirancang untuk mendukung logistik militer yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam distribusi logistik militer, serta menjadi solusi inovatif untuk tantangan logistik modern.

2.1.3 Logistik Militer

Logistik militer merupakan elemen penting dalam mendukung kesuksesan operasi militer. Logistik sendiri berarti suatu proses perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian terkait barang ataupun informasi. Logistik militer mencakup keseluruhan proses pengelolaan sumber daya yang diperlukan untuk memastikan kesiapan operasional pasukan, mulai dari perencanaan, pengadaan, hingga distribusi dimana berperan sebagai tulang punggung operasi yang memastikan kelancaran

pengiriman amunisi, perlengkapan medis, alat komunikasi, dan kebutuhan lainnya di berbagai kondisi medan. (Kress, 2016).



Gambar 2.3 Distribusi Logistik Militer

Sumber: Bangkapos.com

Jenis logistik yang dapat diangkut oleh robot dalam konteks penelitian ini mencakup berbagai kategori, seperti amunisi (misalnya peluru dan bahan peledak), perlengkapan medis (termasuk obat-obatan dan alat medis darurat), serta perlengkapan taktis lainnya yang mendukung operasi pasukan di lapangan. Penggunaan robot otonom dalam mengangkut logistik ini bertujuan untuk mengurangi beban pada personel militer dan meminimalkan risiko cedera atau kehilangan nyawa akibat pergerakan barang di medan berbahaya.

Dalam konteks penelitian ini, pengembangan robot human following berbasis dirancang untuk mendukung distribusi logistik militer yang lebih efisien dan aman. Teknologi ini memungkinkan pengangkutan barang secara mandiri dengan kemampuan navigasi yang adaptif terhadap medan yang dinamis tanpa melibatkan personil tambahan dalam pendistribusiannya.

2.1.4 Machine Learning

Machine Learning merupakan subbidang dari *Artificial Intelligence* yang berfokus pada pengembangan algoritma dan model yang memungkinkan komputer untuk belajar dari data yang telah ada tanpa

memerlukan pemrograman yang spesifik. *Machine Learning* dapat didefinisikan sebagai konsep pengenalan pola dan pembelajaran komputasi dalam kecerdasan buatan yang menggunakan algoritma pembelajaran seperti diawasi dan tidak diawasi untuk memprediksi dan mendukung pengambilan keputusan otomatis berdasarkan sekumpulan data (Rakha, 2023). Dengan menggunakan data sebagai sumber utama, model pembelajaran mesin dapat mengenali pola, membuat prediksi, dan mengambil keputusan berdasarkan data yang tersedia.



Gambar 2.4 Implementasi Machine Learning pada Robot

Sumber: Intel.co.id

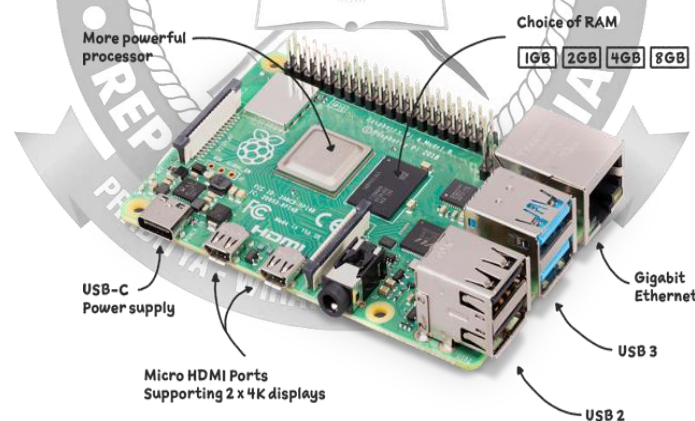
Machine learning sendiri terbagi menjadi dua jika dikategorikan berdasarkan label. Label yang dimaksudkan disini adalah target variable yang memiliki dasar data (*Supervised Learning*) dan tidak memiliki dasar data (*Unsupervised Learning*). *Supervised Learning* merupakan metode pembelajaran mesin dengan menggunakan kembali data-data dan outputan yang pernah dimasukkan oleh pengguna atau dikerjakan oleh sistem sebelumnya, sedangkan *Unsupervised Learning* ini berkaitan dengan hasil yang diharapkan tidak dapat diketahui oleh pengguna sehingga outputnya hanya bergantung kepada nilai bobot yang disusun pada awal pembangunan sistem dan masih dalam ruang lingkup tertentu (Jarot, 2022).

Keunggulan *Machine Learning* dalam penelitian ini adalah kemampuannya untuk beradaptasi dengan lingkungan dinamis dan meningkatkan kinerja robot seiring dengan bertambahnya data yang

diproses. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan prototipe robot yang andal dan efisien untuk mendukung kebutuhan logistik militer secara optimal.

