

**ANALISIS SISTEM PENDETEKSI BUANG SAMPAH
SEMBARANGAN MENGGUNAKAN COMPUTER VISION
DENGAN METODE HOG FEATURE EXTRACTION SVM
CLASSIFICATION DAN CSRT TRACKING**

**ANALYZING THE DETECTING SYSTEM OF
INDISCRIMINATE WASTE DISPOSAL BY USING
COMPUTER VISION WITH HOG FEATURE EXTRACTION
SVM CLASSIFICATION AND CSRT TRACKING**

SYARIFUL MUJADDID



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**ANALISIS SISTEM PENDETEKSI BUANG SAMPAH
SEMBARANGAN MENGGUNAKAN COMPUTER VISION
DENGAN METODE HOG FEATURE EXTRACTION SVM
CLASSIFICATION DAN CSRT TRACKING**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

SYARIFUL MUJADDID

D032181007

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

ANALISIS SISTEM PENDETEKSI BUANG SAMPAH SEMBARANGAN MENGGUNAKAN COMPUTER VISION DENGAN METODE HOG FEATURE EXTRACTION SVM CLASSIFICATION DAN CSRT TRACKING

Disusun dan diajukan oleh

SYARIFUL MUJADDID
D032181007

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
Pada Tanggal 11 Juli 2022
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

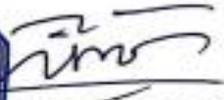
Pembimbing Utama,


Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.
NIP. 196404271989101002

Pembimbing Pendamping,


Dr. Eng. Zulkifli Tahir, S.T., M.Sc.
NIP. 198404032010121004

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin


Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Irfan Ramli, S.T., M.T.
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi S2 Teknik Elektro


Prof. Dr. Eng. Ir. Syafaruddin, ST., M.Eng., IPU
NIP. 197405301999031003

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Syariful Mujaddid
Nomor Pokok : D032181007
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 24 Januari 2022

Yang menyatakan,



Syariful Mujaddid

ABSTRAK

Syariful Mujaddid. Analisis Sistem Pendeteksi Buang Sampah Sembarangan menggunakan Computer Vision dengan HOG Feature Extraction, SVM Classification, Dan CSRT Tracking (dibimbing oleh Zahir Zainuddin dan Zulkifli Tahir).

Sampah merupakan material yang menjadi permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Taraf hidup penduduk yang meningkat berbanding lurus dengan meningkatnya tumpukan sampah. Keberadaan sampah sangat bertolak belakang dengan bidang kesehatan, kebersihan, kenyamanan, dan keindahan. Masalah mengenai sampah diakibatkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah kurangnya kesadaran masyarakat dalam membuang sampah bukan pada tempatnya. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi manusia yang membuang sampah sembarangan. Dalam melakukan proses deteksi dilakukan beberapa proses dengan memanfaatkan teknik computer vision. Proses pengolahan informasi dari gambar dalam konsep computer vision, dapat dibagi menjadi beberapa tahap yaitu preprocessing, ekstraksi fitur, klasifikasi/identifikasi, dan tracking. Proses feature extraction dilakukan dengan menggunakan metode histogram of oriented gradient (HOG), proses classification dilakukan dengan menggunakan metode support vector machine (SVM), dan proses tracking dilakukan dengan metode Channel and Spatial Reliability Tracking (CSRT). Pendeteksian dilakukan pada data latih berbentuk video. Pengujian sistem pendeteksi dilakukan menggunakan metode confusion matrix dengan 115 data. Data diambil dengan jarak minimum ± 800 cm dan ketinggian 300 cm. Hasil pengujian memperoleh hasil accuracy sebesar 86% dan F1-Score sebesar 92,6%.

Kata kunci: Deteksi, Membuang Sampah Sembarangan, HOG, SVM, CSRT.

ABSTRACT

Mujaddid, Syariful. Analyzing the detecting system of indiscriminate waste disposal by using computer vision with HOG Feature Extraction, SVM Classification, and CSRT method (Supervised by Zahir Zainuddin and Zulkifli Tahir)

Waste is a material that becomes a problem in everyday life. The increasing standard of living of the population is directly proportional to the increasing pile of garbage. The existence of waste is very contrary to the fields of health, cleanliness, comfort, and beauty. The problem is related to several factors, one of which is the lack of public awareness in disposing of waste improperly. This study aims to detect humans who litter. In carrying out the detection process, several processes are carried out by utilizing computer vision techniques. The process of processing information from images in the concept of computer vision can be divided into several stages, namely preprocessing, feature extraction, classification/identification, and tracking. The feature extraction process is carried out using the histogram of oriented gradient (HOG) method, the classification process uses the support vector machine (SVM) method, and the tracking process is carried out using the Channel and Spatial Reliability Tracking (CSRT) method. Detection is carried out on training data in the form of video. Testing the detection system is done using the confusion matrix method with 100 data. Data is taken with a minimum distance of ± 800 cm and a height of 300 cm. The test results obtained an accuracy of 86% and an F1-Score of 92.6%.

Keywords: Detection, Littering Detection, HOG, SVM, CSRT.

KATA PENGANTAR

Segala puji selalu dipanjatkan kepada Allah SWT Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya dalam menyelesaikan tesis, yang berjudul **“Analisis Sistem Pendeteksi Buang Sampah Sembarangan menggunakan Computer Vision Dengan Metode HOG Feature Extraction, SVM Classification, dan CSRT Tracking.”** Tak lupa pula shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menyinari dunia ini dengan keindahan ilmu dan akhlak yang diajarkan kepada seluruh umatnya.

Ucapan terima kasih pun penulis haturkan kepada kepada dosen pembimbing tesis Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. dan Dr.Eng. Zulkifli Tahir, S.T., M.Sc. yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan berkonsultasi tentang materi dalam tesis ini dan juga kepada seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam hal keilmuan maupun administrasi pada tahap tesis ini. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih belum sempurna. Dengan demikian, penulis tetap mengharapkan kritik dan saran dengan harapan tulisan ini bisa memberikan manfaat kepada seluruh pihak.

