

TUGAS AKHIR

**PERANGKAT LUNAK PENDETEKSI KATEGORI SAMPAH
MENGUNAKAN METODE *YOU ONLY LOOK ONCE*
(YOLO)**



Oleh:

Ja'far 2024250032

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN REKAYASA
UNIVERSITAS MULTI DATA PALEMBANG
PALEMBANG
2024**

Fakultas Ilmu Komputer dan Rekayasa Universitas Multi Data Palembang

Program Studi Informatika
Tugas Akhir Sarjana Komputer
Semester Gasal Tahun 2023/2024

PERANGKAT LUNAK PENDETEKSI KATEGORI SAMPAH MENGUNAKAN METODE *YOU ONLY LOOK ONCE* (YOLO)

Ja'far

2024250032

Abstrak

Sampah merupakan sisa dari kegiatan sehari-hari manusia ataupun alam yang sudah tidak dibutuhkan lagi. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, timbulan sampah di Indonesia mencapai 36 ton per tahun dengan sampah yang tidak terkelola sebanyak 13 juta ton per tahun. Penanganan sampah yang tidak dilakukan dengan baik dapat menimbulkan berbagai masalah. Salah satu sumber sampah tidak terkelola yang paling banyak adalah di sekolah. Penyebabnya adalah ketidahahtahuan serta rendahnya kepedulian yang berujung kemalasan siswa dalam membuang sampah sesuai kategori. Proyek ini bertujuan untuk membuat sebuah sistem yang dapat membantu siswa dalam mengetahui kategori sampah tertentu serta dengan sistem royalti poin yang membuat para siswa menjadi lebih semangat. Metode yang digunakan yaitu *You Only Look Once Version 5* dengan arsitektur Darknet dengan pembagian dataset 80% *training*, 10% *validation*, dan 10% *testing*. Hasil pengujian metode tersebut pada tahap pengembangan menunjukkan nilai *recall* sebesar 92,4%, *precision* sebesar 88,4%, dan mAP sebesar 96,4%. Sementara pada tahap penerapan pada *smartphone*, nilai *recall* mencapai 89,9% dengan *precision* sebesar 94,2%, dan kecepatan deteksi rata-rata sekitar 1,68 detik.

Kata kunci: Sampah, *You Only Look Once*, Arsitektur Darknet



BAB 1

PENDAHULUAN

Bab ini mencakup tinjauan umum dari masalah yang akan dibahas. Dalam bab pendahuluan ini terdiri dari beberapa sub bab, yaitu latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, analisis terhadap batasan, analisis terhadap karakteristik solusi, pemilihan solusi dan teknik, serta skenario pemanfaatan produk oleh pengguna.

1.1 Latar Belakang Masalah

Sampah merupakan sisa dari kegiatan sehari-hari manusia ataupun alam yang sudah tidak dibutuhkan lagi (Yafi & Utaminingrum, 2022). Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan /atau proses alam yang terbentuk padat yang terkandung bahan organik ataupun anorganik, dimana bahan tersebut dapat terurai maupun tidak terurai.

Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022) timbulan sampah di Indonesia mencapai 36 juta ton per tahun dengan sampah yang tidak terkelola sebanyak 37% atau sekitar 13 juta ton per tahun. Penanganan sampah yang tidak dilakukan dengan baik dapat menimbulkan berbagai masalah seperti banjir, pencemaran tanah, pencemaran udara, dan kerusakan lainnya (Hendra, 2016). Selain itu sampah organik dan anorganik yang tergabung atau tidak dipisah dapat menjadi sumber penyakit karena dapat menjadi sarang bakteri dan kuman (Rahman

& Bambang, 2020). Beberapa sampah anorganik seperti plastik tidak dapat terurai hingga 100 tahun (Purwaningrum, 2016).