2.1.5 Raspberry Pi 4

Raspberry Pi 4 merupakan salah satu mikrokontroler IoT open-source yang secara fisik, perangkat ini merupakan komputer mini yang menjalankan sistem operasi *Linux*. Meskipun tidak tampak seperti komputer biasa, Raspberry Pi dapat berfungsi layaknya komputer ketika dihubungkan ke monitor, keyboard, dan mouse (Permana, 2023). Mikrokomputer ini menjadi pilihan populer untuk proyek berbasis *Internet of Things* (IoT), robotika, dan *Machine Learning* karena ukurannya yang kecil, efisiensinya, dan biayanya yang terjangkau.



Gambar 2.5 Raspberry Pi 4

Sumber: raspberrypi.com

Dalam penelitian ini, Raspberry Pi 4 digunakan sebagai platform utama untuk menjalankan model *Machine Learning* berbasis TensorFlow Lite. Dimana Raspberry Pi 4 ini memiliki daya komputasi yang cukup untuk mendukung inferensi *real-time*, serta memungkinkan implementasi sistem pelacakan visual manusia secara efisien. Selain itu, kompatibilitasnya dengan berbagai perangkat keras tambahan, seperti kamera USB dan motor driver, menjadikannya ideal untuk proyek robotika otonom.

Keunggulan utama Raspberry Pi 4 ini diantaranya memiliki daya komputasi tinggi berkat prosesor dan RAM yang memadai untuk menjalankan model Machine Learning, konektivitas yang luas dengan dukungan interface seperti USB, HDMI, dan GPIO untuk integrasi dengan perangkat keras tambahan, dan juga efisiensi energi dengan konsumsi daya rendah, sehingga ideal untuk aplikasi berbasis baterai seperti robotika.

2.1.6 Raspberry Pi Imager

Raspberry Pi Imager adalah suatu aplikasi yang bertujuan untuk menyederhanakan pengolahan citra pada sistem operasi agar dapat kompatibel dengan perangkat yang digunakan. Raspberry Pi Imager juga didefinisikan alat yang dirancang untuk menyederhanakan proses instalasi sistem operasi pada Raspberry Pi. Alat ini memungkinkan pengguna untuk langsung memilih, mengunduh, dan menulis sistem operasi ke kartu SD dengan antarmuka yang ramah pengguna dan mudah digunakan (Raspberry Pi Foundation, 2023).



Gambar 2.6 Raspberry Pi Imager

Sumber: raspberrypi.com

Keunggulan Raspberry Pi Imager meliputi interace pengguna yang ramah sehingga mudah digunakan oleh pengguna baru, integrasi langsung dengan server Raspberry Pi Foundation untuk memastikan sistem operasi terbaru selalu tersedia, proses cepat dan efisien berkat fitur download dan burn langsung yang mempercepat persiapan perangkat, serta kompatibilitas yang luas dengan berbagai sistem operasi yang dirancang

khusus untuk Raspberry Pi, sehingga memberikan fleksibilitas bagi pengembang.

Dalam konteks penelitian ini, Raspberry Pi Imager digunakan untuk mempersiapkan sistem operasi pada Raspberry Pi 4. Dengan memastikan bahwa perangkat keras Raspberry Pi menjalankan sistem operasi yang optimal serta proses implementasi algoritma TensorFlow Lite untuk pelacakan visual dan pengendalian robot menjadi lebih efisien. Dengan kemampuannya yang andal dan efisien, Raspberry Pi Imager menjadi bagian penting dalam proses pengembangan sistem robotika yang digunakan dalam penelitian ini.

2.1.7 USB Camera

Universal Serial Bus (USB) Kamera merupakan suatu perangkat input visual yang digunakan untuk menangkap gambar atau video secara *real-time*, kemudian mentransfernya ke perangkat pemrosesan seperti komputer atau mikrokontroler melalui koneksi USB. Dalam aplikasi robotika, USB kamera berfungsi sebagai sensor visual utama yang memungkinkan sistem mengenali lingkungan, melacak objek, atau bahkan mendeteksi pola tertentu seperti wajah atau pergerakan manusia (Bolton, 2020).



Gambar 2.7 USB Camera

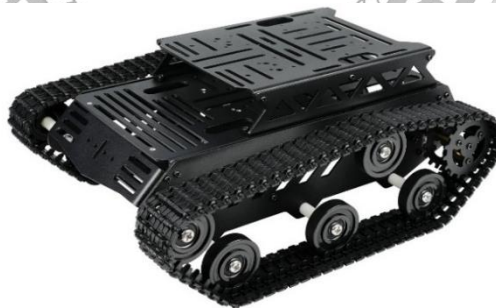
Sumber: SoftCom

USB Kamera ini memiliki kompatibilitas yang tinggi, sehingga mudah diintegrasikan dengan berbagai perangkat seperti Raspberry Pi dan komputer berbasis *Windows* atau *Linux* dan juga portabilitas berkat ukurannya yang kecil dan ringan, membuatnya ideal untuk aplikasi robotika

bergerak. Selain itu, kamera ini dapat menghasilkan kualitas gambar yang baik dengan dukungan resolusi tinggi untuk pengambilan gambar yang jelas dalam pemrosesan visual. Dalam penelitian ini, USB kamera digunakan sebagai sensor visual utama pada *Human Following Robot*, di mana kamera menangkap gambar target manusia secara real-time.

