

# Pengembangan Sistem Deteksi Target Drop-Off Berbasis Warna pada Autonomous Drone Food Delivery

Harry Yuliansyah<sup>1\*</sup>, Melanie Putri Sulistiawani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera

Email : [harry@el.itera.ac.id](mailto:harry@el.itera.ac.id)

## ABSTRAK

Pada era teknologi yang terus berkembang, penggunaan drone untuk pengiriman barang, termasuk makanan, menjadi salah satu inovasi dalam logistik modern. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pendeteksi target drop-off pada Autonomous Drone Food Delivery (ADFLY) menggunakan citra objek berwarna. Dalam penelitian ini, digunakan metode pemrosesan citra berbasis warna, khususnya merah, untuk mendeteksi target drop-off yang memberikan kontras tinggi dengan latar belakang alam. Sistem ini dirancang menggunakan Raspberry Pi sebagai pengolah citra dan webcam beresolusi Full HD sebagai alat penangkap gambar secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak optimal untuk akurasi deteksi adalah 120 cm, sementara kondisi pencahayaan dan warna objek sekitar dapat mempengaruhi kinerja deteksi. Keterbatasan pada kemampuan sensor kamera untuk membedakan warna tertentu, seperti merah dan magenta, menjadi tantangan dalam lingkungan yang bervariasi. Untuk peningkatan lebih lanjut, disarankan integrasi algoritma deep learning dan pemilihan kamera dengan sensitivitas sensor lebih tinggi untuk meningkatkan keandalan dalam kondisi pencahayaan yang dinamis. Studi ini membuka potensi peningkatan akurasi sistem ADFLY dalam industri pengiriman berbasis drone.

**Kata kunci:** *drone, pendeteksian objek, target drop-off, pemrosesan citra.*

## ABSTRACT

*In the era of advancing technology, the use of drones to deliver goods, including food, has become a key innovation in modern logistics. This study focused on developing a drop-off target detection system for Autonomous Drone Food Delivery (ADFLY) using colored object imagery. A color-based image processing method, specifically targeting red, was employed to detect drop-off targets that provide a high contrast*

*against natural backgrounds. The system was designed with a Raspberry Pi as the image processor and a Full HD resolution webcam for real-time image capture. The testing results indicate that the optimal distance for detection accuracy is 120 cm, while lighting conditions and surrounding object colors can influence detection performance. Limitations in the camera sensor's ability to distinguish specific colors such as red and magenta pose challenges in various environments. Further improvements are recommended through the integration of deep learning algorithms and the selection of cameras with higher sensor sensitivity to enhance reliability under dynamic lighting conditions. This study highlights the potential of improving ADFLY's accuracy of ADFLY in the drone-based delivery industry.*

**Keywords:** *drone, object detection, drop-off target, image processing.*

## 1. PENDAHULUAN

Inovasi dalam teknologi drone telah memberikan dampak signifikan pada berbagai sektor, termasuk logistik dan pengiriman barang. Salah satu penerapan yang menarik dari teknologi ini adalah dalam sistem pengiriman makanan, yang mampu menyediakan efisiensi waktu dan meningkatkan efektivitas logistik, terutama di wilayah yang sulit dijangkau [1]. Di Indonesia, penggunaan drone berkembang pesat dan sudah umum dipakai untuk berbagai keperluan, mulai dari pemetaan hingga hiburan. Namun, potensi drone sebagai alat transportasi otonom masih belum dioptimalkan, khususnya untuk kebutuhan pengiriman makanan yang cepat dan efisien [2].

Sebagian besar sistem navigasi drone otonom mengandalkan teknologi GPS dan waypoint untuk menentukan jalur dan titik pendaratan. Namun, ketidakakuratan GPS sering kali menghambat pencapaian pendaratan yang presisi, terutama dalam lingkungan dengan hambatan yang tinggi. Hal ini dapat mengakibatkan drone mendarat jauh dari titik drop-off yang diinginkan, yang tentunya menurunkan keakuratan layanan pengiriman [3]. Untuk mengatasi hal ini,

dibutuhkan inovasi sistem deteksi visual yang mampu mengenali target drop-off dengan lebih presisi melalui pemrosesan citra real-time, yang memberikan keunggulan dalam hal keakuratan dan adaptabilitas terhadap lingkungan.

