

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *FOREIGN OBJECT*
DEBRIS (FOD) BERBASIS *IMAGE PROCESSING* *WEBCAM*
UNTUK MENUNJANG INSPEKSI *AIRSIDE* BANDARA**

TUGAS AKHIR

Oleh:

JASMIN MASYIRANTI

NIT. 56192010010



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG
JULI 2024**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *FOREIGN OBJECT*
DEBRIS (FOD) BERBASIS *IMAGE PROCESSING* *WEBCAM*
UNTUK MENUNJANG INSPEKSI *AIRSIDE* BANDARA**

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus pendidikan
Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara
Program Studi Sarjana Terapan

Oleh:

JASMIN MASYIRANTI
NIT. 56192010010



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG
JULI 2024**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *FOREIGN OBJECT DEBRIS* (FOD) BERBASIS *IMAGE PROCESSING* *WEBCAM* UNTUK MENUNJANG INSPEKSI *AIRSIDE* BANDARA

Oleh

JASMIN MASYIRANTI

NIT: 56192010010

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN**

Pemulihan ekonomi pasca pandemi di Indonesia telah meningkatkan industri penerbangan, terlihat dari peningkatan jumlah penumpang domestik yang mencapai 5,3 juta pada Oktober 2023. Namun, keselamatan penerbangan masih menghadapi tantangan, terutama dalam deteksi *Foreign Object Debris* (FOD) di bandara. Penelitian ini mengkaji penggunaan teknologi canggih untuk pendeteksian FOD guna mengatasi kelemahan metode manual yang masih memiliki banyak keterbatasan, seperti jarak pandang dan waktu inspeksi yang terbatas, terutama di Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang. Teknologi pendeteksian FOD terus berkembang, penggunaan *image processing* menjadi solusi yang menjanjikan dalam mendeteksi FOD secara otomatis dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan teknologi *image processing* dalam sistem pendeteksi FOD, dengan harapan dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi deteksi FOD. Metode yang digunakan adalah penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan model Borg and Gall sampai tahap 7. Penelitian ini merancang sistem pendeteksi FOD menggunakan *webcam* dan algoritma YOLO (*You Only Look Once*) untuk menangkap dan memproses gambar secara otomatis. Dengan penerapan teknologi ini mampu mendeteksi 4 jenis FOD dengan akurasi yang cukup baik, FOD berupa bangkai burung dapat dideteksi oleh alat hingga jarak 5 meter, jenis FOD berupa kertas dapat dideteksi hingga jarak 3 meter, jenis FOD berupa logam dapat dideteksi hingga jarak 2 meter, dan jenis FOD berupa agregat dapat dideteksi hingga jarak 2 meter. Hasil Pemakaian alat juga mendapatkan respon sangat puas melalui penyebaran angket ke teknisi yang ada pada Bandar Udara. Diharapkan teknologi ini bisa meminimalkan risiko kecelakaan akibat FOD dan memastikan keselamatan penumpang dan pesawat secara optimal.

Kata kunci: *Foreign Object Debris* (FOD), *Image Processing*, Sistem Pendeteksi, Inspeksi Bandar Udara, *Airside*

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF FOREIGN OBJECT DEBRIS (FOD) DETECTION SYSTEM BASED ON WEBCAM IMAGE PROCESSING TO SUPPORT AIRSIDE INSPECTION AIRPORT

By

JASMIN MASYIRIANTI

NIT: 56192010010

**PROGRAM STUDY OF AIRPORT ENGINEERING TECHNOLOGY
APPLIED BACHELOR'S PROGRAM**

Post-pandemic economic recovery in Indonesia has boosted the aviation industry, evidenced by the increase in domestic passengers reaching 5.3 million in October 2023. However, aviation safety still faces challenges, particularly in detecting Foreign Object Debris (FOD) at airports. This study examines the use of advanced technology for FOD detection to address the limitations of manual methods, such as limited visibility and inspection time, especially at Sultan Mahmud Badaruddin II Airport in Palembang. FOD detection technology continues to evolve, and the use of image processing presents a promising solution for automatically and efficiently detecting FOD. The objective of this study is to integrate image processing technology into the FOD detection system, with the aim of improving detection efficiency and accuracy. The research method used is Research and Development (R&D) with the Borg and Gall model up to stage 7. This study designs an FOD detection system using a webcam and the YOLO (You Only Look Once) algorithm to automatically capture and process images. The implementation of this technology is capable of detecting four types of FOD with reasonable accuracy: bird carcasses can be detected up to 5 meters, paper up to 3 meters, metal up to 2 meters, and aggregate up to 2 meters. The use of the device also received very satisfactory responses through surveys distributed to technicians at the airport. It is hoped that this technology can minimize the risk of accidents caused by FOD and ensure optimal safety for passengers and aircraft.

Keywords: Foreign Object Debris (FOD), Image Processing, Detection System, Airport Inspection, Airside

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *FOREIGN OBJECT DEBRIS* (FOD) BERBASIS *IMAGE PROCESSING WEBCAM* UNTUK MENUNJANG INSPEKSI *AIRSIDE* BANDARA” telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Angkatan ke- 1 , Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang



Nama : JASMIN MASYIRIANTI

NIT : 56192010010

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

ZUSNITA HERMALA, S.Kom., M.Si.
Pembina (IV/a)
NIP. 197811182005022001

JOHNY EMIYANI, S.Si.T., M.Si.
Penata (III/c)
NIP.198110052009121003

KETUA PROGRAM STUDI

Ir. M. INDRA MARTADINATA, S.ST., M.Si.
Pembina (IV/a)
NIP. 198103062002121001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : “RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *FOREIGN OBJECT DEBRIS* (FOD) BERBASIS *IMAGE PROCESSING WEBCAM* UNTUK MENUNJANG INSPEKSI *AIRSIDE* BANDARA” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Studi Sarjana Terapan Angkatan ke-1, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana pada tanggal 23 Juli 2024.

KETUA



HERLINA FEBIYANTI, S.T., M.M.
Penata Tk.1 (III/d)
NIP. 198302072007122002

SEKRETARIS



ZUSNITA HERMALA, S.Kom., M.Si.
Pembina (IV/a)
NIP. 197811182005022001

ANGGOTA



GANDA RUSMANA, S.Si.T., M.M.
Pembina (IV/a)
NIP. 197103141993011002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jasmin Masyirianti
NIT : 56192010010
Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *FOREIGN OBJECT DEBRIS* (FOD) BERBASIS *IMAGE PROCESSING WEBCAM* UNTUK MENUNJANG INSPEKSI *AIRSIDE BANDARA*” merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Palembang.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2024

Yang Membuat Pernyataan,



Jasmin Masyirianti
NIT.56192010010

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir D- IV yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Palembang, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Palembang. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Masyirianti, Jasmin. (2024): RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *FOREIGN OBJECT DEBRIS* (FOD) BERBASIS *IMAGE PROCESSING* *WEBCAM* UNTUK MENUNJANG INSPEKSI *AIRSIDE* BANDARA, Tugas Akhir Program Diploma IV, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Tugas Akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Dipersembahkan kepada
Ayahanda Harun Rasidi dan Ibunda Effrianti

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, atas dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tugas Akhir ini berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI *FOREIGN OBJECT DEBRIS* (FOD) BERBASIS *IMAGE PROCESSING WEBCAM* UNTUK MENUNJANG INSPEKSI *AIRSIDE* BANDARA”.