Menurut ibu Jessie Zarastami, S.E., M.Si. selaku Ketua Tim Penanganan Sampah Dinas Lingkungan Hidup Kota Palembang, setiap tahun jumlah sampah di TPA selalu meningkat. Beberapa alasannya karena sampah-sampah tersebut sulit untuk didaur ulang karena sampah yang masuk banyak yang tidak dipilah. Dampak dari tidak memilah sampah itu banyak sekali, salah satunya adalah pencemaran lingkungan. Menurut ibu Jessie Zarastami, penyebab masyarakat itu belum membuang sampah sesuai kategorinya karena beberapa faktor, seperti kurangnya sosialisasi ke masyarakat mengenai pentingnya membuang sampah sesuai kategori, kurangnya ketegasan dari pemerintah, kurangnya pengetahuan dan kepedulian masyarakat mengenai sampah, dan lain-lain.

Permasalahan sampah bukan hanya terjadi di industri ataupun sumber sampah besar lainnya, namun juga terjadi di sekolah. Sekolah merupakan tempat berkumpulnya banyak orang yang dapat menjadi penghasil sampah terbesar selain pasar, rumah tangga, industry, dan perkantoran (Lando dkk., 2022). Pemilahan sampah yang kurang baik di sekolah, dapat menimbulkan masalah-masalah yang ditimbulkan dari tercampurnya sampah.

Berdasarkan hasil wawancara kepada ibu Reny Efrianty S.E., M.Si. selaku Wakil Kepala Sekolah Sarana dan Prasarana SMA Negeri 18 Palembang, mengatakan bahwa siswa-siswi di sekolah, masih membuang sampah tidak sesuai kategorinya. Hal tersebut bisa terjadi karena ketidaktahuan siswa mengenai pemilahan sampah sesuai kategori, yang mana ketidaktahuan itulah yang salah

satunya menyebabkan kemalasan para siswa untuk memilah dan membuang sampah sesuai kategorinya.

Kemudian berdasarkan hasil wawancara kepada ibu Dini Martati M.H., S.Pd., selaku Staff Tata Usaha SMA IBA Palembang, juga mengatakan bahwa walaupun dari sekolah ini sudah disediakan beberapa kotak sampah dengan berbagai kategori seperti organik, anorganik, dan B3, namun para siswa-siswi masih membuang sampah ke tempat yang tidak sesuai dengan kategorinya.

Selanjutnya dilakukan wawancara kepada ibu Maryuniarti, selaku Guru di SMA Negeri 5 Palembang. Hasil dari wawancara tersebut bahwa masih banyak siswa yang belum membuang sampah sesuai kategorinya. Padahal di sekolah sudah disediakan kotak sampah sesuai kategori di setiap kelas bahkan di setiap sudut sekolah. Namun tetap masih ada siswa-siswi yang sudah membuang sampah sesuai kategorinya.

Kemudian berdasarkan hasil wawancara kepada ibu Novilia selaku Waka Kurikulum SMA Adabiyah Palembang, mengatakan bahwa di SMA Adabiyah sudah memiliki kotak sampah beda kategori, seperti organik dan anorganik dan Sebagian besar siswa sudah membuang sampah sesuai kategori. Namun masih ada beberapa siswa yang tidak membuang sampah sesuai kategori karena tidak tahu kategori sampah tersebut.

Berdasarkan hasil wawancara diatas, ternyata permasalahan sampah juga masih terjadi di lingkungan sekolah, dimana para siswa masih tidak membuang sampah sesuai kategori. Jika dari masa sekolah tidak terbentuk pola pikir untuk membuang sampah sesuai kategorinya, maka kebiasaan membuang sampah sesuai

kategorinya pun akan terus berlanjut hingga dewasa yang berakibat timbulnya masalah-masalah sampah seperti yang sudah disebutkan diatas.