Makassar, 24 Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| HALAMAN PENGESAHAN..... | Error! Bookmark not defined. |
| PERNYATAAN KEASLIAN TESIS..... | Error! Bookmark not defined. |
| ABSTRAK..... | iii |
| ABSTRACT | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN | ixi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 4 |
| C. Tujuan Penelitian | 4 |
| D. Manfaat Penelitian | 4 |
| E. Batasan Masalah | 5 |
| F. Sistematika Penulisan..... | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 8 |
| A. Landasan Teori..... | 8 |
| B. Penelitian Terkait | 19 |
| C. State of The Art..... | 22 |
| D. Kerangka Pikir | 24 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 27 |
| A. Tahapan Penelitian | 27 |
| B. Waktu dan Lokasi Penelitian..... | 29 |
| C. Instrumentasi Penelitian..... | 30 |
| D. Pengambilan Data | 30 |
| E. Perancangan Sistem..... | 32 |
| F. Analisis Kinerja Sistem..... | 39 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 42 |

| | |
|----------------------------------|----|
| A. Hasil Penelitian | 42 |
| B. Pembahasan..... | 48 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 52 |
| A. Kesimpulan | 52 |
| B. Saran | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 54 |
| DAFTAR LAMPIRAN | 54 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabel 2.1 | Proses metode Channel and Spatial Reliability Tracker (CSRT) | 16 |
| Tabel 2.2 | Confusion Matrix | 18 |
| Tabel 3.1 | Instrumentasi Perangkat Penelitian | 30 |
| Tabel 4.1 | Hasil deteksi manusia membuang sampah sembarangan | 47 |
| Tabel 4.2 | Performa Sistem Dalam Pengujian Confusion Matrix | 51 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Proses Pendeteksi Objek dengan Computer Vision | 11 |
| Gambar 2.2 | Pembagian blok tiap sel pada metode HOG | 14 |
| Gambar 2.3 | Visualisasi proses Metode SVM | 15 |
| Gambar 2.4 | Kerangka pikir | 24 |
| Gambar 3.1 | Tahapan Penelitian | 27 |
| Gambar 3.2 | Skenario Pengambilan Video | 31 |
| Gambar 3.3 | Desain alur sistem deteksi membuang sampah | 33 |
| Gambar 3.4 | Level Pre-Processing Grayscale | 34 |
| Gambar 3.5 | Alur Feture Extraction Metode HOG | 37 |
| Gambar 3.6 | Alur Klasifikasi dengan Metode SVM | 38 |
| Gambar 3.7 | Alur Traking dengan Metode CSRT | 39 |
| Gambar 3.8 | Tabel Confusion Matrix | 40 |
| Gambar 4.1 | Hasil Proses Grayscale | 42 |
| Gambar 4.2 | Hasil Proses Smoothing | 43 |
| Gambar 4.3 | Hasil Proses Noise Elimination | 43 |
| Gambar 4.4 | Hasil Proses Feature Extraction Metode HOG | 44 |
| Gambar 4.5 | Hasil Proses Klasifikasi dengan Metode SVM | 45 |
| Gambar 4.6 | Kode Program HOG SVM dan Bounding Box | 45 |
| Gambar 4.7 | Hasil Proses Feature Extraction Metode HOG | 47 |
| Gambar 4.8 | Kode Program Monitoring Bounding Box | 47 |
| Gambar 4.9 | Proses Pendeteksian True Positive | 49 |
| Gambar 4.10 | Proses Pendeteksian False Positive | 50 |
| Gambar 4.11 | Proses Pendeteksian False Negatif | 50 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---------------------------------------|----|
| Lampiran 1 Snippet kode program | 59 |
|---------------------------------------|----|

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Proses pengelolaan sampah adalah salah satu masalah yang dihadapi oleh seluruh dunia termasuk Indonesia. Taraf hidup penduduk yang meningkat disebabkan karena meningkatnya pertumbuhan ekonomi, dimana seiring dengan pertumbuhan ekonomi tersebut dapat meningkatkan kegiatan produksi dan konsumsi. Peningkatan kegiatan produksi dan konsumsi akan memiliki dampak pada peningkatan jenis, jumlah dan keberagaman karakteristik timbunan sampah yang ada¹. Pada tahun 2020 Indonesia menghasilkan 67,8 juta ton sampah. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), 37,3% sampah tersebut berasal dari aktivitas rumah tangga. Pasar tradisional menjadi urutan kedua sebagai sumber sampah terbesar setelah limbah rumah tangga, yaitu 16,4%. Senilai 15,9% sampah berasal dari kawasan. Selanjutnya, 14,6% sampah berasal dari sumber lainnya.

Kehadiran sampah merupakan salah satu masalah yang sangat mengganggu dalam kehidupan masyarakat. Keberadaan sampah sangat bertolak belakang jika dihubungkan dengan bidang kesehatan, kebersihan, kenyamanan, dan keindahan². Degradasi dan pencemaran lingkungan adalah beberapa hal yang disebabkan oleh tumpukan sampah yang tidak terurus oleh masyarakat.

Permasalahan mengenai sampah diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya kurangnya kesadaran manusia dalam penanganan sampah, membuang sampah sembarangan di sungai yang mengakibatkan banjir, penggundulan hutan yang mengakibatkan longsor dan berbagai bencana lain yang disebabkan oleh kecerobohan manusia serta tindakan semena-mena terhadap alam³. Dengan berbagai masalah tersebut dapat terlihat pentingnya melakukan penanganan dari segala aspek. Pengelolaan sampah yang baik dapat mewujudkan lingkungan yang baik. Tetapi sebaliknya jika pengelolaan sampah tidak dilakukan dengan baik, hal itu akan menyebabkan berbagai masalah lingkungan dan kesehatan⁴.

