



## **RANCANG BANGUN PELACAK UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) PADA PANGKALAN MILITER BERBASIS COMPUTER VISION**

*(Design and Construction of an Unmanned Aerial Vehicle (Uav)  
Tracker at A Military Base Based on Computer Vision)*

**Galih Suryo Wicaksono**

[galih Suryo1@gmail.com](mailto:galih Suryo1@gmail.com)

Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut

Abstrak.

Penetapan kawasan udara terlarang dan terbatas di Indonesia, sebagaimana diatur dalam regulasi pemerintah, menuntut adanya sistem pengamanan yang efektif dan berkelanjutan. Wilayah udara dengan status terbatas hanya diperuntukkan bagi operasi tertentu, sehingga keberadaan UAV ilegal dapat menjadi ancaman terhadap keamanan dan keselamatan penerbangan. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sebuah prototipe sistem yang mampu mendeteksi serta melakukan tindakan terhadap UAV yang tidak berizin. Sistem yang dirancang memanfaatkan kamera sebagai sensor visual untuk mendeteksi objek terbang, serta perangkat jammer sebagai alat penindak. Pengolahan data dilakukan menggunakan sistem berbasis computer vision dengan metode Template Matching. Implementasi perangkat lunak dijalankan pada sistem operasi Windows dengan dukungan teknik pengolahan citra digital. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi objek UAV dengan tingkat akurasi mencapai 90% pada kondisi kecepatan UAV sedang, dengan jarak deteksi optimal hingga 15 meter. Selain itu, sistem juga mampu membedakan UAV dari objek terbang lain di lingkungan sekitarnya.

Kata Kunci: Image processing, Template Matching



### Abstract

The designation of prohibited and restricted airspace in Indonesia, as regulated by government policies, requires an effective and sustainable security system. Airspace classified as restricted is intended only for specific operations, making the presence of unauthorized UAVs a potential threat to aviation safety and security. Therefore, this study develops a prototype system capable of detecting and taking action against unauthorized UAVs. The designed system utilizes a camera as a visual sensor to detect flying objects, along with a jammer device as an enforcement tool. Data processing is carried out using a computer vision-based system with the Template Matching method. The software implementation runs on the Windows operating system with support from digital image processing techniques. The test results indicate that the system is capable of identifying UAV objects with an accuracy rate of up to 90% under moderate UAV speed conditions, with an optimal detection range of up to 15 meters. Additionally, the system can distinguish UAVs from other flying objects in the surrounding environment.

Keywords: Image Processing, Template Matching Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

#### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) yang sangat cepat, menimbulkan potensi gangguan terhadap keselamatan penerbangan, khususnya di sekitar wilayah bandara militer, baik saat proses lepas landas maupun pendaratan. Selain itu, keberadaan UAV ilegal di kawasan militer berisiko tinggi terhadap kebocoran informasi strategis dan keamanan instalasi vital.

Wilayah Penerbangan TNI Angkatan Laut sebagai area militer memiliki karakteristik sebagai kawasan terbatas yang hanya dapat diakses oleh personel berkepentingan. Di dalamnya terdapat berbagai aset penting



seperti peralatan tempur, sistem persenjataan, serta informasi rahasia yang harus dilindungi secara ketat. Dengan luas area yang cukup besar, pengawasan secara manual menjadi kurang efektif dan memiliki keterbatasan dalam menjangkau seluruh wilayah udara.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu sistem berbasis teknologi yang mampu membantu personel dalam melakukan pemantauan secara real-time terhadap aktivitas UAV di wilayah udara terbatas. Sistem ini diharapkan mampu mendeteksi, mengidentifikasi, serta melacak pergerakan UAV secara otomatis (Kusuma,2025).

Penelitian ini mengusulkan pengembangan perangkat berbasis computer vision yang dapat memproses data video secara langsung, mengenali objek UAV, serta melakukan pelacakan secara dinamis. Selain itu, sistem juga dirancang untuk mendukung proses eksekusi terhadap UAV berdasarkan kendali operator, sehingga mampu meningkatkan efektivitas pengamanan wilayah udara militer.

## 2. Tinjauan Pustaka.

### 2.1 Webcam

Webcam merupakan perangkat kamera digital yang berfungsi sebagai alat akuisisi citra yang terhubung langsung dengan komputer atau jaringan. Perangkat ini menghasilkan data visual dalam bentuk digital sehingga dapat diproses secara langsung oleh sistem komputer tanpa memerlukan konversi tambahan. Dibandingkan dengan kamera analog, webcam memiliki keunggulan dalam hal kualitas gambar yang lebih stabil serta minim gangguan (noise), sehingga lebih sesuai untuk aplikasi pengolahan citra.

Dalam penelitian ini digunakan webcam tipe Logitech C170 yang mampu menghasilkan resolusi gambar hingga 5 megapiksel serta perekaman video dengan resolusi 1024×768 piksel. Perangkat ini menggunakan antarmuka USB 2.0 dan mendukung sistem plug-and-play, sehingga mempermudah integrasi dengan sistem tanpa instalasi tambahan.

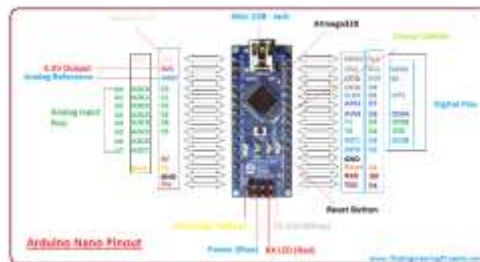


Gambar 2. 1 Webcam Logitech C170  
(Sumber : Logitech, 2018)

### 2.1.2 Arduino Nano

Arduino Nano merupakan papan mikrokontroler berbasis open-source yang dirancang untuk memudahkan pengembangan sistem elektronik. Perangkat ini menggunakan prosesor Atmega 328 dan mendukung pemrograman menggunakan bahasa C melalui Arduino IDE. Keunggulan Arduino Nano terletak pada ukurannya yang kecil namun memiliki kemampuan input-output yang cukup lengkap, termasuk pin digital dan analog. Selain itu, komunikasi dengan komputer dilakukan melalui USB sehingga tidak memerlukan perangkat tambahan. Dalam penelitian ini, Arduino Nano digunakan untuk mengontrol aktuator berupa motor servo berdasarkan data posisi yang dihasilkan dari sistem pengolahan citra. Penelitian ini menggunakan Arduino Nano yang merupakan varian Arduino yang terkecil yang menggunakan mikrokontroler ATMEGA 328.

Arduino Nano beroperasi pada tegangan 5 V DC dan memiliki 30 pin diantaranya yaitu 6 pin output PWM, 8 Pin input analog.



Gambar 2. 2 Pin Arduino Nano  
(Sumber : Nasir, 2018)

### 2.1.3 Motor Servo

Motor servo merupakan aktuator yang bekerja dengan sistem kendali loop tertutup, sehingga mampu mengatur posisi sudut secara presisi. Perangkat ini terdiri dari motor DC, rangkaian kontrol, sistem gear, dan potensiometer sebagai sensor posisi. Motor servo diklasifikasikan berdasarkan jenis arus (AC dan DC) serta rentang pergerakan sudutnya. Pada penelitian ini digunakan servo tipe MG996R yang memiliki torsi tinggi hingga 11 kg/cm dan mampu beroperasi pada tegangan 4.8–6V. Servo ini digunakan untuk menggerakkan sistem pelacakan secara horizontal (yaw) dan vertikal (pitch) dalam mengikuti pergerakan UAV.



Gambar 2. 3 Motor Servo MG 996 R  
(Sumber : Servo Data Base, 2018)

#### 2.1.4 ESP 8266

ESP 8266 merupakan modul komunikasi nirkabel berbasis sistem on chip (SoC) yang mendukung konektivitas Wi-Fi. Modul ini dapat berfungsi baik sebagai access point maupun sebagai klien dalam jaringan.

Keunggulan ESP 8266 adalah kemampuannya untuk diprogram langsung menggunakan Arduino IDE, sehingga mudah diintegrasikan dalam sistem. Modul ini bekerja pada frekuensi 2.4 GHz dan dalam penelitian ini dimanfaatkan sebagai perangkat untuk melakukan intervensi sinyal komunikasi UAV melalui mekanisme jamming.