Solusi dari permasalahan diatas salah satunya dapat dilakukan dengan sosialisasi rutin kepada peserta didik supaya terbentuk rasa kepedulian dan keingintahuan mengenai pemilahan sampah ini dengan bentuk implementasi dengan tujuan agar mereka melakukan pemilahan secara berkelanjutan. Bentuk implementasinya menggunakan teknologi supaya para siswa tertarik untuk menerapkannya. Oleh karena itu, solusi dengan bentuk implementasi yang diajukan dalam *capstone project* ini adalah sebuah sistem yang dapat mendeteksi kategori sampah dengan cepat dan tepat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang terbentuk adalah bagaimana membuat suatu sistem yang dapat mendeteksi kategori sampah.

1.3 Analisis Terhadap Batasan

1.3.1 Analisis terhadap Aspek Ekonomis

Dalam melakukan analisis terhadap aspek ekonomis ini, setidaknya terdapat dua sudut pandang, yaitu sudut pandang pengguna dan sudut pandang pengembang. Pada projek ini akan dilakukan survey ke 4 sekolah yaitu SMA Negeri 18 Palembang, SMA Negeri IBA Palembang, SMA Negeri 5 Palembang, SMA Adabiyah Palembang dan 1 Dinas yaitu Dinas Lingkungan Hidup Kota Palembang sebagai sudut pandang dari pengguna. Sementara itu, untuk menganalisis dari sudut pengembang akan dilakukan survey ke salah satu Perusahaan IT di Palembang bernama *Smart Integrated System (SIS)*.

Berdasarkan hasil wawancara di Perusahaan IT *Smart Integrated System*, setidaknya terdapat 1 variabel utama penentu harga sebuah aplikasi, yaitu seberapa berguna aplikasi tersebut bagi pengguna. Sementara variabel pendukung lainnya seperti jumlah karyawan, status pengguna, dan lain-lain. Menurut Bapak Bhagaskara selaku CEO *Smart Integrated System*, sebuah aplikasi yang bisa mendeteksi kategori sampah dengan target pengguna yang masih berhubungan di dunia pendidikan, bisa ditawarkan dengan harga kisaran Rp1.000.000 per Instansi.

Berikut hasil wawancara Instansi (pengguna) yang dapat dilihat pada tabel

1.1

Tabel 1.1 Hasil Wawancara Aspek Ekonomis dari 5 Instansi

No.	Perusahaan / Organisasi	Harga yang disepakati
1.	SMA Negeri 18 Palembang	Rp1.000.000
2.	SMA IBA Palembang	Rp1.000.000
3.	SMA Negeri 5 Palembang	Rp1.000.000
4.	SMA Adabiyah Palembang	Rp1.000.000
5.	Dinas Lingkungan Hidup Kota Palembang	Rp1.000.000

Selanjutnya dari sisi pengembang aplikasi, setidaknya terdapat 2 biaya, yaitu Biaya Pemrograman dan Biaya Tambahan. Biaya Pemrograman menggunakan taraf programmer fresh graduate yaitu Rp3.500.000/bulan. Sementara untuk Biaya Tambahan yaitu penggunaan Google Colab Pro dengan harga Rp200.000/bulan. Jika pemrograman aplikasi dilakukan selama satu setengah

bulan dan penggunaan Google Colab Pro hanya 1 bulan, Berikut tabel rincian untuk harga pengembangan aplikasi.

Tabel 1.2 Rincian Harga Pengembangan Aplikasi

Jenis	Biaya	Lama waktu	Total
Pemrograman	Rp3.500.000 / bulan	1,5 bulan	Rp5.250.000
Google Colab Pro	Rp200.000 / bulan	1 bulan	Rp200.000
Total			Rp5.450.000

1.3.2 Analisis terhadap Aspek Manufakturabilitas

Dalam melakukan analisis terhadap aspek manufakturabilitas ini, dilakukan dengan wawancara ke 5 instansi (pengguna). Wawancara tersebut mengenai kebutuhan dan waktu penyelesaian perangkat lunak dengan tujuan untuk membatasi waktu penyelesaian masalah atau pengembangan perangkat lunak. Terdapat 3 aspek kebutuhan serta waktu penyelesaiannya, yaitu Deteksi kategori sampah selama 1 bulan, Dapat digunakan dari jarak cukup jauh (100cm) selama 2 minggu, dan Dapat digunakan pada pencahayaan yang rendah selama 2 minggu. Berikut tabel 1.3 yang menunjukkan hasil wawancara mengenai aspek manufakturabilitas.