Pemrosesan citra digital menjadi komponen penting dalam deteksi target pada sistem drone. Dalam konteks penelitian ini, pemrosesan citra dilakukan dengan metode pendeteksian warna, menggunakan objek berwarna merah sebagai target pendaratan. Pemilihan warna merah dilakukan karena kontrasnya yang tinggi dengan latar belakang alami seperti vegetasi, yang memudahkan drone dalam mengidentifikasi target meskipun dalam kondisi pencahayaan yang berbeda-beda [4]. Sistem ini dirancang menggunakan Raspberry Pi sebagai mikrokontroler pemroses utama dan kamera beresolusi tinggi untuk menangkap citra secara real-time. Raspberry Pi berfungsi untuk menjalankan algoritma deteksi warna serta mengirimkan data visual ke pengendali agar drone dapat melakukan pendaratan yang lebih presisi [5].

Tujuan utama dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan Akurasi Pendaratan  
Akurasi pendaratan merupakan tahapan penting dalam pengiriman barang dengan autonomous drone. Dengan mengintegrasikan sistem deteksi berbasis citra, drone dapat melakukan pendaratan pada titik yang lebih tepat.
2. Mengurangi Intervensi Manual  
Mengurangi ketergantungan pada kendali manual atau intervensi manusia dalam menentukan titik pendaratan, sehingga pengiriman dapat berjalan secara otonom.
3. Mengembangkan Teknologi Pengiriman dengan Drone  
Meningkatkan efisiensi pengiriman dengan pengembangan drone yang lebih adaptif terhadap lingkungan, serta membuka potensi inovasi lebih lanjut untuk mendukung industri logistik yang efisien [6].

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi pengiriman berbasis drone di Indonesia, serta memperkuat landasan penelitian di bidang pemrosesan citra pada drone otonom. Dengan kemajuan ini, teknologi drone dapat diterapkan secara lebih luas dan membuka peluang peningkatan akurasi dalam pendaratan autonomous drone.

## 2. KERANGKA TEORITIS

Dalam pengembangan sistem pengiriman berbasis drone, teknologi pemrosesan citra berperan penting dalam mendukung pendaratan yang presisi dan pengenalan target drop-off secara otomatis. Kerangka teoritis dari penelitian ini didasarkan pada beberapa

konsep utama, yaitu pengolahan citra digital, visi komputer, pendeteksian objek berbasis warna, serta peran perangkat keras seperti Raspberry Pi dan kamera dalam sistem drone.

### A. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan proses manipulasi data visual yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra atau mengekstrak informasi dari suatu gambar [7]. Pada drone otonom, pengolahan citra digital digunakan untuk mengenali target drop-off berdasarkan karakteristik visual tertentu. Citra digital tersusun dari piksel-piksel yang masing-masing memiliki nilai intensitas warna, yang dapat diolah dengan algoritma tertentu untuk mendeteksi objek [8]. Teknologi ini menjadi dasar penting dalam pengembangan sistem drone otonom yang mampu mendeteksi target secara akurat di lingkungan nyata.

### B. Computer Vision

*Computer vision* adalah cabang ilmu komputer yang memungkinkan perangkat untuk memahami data visual dan melakukan keputusan berdasarkan pemahaman tersebut. Teknologi *computer vision* digunakan pada sistem drone untuk mereplikasi kemampuan visual manusia, termasuk mendeteksi objek dan memproses citra secara real-time [9]. Algoritma deteksi objek seperti YOLO (You Only Look Once) telah terbukti efektif untuk aplikasi real-time, karena mampu mengenali objek secara cepat dan akurat dalam citra digital [10]. Dalam konteks penelitian ini, visi komputer menjadi dasar untuk mendeteksi dan melacak target drop-off pada drone otonom secara otomatis.

### C. Pendeteksian Objek Berbasis Warna

Sistem pendeteksian objek berbasis warna mengidentifikasi objek berdasarkan warna spesifik yang terdefinisi dalam citra. Penelitian ini memilih warna merah sebagai target karena kontras tinggi yang dihasilkannya terhadap latar belakang alami seperti vegetasi dan tanah, yang memudahkan pendeteksian visual [11]. Model warna HSV (Hue, Saturation, Value) banyak digunakan dalam pendeteksian warna karena lebih stabil di berbagai kondisi pencahayaan dibandingkan model RGB [12]. Keuntungan utama dari pendekatan berbasis warna adalah kemampuannya untuk memfokuskan deteksi hanya pada objek dengan karakteristik warna yang sesuai, sehingga meningkatkan akurasi dalam kondisi lingkungan yang bervariasi.