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu kurikulum di Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Politeknik Penerbangan Palembang. Ucapan terima kasih kepada segala pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terkhusus untuk Ibu Zusnita Hermala, S.Kom., M.Si. dan Bapak Johny Emiyani, S.SiT., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak saran baik berupa bimbingan, pengarahan, nasihat, masukan yang secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada kedua orang tua saya dan juga teman-teman yang selalu memberi semangat dan dukungan agar saya mampu menjalani perkuliahan dengan baik. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak terkait, antara lain:

1. Bapak Sukhahir S.SiT, M.T., Selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang.
2. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.S.T., M.Si. Selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
3. Bapak/Ibu Dosen, Admin prodi, Staf pengajar dan teknisi Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
4. Kedua Orang Tua saya, serta adik saya yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis.
5. Teman- teman terdekat penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangatnya dalam menyelesaikan laporan ini.

6. Teman-teman seperjuangan penulis Teknologi Rekayasa Bandar Udara Angkatan 01 Alpha dan Bravo.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini dikarenakan keterbatasan waktu dan kemampuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, dengan senang hati penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi penyempurnaan Tugas Akhir ini agar laporan ini menjadi lebih baik lagi.

Palembang, Agustus 2024

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jasmin' with a stylized flourish at the end.

Jasmin Masyiranti
NIT. 56192010010

DAFTAR ISI

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan.....	5
E. Manfaat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Deskripsi Teori.....	7
1. Inspeksi <i>Airside</i>	7
2. <i>Foreign Object Debris</i> (FOD).....	9
3. Sistem Pendeteksi.....	10
4. <i>Image Processing</i>	10
5. <i>You Only Look Once</i> (YOLO).....	11
6. <i>Web-Camera</i>	11
7. <i>Mini Personal Computer</i> (PC)	12
8. <i>Software Python</i>	13
B. Penelitian yang Relevan	14
C. Kerangka Berpikir	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
A. Pendekatan dan Jenis Penelitian.....	21
1. Potensi dan Masalah	22
3. Desain Produk	24
4. Validasi Desain.....	24
5. Revisi Desain.....	25

6. Pembuatan Alat	25
7. Uji Coba Produk	25
B. Teknik Analisa Data	25
C. Jadwal Pelaksanaan	27
D. Rancangan Anggaran Biaya (RAB)	29
E. Tahap Perancangan	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Potensi dan Masalah	30
B. Pengumpulan Informasi	32
C. Desain Produk	36
D. Validasi Desain	39
E. Revisi Alat	41
F. Pembuatan Alat	41
1. Perencanaan	41
2. Pembuatan Alat	46
3. Flowchart Pengoperasian	49
G. Uji Coba Keakuratan Alat	50
1. Hasil Uji Coba Performa <i>Training Dataset</i>	50
2. Hasil Uji Coba Performa Validasi <i>Dataset</i>	52
3. Hasil Uji <i>Testing Dataset</i>	57
H. Uji Coba Jarak Jangkauan Deteksi Alat	58
I. Validasi Pemakaian Alat	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
A. Kesimpulan	64
B. Saran	65
LAMPIRAN	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Dokumentasi Kegiatan Wawancara dan Pengumpulan Data	72
Lampiran B Data Pendukung APMS (<i>Airport Pavement Management System</i>) Bandara SMB II Palembang.....	72
Lampiran C Kegiatan <i>Focus Group Discussion</i> (FGD).....	75
Lampiran D Lembar Validasi Desain	77
Lampiran E Dokumentasi Uji Coba Alat	77
Lampiran F Penyebaran Angket Uji Coba Pemakaian Alat.....	79
Lampiran G Lembar Bimbingan Tugas Akhir	88
Lampiran H Pengkodean untuk <i>training dataset</i>	91
Lampiran I <i>Flowchart</i> Pengoperasian.....	91
Lampiran J Hasil Pengecekan Turnitin	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Sisi Udara Bandar Udara	7
Gambar II.2 Foreign Object Debris (FOD).....	9
Gambar II.3 Sistem Pendeteksi	10
Gambar II. 4 <i>Image Processing</i>	10
Gambar II. 5 <i>You Only Look Once (YOLO)</i>	11
Gambar II. 6 <i>Webcam</i>	11
Gambar II. 7 <i>Mini Personal Computer</i>	12
Gambar II.8 <i>Software Python</i>	14
Gambar II. 9 Kerangka Berpikir	20
Gambar III. 1 Langkah-langkah penggunaan Metode	21
Gambar III. 2 Tahapan-tahapan pengembangan yang diterapkan	22
Gambar IV. 1 Inspeksi Siang	32
Gambar IV. 2 Inspeksi Pagi	32
Gambar IV. 3 Grafik Jumlah Penumpang Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang Tahun 2020-2023	34
Gambar IV. 4 Grafik Jenis Temuan FOD pada Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang.....	35
Gambar IV. 5 Skema Pengoperasian Alat.....	37
Gambar IV. 6 Perencanaan Desain Alat	38
Gambar IV. 7 Gambar Data FOD	42
Gambar IV. 8 Data Pelabelan	43
Gambar IV. 9 Implementasi YOLO Pada Saat <i>Training</i>	44
Gambar IV. 10 Pengumpulan <i>dataset</i>	46
Gambar IV. 11 Penyambungan Kabel USB pada Laptop.....	46
Gambar IV. 12 Hasil <i>Preprocessing Data</i>	47
Gambar IV. 13 Uji <i>training</i> pada dataset	48
Gambar IV. 14 Perangkaian <i>casing webcam</i>	48
Gambar IV. 15 Flowchart pengoperasian Alat	49
Gambar IV. 16 Grafik nilai Validasi <i>Box Loss</i>	50
Gambar IV. 17 Grafik nilai Validasi <i>Objectness Loss</i>	51