2.1.8 Chasis Tank Mini

Chasis tank merupakan struktur dasar berbentuk seperti kendaraan lapis baja ringan yang digunakan sebagai platform pada berbagai proyek robotika, terutama dalam aplikasi di medan berat atau tidak rata. Struktur ini dirancang untuk memberikan stabilitas, daya tahan, dan kemampuan mobilitas yang baik di berbagai kondisi medan, seperti permukaan berbatu, berlumpur, atau licin. Dengan desain yang kokoh dan fleksibilitasnya, chasis tank sering digunakan dalam pengembangan robot otonom, termasuk *Human Following Robot* (Wang et al., 2020).



Gambar 2.8 Chasis Tank Mini

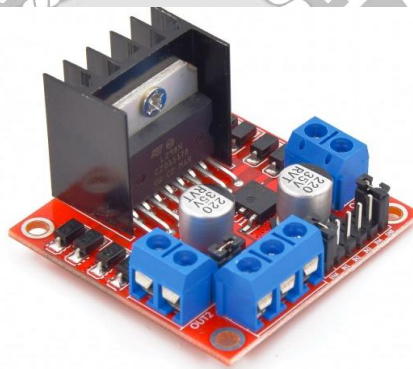
Sumber: Beirut Electro City

Chasis tank ini memiliki berbagai keunggulan seperti stabilitas tinggi berkat desain roda rantai yang memberikan kestabilan bahkan di medan yang tidak rata atau curam, daya tahan berkat material rangka yang kokoh sehingga mampu bertahan dalam kondisi lingkungan yang keras, serta kemampuan mobilitas yang memungkinkan robot bergerak di berbagai jenis medan seperti tanah berlumpur, kerikil, atau pasir. Selain itu, chasis ini juga menawarkan fleksibilitas desain karena dapat disesuaikan dengan berbagai

sensor dan modul tambahan untuk memenuhi kebutuhan proyek yang spesifik.

2.1.9 LN298N (Motor Driver)

Motor Driver merupakan module driver motor DC yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. Modul ini didesain untuk mempermudah pengendalian kecepatan dan arah putaran motor dengan mengandalkan teknik pengendalian PWM (Khaled, 2023).



Gambar 2.9 Motor Driver LN29N

Sumber: arduinoindonesia.id

Dalam penelitian ini, Motor Driver L298N digunakan sebagai pengendali utama untuk motor DC pada chasis tank *Human Following Robot*. Modul ini memungkinkan robot melakukan manuver presisi sesuai dengan data yang diproses dari algoritma pelacakan visual, menjadikannya komponen penting dalam desain robotik yang efisien dan andal.

2.1.10 Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) adalah jenis motor listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik dalam bentuk rotasi. Motor ini digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi karena kemudahannya dalam pengendalian kecepatan dan arah rotasi (Hughes & Drury, 2021). Dalam proyek robotika, motor DC sering digunakan untuk memberikan daya penggerak, terutama pada robot dengan kebutuhan mobilitas tinggi seperti *Human Following Robot*.



Gambar 2.10 Motor DC

Sumber: Arduino Indonesia

Dalam penelitian ini, motor DC digunakan untuk menggerakkan roda rantai pada chasis tank *Human Following Robot*. Motor ini dihubungkan dengan Motor Driver L298N untuk mengatur kecepatan dan arah pergerakan sesuai dengan data pelacakan visual yang diproses oleh Raspberry Pi 4. Kombinasi ini memungkinkan robot untuk bermanuver secara presisi di medan yang sulit dan tidak rata sesuai dengan deteksi objek nantinya.

2.1.11 Battery 12V

Battery 12V adalah sumber daya listrik yang biasanya digunakan dalam berbagai perangkat elektronik dan sistem robotika. Baterai ini menyediakan tegangan sebesar 12 volt, yang ideal untuk mengoperasikan motor DC, mikrokontroler, dan komponen elektronik lainnya pada sistem robot. Dengan kapasitas daya yang memadai, Battery 12V mampu mendukung operasi jangka panjang pada aplikasi yang membutuhkan konsumsi daya tinggi (Bolton, 2020).