Gambar 2. 4 ESP 8266  
(Sumber : [www.esp8266.com](http://www.esp8266.com), 2016)

#### 2.1.5 OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) adalah pustaka perangkat lunak yang dikembangkan untuk mendukung pengolahan citra dan visi komputer secara real-time. Library ini menyediakan berbagai algoritma untuk analisis citra, seperti deteksi objek, pelacakan gerakan, hingga pengenalan pola. OpenCV mendukung berbagai bahasa pemrograman seperti C++, Python, dan Java serta dapat dijalankan pada



berbagai platform sistem operasi. Dalam penelitian ini, OpenCV digunakan sebagai inti pemrosesan citra digital untuk mendeteksi dan melacak objek UAV.

#### 2.1.6 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan bidang yang mempelajari teknik manipulasi dan analisis citra untuk memperoleh informasi yang lebih bermakna. Citra digital direpresentasikan sebagai matriks dua dimensi yang terdiri dari nilai intensitas piksel. Tujuan utama pengolahan citra meliputi peningkatan kualitas visual, reduksi noise, ekstraksi fitur, serta identifikasi objek. Dalam konteks penelitian ini, pengolahan citra digunakan untuk mengenali karakteristik UAV berdasarkan pola visual tertentu.

#### 2.1.7 Komponen Pembentuk Persepsi Visual

Persepsi visual merupakan proses fundamental dalam memahami bagaimana suatu sistem, baik manusia maupun mesin, mengenali dan menafsirkan objek dari lingkungan sekitarnya. Dalam konteks pengolahan citra digital, persepsi visual tidak hanya dipahami sebagai kemampuan melihat, tetapi juga sebagai mekanisme interpretasi terhadap informasi visual yang diperoleh. Secara konseptual, persepsi visual terbentuk dari tiga komponen utama, yaitu sumber cahaya, objek, dan sensor. Ketiga elemen ini memiliki keterkaitan yang tidak terpisahkan dalam menghasilkan representasi visual yang dapat diproses lebih lanjut.

#### 2.1.8 Grayscale

Grayscale adalah proses konversi citra berwarna menjadi citra dengan tingkat keabuan. Dalam citra grayscale, setiap piksel hanya memiliki satu nilai intensitas yang merepresentasikan tingkat kecerahan.

Transformasi ini bertujuan untuk menyederhanakan proses komputasi karena mengurangi kompleksitas data dari tiga kanal warna (RGB) menjadi satu kanal. Dengan demikian, proses analisis citra menjadi lebih efisien tanpa menghilangkan informasi penting terkait struktur objek.



Gambar 2. 5 Grayscaleing

Hasil dari nilai-nilai luminance dari saluran merah, hijau, atau biru. Hasil perubahan warna dari citra berwarna menjadi abu-abu dapat dilihat pada Gambar 2.5.

#### 2.1.9 Edge Detection

Edge detection merupakan teknik untuk mengidentifikasi batas atau tepi objek dalam citra berdasarkan perubahan intensitas yang signifikan. Metode ini sangat penting dalam proses ekstraksi fitur karena mampu menyoroti struktur utama objek.

Dalam penelitian ini digunakan metode Canny Edge Detection yang dikenal memiliki tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi tepi serta mampu meminimalkan noise. Hasil dari proses ini berupa citra biner yang menampilkan garis tepi objek secara jelas.

Dengan didapatnya nilai tepi dan arah gradien, didapatkan nilai tepi obyek yang akan mempermudah Template Matching dalam mencocokkan Gambar obyek dengan basis data yang dimiliki, diharapkan Edge Detection dapat lebih akurat dalam membedakan antara obyek dan Background. Berikut adalah contoh transformasi dalam pengolahan Edge Detection.



Gambar 2. 6 Hasil Edge Detection

#### 2.1.10 Motion And Tracking

Motion and Tracking adalah proses pelacakan pergerakan objek dari waktu ke waktu dalam suatu rangkaian citra atau video. Teknik ini memungkinkan sistem untuk memahami arah, kecepatan, dan posisi objek secara dinamis. Pada sistem yang dikembangkan, motion tracking digunakan untuk mengikuti pergerakan UAV setelah berhasil dideteksi, sehingga posisi UAV dapat terus dipantau secara real-time. Gerakan benda yang cocok dengan template gerak pada basis data tersebut digunakan untuk mengolah menjadi karakter digital. Pelacakan dan penanda (red square) dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Motion and Tracking

#### 2.1.11 Template Matching

Template matching merupakan metode dalam pengolahan citra yang digunakan untuk menemukan bagian citra yang memiliki kesamaan dengan template yang telah ditentukan sebelumnya. Proses ini dilakukan dengan membandingkan pola citra input dengan pola referensi dalam basis data.

Metode ini relatif sederhana namun efektif dalam mengenali objek dengan karakteristik tertentu. Kelemahannya terletak pada sensitivitas terhadap perubahan skala, rotasi, dan orientasi objek. Meskipun demikian, metode ini tetap relevan digunakan dalam penelitian ini karena mampu memberikan tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam identifikasi UAV.

#### 2.1.12 WIFI Jammer

Wi-Fi merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang bekerja berdasarkan standar IEEE 802.11. Teknologi ini banyak digunakan dalam sistem UAV untuk komunikasi antara perangkat dan pengendali.

Wi-Fi jammer adalah perangkat yang digunakan untuk mengganggu atau memutus komunikasi nirkabel dengan cara mengganggu sinyal pada frekuensi tertentu. Dalam penelitian ini, jammer digunakan sebagai mekanisme eksekusi untuk menghentikan atau mengusir UAV yang terdeteksi berada di wilayah terlarang.

Berdasarkan kajian teori yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa integrasi antara teknologi computer vision, sistem mikrokontroler, serta komunikasi nirkabel memungkinkan pengembangan sistem deteksi dan pelacakan UAV yang efektif. Pemanfaatan metode template matching dan teknik pengolahan citra menjadi dasar utama dalam proses identifikasi

objek, sedangkan perangkat keras seperti Arduino, servo, dan ESP8266 berperan dalam implementasi sistem secara nyata.

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian terapan (applied research) yang berorientasi pada pemecahan masalah nyata di lapangan, khususnya dalam aspek pengamanan wilayah udara pangkalan militer dari ancaman UAV ilegal. Selain itu, penelitian ini juga termasuk dalam kategori penelitian rekayasa (engineering research) karena berfokus pada perancangan dan pengembangan sistem berbasis teknologi yang diharapkan mampu memenuhi spesifikasi kinerja tertentu.

Pendekatan ini dipilih karena permasalahan yang diangkat tidak hanya memerlukan analisis teoritis, tetapi juga implementasi solusi dalam bentuk prototipe yang dapat diuji secara langsung. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan konsep, tetapi juga menghasilkan sistem nyata yang dapat dievaluasi efektivitasnya.

Pada Gambar 3.1 ilustrasi penelitian dapat dilihat secara garis besar pengawasan oleh operator di menara pengawas.



Gambar 3. 1 Ilustrasi Penelitian

Secara konseptual, desain penelitian ini mengintegrasikan tiga komponen utama, yaitu pengolahan citra (computer vision), sistem kendali berbasis mikrokontroler, dan mekanisme eksekusi berbasis komunikasi nirkabel. Integrasi ketiga komponen tersebut bertujuan untuk menciptakan sistem yang mampu melakukan deteksi, identifikasi, pelacakan, hingga tindakan terhadap UAV secara terstruktur.

Alur kerja sistem dimulai dari proses akuisisi data visual menggunakan kamera yang menangkap citra secara terus-menerus. Data citra tersebut kemudian diproses menggunakan metode pengolahan citra untuk mendeteksi keberadaan objek yang terindikasi sebagai UAV. Setelah objek teridentifikasi, sistem akan melakukan pelacakan (tracking) untuk mengetahui posisi dan pergerakan objek secara real-time.

Selanjutnya, informasi posisi objek dikirimkan ke mikrokontroler untuk mengatur pergerakan aktuator berupa motor servo, sehingga perangkat dapat secara otomatis mengikuti arah pergerakan UAV. Pada tahap akhir, apabila objek telah dipastikan sebagai UAV yang tidak memiliki izin, operator dapat mengaktifkan sistem eksekusi berupa Wi-Fi jammer untuk mengganggu konektivitas UAV.

Desain penelitian ini juga mempertimbangkan efisiensi sumber daya manusia, di mana sistem diharapkan mampu menggantikan sebagian fungsi pengawasan manual dengan sistem otomatis berbasis teknologi. Dengan demikian, pengamanan wilayah udara dapat dilakukan secara lebih efektif, terus-menerus, dan responsif terhadap potensi ancaman.