Gambar IV. 18 Grafik nilai <i>Classification Loss</i> saat <i>training</i>	52
Gambar IV. 19 Grafik Nilai <i>Precision</i> saat <i>training</i>	53
Gambar IV. 20 Grafik Nilai <i>Recall</i> saat <i>training</i>	54
Gambar IV. 21 Grafik nilai <i>Mean Average Precision</i> saat <i>Training</i>	54
Gambar IV. 22 Grafik nilai Validasi <i>Box Loss</i>	55
Gambar IV. 23 Grafik nilai Validasi <i>Objectness Loss</i>	56
Gambar IV. 24 Grafik nilai Validasi <i>Classification Loss</i>	57
Gambar IV. 25 Hasil Uji <i>Testing</i>	58
Gambar IV. 26. Grafik Hasil Pengujian Jarak Jangkauan	60
Gambar IV. 27. Lembar Validasi Alat.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi <i>Web-Camera</i>	12
Tabel II. 2 Spesifikasi <i>Mini Personal Computer</i>	13
Tabel II. 3 Penelitian yang Relevan Terkait Sistem Pendeteksi FOD Otomatis...	14
Tabel III. 1. Tabel Kriteria Jawaban Angket dengan Skala Likert	26
Tabel III. 2 Rerata Kriteria Kepuasan Produk	26
Tabel III. 3 Instrumen Uji Coba Pemakaian Alat	27
Tabel III. 4 Jadwal Pelaksanaan.....	28
Tabel III. 5 Rancangan Anggaran Biaya (RAB).....	29
Tabel III. 6 Tahap Perancangan Alat	29
Tabel IV. 1 Hasil Analisa SWOT (<i>Strength, Weakness, Opportunities, Threats</i>)	30
Tabel IV. 2 Komponen Alat dan Bahan.....	36
Tabel IV. 3 Anggota <i>Focus Group Discussion</i> (FGD)	39
Tabel IV. 4 Revisi Alat	41
Tabel IV. 5 Tingkat Kepercayaan Hasil Data Testing	45
Tabel IV. 6 Hasil Data Uji Jarak Jangkauan FOD Jenis Bangkai Burung.....	59
Tabel IV. 7 Hasil Data Uji Jarak Jangkauan FOD Jenis Kertas.....	59
Tabel IV. 8 Hasil Data Uji Jarak Jangkauan FOD Jenis Logam.....	59
Tabel IV. 9 Hasil Data Uji Jarak Jangkauan FOD Jenis Pecahan Agregat.....	60
Tabel IV. 10 Hasil Data Angket Pemakaian Alat	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring pulihnya kondisi ekonomi setelah pasca pandemi yang terjadi di Indonesia, industri penerbangan di tanah air secara bertahap kembali meningkat (Utama, 2021). Pemulihan tersebut dapat diamati dari peningkatan jumlah penumpang dalam penerbangan udara, baik yang bersifat domestik atau internasional (Suryan & Kuntadi, 2023). Data dari Badan Pusat Statistik (BPS), pada bulan Oktober 2023, jumlah penumpang yang berangkat dalam penerbangan domestik mencapai 5,3 juta orang. Kemajuan dalam teknologi penerbangan dan peningkatan jumlah maskapai penerbangan membuat pilihan penerbangan semakin terjangkau dan mudah diakses (Mujiono, 2015).

Semakin banyak kebutuhan akan jasa penerbangan tentunya Bandar Udara harus menyediakan layanan jasa penumpang yang dapat menjamin keselamatan dan keamanan penumpang (Hi Umar dkk., 2023). Salah satu bentuk kepatuhan terhadap standar keselamatan, Bandar Udara melakukan kegiatan pemeliharaan rutin berupa inspeksi *airside* (Nurnadia Hanum, 2021). Inspeksi pada *airside* dimana tercantum pada Peraturan Kementerian Perhubungan Nomor 33 Tahun 2022 bertujuan untuk membantu memastikan bahwa Bandar Udara mematuhi standar keselamatan penerbangan yang ditetapkan oleh otoritas penerbangan sipil dan badan regulasi lainnya (Kementerian Perhubungan, 2022). Hal ini penting untuk menjaga keamanan dan kualitas layanan penerbangan bagi penumpang (Purba, 2017). Salah satu kegiatan yang dilakukan oleh teknisi yaitu memastikan kondisi *airside clear* dari *Foreign Object Debris* (FOD) sebagaimana tercantum pada peraturan ICAO Annex 14 yang menyatakan bahwa FOD harus segera dilakukan pembersihan. Inspeksi *airside* membantu dalam mendeteksi dan mengambil FOD di area operasional Bandar Udara, seperti *runway*, *taxiway*, dan *apron* (Rahmandhani, 2023).

FOD menurut FAA AC 150/5210-24 mengacu pada benda-benda asing yang tidak seharusnya berada di area operasional Bandar Udara atau lingkungan penerbangan. FOD bisa berupa benda apa pun, mulai dari pecahan kaca, batu, alat, bangkai

burung, hingga potongan komponen pesawat yang lepas (Federal Aviation Administration (FAA), 2010). Meskipun ukuran FOD kecil, namun dampaknya bisa sangat besar (Jakarta, 2021). Masuknya FOD ke dalam Bandar Udara dapat juga disebabkan oleh faktor lingkungan pemukiman luar seperti layang-layang (Febiyanti dkk., 2021). Hal ini dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan, memerlukan perbaikan mahal dan mungkin mengakibatkan waktu operasional pesawat terhambat, serta mengancam keselamatan penumpang dan awak pesawat (Chauhan dkk., 2020).

Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin (SMB) II Palembang memiliki jam operasional yang dimulai pada pukul 06.00 sampai dengan 21.00. Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II melakukan inspeksi sebanyak dua kali sehari, yaitu inspeksi pagi pada pukul 04.30 dan inspeksi siang pada pukul 12.50. Jadwal inspeksi ini terlampir didalam Standar Operating Procedure (SOP) Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II mengenai kegiatan inspeksi, waktu yang ditetapkan berdasarkan waktu yang tersedia saat penerbangan pertama dilakukan dengan jarak antara inspeksi dan penerbangan yaitu 1 jam sebelum kegiatan operasional. Saat ini di akhir tahun 2023 tercatat sekitar 23 FOD dengan jenis yang berbeda ditemukan di area *airside* Bandar Udara dan yang paling banyak merupakan bangkai burung yang diakibatkan *jet blast*. Penemuan FOD tentunya masih belum sepenuhnya terdeteksi mengingat Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II sendiri masih melakukan inspeksi secara manual dimana teknisi akan melakukan inspeksi dengan mata telanjang dengan mengendarai mobil *maintenance*.