Tuntutan untuk mencari solusi mengenai mengelola permasalahan sampah sangat tinggi hingga perlunya solusi yang cepat. Dalam penelitian terdahulu berfokus dalam mengelola tempat pembuangan sampah akhir, memperbaiki pola pengumpulan sampah dan melakukan daur ulang sampah⁵⁶. Dibutuhkan sebuah solusi yang berfokus untuk menangani masalah utama dalam penanganan sampah. Perilaku masyarakat adalah kunci dari proses penanganan sampah sejak dini⁷. Kesadaran dan kepedulian dalam melakukan penanganan sampah dari sisi individu adalah hal yang sangat dibutuhkan.

Penelitian ini akan memanfaatkan teknologi dalam melakukan analisis perilaku masyarakat dalam melakukan penanganan sampah, terkhusus pada proses pendeteksian masyarakat yang melakukan pelanggaran dalam penanganan sampah. Proses pendeteksian adalah masalah mendasar yang melibatkan pengolahan citra dalam bidang computer vision⁸.

Berbagai metode yang telah dikembangkan dalam proses pendeteksian diantaranya histogram of oriented gradient (HOG), metode Viola Jones dan background subtraction⁹¹⁰. Khairul dan Benny melakukan penelitian dalam mendeteksi manusia berbasis video dengan menggunakan metode background subtraction. Penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa metode background subtraction mampu melakukan pendeteksian dan penghitungan jumlah obyek pejalan kaki secara otomatis⁹. Penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan pendeteksian dengan menggunakan metode HOG dan dikombinasikan dengan metode Support vector machine (SVM) dalam proses klasifikasi objek berupa manusia.

Dalam mengetahui perilaku masyarakat dalam melakukan pelanggaran penanganan sampah atau tidak, metode pendeteksian HOG dan SVM tidaklah cukup. Penelitian yang telah banyak dilakukan hanya sebatas melakukan pendeteksian objek tanpa melakukan analisis perilaku objek. Dalam penelitian ini akan melakukan analisis perilaku objek dengan metode Channel and Spatial Reliability Tracking (CSRT).

Berdasarkan penjelasan latar belakang permasalahan dan beberapa keterbatasan penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian untuk mengatasi dampak sampah negatif pada masyarakat. Penelitian yang akan melakukan proses pendeteksian terlebih dahulu dengan metode HOG, diteruskan dengan melakukan proses klasifikasi dengan metode SVM, dan tahap akhir melakukan proses tracking untuk menganalisis perilaku objek dengan metode CSRT. Penelitian tesis ini mengangkat judul "SISTEM

DETEKSI BUANG SAMPAH SEMBARANGAN MENGGUNAKAN COMPUTER VISION”.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membangun model pendeteksian manusia yang membuang sampah dengan metode HOG, SVM, dan CSRT?
2. Bagaimana akurasi pendeteksian manusia menggunakan metode HOG, SVM, dan CSRT?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplentasikan dan mengetahui akurasi, presisi, recall dan F1 score metode HOG, SVM, dan CSRT dalam melakukan proses pendeteksian ketika ada manusia yang membuang sampah.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat bagi peneliti

Dengan adanya penelitian mengenai metode prediksi ini akan menambah wawasan peneliti bidang computer vision, terkhusus pada bidang pengolahan citra dalam proses pendeteksian. Perancangan dan implementasi proses pendeteksian yang dilakukan oleh peneliti akan memudahkan penelitian yang sejenis.

2. Manfaat bagi masyarakat

Dengan adanya penelitian mengenai sistem pendeteksian masyarakat yang membuang sampah, dapat membangun kesadaran mengenai pentingnya menjaga lingkungan untuk tetap bersih dari sampah. Disamping itu dapat meningkatkan kepedulian masyarakat untuk membuang sampah pada tempatnya.

3. Manfaat bagi Institusi

Untuk menambah kajian ilmiah dalam pengembangan pengolahan citra dan pendeteksian objek. Dengan banyak kajian ilmiah dapat digabungkan untuk membangun sistem yang bisa dijadikan Hak Paten pihak institusi.

E. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian adalah:

1. Objek penelitian dalam penelitian ini adalah manusia yang membuang sampah.
2. Proses pengambilan video dalam keadaan kondisi cahaya terang
3. Proses pendeteksian hanya bisa mendeteksi satu objek manusia.
4. Pengambilan gambar menggunakan webcam.

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian sistem deteksi buang sampah sembarangan menggunakan computer vision adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab I berisi bagian pendahuluan yang terdiri dari beberapa sub bab meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II berisi tentang landasan teori-teori yang berupa pengertian dan definisi yang diambil dari kutipan buku, jurnal dan sumber terpercaya yang berkaitan dengan penyusunan tesis dan literature review yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab III berisi uraian sistem yang akan dibangun dalam proses pendeteksian. membahas tahapan penelitian, dimulai dari proses pengumpulan data, penjabaran implementasi metode GOH, SVM, dan CSRT hingga tahap akhir yaitu metode pengujian. Disamping itu, dijelaskan juga lingkungan implementasi sistem yaitu perangkat lunak dan perangkat keras.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV bersisi hasil dan pembahasan penelitian serta implikasi dari penelitian yang dilakukan. Bab ini akan menjelaskan hasil implementasi metode HOG, SVM, dan CSRT dari perancangan sistem yang dijelaskan pada bab sebelumnya. Menjelaskan hasil analisis yang telah dilakukan pada proses pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V berisi kesimpulan dari keseluruhan proses perancangan dan implementasi sistem pendeteksian yang telah dibangun. Terdapat saran untuk pengembangan sistem yang lebih baik kedepannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Sampah

Sampah adalah suatu benda atau bahan yang sudah tidak digunakan lagi oleh manusia sehingga dibuang. Stigma masyarakat terkait sampah adalah semua sampah itu menjijikkan, kotor, dan lain-lain sehingga harus dibakar atau dibuang sebagaimana mestinya. Segala aktivitas masyarakat selalu menimbulkan sampah. Hal ini tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah daerah akan tetapi juga dari seluruh masyarakat untuk mengolah sampah agar tidak berdampak negatif bagi lingkungan sekitar¹¹.