Gambar 2.12 Battery Lipo 12V

Sumber: Grepow.com

Battery 12V mempunyai tegangan yang stabil untuk mendukung kinerja komponen elektronik sensitif seperti mikrokontroler (Hughes & Drury, 2021), serta daya tahan dengan kapasitas besar yang memungkinkan operasi perangkat dalam jangka waktu lama. Selain itu, baterai ini memiliki kompatibilitas tinggi, sehingga cocok digunakan untuk berbagai perangkat seperti motor DC, driver motor, dan Raspberry Pi. Dengan portabilitas yang baik, berkat desain yang relatif kecil dan ringan, baterai ini mudah diintegrasikan ke dalam sistem robotika bergerak.

2.1.12 TensorFlow Lite

TensorFlow Lite merupakan suatu framework Machine Learning yang dirancang untuk menjalankan model kecerdasan buatan pada perangkat dengan daya komputasi rendah, seperti ponsel, mikrokomputer, dan perangkat *IoT*. TensorFlow Lite merupakan versi ringan dari TensorFlow, yang memungkinkan model pembelajaran mesin dapat diimplementasikan secara efisien pada perangkat dengan sumber daya terbatas (Google Developers Blog, 2024).

Framework ini mendukung berbagai fungsi Machine Learning seperti klasifikasi gambar, deteksi objek, pemrosesan bahasa alami, dan pelacakan visual. TensorFlow Lite menggunakan model terkompresi yang dioptimalkan untuk ukuran kecil dan efisiensi tinggi, sehingga ideal untuk aplikasi di perangkat keras seperti Raspberry Pi 4 yang digunakan dalam penelitian ini (GeeksforGeeks, 2022).



Gambar 2.13 TensorFlow Lite

Sumber: wiki.seeedstudio.com

Dalam konteks robot human-following pada skripsi ini, TensorFlow Lite digunakan untuk menjalankan model deteksi objek berbasis YOLO pada platform seperti Raspberry Pi 4, yang memiliki keterbatasan dalam memori dan daya komputasi. Dengan menggunakan TensorFlow Lite, robot dapat secara efisien mendeteksi dan mengikuti objek manusia secara real-time, memungkinkan penerapan machine learning pada robot otonom di medan operasional dengan sumber daya terbatas.

2.1.13 YOLO V5s

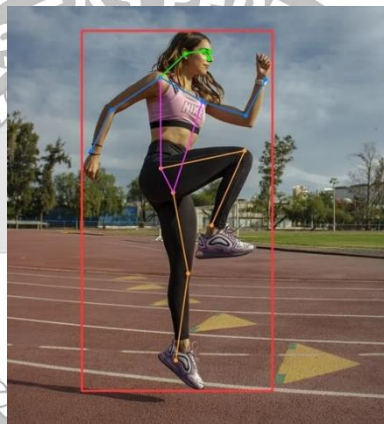
YOLO (*You Only Look Once*) merupakan algoritma deteksi objek berbasis deep learning yang sangat populer, dengan beberapa versi yang dirancang untuk memenuhi berbagai kebutuhan aplikasi. YOLOv5s adalah versi terkecil dengan parameter paling sedikit, menjadikannya sangat efisien dalam hal memori dan komputasi. Meskipun memiliki kecepatan inferensi yang sangat baik dan cocok untuk aplikasi real-time pada perangkat dengan sumber daya terbatas, akurasi cenderung lebih rendah dibandingkan versi yang lebih besar, terutama pada objek kecil atau dalam kondisi pencahayaan buruk.

Ada bermacam versi dari YOLO sendiri, yaitu seperti YOLOv7 yang mana juga menawarkan akurasi lebih tinggi berkat teknik terbaru seperti *self-ensembling* dan *advanced augmentation techniques*. Meskipun lebih besar dan membutuhkan perangkat keras dengan komputasi yang lebih kuat, YOLOv7 tetap memberikan kecepatan inferensi yang baik dan sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan akurasi tinggi di lingkungan kompleks, seperti video surveillance atau deteksi objek kecil.

Secara keseluruhan, pemilihan versi YOLO yang tepat bergantung pada kebutuhan aplikasi. YOLOv5s cocok untuk aplikasi dengan komputasi rendah, sementara YOLOv7 lebih sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan akurasi tinggi pada kondisi yang lebih beragam dan kompleks. Pilihan versi tergantung pada keseimbangan antara kecepatan, akurasi, dan kemampuan perangkat keras yang digunakan.

2.1.14 Person Tracking

Person Tracking merupakan suatu metode yang mendeteksi objek yang ditangkap oleh kamera pada saat pemrograman berjalan. *Person tracking* merupakan teknologi yang menggabungkan perangkat keras seperti kamera RGB atau depth dan perangkat lunak berbasis AI untuk mendeteksi, mengenali, dan melacak pergerakan manusia secara real-time" (Algabri et al., 2020).