Pendeteksian FOD yang dilakukan secara manual tentunya memiliki titik buta atau *blind spot* dikarenakan keterbatasan jarak pandang mata manusia dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk memeriksa area operasi udara yang terbilang cukup luas. Saat ini pada Bandar Udara terdapat satu unit Runway Sweeper dimana alat ini dilakukan untuk membersihkan area *airside* dari FOD. Namun, kondisi *Runway sweeper* saat ini memiliki keandalan yang kurang maksimal, *runway sweeper* hanya dapat beroperasi 65% dari kondisi optimum. Hal ini disebabkan umur kendaraan yang hamper 15 tahun penggunaan. Kondisi yang kurang maksimal mengakibatkan *runway sweeper* hanya dilakukan setiap hari Selasa dan Jumat dengan area yang

dapat dibersihkan hanya mencakupi area *apron*. Hasil pembersihan dari *runway sweeper* juga tidak optimal karena masih ada FOD yang tertinggal.

Hasil dari wawancara bersama teknisi *Airport Maintenance Infrastructure Facility & Accessibility (AMIF)* Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang kegiatan inspeksi terutama yang dilakukan pada dini hari memiliki resiko cukup tinggi dalam kegiatan menginspeksi *airside* ditambah dengan semakin meningkatnya jumlah pergerakan di *airside*. Selama periode tahun 2023 berdasarkan data *Airport Pavement Management System (APMS)* Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang tahun 2023, Bandar Udara secara keseluruhan melayani 19.463 pesawat, 2.766.372 penumpang, 5.093.235 kg kargo. Banyaknya pergerakan pesawat di Bandar Udara sehingga, kegiatan inspeksi dini hari dilakukan pada pukul 04.30 pagi dengan keadaan sekitar yang terbilang masih gelap membuat teknisi memiliki cakupan pandangan hanya ke area yang disinari lampu mobil sehingga di sisi kiri dan sisi kanan mobil luput dari pandangan mata. Dalam melakukan inspeksi dini hari dikarenakan jadwal penerbangan pagi di Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang cukup padat, teknisi memiliki waktu yang cukup singkat terlebih lagi kurangnya personel mengharuskan teknisi berangkat sendirian. Cuaca yang buruk seperti hujan tentunya membuat teknisi harus lebih berhati-hati dalam memindai kondisi *airside*. Hal ini tentunya membuat teknisi membutuhkan waktu yang lebih lama dalam melakukan kegiatan inspeksi. Selama melaksanakan *On the Job Training* terdapat dua panggilan atau pemberitahuan dari *Air Traffic Controller (ATC)* yang memberitahukan jika masih terdapat FOD yang tertinggal di *runway*. Hal ini didapatkan berdasarkan laporan Pilot yang ingin mendarat di Bandar Udara yang melihat masih adanya FOD.

Kerusakan akibat FOD bukan hanya mencakup biaya perbaikan pesawat, tetapi juga biaya terkait lainnya seperti keterlambatan penerbangan dan penggunaan bahan bakar tambahan. FOD tidak hanya berbahaya, tetapi juga merusak citra bandara. Reputasi bandara yang buruk dapat mengurangi kepercayaan maskapai penerbangan dan penumpang, yang pada akhirnya berdampak negatif pada operasional dan pendapatan bandara (Dewi dkk., 2023). Organisasi penerbangan seperti *Federal Aviation Administration (FAA)* di Amerika Serikat mewajibkan Bandar Udara dan maskapai penerbangan untuk memiliki sistem pendeteksi dan

manajemen FOD yang efektif untuk memenuhi standar keselamatan penerbangan (Yuan, Huang, dkk., 2020). Saat ini, beberapa Bandar Udara di Indonesia telah mulai mengadopsi teknologi canggih untuk meningkatkan sistem pendeteksian FOD. Teknologi pendeteksian FOD terus berkembang untuk memberikan solusi yang lebih canggih dan akurat (Bribe & Endrawijaya, 2018). Sistem-sistem baru menggunakan sensor optik, radar, dan teknologi lainnya untuk mendeteksi dan mengidentifikasi FOD dengan lebih baik, membantu mengurangi resiko kecelakaan akibat FOD (Yuan, Li, dkk., 2020).

Sistem pendeteksi FOD saat ini telah banyak dikembangkan, penelitian yang dilakukan oleh (Fod et al., n.d.) tentang rancangan pemancar pendeteksi FOD menggunakan sinar laser. Rancangan alat ini menggunakan sinar laser dan sensor cahaya berupa LDR untuk mendeteksi keberadaan FOD secara otomatis dan terus-menerus. Pemancar pendeteksi FOD mengirimkan data objek dan posisi dimana objek berada, sehingga memungkinkan petugas mengetahui keberadaan FOD secara langsung untuk segera dilakukan pembersihan. Pengoperasionalan alat ini dibantu dengan mobil mainan dengan menggunakan baterai jenis NiMH kapasitas 3000 mA, robot pendeteksi mampu menempuh jarak 10 meter. Selanjutnya penelitian (Sakti et al., 2022) dengan judul FOD Detection Camera Pada Object landasan Bandar Udara. FOD detection system peneliti menggunakan model SSD MobileNet V2 sebagai proses penerapan deteksi pada FOD untuk mendapatkan informasi letak koordinat objek dan jarak yang menarik disini sistem dikalibrasi ulang pada sebuah model CNN.

Pada penelitian terdahulu didapatkan cara mengelola masing-masing variabel yaitu penggunaan sensor untuk mendeteksi dan penggunaan media perantara dalam hal mendukung presisi keberadaan objek. Pada penelitian ini penulis membuat variabel- variabel ini menjadi satu kesatuan yang dapat saling menguntungkan yaitu perancangan FOD *detection system* dengan hasil *image processing webcam* untuk mendeteksi keberadaan FOD yang sering luput dari pengawasan teknisi saat melakukan inspeksi. Sistem pendeteksi ini menggunakan *Web Camera (Webcam)* untuk menangkap gambar selanjutnya diproses menggunakan Algoritma YOLO (*You Only Look Once*) sehingga dapat mendeteksi FOD beserta jenisnya dengan beberapa skala jarak. Penelitian ini menggunakan metode penelitian Research and

Development (R&D) dengan model pengembangan Borg and Gall sampai pada tahap 7. Penggunaan *image processing webcam* memungkinkan untuk otomatisasi proses pengenalan objek tanpa keterlibatan manusia secara langsung dengan hasil yang lebih akurat, sehingga dapat meningkatkan efisiensi serta dapat menyingkirkan FOD lebih dini dan mengurangi kesalahan terutama dalam menemukan FOD yang kemungkinan terlewat dalam pengawasan teknisi. Hasil pengujian alat didapatkan bahwa alat dapat mendeteksi 4 jenis FOD dengan akurasi cukup baik. Diharapkan bahwa penerapan deteksi FOD menggunakan *image processing webcam* dapat meningkatkan keselamatan penerbangan dan mengurangi risiko kerusakan pesawat secara signifikan. Selain itu, teknologi ini juga bisa memperbaiki efisiensi operasi Bandar Udara dan memastikan bahwa landasan pacu tetap aman dan terhindar dari benda asing yang berpotensi membahayakan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- 1 Apakah ada sistem pendeteksi fod untuk menunjang inspeksi airside bandara?
- 2 Apakah dengan sistem pendeteksi berbasis image processing webcam dapat mengatasi permasalahan FOD yang masih tertinggal saat inspeksi airside bandara?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada, batasan masalah yang penulis teliti dibatasi pada rancang bangun sistem pendeteksi *Foreign Object Debris* (FOD) Berbasis *image processing webcam* untuk menunjang inspeksi *airside* Bandara sampai pada tahap pengujian alat.