Menurut WHO, pengertian dari sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Populasi yang terus meningkat secara signifikan akan meningkatkan jumlah produksi sampah, terutama sampah rumah tangga. Dimana sampah rumah tangga ini adalah sampah yang berasal dari kegiatan sehari-hari di rumah tangga yang tidak termasuk kotoran dan sampah khusus⁴.

Sampah dapat digolongkan menjadi dua bentuk yaitu organik dan anorganik. Pengertian dari sampah organik adalah sampah yang terbentuk dari zat-zat organik yang dapat diuraikan. Contoh sampah organik adalah daun rontok, kayu, kertas, dll. Sedangkan sampah anorganik adalah

sampah yang berasal dari benda-benda yang tidak dapat diuraikan. Contoh dari sampah model ini adalah plastik, kaleng, besi, kaca dan lain-lain¹².

2. Image Processing

Image Processing adalah metode untuk melakukan beberapa pemrosesan atau manipulasi pada gambar, untuk mendapatkan gambar yang disempurnakan atau untuk mengekstrak beberapa informasi yang berguna dari gambar tersebut. Proses dalam image processing diawali dengan mengimport gambar melalui alat akuisisi gambar, selanjutnya menganalisis dan memanipulasi gambar, dan tahap akhir mengeluarkan hasilnya dapat berupa gambar atau laporan yang diubah berdasarkan analisis gambar. Image Processing istilah lain dari pengolahan citra. Dalam pengertian umum, citra adalah gambar. Dalam pengertian yang lebih khusus, citra adalah gambaran visual mengenai suatu objek atau beberapa objek. Tentu saja, wujud citra dapat bermacam macam objek, contoh dari wujud citra adalah foto orang, gambar awan, gambar benda-benda, hasil rontgen, hingga cita satelit juga dapat dikategorikan sebagai citra¹³.

Pengolahan citra sebuah larik (array) yang berisi nilai-nilai real maupun kompleks yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu. Pengertian image processing itu sendiri merupakan salah satu jenis tipe dari pemrosesan informasi dimana input dan outputnya merupakan pengolahan citra seperti foto maupun video. Proses dasar terdiri dari beberapa jenis yaitu akuisisi citra, perbaikan citra dan penyimpanan citra¹⁴.

Image processing dapat dianggap sebagai langkah pra pemrosesan untuk visi komputer. Lebih tepatnya, tujuan pemrosesan gambar adalah

untuk mengekstrak primitif gambar mendasar, termasuk tepi dan sudut, penyaringan, operasi morfologi, dll¹⁵.

3. Computer Vision

Computer vision adalah ilmunya yang bertujuan untuk memberikan kemampuan yang serupa dengan sistem kerja pada komputer. Secara khusus computer vision berusaha untuk mengembangkan metode yang mampu meniru salah satu kemampuan yang paling menakjubkan dari sistem visual manusia, yaitu, menyimpulkan karakteristik dunia nyata 3D murni menggunakan cahaya dipantulkan ke mata dari berbagai objek. Computer vision adalah bidang ilmu komputer yang membahas bagaimana komputer memungkinkan untuk melihat, mengenali, dan memproses gambar dengan analisis yang sama seperti mata manusia, kemudian memberikan pengetahuan yang sesuai. Computer vision memiliki konsep seperti menanamkan kecerdasan manusia ke dalam komputer¹⁶. Proses pengolahan informasi dari gambar dalam konsep computer vision, dapat dibagi menjadi tiga tahap yaitu preprocessing, ekstraksi fitur dan klasifikasi/identifikasi¹⁵.

Computer vision bidang yang berhubungan dengan bagaimana komputer dapat mengembangkan pemahaman tingkat tinggi dengan menafsirkan informasi yang ada dalam gambar digital. Pengembangan computer vision membuat kemajuan besar dalam beberapa tahun terakhir, terutama karena keberhasilan pembelajaran mendalam, sub-bidang machine learning. Teknik ini telah menunjukkan ruang lingkup yang sangat besar di berbagai bidang seperti dunia kesehatan, pendidikan, dan bidang-

bidang lainnya¹⁷. Beberapa implementasi dari computer vision diantaranya adalah¹⁸:

1. Pendeteksi Objek, yaitu proses mendeteksi contoh objek semantik dari kelas tertentu (seperti manusia, pesawat terbang, atau burung) yang diperoleh dari sebuah gambar digital atau video. Proses pendeteksian objek dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode seperti CNN.



Gambar 2.1 Proses Pendeteksi Objek dengan Computer Vision

2. Pengenalan Wajah, yaitu salah satu aplikasi computer vision yang sangat populer dengan minat komersial yang cukup besar. Berbagai sistem pengenalan wajah berdasarkan ekstraksi fitur buatan tangan telah diusulkan¹⁹. Dalam proses pengenalan wajah, ekstraktor fitur mengekstrak fitur dari wajah yang disejajarkan untuk mendapatkan

representasi dimensi rendah, berdasarkan sistem klasifikasi sistem akan membuat prediksi.

3. Pengenalan perilaku dan aktivitas objek, Banyak penelitian tentang pengenalan aktivitas manusia berdasarkan teknik deep learning telah diusulkan dalam literatur dalam beberapa tahun terakhir. Deep learning digunakan untuk deteksi dan pengenalan peristiwa secara kompleks dalam video. Proses pengenalan dimulai dengan aktivitas yang menonjol digunakan untuk mendeteksi dan melokalisasi peristiwa, dan kemudian deep learning diterapkan pada fitur yang telah dilatih sebelumnya untuk mengidentifikasi dan menyesuaikan dengan peristiwa yang menjadi dasar.
4. Estimasi Pose Manusia, adalah implementasi computer vision untuk menentukan posisi sendi manusia dari gambar, urutan gambar, gambar kedalaman, atau data kerangka seperti yang disediakan oleh perangkat keras penangkap gerakan. Estimasi pose manusia adalah tugas yang sangat memiliki tantangan yang lebih besar, karena berbagai macam siluet dan penampilan manusia, pencahayaan yang sulit, dan latar belakang yang berantakan. Sebelum era deep learning, estimasi pose didasarkan pada deteksi bagian tubuh, misalnya melalui struktur gambar.