Tabel 1.3 Hasil Wawancara Aspek Manufakturabilitas dari 5 Instansi

Aspek	SMAN 18	SMA IBA	SMAN 5	SMA Adabiyah	DLHK
Deteksi kategori sampah (1 bulan)	OK	OK	OK	OK	OK
Dapat digunakan dari jarak cukup jauh (100cm) (2 minggu)	OK	OK	OK	OK	OK
Dapat digunakan pada pencahayaan yang rendah (2 minggu)	Tidak terlalu berpengaruh	Tidak terlalu berpengaruh	Tidak perlu	OK	OK
Total = 2 bulan					

Berdasarkan tabel 1.3, semua instansi menyetujui semua fitur yang ditawarkan serta lama pengembangannya kecuali pada fitur “Digunakan pada pencahayaan yang rendah” yang dilakukan selama 2 minggu. Berdasarkan hasil wawancara, menurut beberapa instansi fitur tersebut tidak perlu dihadirkan didalam aplikasi mengingat akan jarang pengguna aplikasi dalam keadaan

pencahayaan rendah. Oleh karena itu, lama pengembangan pada aspek manufakturabilitas yaitu hanya satu setengah bulau atau 6 minggu.

1.3.3 Analisis terhadap Aspek Sustainability

Dalam melakukan analisis terhadap aspek sustainability ini, dilakukan dengan wawancara ke 5 instansi (pengguna). Wawancara tersebut mengenai kinerja perangkat lunak dalam beroperasi. Terdapat 1 aspek dalam kinerja perangkat lunak dalam beroperasi yaitu perangkat lunak dapat mendeteksi kategori sampah dalam waktu singkat (1s). Berikut tabel 1.4 yang menunjukkan hasil wawancara mengenai aspek sustainability.

Tabel 1.4 Hasil Wawancara Aspek Sustainability dari 5 Instansi

Aspek	SMAN 18	SMA IBA	SMAN 5	SMA Adabiyah	DLHK
Perangkat lunak dapat mendeteksi kategori sampah dalam waktu singkat (1s)	OK	OK	OK	OK	OK

1.4 Analisis Terhadap Karakteristik Solusi

Dalam melakukan analisis terhadap karakteristik solusi, dilakukan dengan melihat masalah yang dialami oleh perusahaan atau instansi berdasarkan hasil wawancara. Masalah tersebut yaitu ketidakpedulian tentang pembuangan sampah dengan kategori yang sesuai. Hal tersebut dikarenakan ketidaktahuan yang

berujung kemalasan dalam hal pembuangan sampah sesuai kategori ini. Solusi yang diajukan untuk permasalahan ini yaitu sistem yang mampu mendeteksi sampah sesuai kategorinya.

Dalam penerapan sistemnya, setidaknya terdapat 2 solusi yaitu penerapan menggunakan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Penerapan dengan perangkat keras dapat berupa kamera seperti *raspberry pi camera* dengan *raspberry pi 4* sebagai *microcontroller*-nya yang diletakkan di dekat pembuangan sampah. Solusi ini memiliki kekurangan seperti penerapannya hanya untuk 1 tempat pembuangan sampah, harganya relatif mahal, dan lain-lain. Solusi lainnya yaitu dengan perangkat lunak dimana pengguna menggunakan perangkat lunak tersebut untuk mendeteksi kategori sampah. Solusi ini dinilai cukup murah, karena instansi cukup membeli sekali dan dapat digunakan oleh semua anggota instansi (dalam hal ini siswa). Selain itu, pengguna dapat menggunakan perangkat lunak tersebut dimanapun dan kapanpun karena perangkat lunak tersebut digunakan pada *smartphone* pengguna. Perangkat lunak juga memiliki fitur royalti poin yang didapat dari hasil deteksi per sampah. Poin tersebut dapat digunakan berbagai hal, tergantung kebijakan instansi dengan tujuan agar pengguna semangat dalam menggunakan aplikasi tersebut. Terakhir, perangkat lunak yang dibangun mampu mendeteksi lebih dari 1 sampah, sehingga pengguna dapat memilah kategori sampah dengan mudah dan cepat.