D. Tujuan

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penulisan proposal tugas akhir ini adalah merancang sistem alat pendeteksi FOD

menggunakan *image processing webcam* untuk membantu kegiatan inspeksi *airside*.

E. Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang didapat dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Manfaat Teknologi

Dengan mengadopsi teknologi *image processing webcam* dalam deteksi FOD, dapat menghasilkan alat yang nantinya dapat dikembangkan di Bandar Udara dalam meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional mereka.

2. Manfaat Keselamatan

Dengan menghilangkan atau mengurangi kemungkinan keberadaan FOD di landasan pacu, sistem ini membantu mengurangi risiko kecelakaan penerbangan yang disebabkan oleh FOD, seperti kerusakan ban atau masalah mesin.

3. Manfaat Ekonomi

Dengan mencegah kerusakan pada pesawat dan peralatan darat akibat FOD, sistem ini membantu mengurangi biaya perbaikan dan pemeliharaan. Selain itu, efisiensi operasional yang ditingkatkan dapat mengurangi biaya terkait dengan keterlambatan penerbangan.

F. Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun sedemikian rupa sehingga diharapkan dapat disajikan secara sistematis, penyusunan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, masing-masing diuraikan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang penulisan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penulisan, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas mengenai teori dasar yang berfungsi sebagai penunjang dan pendukung dari alat yang akan dibuat.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menyajikan tentang perancangan sistem keseluruhan termasuk di dalamnya blok diagram dan *flowchart*, perancangan dan pembuatan alat, dan prinsip dasar cara kerja alat.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan pembahasan utama yaitu studi tentang pembahasan sistem pendeteksian dan *monitoring* FOD.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari semua hasil yang telah dilakukan pada tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Inspeksi *Airside*

Inspeksi *airside* Bandar Udara adalah proses pemeriksaan dan pengawasan yang dilakukan di area *airside* Bandar Udara yang mencakup *runway*, *apron*, *taxiway*, dan area terkait lainnya di mana pesawat terbang beroperasi (Nurnadia Hanum, 2021). Tujuannya adalah untuk memastikan keselamatan operasional, keamanan, dan kelayakan infrastruktur Bandar Udara untuk mendukung aktivitas penerbangan. Inspeksi *airside* biasanya dilakukan oleh otoritas Bandar Udara, badan regulasi penerbangan, atau pihak yang ditunjuk untuk memastikan bahwa semua fasilitas dan infrastruktur terkait penerbangan berfungsi dengan baik dan memenuhi standar keamanan yang ditetapkan (Djoko dkk, 2023).

Inspeksi ini dapat mencakup berbagai aspek, termasuk kondisi landasan pacu, penandaan dan penerangan, pemeliharaan apron, serta pengaturan lalu lintas udara dan darat. Dalam inspeksi *airside*, penting untuk memperhatikan segala potensi bahaya atau masalah yang dapat mempengaruhi operasional penerbangan, seperti lubang atau retakan di landasan pacu, kerusakan pada penandaan, atau gangguan benda asing yang membahayakan. Hasil dari inspeksi ini biasanya digunakan untuk mengidentifikasi perbaikan yang diperlukan dan menjaga tingkat keselamatan yang tinggi di Bandar Udara.



Gambar II.1 Sisi Udara Bandar Udara
(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

2. *Foreign Object Debris (FOD)*

Foreign Object Debris (FOD) adalah suatu puing-puing batu kecil atau benda asing lainnya yang berada di sisi udara (Rahmandhani, 2023), Pesawat terkadang kehilangan bagian bagian kecil ketika mendarat. Bagian-bagian ini tetap berada di landasan dan dapat mengakibatkan kerusakan pada pesawat (Surya dkk., n.d.). FOD pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua jenis: benda lunak dan benda keras. Menurut Laporan teknis *Research and Technology Organization (RTO)* tahun 2005, dampak kerusakan benda lunak dapat diakibatkan oleh benda fleksibel seperti bangkai binatang, lempengan es, dan plastik. Sedangkan untuk benda keras dapat berupa bagian roda pesawat yang terlepas, baut, roda bekas koper penumpang, dan lain-lain.

Pendeteksian FOD Bandar Udara saat ini masih banyak secara manual biasanya mengadopsi metode *FOD walk* menggunakan mobil operasional. Deteksi manual FOD tidak hanya memiliki efisiensi rendah, tingkat *blind spot* yang tinggi, dan biaya tinggi, tetapi juga tidak dapat mewujudkan deteksi *real time* secara penuh, yang memiliki potensi besar adanya FOD yang tertinggal di *airside*. Selain pendeteksian secara manual, deteksi FOD juga dapat dilakukan dengan menggabungkan teknologi canggih salah satunya dengan menggunakan *image processing webcam*.

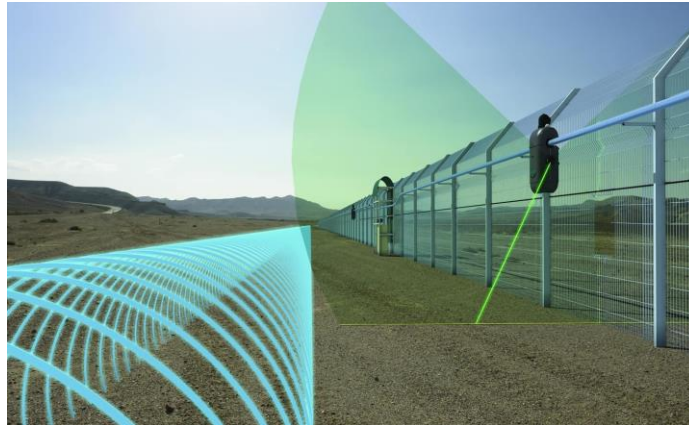


Gambar II.2 *Foreign Object Debris (FOD)*

(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

3. Sistem Pendeteksi

Sistem pendeteksi adalah perangkat atau serangkaian perangkat yang digunakan untuk mendeteksi, mengidentifikasi, atau menganalisis suatu kondisi atau perubahan dalam lingkungan tertentu (Karlina & Indarti, 2019). Sistem ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk keamanan, kesehatan, industri, transportasi, dan banyak lagi (Saputra & Chandra, 2022).