4. Histogram Of Oriented Gradients (HOG)

Dalam komputer Visi dan image processing, histogram gradien berorientasi deskriptor fitur yang dimanfaatkan dengan tujuan untuk proses deteksi objek. Munculnya orientasi gradien di bagian gambar adalah

counted. Metode HOG sama dengan yang ada pada skala fitur invariant Transform, Edge Orientation histogram dan konteks bentuk, namun dalam proses normalisasi kontras lokal yang tumpang tindih dan dihitung pada grid padat dari sel spasi yang seragam untuk meningkatkan akurasi.

HOG didefinisikan sebagai teknik ekstraksi fitur dalam pengolahan citra yang mengelompokkan nilai gradien piksel menurut orientasi arah pada setiap bagian lokal dari citra. Tujuan HOG adalah untuk menggambarkan sebuah gambar dengan histogram gradien berorientasi lokal. Histogram ini mewakili kejadian dari orientasi gradien tertentu di bagian local gambar. HOG dapat dihitung dengan tiga langkah: gradien perhitungan, orientasi Binning, dan histogram generasi²⁰.

Perhitungan fitur Gradient Chart HOG dilakukan berdasarkan grafik gradien. Pertama gradient horizontal dx dan gradien vertikal dy dari gambar tampak depan dihitung. Besaran gradien dan arah dapat diperoleh sesuai dengan Persamaan (1) dan (2), Gambar gradien dapat diperoleh dengan ukuran yang sama dari gambar asli.

$$A(x, y) = \sqrt{(L(x + 1, y) - L(x - 1, y))^2 + (L(x, y + 1) - (L(x, y - 1)))^2} \quad (1)$$

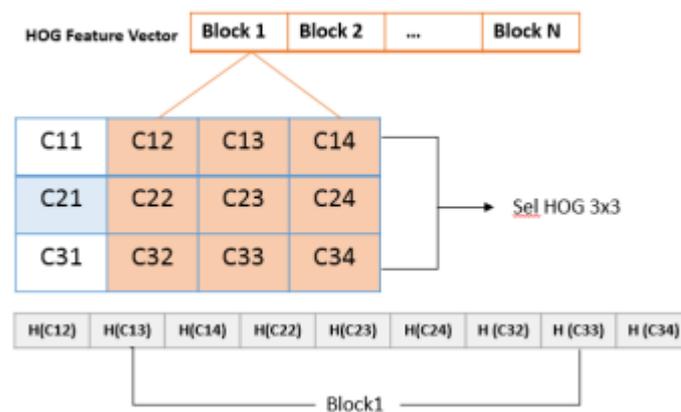
$$\theta(x, y) = \arctan \left(\frac{(L(x, y+1) - L(x, y-1))}{(L(x+1, y) - L(x+1, 1))} \right) \quad (2)$$

Setelah melakukan penghitungan gradient HOG, selanjutnya melakukan penghitungan vektor. Deteksi slip pada gambar yang diinput. Ambil amplitudo gradien setiap piksel sebagai bobot, dan hitung histogram arah gradien sel dengan mengambil gambar integral, membentuk grup vektor fitur HOGc 9 dimensi. Bentuklah kelompok vektor HOGb 36-dimensi

dari HOGc blok yang dibuat dari kombinasi histogram arah gradien empat sel dan Menggunakan persamaan berikut untuk vektor ternormalisasi.

$$V^* = \frac{V}{\sqrt{\|V\|_2^2 + \epsilon^2}} \quad (3)$$

Di mana V adalah vektor asli, V^* adalah vektor yang dinormalisasi, dan ϵ adalah konstanta kecil²¹. Gambar 2 merupakan gambaran dari pembagian blok setiap sel pada metode HOG, dimana nilai ini yang akan digunakan sebagai nilai blok per-HOG Feature Vector. Setiap nilai HOG Feature Vector diperoleh dari perhitungan dari tiap kolom citra²².



Gambar 2.2 Pembagian blok tiap sel pada metode HOG

5. Support Vector Machine (SVM)

Metode SVM, salah satu teknologi machine learning berbasis teori pembelajaran statistic. SVM adalah pengklasifikasi linear umum untuk klasifikasi biner data dalam pembelajaran yang diawasi yang telah menunjukkan kinerja yang lebih tinggi dari pada metode pembelajaran tradisional dalam memecahkan masalah klasifikasi pengenalan pola dan

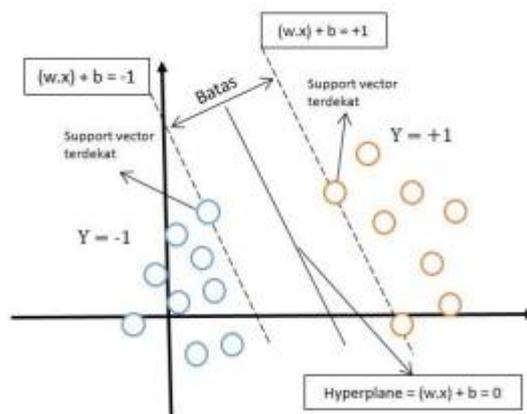
pengenalan suara. Dibandingkan dengan algoritma klasifikasi lainnya, SVM dapat memecahkan masalah sampel kecil, nonlinier, dan dimensi tinggi dengan lebih baik²³.