Gambar 2.14 Person Tracking

Sumber: opensistemas.com

Biasanya *Person Tracking* memerlukan bermacam komponen yang meliputi sensor visual (kamera) untuk menangkap data visual dari lingkungan sebagai dasar mendeteksi keberadaan beserta posisi manusia, algoritma pelacakan yang menggunakan teknik seperti *Object Detection* untuk mengenali dan melacak pergerakan target, pemrosesan data yang dilakukan secara *real-time* guna mendeteksi pergerakan target dan memastikan robot tetap berada di jalur yang optimal.

Dalam penelitian ini, *person tracking* digunakan untuk memungkinkan robot human following mendeteksi dan mengikuti pergerakan manusia secara real-time. Teknologi juga memastikan dengan integrasi sistem pemrosesan data visual *real-time*, *person tracking* memungkinkan aplikasi dinamis seperti *Human Following Robot* yang dapat beradaptasi dengan lingkungan yang berubah-ubah (Mario, 2023).

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang relevan dengan judul penelitian "Rancang Bangun *Human Following Robot* berbasis Raspberry Pi 4 disertai algoritma TensorFlow Lite untuk mendukung mobilitas logistik militer" menjadi dasar penting dalam memahami pendekatan, metode, dan temuan yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Kajian terhadap penelitian-penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter pengukuran, algoritma pemrograman, komponen, serta kekurangannya. Berikut hasil penelitian terdahulu dari beberapa jurnal

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Penulis	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
1	Sistem Pengikut Manusia pada Robot Servis Menggunakan Model YOLO dan Kamera Stereo	(Muhammad Ilham Ramadhan, et al., 2023)	a. YOLOv7 b. PID Controller	Pada penelitian ini, sistem robot yang telah dikembangkan berhasil untuk mengikuti manusia di dalam ruangan dengan baik. Sistem ini juga berhasil untuk	Bertujuan untuk mengembangkan robot yang dapat mengikuti manusia dalam berbagai kondisi dan juga menggunakan metode	Menggunakan metode PID untuk pengendalian robotnya dan menggunakan versi YOLO yang berbeda.

				mengikuti seseorang walaupun diberikan variasi cahaya yang signifikan.	pengolahan gambar untuk deteksi objek	
2	Object Following Robot berbasis Pembacaan Jarak menggunakan Metode PID Controller	(Dyas Restu Palupi, et al., 2020)	a. PID Controller b. Sensor	Berdasarkan penelitian yang dilakukan robot secara fungsional bisa mengikuti object yang bergerak maju, belok kanan, belok kiri, dan mundur dengan kecepatan maksimal 0.2m/s.	Bertujuan mengembangkan robot yang mengikuti manusia	Metode pendeteksian objek pada peneltiain ini menggunakan deteksi dari 3 buah sensor ultrasonic serta menggunakan PID untuk kendali motor DCnya.
3	Human Following	(Kharga Bahadur	a. Arduino IDE	Hasil pengujian diketahui bahwa pada kedua sensor	Bertujuan mengembangkan	Penelitian ini menggunakan

	Robot Using Arduino Uno	Kharka, et al., 2021)		(ultrasonik dan inframerah) bahwa sensor bekerja dengan akurat dalam jarak 10 cm. Dan pada jarak tersebut robot dapat berhasil mengikuti objek berupa manusia.	robot yang mengikuti manusia	metode pendeteksian objek dengan sensor ultrasonik dan inframerah.
4	Human Follower Basket Robot Di Rey Kafe Berbasis Arduino Uno	(Alpin, Ardianto Pranata, Ishak, 2024)	a. PWM (Pulse Width Modulation)	Pengujian dilakukan di kafe Rey Medan, menunjukkan hasil bahwa robot berhasil mengikuti pelayan dengan baik, membawa makanan ke meja	Penelitian ini juga menggunakan metode pendeteksian YOLO secara real-time.	Penelitian ini menggunakan metode PWM untuk mengendalikan kecepatan Motor DC-nya dan juga terdapat sensor ultrasonik dan inframerah untuk

				pelanggan tanpa jatuh.		bantuan pendeteksian objectnya
5	Deteksi Objek Berbasis Web Menggunakan TensorFlow Js dan Coco Dataset pada Framework React Js	(Chairil Anwar, 2022)	a. TensorFlow Js	Sistem deteksi objek berbasis web yang dikembangkan menggunakan Tensorflow Js, Coco Dataset, dan framework React Js berhasil mendeteksi 80 objek dari model Dataset dengan baik.	Penelitian ini juga menggunakan TensorFlow untuk pengolahan gambar dan deteksi objek serta untuk pengolahan gambar real-time.	Penelitian ini berfokus pada penggunaan Tensorflow untuk menampilkan hasil deteksi objek (<i>object classification</i>) berdasarkan dataset.