Untuk menggambarkan alur sistem secara umum, penelitian ini dirancang dengan skenario operasional sebagai berikut:

- a. Sistem melakukan pemantauan area secara terus-menerus menggunakan dua kamera yang mencakup sudut pandang luas.
- b. Ketika terdeteksi objek yang menyerupai UAV, sistem melakukan proses identifikasi berbasis template matching.
- c. Setelah objek terkonfirmasi, sistem melakukan pelacakan otomatis dengan mengarahkan kamera mengikuti pergerakan objek.
- d. Operator melakukan verifikasi akhir sebelum tindakan eksekusi dilakukan.
- e. Sistem eksekusi diaktifkan untuk mengganggu atau menghentikan aktivitas UAV.

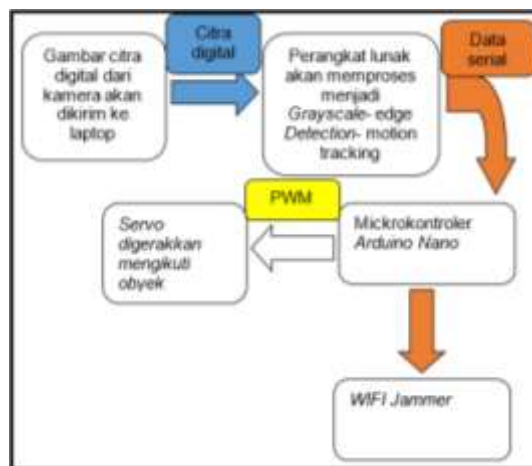
Melalui desain tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem keamanan berbasis teknologi, khususnya dalam menghadapi ancaman UAV di kawasan strategis militer.

### 3.2 Sumber Data, Subyek Dan Obyek Penelitian

#### 3.2.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dalam studi ini disusun secara bertahap dan terstruktur guna memastikan bahwa sistem yang dikembangkan mampu bekerja sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Proses perancangan tidak hanya berfokus pada aspek konseptual, tetapi juga mencakup implementasi teknis yang melibatkan integrasi antara perangkat mekanik, perangkat elektronik dan perangkat lunak.

Secara umum, tahapan penelitian ini terdiri dari tiga fase utama, yaitu perancangan sistem, implementasi, dan pengujian sistem. Rancangan ini memiliki alur kerja sistem dapat dijelaskan sebagai berikut:



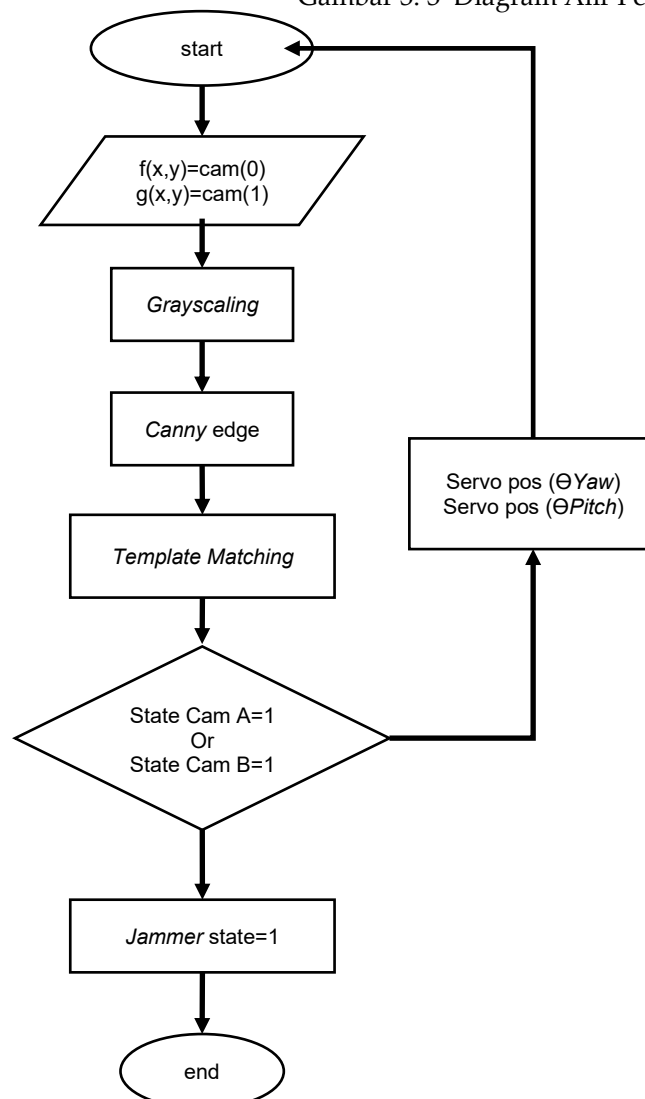
Gambar 3. 2 Rancangan Penelitian

1. Kamera menangkap citra objek secara real-time dari lingkungan sekitar.
2. Data citra dikirimkan ke komputer untuk diproses menggunakan algoritma pengolahan citra.

3. Sistem melakukan identifikasi objek dengan membandingkan citra input dengan template yang telah disediakan.
4. Jika objek terdeteksi sebagai UAV, sistem menentukan posisi objek dalam bidang pandang kamera.
5. Informasi posisi dikirimkan ke mikrokontroler untuk menggerakkan motor servo agar kamera tetap mengarah ke objek.
6. Operator melakukan verifikasi terhadap objek yang terdeteksi sebelum mengambil tindakan lanjutan.

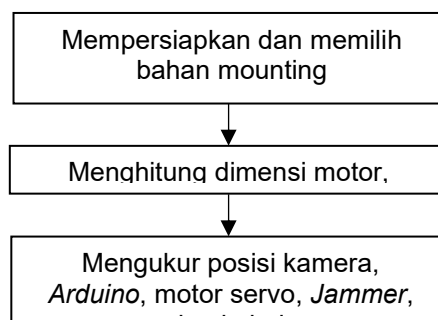
Implementasi ini menekankan pada sinkronisasi antara proses komputasi dan respon mekanik, sehingga sistem mampu bekerja secara real-time dan adaptif terhadap perubahan posisi objek. Pada Gambar 3.3 adalah diagram alir pada perancangan alat pelacak UAV di pangkalan militer berbasis Computer Vision.

Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian



### 3.2.2 Perancangan Perangkat (Mekanik)

Dudukan yang digunakan dalam perancangan ini memanfaatkan besi batangan dan plat besi. Pemilihan material tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa komponen seperti jammer dan motor memiliki bobot yang relatif berat, sehingga diperlukan struktur yang kuat dan kokoh untuk menopang keseluruhan sistem. Dudukan ini digunakan untuk menempatkan kamera, Arduino Nano, motor servo, serta perangkat jammer. Sementara itu, pada bagian yang bergerak digunakan bahan akrilik, dengan pertimbangan bahwa material ini mudah dibentuk, dipotong secara presisi, serta tersedia dalam berbagai pilihan ketebalan.



Gambar 3. 4 Tahapan perancangan perangkat keras

Pada Gambar 3.4, tahap perancangan perangkat keras menunjukkan bahwa setiap komponen harus ditempatkan secara presisi. Hal ini penting karena pada bagian yang bergerak terdapat sistem perkabelan yang berpotensi terganggu apabila bersinggungan dengan komponen lain. Selain itu, sistem mekanik yang dirancang harus memiliki kebebasan gerak pada sumbu putarnya agar dapat beroperasi dengan optimal. Kebebasan pergerakan ini diharapkan dapat mengurangi beban torsi pada motor servo saat menggerakkan perangkat.

Penggunaan komponen bergerak dengan poros rotasi menuntut tingkat ketelitian yang tinggi dalam proses pemotongan material. Ketelitian ini diperlukan agar sistem dapat menghasilkan pergerakan yang stabil dan sesuai dengan perencanaan. Pemasangan perangkat elektronik pada struktur mekanik menggunakan bahan akrilik sebagai alas. Pemilihan akrilik bertujuan untuk meminimalkan risiko hubungan singkat listrik, mengingat rangka utama menggunakan material logam. Sebagai contoh, Arduino Nano tidak dilengkapi dengan casing pelindung, melainkan hanya berupa papan PCB dengan komponen elektronik yang terbuka. Kondisi ini berpotensi menimbulkan korsleting apabila dipasang langsung pada rangka logam tanpa isolasi yang memadai. Oleh karena itu,



penggunaan akrilik sebagai lapisan isolator menjadi solusi untuk meningkatkan keamanan sistem.

### 3.2.3 Perancangan Sistem Elektronik

Rancangan sistem elektronik pada penelitian ini memanfaatkan beberapa komponen utama, yaitu laptop, Arduino Nano, dan modul ESP 8266. Laptop berfungsi sebagai pusat pengolahan data citra yang diperoleh dari kamera dalam bentuk citra digital. Data tersebut kemudian diproses untuk menentukan posisi dan pergerakan objek yang terdeteksi.