Gambar II.3 Sistem Pendeteksi

(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

4. *Image Processing*

Kemajuan dalam teknologi sistem cerdas telah menghasilkan dampak yang signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia (Rahma dkk., 2021). *Image Processing* adalah suatu teknik yang digunakan untuk memanipulasi dan menganalisis citra digital dengan tujuan tertentu. Teknik ini melibatkan berbagai algoritma dan metode untuk mengolah gambar agar dapat diinterpretasikan atau dianalisis lebih lanjut. (Putri, 2016).

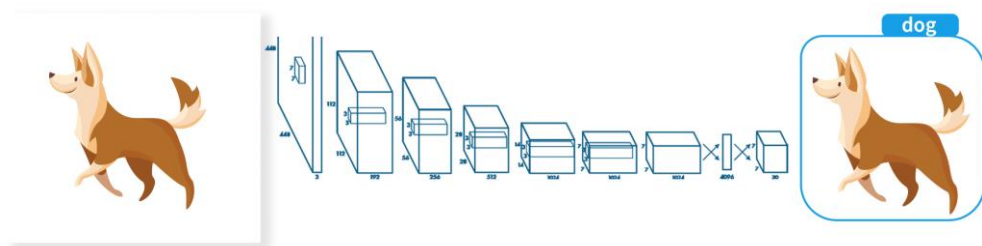


Gambar II. 4 *Image Processing*

(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

5. *You Only Look Once (YOLO)*

You Only Look Once (YOLO) adalah sebuah algoritma untuk memproses gambar melalui *neural network* (Aini dkk., 2021). Metode ini dikembangkan untuk mendeteksi objek dalam waktu nyata dengan tingkat akurasi yang tinggi (Putra dkk., 2021). YOLO dapat diterapkan dalam berbagai bidang seperti pengawasan keamanan, kendaraan otonom, pengenalan objek dalam game, dan banyak lagi dengan kemampuannya yang cepat dan akurat (Shianto dkk., 2019). YOLO telah menjadi salah satu algoritma deteksi objek yang paling banyak digunakan (Khairunnas dkk., 2021)



Gambar II. 5 *You Only Look Once (YOLO)*

(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

6. *Web-Camera*

Dalam pengolahan citra atau *image processing webcam*, peran *Web Camera (Webcam)* sangat penting karena *webcam* adalah perangkat yang mengambil gambar dari objek yang ingin diidentifikasi (Putri, 2016). Penggunaan *webcam* yang dipilih memiliki spesifikasi yang tercantum pada Tabel II.1.



Gambar II. 6 *Webcam*

(Sumber: Logitech, 2023)

Tabel II. 1 Spesifikasi *Web-Camera*

No	Spesifikasi	Uraian Spesifikasi
1	Resolusi	kamera tipe ini memiliki kemampuan merekam video dalam resolusi tinggi, seperti 4K atau 1080p.
2	Stabilitas	<i>Webcam</i> dilengkapi dengan teknologi stabilisasi gambar untuk mengurangi getaran dan guncangan saat merekam video.
3	Lensa <i>Wide-Angle</i>	<i>Webcam</i> dilengkapi dengan lensa wide-angle yang memungkinkan untuk pengambilan gambar yang luas dan mendalam.
4	Konektivitas	<i>Webcam</i> memiliki konektivitas nirkabel seperti Wi-Fi atau Bluetooth untuk menghubungkannya ke perangkat lain atau mengendalikannya secara jarak jauh melalui aplikasi.

(Sumber: Logitech, 2023)

7. *Mini Personal Computer (PC)*

Mini Personal Computer atau Laptop digunakan untuk mengontrol berbagai sistem otomatis seperti pengolahan gambar (Husna et al., 2022). *Microprocessor* membantu dalam mengekstraksi informasi yang berharga dari sinyal analog dan mengolahnya secara digital. *Mini Personal Computer* yang digunakan harus memiliki spesifikasi tertentu. Spesifikasi dari *Personal Computer* yang digunakan terlampir pada Tabel II.7.



Gambar II. 7 *Mini Personal Computer*

(Sumber: ASUS, 2023)

Tabel II. 2 Spesifikasi Mini *Personal Computer*

No	Spesifikasi	Uraian Spesifikasi
1	Procesor	Biasanya menggunakan prosesor Intel atau AMD yang lebih rendah daya, seperti Intel Core, i5 dan i7, atau prosesor AMD Ryzen.
2	RAM	Biasanya memiliki RAM DDR4 dengan kapasitas antara 4GB hingga 16GB, tergantung pada kebutuhan pengguna.
3	Penyimpanan	Mini <i>Personal Computer</i> bisa menggunakan SSD (<i>Solid State Drive</i>) untuk kinerja yang cepat dan efisiensi energi yang lebih baik. Kapasitas penyimpanan biasanya berkisar antara 128GB hingga 1TB.
4	Grafis	Mini <i>Personal Computer</i> biasanya menggunakan grafis terintegrasi, seperti Intel HD <i>Graphics</i> atau AMD <i>Radeon Graphics</i> . Mereka cocok untuk tugas-tugas ringan seperti menjalankan aplikasi kantor dan menonton video.
5	Konektivitas	Mini <i>Personal Computer</i> biasanya dilengkapi dengan berbagai jenis port seperti USB 3.0, USB-C, HDMI, <i>DisplayPort</i> , dan <i>port Ethernet</i> untuk koneksi jaringan.
6	Sistem Operasi	Bisa berjalan di berbagai sistem operasi, termasuk Windows, Linux, dan macOS, tergantung pada preferensi pengguna dan kompatibilitas perangkat keras.
7	Ukuran dan Desain	Mini <i>Personal Computer</i> memiliki berbagai desain dan ukuran, mulai dari yang seukuran kotak set-top hingga yang sekecil dongle USB. Mini <i>Personal Computer</i> sering kali dirancang untuk hemat ruang dan estetika yang bersih.

(Sumber: ASUS, 2024)

8. *Software Python*

Python secara umum berbentuk pemrograman berorientasi objek, pemrograman imperatif, dan pemrograman fungsional (Wang dkk., 2023).

Python dapat digunakan untuk berbagai keperluan pengembangan

perangkat lunak dan dapat berjalan di berbagai *platform* sistem operasi (Jaka Naufal Semendawai dkk., 2021).



Gambar II.8 *Software Python*

(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

B. Penelitian yang Relevan

Pada perencanaan dan pengembangan peneliti menelaah penelitian- penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan. Hal tersebut dibutuhkan sebagai bahan pertimbangan pembuatan tugas akhir.