1.5 Pemilihan Solusi

Solusi dalam pemilahan sampah di sebuah instansi dapat dilakukan dengan berbagai cara, baik itu dengan mempekerjakan seseorang untuk memilah sampah

ataupun dengan menggunakan teknologi untuk membantu proses pemilahannya. Pemilahan sampah dengan mempekerjakan seseorang, dilakukan ketika sampah tersebut sudah tercampur di tempat pembuangan sementara pada sebuah instansi. Sampah-sampah tersebut akan di pilah secara manual sebelum nantinya sampah tersebut diangkut ke tempat pembuangan selanjutnya. Berdasarkan data dari (Gajimu - WageIndicator Foundation, 2023), gaji seorang tukang sampah berkisar antara Rp1.680.319 hingga Rp4.125.088 per bulan. Dengan kata lain, instansi harus menyiapkan dana sebesar nominal diatas hanya untuk proses pemilahan sampah. Hal tersebut mungkin tidak dapat dilakukan oleh semua instansi karena dana yang harus dikeluarkan cukup besar untuk sebuah permasalahan yang sebenarnya dapat dicegah dari sumber permasalahannya.

Alternatif solusi lain dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi. Setidaknya terdapat dua solusi yang mungkin dengan menggunakan teknologi ini, yaitu dengan perangkat keras (*hardware*) atau dengan perangkat lunak (*software*). Solusi dengan perangkat keras dapat dikembangkan menggunakan *raspberry pi camera* yang terintegrasi dengan *raspberry pi 4* sebagai *microcontroller*-nya. Penerapan dari solusi ini yaitu dengan meletakkan *raspberry pi camera* di dekat tempat pembuangan sampah. Pengguna cukup mengarahkan sampah ke kamera dan otomatis sistem akan menampilkan teks kategori dari sampah tersebut. Solusi ini membutuhkan banyak rangkaian perangkat keras seperti *microcontroller*, *raspberry pi camera module*, kabel, sumber listrik/baterai, dan lain-lain yang memiliki harga tidak murah. Selain itu penerapan solusi ini hanya bisa ditempatkan di satu tempat, karena perangkat keras harus diletakkan di sekitar tempat tersebut.

Jika ingin diterapkan di semua tempat sampah, maka biaya yang harus dikeluarkan akan sangat besar. Maka solusi ini akan sulit diterapkan di instansi seperti sekolah.

Solusi lainnya yaitu dengan menggunakan perangkat lunak. Dengan perangkat lunak, pengguna cukup menggunakan *smartphone* nya untuk mendeteksi kategori sampah. Solusi ini juga tidak membutuhkan perangkat keras tambahan selain *smartphone* pengguna, sehingga tidak memiliki biaya tambahan selain biaya perangkat lunak. Selain itu, karena menggunakan *smartphone*, pengguna dapat mendeteksi kategori sampah tersebut dimanapun dan kapanpun. Berdasarkan paparan diatas, solusi terbaik yang akan digunakan yaitu dengan perangkat lunak.

Untuk menerapkan solusi tersebut, dibutuhkan metode untuk pembuatan model yang dapat mendeteksi kategori sampah. Metode yang digunakan harus menggunakan metode *object detection*, karena sampah yang ingin dideteksi bisa lebih dari 1 dan bisa memiliki kategori berbeda. Terdapat beberapa metode *object detection* yang bisa digunakan yaitu kelompok *Region Proposal* seperti R-CNN (*Region-based Convolutional Neural Network*), Fast R-CNN (*Fast Region-based Convolutional Neural Network*), Faster R-CNN (*Faster Region-based Convolutional Neural Network*), dan kelompok *Single Shot* seperti YOLO (*You Only Look Once*) dan SSD (*Single Shot Detector*).