Informasi posisi objek yang telah diolah oleh laptop selanjutnya dikirimkan ke mikrokontroler Arduino Nano. Mikrokontroler ini berperan dalam mengontrol aktuator berupa motor servo dengan menentukan sudut pergerakan yang sesuai, sehingga sistem dapat secara otomatis mengikuti arah pergerakan objek.

Modul ESP8266 digunakan sebagai perangkat komunikasi nirkabel yang berfungsi dalam tahap eksekusi, yaitu untuk mengganggu atau memutus koneksi UAV. Dengan memanfaatkan kemampuan modul ini dalam mengelola jaringan Wi-Fi pada frekuensi 2.4 GHz, sistem diharapkan mampu memberikan respons terhadap objek UAV yang terdeteksi di wilayah yang diamankan.

Secara keseluruhan, perancangan sistem elektronik ini menekankan pada integrasi antara proses pengolahan data, sistem kendali, dan mekanisme eksekusi, sehingga seluruh komponen dapat bekerja secara sinkron dalam mendukung fungsi deteksi, pelacakan, dan penindakan terhadap UAV.

### 3.2.4 Perancangan Perangkat Lunak /Software

Pada tahap perancangan perangkat lunak, sistem dikembangkan menggunakan sistem operasi Windows 10. Sistem operasi ini dipilih karena memiliki antarmuka grafis (Graphical User Interface/GUI) yang user-friendly serta mendukung berbagai aplikasi pengembangan perangkat lunak. Selain itu, Windows 10 sebagai sistem operasi berbasis closed source



memberikan kemudahan dalam penggunaan meskipun memiliki keterbatasan dalam hal modifikasi sistem.

Perangkat lunak utama yang digunakan dalam pengolahan citra adalah OpenCV, yang menyediakan berbagai fungsi dan algoritma untuk pemrosesan citra digital. OpenCV dimanfaatkan untuk melakukan akuisisi citra, pengolahan data visual, serta implementasi metode computer vision dalam mendeteksi dan melacak objek UAV.

Dalam pengembangan antarmuka sistem, digunakan aplikasi Visual Studio sebagai Integrated Development Environment (IDE). Visual Studio memungkinkan perancangan aplikasi berbasis GUI yang interaktif, sehingga memudahkan operator dalam memantau dan mengendalikan sistem. Beberapa fungsi utama dari Visual Studio dalam penelitian ini meliputi:

Berikut parafrase 3.2.4 Perancangan Perangkat Lunak dengan format tetap dipertahankan, hanya perbaikan redaksi agar lebih akademik, natural, dan bebas plagiasi:

### 3.2.4 Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahap perancangan perangkat lunak, sistem dikembangkan menggunakan sistem operasi Windows 10. Sistem operasi ini dipilih karena memiliki antarmuka grafis (Graphical User Interface/GUI) yang user-friendly serta mendukung berbagai aplikasi pengembangan perangkat lunak. Selain itu, Windows 10 sebagai sistem operasi berbasis closed source memberikan kemudahan dalam penggunaan meskipun memiliki keterbatasan dalam hal modifikasi sistem.

Perangkat lunak utama yang digunakan dalam pengolahan citra adalah OpenCV, yang menyediakan berbagai fungsi dan algoritma untuk pemrosesan citra digital. OpenCV dimanfaatkan untuk melakukan akuisisi citra, pengolahan data visual, serta implementasi metode computer vision dalam mendeteksi dan melacak objek UAV.

Dalam pengembangan antarmuka sistem, digunakan aplikasi Visual Studio sebagai Integrated Development Environment (IDE). Visual Studio memungkinkan perancangan aplikasi berbasis GUI yang interaktif, sehingga memudahkan operator dalam memantau dan mengendalikan

sistem. Beberapa fungsi utama dari Visual Studio dalam penelitian ini meliputi:

- a. Mengembangkan aplikasi berbasis Windows dengan tampilan antarmuka grafis.
- b. Mendukung pembuatan aplikasi berbasis jaringan maupun komponen tambahan lainnya.
- c. Melakukan proses debugging untuk menguji dan memperbaiki kesalahan program.
- d. Menghasilkan file executable (.exe) yang dapat langsung dijalankan pada sistem operasi Windows.

Selain itu, perangkat lunak Arduino IDE digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler Arduino Nano. Arduino IDE berperan dalam mengatur komunikasi antara sistem pengolahan citra dengan perangkat keras, khususnya dalam pengendalian motor servo dan modul ESP8266.

Secara keseluruhan, perancangan perangkat lunak dalam penelitian ini berfokus pada integrasi antara sistem pengolahan citra, antarmuka pengguna, serta kontrol perangkat keras. Integrasi ini bertujuan untuk menghasilkan sistem yang mampu bekerja secara real-time, responsif, dan mudah dioperasikan oleh pengguna dalam mendukung proses deteksi dan pelacakan UAV.

### 3.2.5 Pengumpulan Data Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi observasi dan wawancara (interview). Kedua metode ini dipilih untuk memperoleh data yang komprehensif dan relevan dengan kondisi nyata di lapangan.

Metode observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung berbagai fenomena dan kondisi yang berkaitan dengan objek penelitian. Melalui observasi ini, peneliti dapat mengidentifikasi permasalahan yang terjadi, khususnya terkait aktivitas UAV di wilayah operasional PUSPENERBAL. Selain itu, observasi juga digunakan untuk memahami karakteristik lingkungan serta potensi gangguan yang dapat mempengaruhi kinerja sistem yang dirancang.



Selain observasi, penelitian ini juga menggunakan metode wawancara sebagai teknik pengumpulan data. Wawancara dilakukan secara langsung dengan narasumber yang memiliki kompetensi dan pengalaman di bidang terkait, seperti pilot dan personel intelijen udara Puspenerbal. Melalui proses tanya jawab ini, peneliti memperoleh informasi yang lebih mendalam mengenai kondisi operasional, prosedur pengamanan wilayah udara, serta tantangan yang dihadapi dalam mendeteksi UAV ilegal.

Kombinasi antara metode observasi dan wawancara diharapkan mampu menghasilkan data yang valid dan akurat, sehingga dapat mendukung proses perancangan sistem serta meningkatkan relevansi penelitian terhadap kebutuhan di lapangan.

### 3.2.6 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis untuk memastikan data yang diperoleh dapat dianalisis secara optimal dan relevan dengan tujuan penelitian. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah guna mendukung proses perancangan dan pengujian sistem.

Adapun tahapan pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Pengumpulan data dari Puspenerbal untuk menentukan permasalahan di lapangan.
- b. Pengumpulan data di lapangan tentang penelitian yang sudah atau telah dilakukan sebelumnya.
- c. Melakukan uji coba jarak jangkauan perangkat.

## 4. Pembahasan

Pada tahap pembahasan ini, peneliti membagi sistem ke dalam tiga komponen utama, yaitu bagian mekanik, bagian perangkat keras (*hardware*), dan bagian perangkat lunak (*software*). Pembagian ini bertujuan

agar proses pengembangan sistem dapat dilakukan secara terstruktur dan terintegrasi.

Pada bagian *hardware*, digunakan *tripod* berbahan besi sebagai penopang utama sistem. Pemilihan tripod besi didasarkan pada kebutuhan akan struktur yang kuat dan stabil dalam menopang seluruh komponen mekanik dan elektronik. Sementara itu, untuk dudukan perangkat elektronik serta bagian yang bergerak digunakan bahan akrilik. Material akrilik dipilih karena memiliki sifat tidak menghantarkan listrik serta mudah dibentuk dan dipotong dengan tingkat presisi yang tinggi.

Pada bagian *software*, sistem menggunakan laptop yang dilengkapi dengan sistem operasi *Windows 10* serta didukung oleh perangkat lunak *Visual Studio*, *OpenCV*, dan *Arduino IDE*. Pemilihan *Windows 10* dan *Visual Studio* didasarkan pada kemudahan penggunaan serta tampilan antarmuka grafis (*GUI*) yang lebih intuitif dan *user-friendly*. Dengan demikian, diharapkan sistem dapat memberikan tampilan yang mudah dipahami dan dioperasikan oleh pengguna.

Perancangan perangkat lunak dilakukan menggunakan *Visual Studio* sebagai *platform* pengembangan, yang memungkinkan peneliti merancang antarmuka sistem sesuai kebutuhan. Tampilan *interface* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Diagram Blok Perancangan *Interface*

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat desain tampilan penelitian ini mempunyai beberapa menu yaitu:

a. Menu Utama.