Metode SVM melakukan klasifikasi biner yang memanfaatkan suatu persamaan hyperplane yang membagi dua kelas seperti (Gambar 3). Data dipisahkan dalam dua kelas label yaitu $y \in \{-1, 1\}$. Data $x \in X$ merupakan feature vector dengan $d = 1, 2, \dots, Nd$ dimensi. Untuk $d = 2$ maka hyperplane berupa garis, sementara untuk $d = 3$ berupa plane. Persamaan hyperplane ditunjukkan oleh persamaan (4) dengan parameter klasifikasinya adalah nilai w dan b sebagai nilai bobot dan bias ditunjukkan oleh persamaan (5) dan persamaan (6) secara berturut-turut.

$$f_{svm}(x) = w \cdot x + b \quad (4)$$

$$w = \sum_{i=1}^N a_i y_i x_i \quad (5)$$

$$b = -\frac{1}{2} (w \cdot x^+ + w \cdot x^-) \quad (6)$$



Gambar 2.3 Visualisasi proses Metode SVM

6. Channel and Spatial Reliability Tracker (CSRT)

Metode Channel and Spatial Reliability Tracker (CSRT) adalah metode pelacakan diusulkan dengan berdasarkan pada metode Discriminative Correlation Filter (DCF). Dengan proses pengembangan tersebut membuat kinerja metode CSRT meningkat dengan memperkenalkan keandalan spasial dan saluran aplikasi. Sebuah "peta keandalan spasial" diusulkan untuk melakukan pengenalan ukuran filter yang "tepat", sehingga memungkinkan "harmonisasi" ukuran filter dan, membuat pelacak CSRT lebih baik dari pada DCF. Peningkatan tersebut dapat terwujud dengan data sampel yang relevan, serta untuk melakukan "non-persegi panjang" pemindaian objek (fitur penting untuk objek yang "memperluas" bentuknya atau skalanya dimodifikasi). Proses pelacakan diukur untuk mengekstrak "bobot" relevansi dari setiap filter saluran, kemudian mengintegrasikannya untuk mendapatkan peta keluaran²⁴. Proses metode pelacakan CSRT:

Tabel 2.1 Proses metode Channel and Spatial Reliability Tracker (CSRT)

| |
|--|
| <p>Require:</p> <p>Image I_t, object position on previous frame P_{t-1}, scale S_{t-1}, filter h_{t-1}, color histograms $ct-1$, channel Reliability w_{t-1}.</p> <p>Ensure:</p> <p>Position P_t, scale st and updated models.</p> <p>Localization and scale estimation:</p> <p>New target location P_t: position of the maximum in correlation between h_{t-1} and image patch features f extracted on position P_{t-1} and weighted by the channel reliability scores w</p> |
|--|

Using per-channel responses, estimate detection reliability $\ddot{\mathbf{w}}(\text{det})$

Using location $\mathbf{P}t$, estimate new scale st .

Update

Extract foreground and background histograms $\hat{\mathbf{c}}^f, \hat{\mathbf{c}}^b$

,

Update foreground and background histograms

$$c_t^f = (1 - \eta_c)c_{t-1}^f + \eta_c c^f, c_t^b = (1 - \eta_c)c_{t-1}^b + \eta_c c^b$$

Estimate reliability map \mathbf{m}

Estimate a new filter $\hat{\mathbf{h}}$

Estimate learning channel reliability $\ddot{\mathbf{w}}(\text{lrn})$ from \mathbf{h}

Calculate channel reliability $\ddot{\mathbf{w}} = \ddot{\mathbf{w}}(\text{lrn}) \odot \ddot{\mathbf{w}}(\text{det})$

Update filter $\mathbf{h}t = (1 - \eta)\mathbf{h}t - 1 + \eta\hat{\mathbf{h}}$

Update channel reliability $\mathbf{w}t = (1 - \eta)\mathbf{w}t - 1 + \eta\ddot{\mathbf{w}}$

CSRT hanya menggunakan dua fitur standar, yaitu metode HOG dan nama warna, untuk mencapai respons korelasi antar saluran yang baik. Proses pelacakan akan diawali dengan estimasi skala, estimasi skala dilakukan dengan membuat posisi target baru menggunakan posisi maksimum dalam korelasi antara fitur filter dan patch gambar yang diekstraksi pada posisi sebelumnya dan bobot dengan skor keandalan saluran. Selanjutnya perkiraan keandalan deteksi menggunakan respons

per saluran, terakhir menggunakan lokasi baru untuk mendapatkan skala baru²⁵.

7. Confusion Matrix

Proses pengujian klasifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode confusion matrix. Confusion matrix adalah metode yang menggambarkan performa dari sebuah model atau metode klasifikasi secara spesifik. Dalam tabel confusion matrix memiliki baris dan kolom yang memiliki arti masing-masing. Setiap baris dari matrix yang ada akan menggambarkan kelas aktual dari data, dan setiap kolom menggambarkan kelas prediksi dari data. Matrix dari proses pengujian data dilihat pada tabel dibawah²⁶:

Tabel 2.2 Confusion Matrix

| KATEGORI | | NILAI KLASIFIKASI | |
|--------------|--------------|-------------------|--------------|
| | | <i>BENAR</i> | <i>SALAH</i> |
| NILAI ACTUAL | <i>BENAR</i> | TP | FP |
| | <i>SALAH</i> | FN | TN |

True Positive (TP) = Jumlah banyak data yang aktual kelasnya positif dan memprediksi positif.

True Negative (TN) = Jumlah banyak data yang aktual kelasnya negative dan memprediksi negatif.

False Positive (FP) = Jumlah banyak data yang aktual kelasnya positif, namun hasil klasifikasi negatif.

False Negative (FN)= Jumlah banyak data yang aktual kelasnya negatif, namun hasil klasifikasi positif.