Terdapat penelitian yang menggunakan metode diatas seperti yang dilakukan oleh (Patel dkk., 2021). Penelitian tersebut mengenai sistem deteksi sampah dengan menggunakan berbagai algoritma yang salah satunya adalah *EfficientDet-D1*. *EfficientDet-D1* merupakan perkembangan dari *EfficientDet-D0* yang merupakan integrasi dari Algoritma *EfficientDet* sebagai *backbone* dan *Bi-*

directional Feature Pyramid Network (BiFPN). Resolusi gambar yang digunakan yaitu 640x640 dengan Jumlah *epoch* sebanyak 500, nilai *mAP* yang didapat dari model *EfficientDet-D1* ini yaitu 0.360.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh (Thokrairak dkk., 2020) yang menggunakan metode *SSD-MobileNet* untuk mendeteksi sampah. Sampah yang digunakan pada penelitiannya yaitu Botol Plastik, Botol Kaca, dan Kaleng dengan masing-masing 317 gambar. Model tersebut dilatih dengan 24000 steps dengan lama proses training 9 jam. Estimasi *loss value* dari proses *training* yaitu 0,2711. Hasil akurasi yang didapat dari ketiga sampah tersebut yaitu kurang lebih 87% dengan lama prediksi sampah dengan sangat cepat yaitu jauh kurang dari 1 detik.

Kemudian terdapat penelitian lain yang menggunakan metode *SSD-MobileNet* seperti yang dilakukan oleh (Bian dkk., 2021). Pada penelitian tersebut bertujuan untuk membuat sistem deteksi sampah medis. Dataset yang digunakan terdiri dari 4 jenis sampah medis, yaitu jarum suntik, tas infus, tang hemostatik dan sarung tangan. Nilai *learning rate* yang dipakai untuk penelitian tersebut adalah 0.001 dengan banyak iterasi sebanyak 12000. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut yaitu nilai *mAP* sebesar 73.3%, dengan nilai *confidence* lebih dari 80%, rata-rata akurasi sebesar 98.5% dan rata-rata pengenalan sampah selama 52 *milisecond*.

Berikutnya penelitian tentang deteksi objek yang dilakukan oleh (Rahman & Bambang, 2020) mengenai deteksi objek sampah dengan menggunakan metode *Faster R-CNN*. Pada penelitian tersebut didapat akurasi sebesar 74% dan untuk

video *realtime* dapat mendeteksi dengan kecepatan 1.35 *frame per second* (fps) pada resolusi 176 x 144 piksel.

(Ma dkk., 2020) pernah melakukan penelitian mengenai deteksi sampah dengan menggunakan algoritma *Faster R-CNN* dengan *ResNet-101* sebagai *Backbone* nya. Dataset yang digunakan merupakan hasil foto sendiri dengan menggunakan kamera Sony SLR dengan total gambar 9000. Sampah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *cardboard*, kaca, kertas, plastik, dan metal. Ukuran dari gambar tersebut yaitu 1891 x 1263 piksel dengan format jpg. Hasil yang didapat dari model tersebut yaitu nilai *mAP* sebesar 76.48 dengan FPS 9 p/s.

(Patel dkk., 2021) juga pernah melakukan penelitian mengenai deteksi sampah dengan menggunakan algoritma *Faster R-CNN ResNet-101*. Ukuran gambar yang dipakai yaitu 640 x 640 dengan *epoch* sebanyak 500. Hasil dari penelitian tersebut didapat bahwa Nilai *mAP* yang didapat dari algoritma *Faster R-CNN ResNet 101* adalah 0.586.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh (Patel dkk., 2021) mengenai deteksi sampah dengan menggunakan algoritma *SSD ResNet-50 FPN (RetinaNet50)*. Ukuran gambar yang dipakai yaitu 640 x 640 dengan *epoch* sebanyak 500. Hasil dari penelitian tersebut didapat bahwa Nilai *mAP* yang didapat dari algoritma *SSD ResNet-50 FPN (RetinaNet50)* adalah 0.511.