Pada menu ini ditampilkan hasil pengolahan citra dari kamera 1 dan kamera 2, baik saat proses pencarian (*searching*) maupun saat pelacakan (*tracking*) objek berlangsung.

b. *Canny Edges*.

Menu ini menampilkan hasil deteksi tepi dari citra digital yang diperoleh dari kamera. Melalui proses ini, diperoleh informasi batas objek yang akan dilacak serta perbedaan antara objek dan latar belakang. Tampilan menu *Canny Edges* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Tampilan *Canny Edges*

c. COM Port Setting.

Menu ini digunakan untuk mengatur *port* komunikasi antara laptop dan *mikrokontroler*, termasuk pengaturan *baud rate*. Selain itu, tersedia fitur *send string* dan *received string* yang berfungsi untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan dari laptop dapat diterima dengan baik oleh *mikrokontroler*.



Gambar 4. 3 Tampilan COM Port Setting

Pengujian komunikasi *serial* dilakukan dengan cara mengirimkan data teks melalui *send string*, kemudian memverifikasi apakah data tersebut diterima dengan benar pada bagian *received string*. Dengan metode ini, dapat dipastikan bahwa proses komunikasi berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

d. *Servo Setting*.

Menu ini digunakan untuk mengatur posisi awal ( $0^{\circ}$ ) motor *servo*. Hal ini diperlukan karena setelah sistem dimatikan, posisi servo tidak selalu kembali ke titik awal. Oleh karena itu, diperlukan proses kalibrasi ulang agar sudut yang dikirimkan dari sistem sesuai dengan posisi aktual servo.



Gambar 4. 4 Tampilan Servo Setting

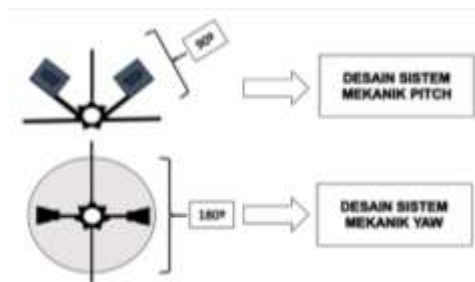
e. *Jammer Setting*.

Menu ini menyediakan kontrol bagi operator untuk mengaktifkan sistem *Wi-Fi jammer* sebagai bagian dari proses eksekusi terhadap UAV, setelah seluruh prosedur verifikasi dilakukan.

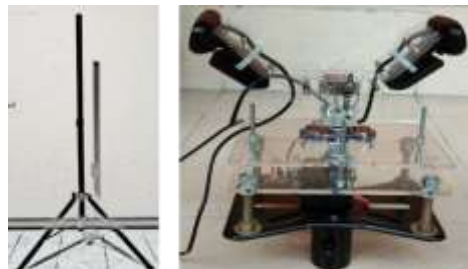


Gambar 4. 5 Tampilan *Jammer Setting*

Pada bagian perancangan *hardware*, sistem menggunakan *tripod* besi sebagai struktur utama agar perangkat memiliki kestabilan yang baik serta tetap bersifat portabel. Desain perangkat keras secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



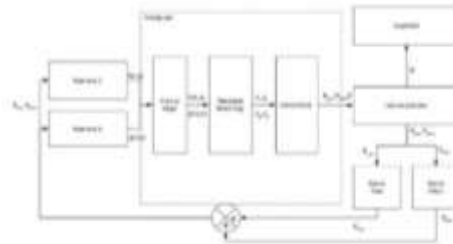
Gambar 4. 6 Perancangan Hardware



Gambar 4. 7 Hasil Perancangan Hardware

Pada gambar 4.8 ditunjukkan bahwa sistem menggunakan dua kamera yang dipasang saling berlawanan arah untuk menangkap citra secara menyeluruh. Selain itu, terdapat dua motor servo, yaitu servo horizontal (*yaw*) dan servo vertikal (*pitch*). Servo *yaw* berfungsi untuk melakukan pergerakan pencarian dengan rotasi hingga 180° secara kontinu. Ketika objek UAV terdeteksi melalui proses pengolahan citra, sistem akan mengirimkan data posisi ke mikrokontroler untuk mengendalikan servo

sehingga objek tetap berada di tengah tampilan layar. Berikut skema sistem secara keseluruhan:



Gambar 4. 8 Skema Sistem Keseluruhan

Setelah proses pelacakan dilakukan, operator akan melakukan pengamatan untuk memastikan bahwa objek yang terdeteksi benar merupakan UAV. Apabila telah terverifikasi, maka operator dapat melanjutkan ke tahap eksekusi dengan mengaktifkan *Wi-Fi jammer*. Secara keseluruhan, sistem ini terdiri dari empat tahapan utama, yaitu tahap pencarian, identifikasi, pelacakan, dan eksekusi.

#### 4.1 Implementasi

##### 4.2.1 Tahap Pencarian.

Pada tahap pencarian, webcam berfungsi untuk menangkap citra digital secara kontinu dari lingkungan sekitar, yang kemudian ditampilkan pada layar secara *real-time*. Proses ini memungkinkan sistem untuk melakukan pemantauan secara terus-menerus terhadap objek yang berada dalam jangkauan pengamatan.

Data terkait sudut pergerakan *servo yaw* dikirimkan dari laptop ke *mikrokontroler Arduino Nano* melalui perangkat lunak *Arduino Compiler*. Pada tahap ini, hanya *servo yaw* (horizontal) yang aktif bekerja untuk melakukan pergerakan menyapu area (*scanning*) secara berulang guna mendeteksi keberadaan objek yang berpotensi sebagai UAV.

Pergerakan servo yaw yang kontinu memungkinkan sistem untuk memperluas cakupan pengamatan secara horizontal, sehingga meningkatkan peluang deteksi objek dalam area yang lebih luas. Mekanisme ini menjadi tahap awal dalam proses identifikasi sebelum sistem melanjutkan ke tahap berikutnya.

Berikut merupakan diagram blok kontrol motor servo yang digunakan dalam tahap pencarian.



Gambar 4. 9 Diagram Blok Kontrol Motor Servo

#### 4.2.2 Tahap Identifikasi.

Pada tahap identifikasi, citra digital yang diperoleh dari kamera diproses oleh sistem komputer untuk mengenali objek yang terdeteksi. Proses awal yang dilakukan adalah pembentukan citra *template* yang berfungsi sebagai acuan dalam membedakan objek UAV dengan objek lain yang tertangkap oleh kamera.

Dalam proses pengujian, citra yang diperoleh dari kamera akan melalui tahapan pengolahan yang sama seperti pada pembentukan *template*, kemudian dilakukan perbandingan antara citra input dengan *template* yang telah tersedia. Melalui proses ini, sistem dapat menentukan posisi objek yang memiliki kemiripan dengan *template* pada citra yang diamati.

##### a. Pembentukan *Template UAV*

*Template* citra dibuat untuk memberikan referensi bagi sistem dalam mengenali karakteristik UAV. Secara umum, UAV memiliki

ciri khas berupa struktur badan dan baling-baling yang dapat dijadikan sebagai pola pembeda terhadap objek lain.



Gambar 4. 10 *Template UAV*

### 1. *Grayscale*

Citra *template* yang awalnya terdiri dari tiga kanal warna (*RGB*) diubah menjadi citra *grayscale*. Transformasi ini bertujuan untuk menyederhanakan proses komputasi dengan mengurangi kompleksitas data, sehingga perhitungan menjadi lebih efisien tanpa menghilangkan informasi penting dari citra.

Proses konversi citra *RGB* ke *grayscale* dapat dilakukan menggunakan persamaan matematis maupun fungsi yang tersedia pada *OpenCV*, seperti Persamaan 4.1.

$$f(x, y) = \frac{R_{g(x,y)} + G_{g(x,y)} + B_{g(x,y)}}{3}$$

Persamaan (4.1)

Hasil dari proses ini menghasilkan citra dalam bentuk skala keabuan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.11.

```
tmp= imread("tmp.jpg",0);
```

Hasil dari transformasi ini menghasilkan Gambar berikut:



Gambar 4. 11 Transformasi *Grayscale*

## 2. *Canny Edges*

Untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam mengenali UAV dengan berbagai variasi warna, citra *grayscale* kemudian diolah menjadi citra *biner* menggunakan metode *edge detection*. Metode yang digunakan adalah *Canny Edge Detection*, yang mampu menampilkan garis tepi objek secara jelas.