### D. Raspberry Pi sebagai Pusat Pengolahan Data

Raspberry Pi adalah perangkat komputer mini yang memiliki kemampuan pengolahan data visual dan sering digunakan dalam aplikasi berbasis pemrosesan citra karena kecepatan dan efisiensi dayanya [13]. Dalam

penelitian ini, Raspberry Pi berfungsi sebagai pusat pemrosesan yang menerima input gambar dari webcam dan menjalankan algoritma deteksi warna untuk menemukan target drop-off. Raspberry Pi juga memiliki fleksibilitas untuk diintegrasikan dengan algoritma yang lebih kompleks seperti *deep learning*, yang dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi sistem pendeteksian warna di masa depan [14].

#### E. Penggunaan Webcam dalam Sistem Pendeteksi Visual

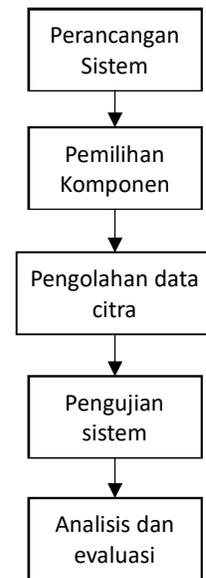
Webcam dipilih sebagai sensor visual utama yang menangkap citra secara real-time pada sistem drone ini. Faktor resolusi dan sensitivitas sensor menentukan seberapa baik webcam dalam mengenali target drop-off pada berbagai kondisi pencahayaan dan jarak. Webcam dengan resolusi Full HD telah terbukti mampu menangkap detail visual yang cukup untuk deteksi warna merah dengan baik [15]. Selain itu, penggunaan webcam sebagai alternatif sensor visual memiliki keunggulan dalam hal biaya yang lebih rendah dibandingkan sensor visual lainnya [16].

#### F. Tantangan dan Keterbatasan Deteksi Target pada Drone Otonom

Tantangan utama dalam sistem deteksi pada drone otonom adalah variabilitas kondisi pencahayaan dan adanya objek lain di latar belakang yang memiliki warna mirip dengan target. Hal ini dapat menyebabkan kesulitan dalam deteksi warna, seperti dalam kasus warna merah yang dapat tertukar dengan magenta. Selain itu, pengujian menunjukkan bahwa akurasi deteksi optimal tercapai pada jarak sekitar 120 cm, namun akurasi ini dapat menurun jika jarak terlalu dekat atau terlalu jauh dari target [17]. Untuk meningkatkan performa deteksi dalam kondisi yang variatif, disarankan penggunaan algoritma berbasis *deep learning* yang mampu mengenali pola dan fitur dalam kondisi pencahayaan yang berubah-ubah [18].

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji sistem pendeteksian target drop-off berbasis citra warna pada drone otonom dalam aplikasi pengiriman makanan. Metodologi riset yang diterapkan mencakup tahapan perancangan sistem, pemilihan komponen, pengolahan data citra, dan pengujian akurasi deteksi serta analisis hasil yang diperoleh. Gambar 1 memperlihatkan tahapan pengembangan dengan pendekatan prototipe yang digunakan pada penelitian ini. Terdapat 5 tahapan yang diawali dengan perancangan sistem hingga diakhiri oleh tahapan analisis dan evaluasi.



Gambar 1. Tahapan pengembangan

#### a. Perancangan Sistem

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah perancangan sistem pendeteksi target drop-off pada Autonomous Drone Food Delivery (ADFLY). Perancangan sistem mencakup desain perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem dirancang menggunakan Raspberry Pi sebagai mikrokontroler utama yang bertugas melakukan pengolahan citra. Raspberry Pi dipilih karena kemampuannya dalam menangani proses pemrosesan data visual secara real-time serta kemampuannya untuk menjalankan berbagai algoritma visi komputer yang diperlukan [19]. Raspberry Pi terhubung dengan kamera yang digunakan sebagai sensor utama untuk menangkap citra objek berwarna di sekitar target drop-off.

#### b. Pemilihan Komponen dan Perangkat

Pemilihan komponen utama sistem didasarkan pada kebutuhan fungsional yang meliputi:

- **Raspberry Pi 4:** Komputer mini yang berfungsi sebagai unit pemrosesan pusat (CPU) untuk memproses data gambar yang diterima dari kamera [20].
- **Kamera Webcam Full HD:** Kamera ini dipilih untuk menangkap citra dengan resolusi tinggi sehingga dapat meningkatkan akurasi deteksi objek berwarna pada berbagai jarak dan kondisi pencahayaan. Penggunaan kamera ini bertujuan untuk menangkap citra target drop-off yang memiliki kontras tinggi, khususnya untuk mendeteksi warna merah sebagai penanda [21].