Pengujian akan dilakukan dengan melihat nilai Accuracy, precision, recall, dan F1-Score dari keseluruhan data percobaan. Accuracy adalah jumlah keseluruhan seberapa sering metode melakukan klasifikasi secara benar. Precision adalah jumlah dari metode dalam melakukan klasifikasi secara benar, seberapa sering klasifikasi itu benar. Recall (Sensitivity / True Positive Rate) proses ketika aktualnya positif, seberapa sering metode melakukan klasifikasi positif. F1-Score adalah nilai rata-rata harmonik dari Precision dan Recall. Formula dari keseluruhan pengujian dapat dilihat pada persamaan berikut²⁷²⁸:

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (7)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (8)$$

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (9)$$

$$\text{F1-Score} = 2 * \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (10)$$

B. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terkait identifikasi pemangkasan cabang di antaranya sebagai berikut:

- a. Penelitian terkait mengenai proses pendeteksi sampah dilakukan pada tahun 2015, proses pendeteksian dilakukan dengan mendeteksi sampah organik dan anorganik. Pendeteksian sampah dilakukan dengan mengkombinasikan mikrokontroler dan metode fuzzy. Dari 100 percobaan yang dilakukan masih terdapat error yang besar yaitu 37% yang disebabkan adanya pengaruh frekuensi yang tidak stabil yang didapatkan oleh plat kapasitor. Nilai akurasi yang diperoleh sebesar 63%²⁹.
- b. Tahun selanjutnya itu 2016 penelitian yang mengambil sampah sebagai objek penelitian dilakukan kembali. Proses pendeteksian sampah dilakukan untuk masyarakat dapat melacak dan melaporkan kondisi tumpukan sampah disekitar mereka. Proses pendeteksian diambil melalui smartphone, berdasarkan pengambilan gambar dapat mendeteksi tumpukan sampah yang ada pada gambar. Penelitian ini melibatkan metode Convolutional Neural Network (CNN). Metode CNN tersebut telah dilatih pada kumpulan dalam data Garbage In Images (GINI) dan mencapai akurasi rata-rata 87,69% dalam pengujian³⁰.
- c. Tahun 2017 dilakukan penelitian mengenai pendeteksi sampah, penelitian tersebut melakukan perancangan sekaligus membangun alat pemilah sampah cerdas otomatis. Proses klasifikasi logam dan non-logam dilakukan dengan menggunakan sensor. Keseluruhan penelitian menggunakan sensor kapasitif proximity, induktif proximity dan sensor ultrasonic. Ketiga sensor bekerja sesuai dengan fungsinya

masing-masing. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa alat pembuatan pendeteksi sampah logam dan non-logam hanya dapat bekerja jika sensor proximity kapasitif berjarak dari objek sampah 0-15mm dan sensor proximity induktif 0-8mm³¹.

- d. Ariyanto, dkk ³² melakukan penelitian mengenai pendeteksian orang yang membuang sampah. Penelitian yang dilakukan bermaksud untuk membentuk pola pikir dari masyarakat agar dapat lebih peduli terhadap lingkungan. Proses dilakukan dengan menggabungkan raspberry Pi dan camera untuk mendeteksi objek. Dari hasil percobaan, jarak deteksi antara pagi, siang dan sore memiliki nilai yang berbeda. Pada jarak kurang 120 meter dan lebih dari 280 meter tidak terdeteksi. dan nilai intensitas matahari tertinggi tepat di atas khatulistiwa, yaitu lebih dari 950x100 lux.
- e. Wolf, dkk ³³ melakukan penelitian mengenai pendeteksian sampah plastik dengan menggunakan machine learning. Proses pendeteksian menggunakan metode convolutional neural networks (CNNs). Metode CNNs dikembangkan menjadi APLASTIC-Q yaitu metode yang terdiri dari dua komponen pembelajaran mesin yaitu pendeteksi sampah plastik (PLD-CNN) dan pengukur sampah plastik (PLQ-CNN). PLD-CNN berhasil mengkategorikan target sebagai air, pasir, vegetasi dan sampah plastik dengan akurasi 83%. PLQ-CNN lebih lanjut membedakan dan menghitung item sampah di masing-masing kelas yang didefinisikan sebagai botol air, styrofoam, tabung, karton,

mangkuk, sepatu, kemasan polistiren, cangkir, tekstil, tas jinjing kecil atau besar dan memiliki akurasi sebesar 71%.