Transformasi ini dilakukan menggunakan fungsi berikut:

```
Canny(tmp,tmp,lower_thold,  
upper_thold,3,true);
```

Dengan menggunakan *variable lower\_thold* 50 dan *upper\_thold* 60, maka didapatkan hasil pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Transformasi *Canny Edges*

## b. Percobaan Citra Kamera

Pada tahap pengujian citra dari dua kamera, dilakukan proses yang sama seperti pada pembentukan *template*, yaitu *grayscale* dan *Canny edge detection*. Namun, untuk menentukan posisi UAV pada citra kamera, digunakan metode *template matching* yang membandingkan citra *template* dengan citra hasil tangkapan kamera.

### 1. *Grayscale*

Citra *RGB* yang diperoleh dari kamera dikonversi menjadi citra *grayscale* menggunakan fungsi *OpenCV* dengan Persamaan 4.1. Melalui proses ini, citra dari kedua kamera diubah menjadi citra keabuan yang lebih sederhana untuk dianalisis.

```
cvtColor(Gambar_a, gray_a, CV_BGR2GRAY);  
cvtColor(Gambar_b, gray_b, CV_BGR2GRAY);
```

Pada fungsi tersebut, Gambar pada kamera 1 dan kamera 2 akan dirubah menjadi citra *biner* hitam dan putih.



Gambar 4. 13 Percobaan *Grayscale*

## 2. *Canny Edge Detection*

Setelah proses *grayscale*, citra diubah menjadi citra *biner* untuk menonjolkan bagian tepi objek. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan sistem terhadap variasi warna pada UAV.



Gambar 4. 14 Percobaan *Canny Edge Detection*

Untuk mendapatkan citra *biner* dengan *Canny edge* diperlukan transformasi menggunakan *Canny operator*. Fungsi yang dilakukan mengubah 2 citra *Grayscale* dari kamera menjadi *Canny edge* adalah

```
Canny(gray_a,gray_a,lower_tho  
ld,upper_thold,3,true);  
gray_b,lower_thold,upper_thold,
```

### 3. *Template Matching*

Setelah citra biner diperoleh, dilakukan proses *template matching* untuk menentukan posisi *template* dalam citra kamera. Metode yang digunakan adalah *Cross Correlation* ternormalisasi, yang mampu memberikan tingkat kecocokan antara citra input dan *template*.



Gambar 4. 15 *Cross Corelation* Ternormalisasi.

Pada fungsi *OpenCV Template Matching* dapat dilakukan dengan menggunakan

```
cv::matchTemplate(img, rsize, r  
result, matchMethod);
```

Kemudian untuk mendapatkan posisi citra *Template* pada citra kamera dilakukan dengan menyimpan hasil nilai maksimal hasil *Cross Correlation* pada *variable maximal location*.

```
double minVal, maxVal;  
cv::Point miLoc, maLoc;  
cv::minMaxLoc(result, &minVal,  
&maxVal, &miLoc, &maLoc, Mat());
```

Untuk memberikan ciri letak citra *Template* pada citra kamera, maka sebuah penanda diberikan pada citra RGB dari kamera.

```
rectangle(rectDest,matchLoc,Point(matchLoc.x+rsiz  
e.cols,matchLoc.y+r  
size.rows),cv::Sca  
lar(0,0,255),2,8,0);
```

Pada tahap identifikasi ini, sistem mampu mengenali objek UAV berdasarkan kesamaan pola dengan *template* yang telah ditentukan. Proses ini menjadi bagian penting dalam keseluruhan sistem, karena keberhasilan identifikasi akan menentukan keberlanjutan proses ke tahap pelacakan (*tracking*).

#### 4.2.3 Tahap Pelacakan.

Pada tahap pelacakan, sistem mulai mengaktifkan kedua *aktuator*, yaitu motor servo *yaw* dan servo *pitch*, untuk mengikuti pergerakan objek yang telah berhasil diidentifikasi sebagai UAV. Tujuan utama dari tahap ini adalah menjaga agar posisi objek tetap berada di pusat tampilan (*center frame*) secara kontinu. Nilai *proporsi error* posisi *Template* terhadap titik tengah kamera dengan menggunakan Persamaan

$$e(x) = \frac{f(x,y) \rightarrow \text{width}/2 - x}{f(x,y) \rightarrow \text{width}/16} \quad (4.3)$$

$$e(y) = \frac{f(x,y) \rightarrow \text{height}/2 - y}{f(x,y) \rightarrow \text{height}/10} \quad (4.4)$$

#### 4.2.4 Tahap Jamming.

Pada tahap *jamming*, sistem memasuki fase eksekusi terhadap objek yang telah teridentifikasi dan dilacak. Proses ini dilakukan setelah operator memastikan bahwa objek yang diamati benar merupakan UAV yang berada di wilayah terlarang. Aktivasi *jamming* dilakukan secara manual

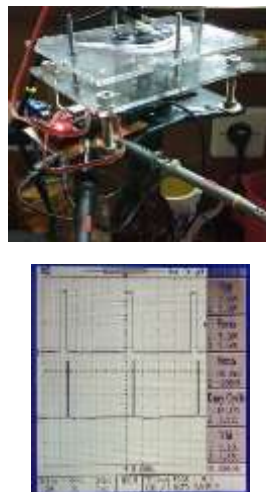
oleh operator melalui antarmuka (*GUI*) yang telah disediakan dalam sistem. Dengan menekan tombol kontrol pada menu *interface*, modul *Wi-Fi jammer* yang terintegrasi dengan sistem akan diaktifkan.

#### 4.2 Pengujian.

Pada tahap pengujian ini dilakukan evaluasi terhadap kinerja masing-masing komponen sistem secara menyeluruh. Pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa setiap bagian sistem dapat bekerja sesuai dengan perencanaan serta untuk mengidentifikasi potensi kesalahan yang mungkin terjadi selama proses implementasi.

##### 4.3.1 Pengujian Mikrokontroler *Arduino Nano*.

Tahap awal pengujian difokuskan pada *mikrokontroler Arduino Nano*, khususnya pada sinyal *Pulse Width Modulation (PWM)* yang dihasilkan. Pengujian dilakukan menggunakan *osiloskop* untuk mengukur lebar pulsa yang dihasilkan oleh *mikrokontroler* dan membandingkannya dengan nilai *PWM* yang seharusnya.



Gambar 4. 16 Pengujian Mikrokontroler Menggunakan Oscilloscope

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.1, diketahui bahwa *mikrokontroler* mampu menghasilkan sinyal *PWM* sesuai dengan nilai yang diharapkan.

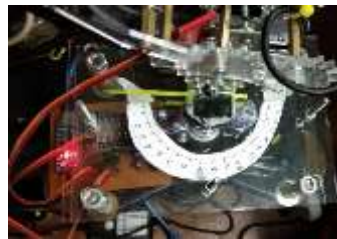
Hal ini menunjukkan bahwa sistem kendali yang digunakan telah bekerja dengan baik tanpa adanya kesalahan (*error*) yang signifikan.

Tabel 4 1 Pengujian Mikrokontroler *Arduino Nano*

no	Sudut	PWM Seharusnya (ms)	PWM Yang Dihasilkan (ms)	Error
1	0°	1	1	0
2	10°	1,1	1,1	0
3	20 °	1,1	1,1	0
4	30 °	1,2	1,2	0
5	40 °	1,2	1,2	0
6	50 °	1,3	1,3	0
7	60 °	1,3	1,3	0
8	70 °	1,4	1,4	0
9	80 °	1,4	1,4	0
10	90 °	1,5	1,5	0
11	100 °	1,6	1,6	0
12	110 °	1,6	1,6	0
13	120 °	1,7	1,7	0
14	130 °	1,7	1,7	0
15	140 °	1,8	1,8	0
16	150 °	1,8	1,8	0
17	160 °	1,9	1,9	0
18	170 °	2,0	2,0	0
19	180 °	2,0	2,0	0

### 4.3.2 Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sudut pergerakan servo *yaw* dan *pitch*. Pada pengujian ini, servo digerakkan secara berulang dengan rentang sudut tertentu, kemudian hasil pergerakannya diukur menggunakan busur derajat.



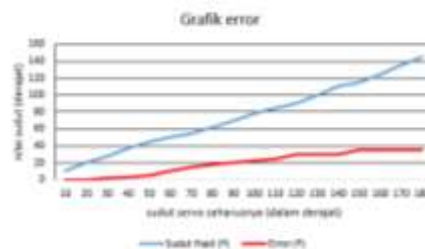
Gambar 4. 17 Pengujian Sudut Menggunakan Busur Derajat.

Motor servo dikendalikan oleh *Arduino Nano* melalui sinyal *PWM* dengan *baud rate* sebesar 9600. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat selisih antara sudut yang diharapkan dengan sudut aktual, terutama pada sudut yang lebih besar.