- **Modul Telemetri:** Digunakan untuk mengirimkan data secara real-time dari drone ke stasiun pengendali, sehingga pergerakan drone dapat dikontrol dan dipantau dari jarak jauh [22].

### c. Pengolahan Data Citra

Pengolahan data citra pada sistem ini difokuskan pada pendeteksian warna menggunakan model warna HSV (Hue, Saturation, Value) yang lebih stabil di berbagai kondisi pencahayaan dibandingkan model RGB. Sistem mendeteksi warna merah sebagai target drop-off dengan memanfaatkan teknik masking dan thresholding pada citra yang diambil oleh kamera. Algoritma deteksi warna HSV memungkinkan sistem untuk melakukan seleksi warna yang akurat dan mempercepat proses identifikasi objek [23]. Untuk mengimplementasikan ini, library OpenCV digunakan sebagai basis pemrograman pengolahan citra karena memiliki fungsi-fungsi yang mendukung deteksi objek berdasarkan warna dan fitur [24].

### d. Proses Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi dan efektivitas sistem dalam mendeteksi target drop-off pada jarak yang bervariasi. Tiga jenis pengujian dilakukan, yaitu:

- **Pengujian Deteksi Warna:** Untuk memastikan sistem mampu mendeteksi objek berwarna merah dengan akurat, objek berwarna merah ditempatkan pada berbagai kondisi pencahayaan dan jarak. Hasil deteksi dicatat untuk mengukur akurasi dan ketepatan sistem [25].
- **Pengujian Jarak Deteksi:** Pengujian ini dilakukan dengan meletakkan target pada berbagai jarak (dari 60 cm hingga 150 cm) dari kamera untuk menentukan jarak optimal di mana deteksi paling akurat terjadi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui batas maksimal dan minimal jarak deteksi yang efektif [26].
- **Pengujian Respons Pergerakan Drone:** Setelah target terdeteksi, drone diarahkan untuk mendekati target. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kecepatan dan akurasi pergerakan drone berdasarkan koordinat target yang diterima dari sistem deteksi citra [27].

### e. Analisis Data dan Evaluasi Sistem

Hasil dari pengujian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem pendeteksian. Data dianalisis untuk menghitung persentase keberhasilan deteksi pada berbagai kondisi pencahayaan dan jarak. Perhitungan error juga dilakukan untuk menentukan persentase kesalahan dalam mendeteksi jarak dan posisi target.

Hasil analisis ini digunakan untuk mengevaluasi performa sistem dan memberikan saran peningkatan, seperti penambahan algoritma deep learning untuk meningkatkan akurasi deteksi warna di berbagai kondisi pencahayaan [28].

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sistem pendeteksian target drop-off pada ADFLY yang mampu mengenali target berbasis warna merah dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Hasil pengujian menunjukkan performa sistem dalam mendeteksi target pada berbagai kondisi jarak dan pencahayaan, serta menyoroti beberapa keterbatasan dan tantangan yang dihadapi dalam implementasinya.

### a. Hasil Pengujian Deteksi Warna

Pengujian deteksi warna dilakukan dengan memposisikan objek berwarna merah pada jarak yang bervariasi serta dalam berbagai kondisi pencahayaan, dari terang hingga rendah cahaya. Gambar 2 memperlihatkan pengujian deteksi warna merah yang dilakukan diluar ruangan.



Gambar 2. Pengujian deteksi warna

### b. Hasil Pengujian Jarak Deteksi

Tabel 1 ini memperlihatkan perbandingan antara jarak objek sebenarnya dengan jarak yang dideteksi oleh kamera Raspberry Pi, serta tingkat kesalahan atau error dalam pengukuran pada berbagai jarak.

Tabel 1 Hasil Pengujian Jarak Objek

Jarak Objek Nyata (cm)	Jarak terukur di Kamera Raspberry Pi (cm)			Error (%)
	1	2	3	
60	60,1	62,15	62,01	2,37
90	90,18	91,22	91,04	0,90
120	120,28	120,47	119,13	0,03
150	150,47	153,96	150,47	1,09
1220	1103,12	1221,92	1221,92	3,09

Gambar 3. Drone dan *landing pad* berwarna merah

Pengujian dilakukan pada jarak 60 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm, dan 1220 cm, di mana setiap pengukuran diulang tiga kali. Hasil menunjukkan bahwa kamera memiliki akurasi terbaik pada jarak 120 cm dengan tingkat error sebesar 0,03%, sedangkan jarak terjauh (1220 cm) menunjukkan error terbesar yaitu 3,09%. Secara keseluruhan, akurasi pengukuran cenderung berkurang pada jarak yang jauh dari kamera, menunjukkan adanya batas efektivitas untuk deteksi pada skala yang lebih besar.