Sumber: Diolah oleh peneliti

Berdasarkan tabel 2.1 tersebut, ditampilkan beberapa penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini. Penelitian pertama, yang berjudul *"Human Follower Basket Robot di Rey Kafe Berbasis Arduino Uno"*, membahas terkait pengembangan robot yang dapat mengikuti pergerakan waiter di lingkungan kafe. Tujuan utama dari robot ini adalah untuk mendukung proses pengangkutan barang secara otomatis, sehingga dapat mengurangi beban kerja waiter dan meningkatkan efisiensi operasional di area pelayanan. Robot dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, yang dipilih karena kesederhanaan pengoperasian dan biaya rendah. Sistem ini dilengkapi dengan motor DC sebagai penggerak, sensor inframerah untuk mendeteksi pergerakan manusia, dan driver motor L298N sebagai pengendali daya motor. Kombinasi komponen tersebut memungkinkan robot untuk bergerak mengikuti target berdasarkan sinyal yang diterima dari sensor inframerah.

Dalam penelitian ini, algoritma *PWM* (Pulse Width Modulation) digunakan untuk mengatur kecepatan motor. Algoritma ini memungkinkan robot untuk menjaga stabilitas pergerakan saat mengikuti waiter di berbagai kondisi kecepatan. Pengujian dilakukan di lingkungan indoor, yaitu di Rey Kafe, yang memiliki karakteristik ruangan relatif stabil tanpa banyak variasi pencahayaan atau rintangan kompleks. Parameter utama yang diukur dalam penelitian ini meliputi kecepatan gerak robot dan stabilitas pergerakannya dalam mengikuti waiter selama tugas operasional.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu mengikuti target dengan tingkat keberhasilan yang cukup tinggi. Robot dapat menjaga kecepatan yang sesuai dengan waiter dan menunjukkan stabilitas dalam mengikuti pergerakan di jalur lurus maupun berbelok. Namun, sistem ini memiliki keterbatasan dalam deteksi pergerakan manusia yang lebih kompleks, seperti ketika waiter bergerak di sekitar area dengan banyak hambatan atau di bawah kondisi pencahayaan yang berubah-ubah. Hal ini disebabkan oleh sensor inframerah yang hanya mampu mendeteksi objek

berdasarkan pantulan sinyal inframerah, tanpa kemampuan untuk mengenali pola atau bentuk tertentu.

Penelitian kedua, yang berjudul "*Sistem Pengikut Manusia pada Robot Servis Menggunakan Model YOLO dan Kamera Stereo*", bertujuan untuk mengembangkan robot servis yang mampu mengikuti pergerakan manusia secara akurat. Robot ini dirancang untuk beroperasi dalam lingkungan indoor dengan berbagai variasi pencahayaan, sehingga memungkinkan penggunaannya dalam aplikasi pelayanan seperti restoran atau pusat perbelanjaan. Sistem ini memanfaatkan kamera stereo ZED2i sebagai sensor utama untuk menangkap data visual, yang kemudian diolah menggunakan model YOLOv7 (*You Only Look Once version 7*) untuk mendeteksi dan melacak target manusia. Algoritma YOLOv7 dipilih karena kemampuannya dalam melakukan deteksi objek secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Untuk menjaga jarak optimal antara robot dan target, sistem ini dilengkapi dengan *PID (Proportional-Integral-Derivative)* controller yang bertugas mengatur kecepatan motor berdasarkan jarak yang terdeteksi. Komponen utama lainnya yang digunakan dalam robot ini termasuk motor driver, pengontrol robot berbasis *ROS (Robot Operating System)*, dan chasis robot yang dirancang untuk manuver di permukaan indoor. Parameter utama yang diukur dalam penelitian ini mencakup akurasi pelacakan manusia, frame rate sistem saat memproses data visual, dan stabilitas gerakan robot dalam menjaga jarak dengan target.

Pengujian dilakukan di lingkungan indoor dengan variasi kondisi pencahayaan untuk mengevaluasi performa sistem dalam skenario operasional yang beragam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan melacak manusia dengan tingkat akurasi yang tinggi, bahkan dalam kondisi pencahayaan rendah. Namun, performa sistem sedikit menurun ketika robot beroperasi di area dengan banyak hambatan visual atau target manusia berada dalam kelompok. Frame rate

rata-rata sistem berada pada kisaran 30 FPS, yang cukup untuk mendukung pelacakan real-time tanpa latensi yang signifikan.

Penelitian ketiga, berjudul "*Human Following Robot Using Arduino Uno*", bertujuan untuk mengembangkan robot sederhana yang mampu mengikuti pergerakan manusia secara otomatis dengan menggunakan perangkat keras yang terjangkau dan algoritma dasar. Robot ini dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, dengan sensor inframerah dan sensor ultrasonik sebagai komponen deteksi target dan penghindaran rintangan. Kombinasi dari kedua sensor ini memungkinkan robot mendeteksi keberadaan manusia berdasarkan sinyal reflektif dan mengukur jarak terhadap target atau objek di sekitarnya. Penelitian ini menekankan pada desain robot yang sederhana dan efisien untuk memenuhi kebutuhan dasar pelacakan manusia.