Tabel 4 2 pengujian sudut servo

no	Sudut Seharusnya	Sudut Hasil	Error
1	10°	10 °	0 °
2	20 °	20 °	0 °
3	30 °	28 °	2 °
4	40 °	37 °	3 °
5	50 °	45 °	5 °
6	60 °	50 °	10 °
7	70 °	55 °	15 °
8	80 °	62 °	18 °
9	90 °	70 °	20 °
10	100 °	78 °	22 °
11	110 °	85 °	25 °
12	120 °	90 °	30 °

no	Sudut Seharusnya	Sudut Hasil	Error
13	130 °	100 °	30 °
14	140 °	110 °	30 °
15	150 °	115 °	35 °
16	160 °	125 °	35 °
17	170 °	135 °	35 °
18	180 °	145 °	35 °



Gambar 4. 18 Grafik Error Motor Servo

Selisih tersebut menunjukkan adanya *error* yang meningkat seiring dengan bertambahnya sudut, yang kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan mekanik *servo* serta faktor presisi *aktuator*.






### 4.3.3 Pengujian Identifikasi.

Pengujian identifikasi bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengenali objek UAV berdasarkan citra yang ditangkap oleh kamera. Pada tahap ini, dilakukan pemilihan *template* yang paling sesuai untuk meningkatkan akurasi deteksi.

Berdasarkan hasil pengujian, *template* dengan karakteristik bentuk UAV yang paling jelas memberikan tingkat deteksi terbaik. Sistem diuji pada

jarak antara 3 hingga 5 meter untuk melihat tingkat keberhasilan dalam mengenali objek.

Tabel 4 3 pengujian Gambar *Template*

No	Gambar	Jarak (Meter)	Deteksi
1		5	BS
2		5	B
3		5	B
4		5	KB
5		5	KB

Keterangan:

BS : Baik Sekali

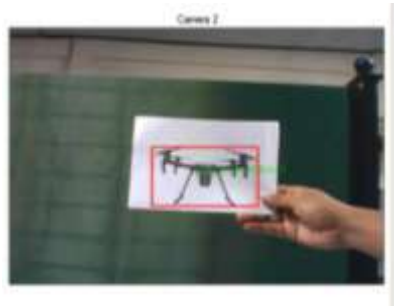
B : Baik

KB : Kurang Baik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas *template* sangat mempengaruhi tingkat keberhasilan deteksi. *Template* dengan kemiripan tinggi terhadap objek uji menghasilkan performa yang lebih optimal dibandingkan *template* lainnya.

Dari data diatas dapat ditentukan bahwa Gambar 1 memiliki nilai yang sangat baik untuk dijadikan *Template* dalam penelitian ini. Sedangkan pada

Gambar 2 dan 3 meter dapat dikenali oleh alat namun pada jarak 5 meter target sering lepas dari pengenalan alat. Sedangkan pada Gambar 4 dan Gambar 5 pada jarak 4 meter alat sudah sering kehilangan pengenalan sehingga kotak penanda sering kali hilang. Hasil pengenalan Gambar dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4. 19 Hasil Pengujian *Template*

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai *upper threshold* dan *lower threshold* yang paling optimal dalam proses *Canny Edge Detection*. Parameter ini berperan penting dalam membedakan antara objek dan latar belakang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi nilai *threshold* tertentu mampu menghasilkan deteksi tepi yang lebih jelas dan stabil, sehingga meningkatkan akurasi dalam proses identifikasi objek.

Tabel 4. 4 Pengujian Upper Dan Lower Threshold

no	Upper Threshold	Lower Threshold	Deteksi
1	60	50	Baik Sekali
2	120	40	Baik
3	180	30	Kurang
4	240	20	Kurang

no	Upper Threshold	Lower Threshold	Deteksi
5	320	10	Kurang Sekali

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai *cross correlation* yang paling efektif dalam proses *template matching*. Nilai ini menunjukkan tingkat kesamaan antara citra *template* dan citra hasil tangkapan kamera. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *cross correlation* sebesar 0,3 memberikan hasil terbaik, dengan tingkat *noise* yang rendah dan akurasi deteksi yang tinggi. Nilai yang terlalu rendah atau terlalu tinggi cenderung menghasilkan deteksi yang kurang optimal.

Tabel 4 5 pengujian *Cross Correlation*

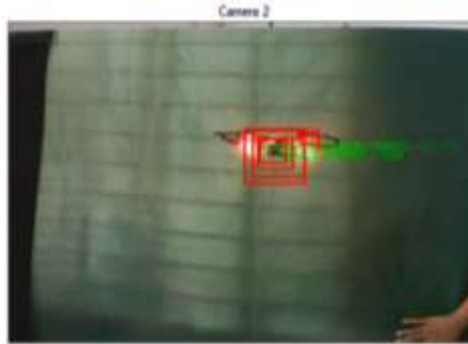
no	<i>Cross Correlation</i>	Noise	Hasil Deteksi
1	0.1	tinggi	Kurang
2	0.2	sedang	Baik
3	0.3	nihil	Baik Sekali
4	0.4	sedang	Baik
5	0.5	tinggi	Kurang

Dari pengujian diatas dapat disimpulkan untuk mendapatkan pelacakan terbaik menggunakan *Template* Gambar 1 yang dapat dikenali dengan baik oleh alat. Sedangkan batas upper threshold dan lower threshold pada rentang 60 dan 50. Nilai terbaik *Cross Correlation* dengan nilai 0.3.

#### 4.3.4 Pengujian Pelacakan

Pada tahap ini, sistem diuji untuk melacak objek UAV yang telah berhasil diidentifikasi. Objek yang terdeteksi akan ditandai dengan kotak (*bounding*

*box*), kemudian posisi objek digunakan untuk mengendalikan pergerakan servo agar tetap berada di tengah tampilan.



Gambar 4. 20 Pengujian Pelacakan

Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui jarak maksimum deteksi. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi UAV dengan baik hingga jarak tertentu, namun mengalami penurunan performa pada jarak yang lebih jauh akibat keterbatasan resolusi kamera.

Tabel 4. 6 pengujian jarak pelacakan

no	Jarak (meter)	Kotak Penanda	Keterangan
1	1	0	Jarak Terlalu Dekat
2	2	6	Baik sekali
3	3	4	Baik sekali
4	4	1	Baik
5	5	1	Baik
6	6	1	Baik
7	7	0	Nihil
8	8	0	Nihil

#### 4.3.5 Pengujian *jamming*

Pengujian *jamming* dilakukan untuk mengetahui efektivitas sistem dalam mengganggu koneksi komunikasi UAV. Pada tahap awal, *jamming* tidak berhasil dilakukan karena koneksi antara UAV dan perangkat pengendali tidak dapat dideteksi oleh sistem.



Gambar 4. 21 pengujian *Jammer*

Pengujian lanjutan dilakukan secara manual dengan menggunakan perangkat lain untuk memastikan fungsi *jammer*. Hasil menunjukkan bahwa *jammer* dapat bekerja pada jaringan *Wi-Fi* tertentu, namun tidak mampu mengganggu koneksi UAV secara langsung karena keterbatasan dalam mendeteksi sinyal UAV.



Gambar 4. 22 Koneksi Laptop Dengan WIFI Smartphone

Dapat dilihat pada Gambar bahwa laptop sudah terkoneksi dengan *smartphone* menggunakan *WIFI*. Setelah koneksi sudah dipastikan, maka dilaksanakan *jamming* menggunakan *ESP 8266*.



mm, *UAV* sedang 150 mm, sedangkan ukuran besar yaitu 300 mm. Hasil dari pengujian menggunakan seluruh sistem yaitu:

Tabel 4. 7 pengujian jenis *UAV*

NO	JENIS <i>UAV</i>	JARAK	HASIL DETEKSI
1	KECIL	1	TERDERTEKSI
2	KECIL	2	TERDERTEKSI
3	KECIL	3	TERDERTEKSI
4	KECIL	4	TIDAK TERDETEKSI
5	KECIL	5	TIDAK TERDETEKSI
6	SEDANG	1	TERDERTEKSI
7	SEDANG	2	TERDERTEKSI
8	SEDANG	3	TERDERTEKSI
9	SEDANG	4	TERDERTEKSI
10	SEDANG	5	TERDERTEKSI
11	BESAR	1	TIDAK TERDETEKSI
12	BESAR	2	TIDAK TERDETEKSI
13	BESAR	3	TERDERTEKSI
14	BESAR	4	TERDERTEKSI
15	BESAR	5	TERDERTEKSI

Pengujian jarak menggunakan *UAV* jenis sedang dikarenakan *UAV* jenis sedang memiliki kemampuan yang baik dan resiko yang lebih rendah. Pelaksanaan pengujian dilaksanakan di lapangan tembak AAL tanjung perak dikarenakan memiliki penghalang visual maupun gedung yang rendah. Pada gambar 4.25 dapat dilihat hasil dari pelacakan alat dan pengenalan obyek *UAV* dapat berjalan dengan baik. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa alat mampu mengenali obyek sampai jarak 15 meter.