Tabel II. 3 Penelitian yang Relevan Terkait Sistem Pendeteksi FOD Otomatis

No	Penelitian, Tahun, Judul	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	(Purnama dkk., 2020), Rancangan Pendeteksi (FOD) <i>Foreign Object Debris</i> Menggunakan Sensor Jarak HC-SR04 Berbasis Arduino	FOD <i>detection system</i> dikembangkan dengan mikrokontroler Arduino Nano sebagai alat pengontrol. Rangkaian akan menampilkan berupa data mengenai lokasi dan jarak objek saat objek dideteksi oleh sensor ultrasonik, kemudian data tersebut selanjutnya	Penelitian ini memuat sistem pendeteksian FOD secara otomatis	Dalam hal penerapan titik lokasi alat peneliti cakupan untuk area jangkauan masih perlu ditingkatkan lagi karena peneliti hanya membuat alat <i>passive</i> sehingga diperlukan alat yang cukup banyak apabila diimplementasikan di Bandar Udara. Selain itu, penggunaan alat yang banyak akan

- diproses menggunakan perangkat lunak Processing. Hal ini memungkinkan petugas untuk secara langsung mengetahui posisi dan jarak objek tersebut, sehingga mereka dapat segera membersihkan objek tersebut untuk mencegah gangguan terhadap pesawat.
- 2 (Raras dkk., n.d.), Rancangan Pemancar Pendeteksi *Foreign Object Debris* (FOD) Menggunakan Sinar Laser Untuk Memantau Keberadaan FOD Di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado
- Alat ini dirancang menggunakan sinar laser dan sensor cahaya berupa LDR untuk secara otomatis dan terus mendeteksi FOD. Pemancar FOD akan mengirimkan data mengenai objek dan posisi mereka, memungkinkan petugas untuk secara langsung mengetahui keberadaan FOD dan segera melakukan pembersihan. Alat ini dioperasikan dengan bantuan mobil mainan yang dilengkapi dengan baterai NiMH berkapasitas 3000mAH, yang memungkinkan robot pendeteksi untuk menempuh jarak hingga 10
- menimbulkan biaya yang cukup besar dalam pembuatan sekaligus pemeliharaan alat tersebut.
- Penelitian ini membuat sistem pendeteksian FOD secara otomatis dengan bantuan robot mobil
- Penggunaan robot dengan baterai dapat memiliki konsekuensi serius jika robot tiba-tiba berhenti di tengah lintasan, yang dapat mengancam keselamatan penerbangan. Selain itu, penggunaan pada landasan pacu yang tidak sepenuhnya rata menimbulkan tantangan tambahan, seperti penyesuaian posisi sensor objek agar sensor LDR dapat menerima pantulan cahaya laser dari cermin dengan optimal karena kurangnya dukungan untuk menjaga posisi sensor tetap stabil.

- meter.
- 3 (Sakti dkk., 2022), FOD *Detection Camera Pada Object Landasan Bandar Udara* Sistem deteksi FOD yang digunakan oleh peneliti memanfaatkan model SSD MobileNet V2 untuk menerapkan proses deteksi pada FOD dengan tujuan mendapatkan informasi tentang koordinat dan jarak objek yang relevan. Dalam konteks ini, sistem dikalibrasi kembali menggunakan model CNN. Pengujian dilakukan baik pada siang maupun malam hari, dan hasil yang diperoleh menunjukkan tingkat presisi sekitar 52% untuk mendeteksi objek baik pada jarak dekat maupun jarak jauh.
- 4 (Taupik Jajang, 2021), Perancangan Jaringan Mikrotik Untuk *Use Case Foreign Object Debris (FOD) Detector Pada Landasan Pacu Menggunakan Algoritma Machine* Pendeteksian objek dilakukan menggunakan sensor CCTV yang mengirimkan data ke jaringan Mikrotik, dan kemudian diproses menggunakan algoritma *Machine Learning* untuk melacak dan mengidentifikasi FOD atau objek berbahaya lainnya.
- Penelitian memiliki kesamaan yaitu menggunakan fitur kamera untuk mengolah gambar dalam mendeteksi FOD
- Penelitian ini memakai algoritma *machine learning* untuk memproses data gambar tangkapan FOD
- Pada penelitian ini sudah dapat mengidentifikasi *object* yang berukuran kecil namun identifikasi objek tidak disertai peringatan atau informasi data yang dikirim ke teknisi sehingga teknisi masih harus memantau dari kamera yang dinilai kurang efektif dalam penerapannya ditambah penempatan titik kamera yang pastinya dipasang di beberapa titik sehingga teknisi perlu memindai seluruh hasil kamera untuk menemukan area mana FOD terdeteksi.
- Perangkat MikroTik mungkin memiliki kapasitas komputasi yang terbatas, terutama jika harus memproses data dari sensor CCTV dan menjalankan algoritma Machine Learning secara bersamaan. Hal ini dapat mempengaruhi

- | | | | | |
|---|---|--|---|--|
| | <i>Learning Berbasis Labview</i> | Dengan adanya inovasi ini, petugas Bandar Udara tidak lagi perlu melakukan pemeriksaan FOD secara langsung di lapangan, mereka hanya perlu memantau atau memeriksa di komputer kantor. | | kinerja deteksi FOD. Selain itu Koneksi jaringan yang tidak stabil dapat menyebabkan keterlambatan atau kehilangan data dalam proses pengiriman informasi dari sensor CCTV ke jaringan MikroTik. Ini dapat mengganggu akurasi deteksi FOD. |
| 5 | (Bribe & Endrawijaya, 2018), Rancangan <i>Receiver Pendeteksi Foreign Object Debris (FOD) Untuk Membantu Petugas Teknik Umum Di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado</i> | Pembuatan <i>receiver</i> deteksi FOD dilakukan melalui dua tahap, yakni perancangan perangkat keras seperti RF <i>Receiver</i> yang bertugas menerima output dari pemancar dan mengirimkannya ke komputer. Langkah selanjutnya adalah perancangan perangkat lunak, yaitu pembuatan tampilan alarm menggunakan perangkat lunak <i>Visual Basic</i> agar data yang diterima dapat ditampilkan secara langsung dan aktual. | Penelitian ini menambahkan fitur peringatan jika FOD berhasil dideteksi | <i>Receiver</i> mungkin memiliki keterbatasan dalam sensitivitasnya terhadap sinyal yang diterima, sehingga mempengaruhi kemampuan deteksi terhadap FOD yang lebih kecil atau tersembunyi. Gangguan elektromagnetik atau interferensi sinyal dari perangkat lain di sekitarnya juga dapat mengganggu kinerja receiver, mengurangi kemampuannya untuk mendeteksi FOD dengan akurat. |
| 6 | (Adi dkk., 2022) | Penelitian ini mengusulkan pendekatan klasifikasi FOD | Penelitian ini menggunakan bantuan CNN sebagai | Pelatihan dan inferensi CNN memerlukan sumber daya |