Parameter utama yang diukur dalam penelitian ini adalah jarak deteksi manusia, kemampuan robot dalam menjaga jarak yang optimal, serta performa dalam menghindari rintangan selama pelacakan. Sistem ini dilengkapi dengan motor driver untuk mengontrol motor penggerak yang memungkinkan robot bermanuver dengan stabil. Pengujian dilakukan di lingkungan indoor dengan jalur yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu mendeteksi target manusia pada jarak optimal sekitar 30 cm hingga 100 cm. Robot juga berhasil menghindari rintangan sederhana dengan respons yang cukup cepat menggunakan sensor ultrasonik.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan robot pengikut manusia dengan pendekatan yang ekonomis dan sederhana, yang cocok untuk aplikasi dasar seperti pengangkutan barang ringan atau interaksi di ruang yang terkontrol. Hasil dari penelitian ini juga menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan teknologi yang lebih canggih, seperti kamera dan algoritma berbasis *machine learning*, guna meningkatkan kemampuan pelacakan dan adaptasi robot terhadap

kondisi lingkungan yang lebih kompleks. Robot ini menunjukkan potensi untuk dikembangkan menjadi sistem yang lebih efisien dan fleksibel di masa depan.

Penelitian keempat, yang berjudul "*Object Following Robot berbasis Pembacaan Jarak menggunakan Metode PID Controller*", berfokus pada pengembangan robot yang mampu mengikuti objek dengan menjaga jarak tetap menggunakan sistem kendali berbasis *PID* (*Proportional-Integral-Derivative*). Robot ini dirancang dengan tiga sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditempatkan di bagian depan dan samping untuk mendeteksi keberadaan objek dan mengukur jarak secara presisi. Data yang diperoleh dari sensor ultrasonik digunakan sebagai masukan ke kontroler *PID*, yang kemudian mengatur kecepatan motor penggerak agar robot dapat menjaga jarak yang optimal terhadap objek yang diikuti.

Parameter utama yang diukur dalam penelitian ini meliputi waktu respons robot dalam menyesuaikan jarak, stabilitas pergerakan saat mengikuti objek, dan akurasi dalam menjaga jarak tetap. Komponen utama lainnya yang digunakan adalah Arduino Uno sebagai pengendali pusat, motor driver L298N, dan motor DC sebagai penggerak roda. Robot diuji dalam lingkungan indoor dengan jalur yang telah ditentukan untuk mengevaluasi performa sistem dalam skenario sederhana.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu menjaga jarak tetap sekitar 35 cm dari objek yang diikuti dengan stabilitas yang baik. Waktu respons rata-rata sistem untuk menyesuaikan jarak adalah sekitar 1 detik, yang cukup untuk mengikuti objek yang bergerak dengan kecepatan moderat. Selain itu, robot menunjukkan kemampuan yang konsisten dalam menghindari rintangan sederhana di jalurnya. Namun, robot memiliki keterbatasan dalam lingkungan dengan rintangan yang dinamis atau objek yang bergerak terlalu cepat, karena kecepatan pemrosesan sensor dan kontroler *PID* yang terbatas.

Penelitian kelima, berjudul "*Deteksi Objek Berbasis Web Menggunakan TensorFlow Js dan COCO Dataset pada Framework React Js*", berfokus pada pengembangan aplikasi berbasis web untuk mendeteksi objek secara real-time. Penelitian ini memanfaatkan *TensorFlow Js*, sebuah pustaka *machine learning* berbasis JavaScript, untuk mengimplementasikan model deteksi objek yang telah dilatih menggunakan *COCO Dataset (Common Objects in Context)*. Framework *React Js* digunakan sebagai kerangka pengembangan aplikasi, memungkinkan integrasi antar komponen berjalan secara efisien. Penelitian ini bertujuan mengukur akurasi deteksi objek dan kecepatan komputasi aplikasi dalam lingkungan berbasis browser.

Dalam penelitian ini, dataset *COCO* digunakan sebagai basis model, yang mencakup 80 kategori objek, termasuk manusia, kendaraan, dan peralatan rumah tangga. Parameter utama yang diukur meliputi akurasi deteksi terhadap berbagai jenis objek dan kecepatan sistem dalam memproses data visual. Komponen utama yang digunakan dalam aplikasi ini adalah webcam untuk menangkap gambar, *React Js* sebagai antarmuka pengguna, dan *TensorFlow Js* untuk melakukan deteksi objek secara langsung di browser tanpa memerlukan server eksternal.

Pengujian dilakukan dengan 10 sampel objek dari kategori yang berbeda dalam dataset *COCO*, menggunakan browser berbasis web seperti Google Chrome. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi ini mampu mendeteksi objek dengan tingkat akurasi yang baik, rata-rata mencapai 85% pada objek yang mudah dikenali seperti manusia dan kendaraan. Waktu komputasi sistem rata-rata adalah 60 ms per frame, yang cukup cepat untuk aplikasi real-time. Namun, aplikasi ini menghadapi tantangan dalam mendeteksi objek yang kompleks atau memiliki ukuran kecil dalam gambar, karena keterbatasan model yang digunakan.