Gambar 4. 25 Alat dapat melacak *UAV*

Tabel 4. 8 pengujian jenis *UAV*

NO	JENIS <i>UAV</i>	JARAK (meter)	HASIL DETEKSI
1	SEDANG	1	TERDERTEKSI
2	SEDANG	2	TERDERTEKSI
3	SEDANG	3	TERDERTEKSI
4	SEDANG	4	TERDERTEKSI
5	SEDANG	5	TERDERTEKSI
6	SEDANG	6	TERDERTEKSI
7	SEDANG	7	TERDERTEKSI

8	SEDANG	8	TERDERTEKSI
9	SEDANG	9	TERDERTEKSI
10	SEDANG	10	TERDERTEKSI
11	SEDANG	11	TERDERTEKSI
12	SEDANG	12	TERDERTEKSI
13	SEDANG	13	TERDERTEKSI
14	SEDANG	14	TERDERTEKSI
15	SEDANG	15	TERDERTEKSI
16	SEDANG	16	TIDAK TERDETEKSI

### 4.3 Hasil dan Pembahasan

Dari pengujian – pengujian yang telah dilaksanakan, peneliti mendapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Pengujian identifikasi dapat dilaksanakan dengan menggunakan *Template* yang dapat dikenali alat dengan baik. *Template* tersebut adalah Gambar bagian badan *UAV Quadcopter* merk DJI Phantom (Gambar 4.26). Walaupun model *UAV* Fotografi, namun alat dapat mengenali beberapa jenis *UAV Quadcopter* dengan baik bahkan dapat mengenali obyek yang digunakan pengujian yaitu *UAV Quadcopter* DJI Spark yang mempunyai model pipih. Dengan pengujian jarak ketinggian 1 sampai 15 meter, alat dapat mengenali obyek pengujian dengan baik.



Gambar 4. 26 Gambar *Template*

- b. Pengujian Identifikasi *UAV Quadcopter* menggunakan batas upper threshold dan lower threshold dengan rentang 60 dan 50 (Gambar 4.27). Penggunaan rentang ini digunakan agar alat dapat membedakan *Background* dan obyek. Rentang ini dapat menghasilkan *Canny edge Detection* dengan baik sehingga tepian obyek yang terbaca oleh alat dapat terlihat dengan jelas.



Gambar 4. 27 Gambar Hasil *Canny Edges Detection*

- c. *Cross Correlation* yang digunakan pada pengujian yaitu 0.3 sehingga alat dapat menentukan Gambar *Template* paling mirip dengan ketelitian yang lebih tinggi sehingga dapat membedakan hasil *Canny Edges Detection* dengan hasil *Template*. Hasil dari *Cross Correlation* ini ditandai dengan tanda kotak merah yang akan menentukan obyek. Semakin banyak kemiripan obyek dengan *Template*, maka semakin banyak kotak merah pada display



Gambar 4. 28 Hasil Pelacakan *Cross Correlation*

- d. Pengujian *jamming* pada eksekusi obyek yang terlacak tidak dapat dilaksanakan. Hal ini dikarenakan pada saat WIFI yang terkoneksi antara smartphone dengan drone tidak dapat dilacak oleh laptop, sehingga modul *ESP 8266* tidak dapat melacak WIFI drone. Hal ini berakibat WIFI drone tidak dapat di *jamming*.



## Kesimpulan

Setelah dilaksanakan serangkaian penelitian dari mulai perancangan alat sampai dengan pengujian alat, peneliti mendapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Rancang Bangun Pelacak *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* Pada Pangkalan Militer Berbasis *Computer Vision* dapat dapat dilaksanakan dengan metode *Template Matching*. Metode ini dapat mengenali obyek dengan teliti karena memiliki basis data sehingga dapat mengenali suatu obyek. *Template Matching* juga dapat membedakan antara obyek *UAV* dengan benda terbang yang lainnya. Metode ini sangat bermanfaat karena pada wilayah udara Penerbal, banyak obyek terbang seperti burung atau pesawat. Kemampuan alat ini melaksanakan *target tracking* sangat penting karena pada saat nantinya prototipe dikembangkan menjadi sebuah produk, proses *target tracking* sudah dapat bekerja dengan baik.
- b. Hasil pada percobaan sistem secara keseluruhan, alat dapat bekerja dengan tingkat keberhasilan pengenalan obyek hingga 90% dengan kecepatan *UAV* sedang dan jarak maksimal 15 meter.
- c. Tahap *Jamming* tidak dapat dilakukan karena *WIFI UAV* tidak dapat terlacak oleh laptop, Sehingga modul *ESP 8266* tidak dapat melakukan *jamming* pada *WIFI UAV*.

## Saran

- a. Penelitian ini masih berupa rancang bangun sebuah prototipe. Untuk dapat digunakan pada medan tugas yang sebenarnya perlu diadakan peningkatan kemampuan. Peningkatan tersebut meliputi peningkatan kamera, peningkatan motor servo, dan peningkatan perangkat komputer. Peningkatan pada kamera karena jarak jangkau



kamera yang hanya mampu melacak *UAV* pada jarak maksimal 15 meter. Peningkatan pada servo karena menggunakan servo mini, sehingga tidak memungkinkan menggunakan kamera yang berat. Peningkatan pada perangkat komputer diharapkan perangkat pengolah data mampu mengolah data secara terus menerus dan dalam jangka waktu yang lama.

- b. Perlu adanya pengembangan pada bagian *Jammer* dikarenakan pada tahap eksekusi tidak dapat dilaksanakan. Pengembangan bagian *Jammer* perlu dikembangkan karena pada alat pelacak harus mempunyai tahap eksekusi untuk melakukan aksi yang akan dilakukan apabila ada *UAV* yang terlacak.



## DAFTAR PUSTAKA

- Gunawan, A. (2017). *Rancang Bangun Sistem Deteksi Suspected Hostile Untuk Tracking Target Sentry Gun Pada Garis Pantai Pulau Terluar Menggunakan Background Subtraction*. Surabaya.
- Hidayatullah, P. (2017). *Pengolah Citra Digital: Teori Dan Aplikasi Nyata*. Bandung
- Irianto, K.D. 2009. *Motion Detection Using Opencv With Background Substraction And Frame Differencing Technique*.
- Kusuma, A., Suhirwan, S., & Halkis, M. (2025). Studi literatur program drone bionic di Cina dari aspek peperangan asimetris. *Aurelia: Jurnal Strategi Pertahanan dan Teknologi*, 4(1).  
<https://rayyanjurnal.com/index.php/aurelia/article/view/5301>
- Mcandrew, A. (2004). *Introduction To Digital Image Processing With Matlab*. Holland, Netherland.
- Menteri Perhubungan (2016) *Peraturan no 47 perubahan no 180 (2015). pengendalian pengoperasian sistem pesawat udara tanpa awak di ruang udara yang dilayani indonesia*: Sekretariat Negara.
- Novarendra, E. K (2018). *Rancang Bangun Target Tracker Dengan Basis Image Processing Pada Prototipe Sistem Othtt (Over The Horizon Target Tracking)*. Surabaya.
- Pemerintah. (1999). *Undang-Undang RI No. 36. Telekomunikasi. Indonesia*: Sekretariat Negara.
- Pemerintah. (2004). *Undang-Undang RI No. 34. Tentara Nasional Indonesia*. Indonesia: Sekretariat Negara.



- Pemerintah. (2018). Undang-Undang RI No 4. *Pengamanan Wilayah Udara RI. Indonesia: Sekretariat Negara.*
- Solichin, A. (2013). *Metode Background Substraction untuk Deteksi Obyek Pejalan Kaki pada Lingkungan Statis.*
- Pitas, L. (1993). *Digital Image Processing Algorithms.* New Jersey, America.
- Setiawan, P. (2013). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Deteksi Gerak Pada Ruang Server Menggunakan Metode Background Subtraction.* Surabaya.
- Young, I. T. (1995). *Fundamental Of Image Processing.* Melbourne, Australia.



Jurnal Strategi Pertahanan XXXXXXXX  
Volume x, Nomor x, 202X

ISSN 2830-34XX