- menggunakan algoritma komputasi yang Deep Learning. Metode Deep Learning yang memiliki hasil signifikan dalam pengenalan gambar adalah Jaringan saraf konvolusional (CNN). Berdasarkan penelitian, model CNN yang memiliki akurasi optimal menggunakan Gambar input 64 x 64, nilai learning rate 0,001, ukuran filter 3 x 3, jumlah epoch 100, jumlah *training* data 1200 data dan data uji 20 data. Algoritma dibuat mampu mengklasifikasikan objek FOD menjadi 6 kelas dengan akurasi 86,6% dan memberikan klasifikasi terbaik
- 7 (Zhong dkk., 2021) Penelitian ini mengusulkan pendekatan deteksi FOD baru berdasarkan dekomposisi mode variasi yang dioptimalkan (VMD) dan deskripsi data vektor dukungan (SVDD). Pendekatan ini menggunakan algoritma mengelola gambar komputasi yang signifikan, termasuk teknologi yang tinggi, yang bisa menjadi mahal. CNN memerlukan dataset yang besar dan beragam untuk pelatihan agar mencapai akurasi tinggi. Mengumpulkan dan memberi label pada dataset semacam itu bisa memakan waktu dan biaya yang besar.
- Penelitian ini membuat sistem pendeteksi FOD yang dapat mengklasifikasi jenisnya.
- Sistem radar biasanya lebih mahal dan kompleks untuk dipasang dan dipelihara dibandingkan dengan sistem deteksi lainnya seperti kamera optik atau sistem inframerah. Serta sensor radar senantiasa rentang

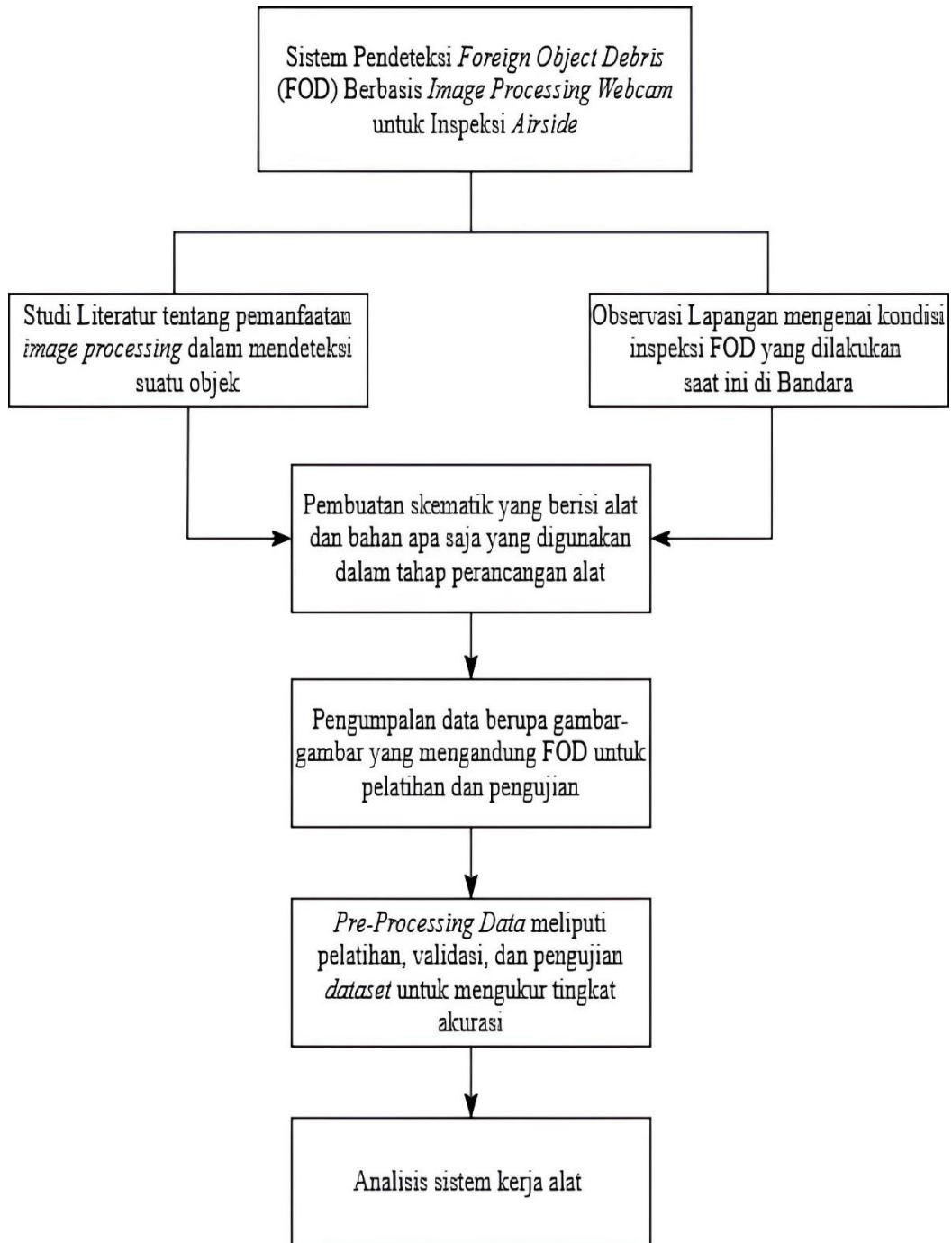
SVDD sebagai pengklasifikasi untuk membedakan sinyal FOD dari sinyal clutter. Lebih penting lagi, VMD yang dioptimalkan oleh algoritma optimasi paus (WOA) digunakan untuk meningkatkan akurasi dan stabilitas pengklasifikasi. Hasil dari simulasi dan kasus lapangan menunjukkan kinerja deteksi FOD yang sangat baik dari VMD-SV yang diusulkan

akan interferensi sinyal. Radar dapat terganggu oleh sinyal elektromagnetik lain di sekitarnya, seperti dari sistem komunikasi atau radar lain, yang dapat menyebabkan gangguan pada deteksi FOD.

(Sumber: Data Penelitian)

C. Kerangka Berpikir

Adapun kerangka berpikir dalam menentukan arah penelitian sistem pendeteksi FOD dengan memanfaatkan teknologi *image processing webcam* terlampir pada gambar II.9.



Gambar II. 9 Kerangka Berpikir
(Sumber: Data Penelitian)