Berdasarkan analisis kelima jurnal tersebut, terlihat bahwa masing-masing penelitian memiliki fokus dan pendekatan yang berbeda dalam

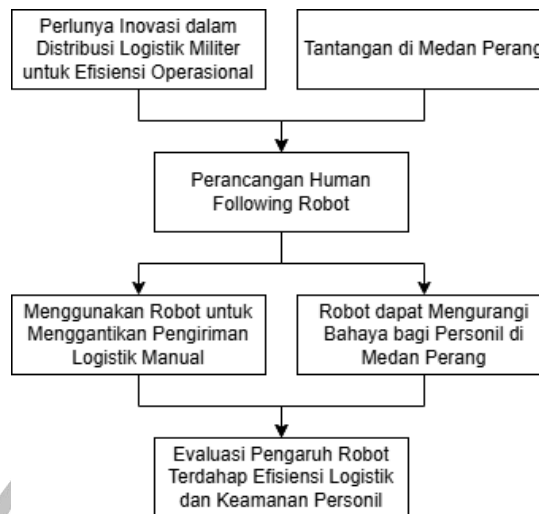
mengembangkan robot pengikut manusia. Penelitian pertama dan ketiga menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama dengan sensor inframerah dan ultrasonik untuk mendeteksi target. Pendekatan ini sederhana dan ekonomis, tetapi terbatas pada deteksi berbasis jarak tanpa kemampuan visual yang kompleks. Penelitian keempat memperkenalkan kontrol berbasis *PID* menggunakan sensor ultrasonik untuk menjaga jarak tetap terhadap objek, namun tidak melibatkan komponen visual seperti kamera. Pendekatan ini efektif untuk aplikasi dasar tetapi kurang adaptif terhadap lingkungan yang dinamis atau kompleks.

Penelitian kedua dan kelima lebih mendekati topik penelitian ini, terutama dalam penggunaan teknologi berbasis *machine learning*. Penelitian kedua menggunakan YOLOv7 dan kamera stereo untuk pelacakan manusia dengan akurasi tinggi, tetapi membutuhkan daya komputasi besar dan perangkat keras yang mahal. Sementara itu, penelitian kelima memanfaatkan TensorFlow Js untuk deteksi objek berbasis web, yang menunjukkan potensi dalam penerapan *machine learning* tetapi terbatas pada lingkungan browser.

Berdasarkan hal tersebut, terkait dengan penelitian saat ini yang menggunakan TensorFlow Lite dan Raspberry Pi yang juga menggabungkan efisiensi komputasi dengan kemampuan visual berbasis *machine learning*, menawarkan solusi yang lebih ekonomis dan fleksibel. Dengan fokus pada pelacakan manusia real-time di berbagai kondisi lingkungan, penelitian ini dapat mengisi kesenjangan antara teknologi sederhana seperti pada jurnal pertama dan ketiga, serta pendekatan berbasis *machine learning* yang lebih berat seperti pada jurnal kedua.

2.3 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah representasi konseptual yang menjelaskan alur logika dari penelitian ini, dimulai dari identifikasi masalah hingga solusi yang diusulkan. Berikut adalah kerangka berpikir yang mendasari penelitian ini:



Gambar 2.14 Kerangka Berpikir

Sumber: Diolah oleh peneliti

Berdasarkan gambar 2.4 tersebut, menggambarkan kerangka berpikir penelitian yang dimulai dari diperlukannya inovasi dalam distribusi logistic militer untuk efisiensi operasioanl dan juga tantangan di medan perang dalam pendistribusian kebutuhan taktis ke medan perang. Pengiriman logistik secara manual sering kali memakan waktu lebih lama, membutuhkan tenaga manusia yang besar, dan membahayakan nyawa personel yang harus menghadapi ancaman dari medan perang. Oleh karena itu, dalam penelitian ini adalah merancang *Human Following Robot* sebagai alternatif inovatif. Robot ini dirancang untuk menggantikan pengiriman logistik manual yang memiliki kemampuan mengikuti manusia secara otomatis untuk membawa perlengkapan ke tujuan yang ditentukan. Selain itu, robot ini juga diharapkan dapat mengurangi risiko yang dihadapi personel dalam medan perang dengan mengambil alih peran mereka dalam distribusi logistik. Tahap akhir dari penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh implementasi robot terhadap peningkatan efisiensi pengiriman logistik dan pengurangan risiko bagi personel. Melalui evaluasi ini, penelitian akan menilai sejauh mana *Human Following Robot* dapat memberikan dampak positif terhadap operasi logistik militer di medan perang.