(Ma dkk., 2020) juga pernah melakukan penelitian menggunakan algoritma *YOLOv3* dengan *Darknet* sebagai *backbone* nya. Dataset yang digunakan merupakan hasil foto sendiri dengan menggunakan kamera Sony SLR dengan total gambar 9000. Sampah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *cardboard*, kaca,

kertas, plastik, dan metal. Ukuran dari gambar tersebut yaitu 1891 x 1263 piksel dengan format jpg. Hasil dari penelitian tersebut didapat bahwa model *YOLOv3 Darknet* mendapatkan nilai *mAP* sebesar 64.32% dengan fps (*frame per second*) sebesar 65.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Patel dkk., 2021) mengenai deteksi sampah dengan menggunakan algoritma *CenterNet ResNet-101 FPN*. Ukuran gambar yang dipakai yaitu 640 x 640 dengan *epoch* sebanyak 500. Hasil dari penelitian tersebut didapat bahwa Nilai *mAP* yang didapat dari algoritma *CenterNet ResNet-101 FPN* adalah 0.595.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh (Li dkk., 2020) menggunakan metode *Mask Scoring R-CNN* untuk melakukan *recognition and classification* objek sampah. Dalam penelitiannya, dataset yang digunakan merupakan dataset hasil buatan sendiri dengan standar *Beijing Municipal* untuk klasifikasi sampah. Jumlah gambar yang digunakan sebanyak 5000 gambar untuk *training* dan 100 gambar untuk *testing*. Hasil yang didapat dari metode *Mask Scoring R-CNN* adalah 65.8% untuk rata-rata akurasi. Akurasi yang didapat relatif kecil karena *Mask Scoring R-CNN* kurang mampu untuk mendeteksi gambar yang kompleks atau *background color* yang mirip dengan objek sampahnya.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh (Sun dkk., 2023) dengan menggunakan berbagai algoritma yang salah satunya adalah *YOLOv5*. Pada penelitian tersebut menggunakan dataset publik yang berjudul “Huawei Garbage Classification Challenge Cup” yang berjumlah 17057 gambar termasuk 38 kategori. Pembagian datasetnya terdiri dari 60% data *training*, 20% data *validation*, dan 20%

data *testing*. Untuk parameter yang digunakan yaitu *epoch* sebesar 500, *batch size* sebesar 32, *momentum* sebesar 0.937, dan dengan *learning rate* sebesar 0,01%. Nilai *mAP* yang didapat dari model tersebut yaitu 72%.

Dalam kasus deteksi objek, salah satu parameter yang penting dalam proses evaluasi yaitu *mAP*. *mAP* (*mean Average Precision*) adalah formula untuk menghitung seberapa akurat model dalam melakukan deteksi. Semakin tinggi nilai *mAP*, maka semakin akurat model tersebut dalam mendeteksi sebuah objek. Berikut tabel 1.5 yang menunjukkan ringkasan dari penelitian diatas beserta nilai *mAP* nya.

Tabel 1.5 Tabel Ringkasan Penelitian terkait

No.	Metode	mAP (%)
1.	<i>EfficientDet-D1</i> dengan <i>Bi-directional Feature Pyramid Network</i> (BiFPN)	36%
2.	<i>SSD-MobileNet</i>	73.3%
3.	<i>Faster R-CNN</i> dengan ResNet-101	76.48%
4.	<i>YOLOv3</i> dengan <i>DarkNet</i>	64.32%
5.	<i>Mask Scoring R-CNN</i>	65.8%
6.	<i>YOLOv5</i> dengan <i>DarkNet</i>	72%
7.	<i>SSD ResNet-50 FPN</i> (<i>RetinaNet50</i>)	51.1%
8.	<i>CenterNet ResNet-101 FPN</i>	59.5%

Berdasarkan tabel 1.5 diatas, metode dengan nilai *mAP* tertinggi yaitu *SSD MobileNet* dengan nilai *mAP* sebesar 73.3%, *Faster R-CNN ResNet 101* dengan nilai *mAP* sebesar 76.48%, dan *YOLOv5* dengan nilai *mAP* sebesar 72%.