Hasil ini mengindikasikan bahwa akurasi optimal kamera tercapai pada jarak sedang (120 cm) dan menurun pada jarak yang sangat dekat atau sangat jauh. Kinerja deteksi yang menurun pada jarak ekstrem menunjukkan keterbatasan kamera Raspberry Pi dalam mempertahankan akurasi deteksi jarak pada lingkungan yang variatif. Untuk meningkatkan keakuratan di berbagai jarak, sistem ini dapat dioptimalkan lebih lanjut melalui penggunaan sensor tambahan atau kalibrasi yang lebih spesifik. Hasil pengukuran ini penting untuk menentukan batas operasional yang paling efektif bagi kamera dalam aplikasi yang memerlukan presisi tinggi, seperti pada sistem pendeteksi jarak dalam drone otonom atau perangkat serupa.

Sistem yang dirancang dengan metode HSV (Hue, Saturation, Value) terbukti efektif untuk mendeteksi warna merah, terutama dalam kondisi cahaya yang stabil. Namun, hasil ini mengindikasikan bahwa pencahayaan yang bervariasi masih menjadi kendala yang mempengaruhi akurasi deteksi.

### c. Hasil Pengujian Respons Pergerakan Drone

Setelah target terdeteksi, drone diinstruksikan untuk mendekati target dengan memperhatikan posisi yang diidentifikasi oleh sistem deteksi terlihat seperti pada gambar 3. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah drone mampu merespons hasil deteksi dengan akurat.



Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

- Drone berhasil mencapai target drop-off dengan deviasi posisi rata-rata sebesar 5 cm dari target yang ditentukan pada jarak optimal 120 cm.
- Pada jarak lebih jauh, deviasi posisi meningkat hingga 15 cm, menunjukkan bahwa sistem navigasi drone terpengaruh oleh akurasi deteksi citra, terutama saat jarak antara drone dan target terlalu jauh atau terlalu dekat.

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun sistem dapat mendeteksi dan mengarahkan drone menuju target, jarak optimal tetap mempengaruhi presisi pendaratan.

### d. Pembahasan Keterbatasan dan Peningkatan Sistem

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa kondisi pencahayaan dan jarak deteksi merupakan dua faktor utama yang mempengaruhi kinerja sistem. Beberapa keterbatasan yang ditemukan meliputi:

- **Keterbatasan deteksi dalam kondisi pencahayaan rendah:** Akurasi deteksi warna merah menurun pada kondisi pencahayaan yang tidak memadai. Untuk mengatasi hal ini, penggunaan kamera dengan sensitivitas lebih tinggi terhadap cahaya, atau penerapan algoritma deep learning, dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi target dengan berbagai kondisi cahaya.
- **Jarak deteksi terbatas:** Meskipun jarak optimal telah ditemukan, sistem tidak memiliki akurasi yang stabil pada jarak yang terlalu dekat atau jauh. Peningkatan resolusi kamera dan kalibrasi jarak deteksi menjadi penting untuk meningkatkan stabilitas akurasi pada berbagai jarak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem deteksi berbasis warna pada ADFLY efektif dalam mendeteksi target drop-off dengan akurasi tinggi pada kondisi tertentu, seperti pencahayaan yang cukup dan jarak optimal sekitar 120 cm. Meskipun demikian, peningkatan sistem dengan algoritma yang lebih adaptif sangat diperlukan untuk menjamin keandalan deteksi dalam berbagai kondisi lingkungan. Implementasi lebih lanjut dapat mencakup penggunaan deep learning yang lebih responsif terhadap perubahan lingkungan, sehingga sistem pengiriman makanan berbasis drone dapat bekerja dengan lebih efektif dan presisi.

## 5. PENUTUP

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji sistem pendeteksi target drop-off berbasis warna pada ADFLY, yang dirancang untuk meningkatkan akurasi pendaratan pada drone otonom. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mendeteksi target berwarna merah dengan akurasi optimal pada jarak sekitar 120 cm dan dalam kondisi pencahayaan yang stabil. Namun, terdapat keterbatasan akurasi ketika sistem dihadapkan pada kondisi pencahayaan rendah atau jarak yang tidak optimal.