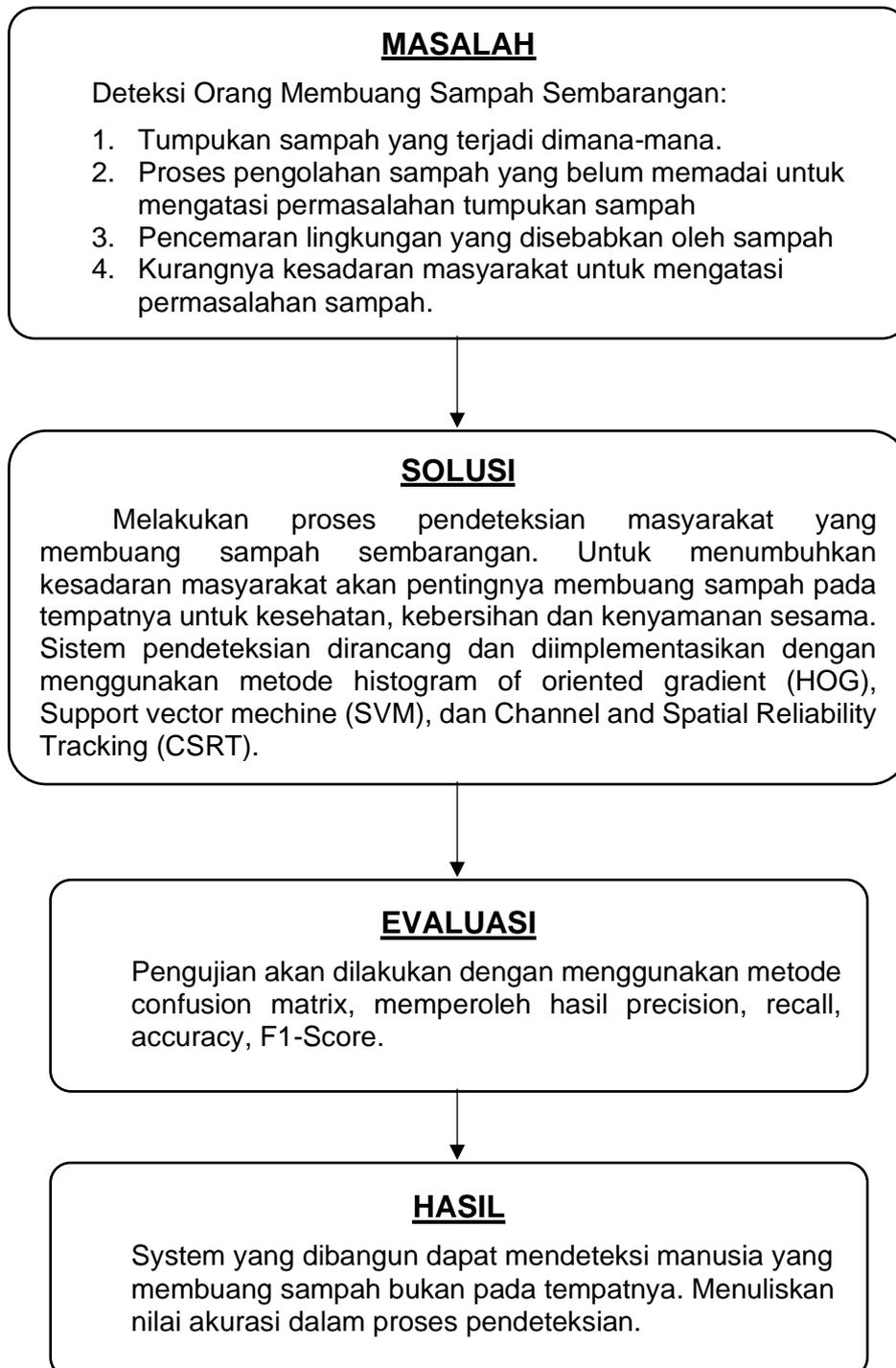
C. State of The Art

Pendeteksi sampah telah lama dijadikan sebagai objek penelitian dengan pemodelan dan perangkat yang berbeda-beda. Putra, dkk. menghasilkan sebuah aplikasi yang dapat mendeteksi, melacak, dan menghitung limbah sampah sungai menggunakan algoritma YOLO v3³⁴. Penelitian yang tidak jauh berbeda dilakukan oleh Panwar, dkk³⁵, yaitu mendeteksi sampah yang ada di tepi pantai. Dengan bantuan model data Aqua Trash dan metode Renina-Net sistem pendeteksian sampah pada tepi pantai. Penelitian terbaru oleh Sarker, dkk, melakukan pendeteksian pembuang sampah dengan menggunakan metode yang berbeda dari penelitian sebelumnya. Proses penelitian dimulai dengan mengurangi tingkat kebisingan dengan menerapkan operasi pelabelan dan penyaringan. Proses mengekstraksi vektor fitur dilakukan dengan metode histogram of oriented gradients (HOG). Terakhir, dengan menerapkan pengklasifikasi support vector machine classifier (SVM) sistem akan mengidentifikasi manusia dan sampah dari bingkai video³⁶.

Sedikit berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian yang akan dilakukan adalah proses pendeteksian masyarakat yang membuang sampah sembarangan. Proses pendeteksian akan mengkombinasikan tiga metode yang memiliki fungsi masing-masing. Dataset masukan berupa video yang nantinya akan diproses. Penelitian ini diawali dengan melakukan

ekstraksi pada video dengan menggunakan metode histogram of oriented gradients (HOG). Selanjutnya melakukan proses klasifikasi antar objek yaitu manusia dan sampah dengan menggunakan metode support vector machine classifier (SVM). Terakhir melakukan pemantauan objek untuk menganalisis perilaku objek, proses analisis memperoleh hasil keputusan objek dapat dikategorikan membuang sampah pada tempatnya atau melanggar peraturan dengan membuang sampah sembarangan. Proses pemantauan dilakukan dengan metode Channel and Spatial Reliability Tracker (CSRT).

D. Kerangka Pikir



Gambar 2.4 Kerangka pikir

Gambar 4 menggambarkan kerangka pikir dalam penelitian ini. Tahap awal dilakukan identifikasi masalah mengenai dampak dari sampah yang ada di sekeliling masyarakat. Permasalahan yang muncul dimulai dengan tumpukan sampah yang terjadi dimana-mana, hingga permasalahan yang ditimbulkan oleh sampah seperti mengganggu kesehatan dan kenyamanan, pencemaran lingkungan. Banyaknya permasalahan muncul salah satu diakibatkan oleh kurangnya kesadaran masyarakat untuk menangani sampah sejak dini.

Dari banyaknya permasalahan yang ada maka ditawarkan solusi yaitu membangun sistem yang dapat mendeteksi manusia yang membuang sampah bukan pada tempatnya. Dengan adanya sistem pendeteksian ini diharapkan dapat memberikan kesadaran pada masyarakat untuk pentingnya menjaga lingkungan.

Proses pendeteksian dibangun dengan mengkombinasikan beberapa metode yang memiliki fungsi yang berbeda-beda. Metode histogram of oriented gradient (HOG) berfungsi untuk melakukan ekstraksi objek, metode Support vector machine (SVM) untuk melakukan klasifikasi, dan Channel and Spatial Reliability Tracking (CSRT) digunakan untuk melakukan pemantauan objek apakah dapat dikategorikan membuang sampah bukan pada tempatnya atau tidak.

Setelah merancang dan mengimplementasikan metode HOG, SVM, dan CSRT dalam mendeteksi orang yang membuang sampah bukan pada tempatnya, dilakukan pengujian untuk mengetahui performa sistem yang

dibangun. Proses pengujian dilakukan dengan metode confusion matrix, memperoleh hasil precision, recall, accuracy, F1-Score.