Temuan ini mengindikasikan bahwa sistem deteksi berbasis warna dapat diimplementasikan dengan efektif dalam aplikasi drone otonom, namun masih membutuhkan peningkatan untuk menghadapi berbagai kondisi lingkungan yang dinamis. Beberapa keterbatasan, seperti sensitivitas terhadap perubahan pencahayaan dan keterbatasan jarak deteksi, dapat diatasi dengan mengintegrasikan teknologi *deep learning*. Algoritma berbasis *deep learning*, seperti *Convolutional Neural Network* (CNN), diharapkan mampu memperluas cakupan deteksi warna dan meningkatkan akurasi dengan adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang beragam.

Ke depannya, penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan melakukan uji coba pada lingkungan lapangan yang lebih kompleks dan memperkenalkan model deteksi objek yang lebih adaptif. Penerapan sistem ADFLY yang lebih robust dan adaptif diharapkan dapat mendukung inovasi dalam industri logistik dan pengiriman barang berbasis drone di Indonesia dan meningkatkan efisiensi layanan pengiriman otonom secara keseluruhan.

## 6. REFERENSI

- [1] R. Goyal, "Drone Delivery System: An Insight," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 178, no. 33, pp. 9–13, May 2019.
- [2] K. W. Tam, C. T. Wang, and Y. Wang, "The application of drone in food delivery," in *Proc. Int. Conf. Indust. Eng. Eng. Manag.*, Dec. 2021, pp. 387–391.
- [3] H. C. Huang and Y. P. Cheng, "The potential of GPS limitations in autonomous delivery drones," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 67, no. 3, pp. 2549–2563, Mar. 2018.
- [4] D. H. Ballard and C. M. Brown, *Computer Vision*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1982.
- [5] S. Monk, *Programming the Raspberry Pi: Getting Started with Python*, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2015.
- [6] J. L. Leitner, "Automation in Food Delivery Systems: Utilizing Autonomous Vehicles," *Int. J. Innov. Res. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 112–120, Apr. 2020.
- [7] R. C. Gonzalez dan R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, 2008.
- [8] S. Sridhar, *Digital Image Processing*. New York, NY, USA: Oxford University Press, 2011.
- [9] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*. London, U.K.: Springer, 2011.
- [10] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You only look once: Unified, real-time object detection," in *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, 2016, pp. 779–788.
- [11] D. H. Ballard and C. M. Brown, *Computer Vision*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1982.
- [12] A. Koschan and M. Abidi, *Digital Color Image Processing*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2008.
- [13] S. Monk, *Programming the Raspberry Pi: Getting Started with Python*, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2015.
- [14] M. Banzi and M. Shiloh, *Getting Started with Raspberry Pi*, 3rd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2021.
- [15] P. S. Heckbert, "Fundamentals of texture mapping and image warping," M.S. thesis, Dept. Elect. Eng. Comput. Sci., Univ. California, Berkeley, CA, USA, 1989.
- [16] A. C. Kak and M. Slaney, *Principles of Computerized Tomographic Imaging*. Philadelphia, PA, USA: SIAM, 2001.
- [17] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, 2015.
- [18] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, "ImageNet classification with deep convolutional neural networks," in *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, 2012, pp. 1097–1105.
- [19] S. Monk, *Programming the Raspberry Pi: Getting Started with Python*, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2015.
- [20] M. Banzi and M. Shiloh, *Getting Started with Raspberry Pi*, 3rd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2021.
- [21] P. S. Heckbert, "Fundamentals of texture mapping and image warping," M.S. thesis, Dept. Elect. Eng. Comput. Sci., Univ. California, Berkeley, CA, USA, 1989.
- [22] J. L. Leitner, "Automation in Food Delivery Systems: Utilizing Autonomous Vehicles," *Int. J. Innov. Res. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 112–120, Apr. 2020.
- [23] A. Koschan and M. Abidi, *Digital Color Image Processing*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2008.
- [24] G. Bradski and A. Kaehler, *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2008.
- [25] D. H. Ballard and C. M. Brown, *Computer Vision*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1982.
- [26] A. C. Kak and M. Slaney, *Principles of Computerized Tomographic Imaging*. Philadelphia, PA, USA: SIAM, 2001.
- [27] H. C. Huang and Y. P. Cheng, "The potential of GPS limitations in autonomous delivery drones," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 67, no. 3, pp. 2549–2563, Mar. 2018.
- [28] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, 2015.