Selanjutnya yaitu pemilihan 1 metode terbaik dari 3 metode yang sudah terpilih berdasarkan aspek-aspek sebelumnya. Berdasarkan informasi dari (Paperswithcode, 2021), *Faster R-CNN ResNet 101* memiliki *model size* sebesar 232.24 MB serta memiliki *layer* sebanyak 101. *SSD MobileNet* memiliki *model size* sebesar 16.9 MB (Neuralscope, 2019) serta memiliki *layer* sebanyak 28 (Niu dkk., 2019) Sementara itu *YOLOv5* memiliki *model size* sebesar 42 MB untuk varian *YOLOv5m* dengan jumlah *layer* sebanyak 24 dan 2 *fully connected layer*. Semakin besar ukuran model dan semakin banyak *layer*, maka kebutuhan spesifikasi *smartphone* juga semakin tinggi. Dengan kata lain, solusi dengan *Faster R-CNN ResNet 101* akan membutuhkan *smartphone* dengan harga yang lebih mahal jika dibandingkan dengan *SSD MobileNet* dan *YOLOv5*. Selanjutnya dilihat dari jumlah parameter dan *layer*. *Faster R-CNN ResNet 101* memiliki 52.79 juta parameter (Anna, 2023), *SSD MobileNet* memiliki 5.7 juta parameter, dan *YOLOv5* memiliki 21 juta parameter. Jumlah parameter dan jumlah *layer* akan memengaruhi lama proses *training model* tersebut. Disebutkan *Faster R-CNN ResNet 101* memiliki 101 *layer* dengan 52.79 juta parameter yang pastinya proses *training*-nya akan memakan waktu lebih lama dibandingkan dengan kedua metode lainnya. Selanjutnya dilihat dari kecepatan. Berdasarkan penelitian terkait, *Faster R-CNN ResNet 101* memiliki kecepatan deteksi 1.7 - 9 f/s, *SSD MobileNet* memiliki

kecepatan cukup tinggi yaitu 52 *milisecond* tiap *frame* atau citra, sementara *YOLOv5* kecepatan deteksi yaitu 42.6 *milisecond* tiap citra.

Berdasarkan paparan sebelumnya, karena penerapan perangkat lunak menggunakan *smartphone* yang mana memiliki *resource* terbatas, maka solusi *YOLOv5* dipilih karena memiliki *model size* kecil, jumlah *layer* sedikit, jumlah parameter relatif sedikit, komputasi ringan serta kecepatan deteksi yang mumpuni.

1.6 Skenario Pemanfaatan Produk oleh Pengguna

Perangkat lunak yang dibuat merupakan aplikasi yang dapat mendeteksi sampah organik, anorganik, dan B3. Aplikasi ini nanti dapat dijalankan pada perangkat *smartphone*. Pengguna cukup mengarahkan kamera *smartphone* ke arah sampah yang ingin di deteksi, maka secara otomatis perangkat lunak akan menampilkan tulisan kategori sampah tersebut.

1.7 Tujuan

Pembuatan *capstone project* ini memiliki tujuan yaitu mengembangkan perangkat lunak yang mampu mendeteksi kategori dan mengklasifikasi sampah organik, anorganik, dan B3 untuk membantu dalam proses pemilahan sampah.



DAFTAR PUSTAKA

- ADMINLP2M. (2022, Juni 7). *Metode Waterfall – Definisi dan Tahap-tahap Pelaksanaannya*.
- Ali, H., Khursheed, M., Fatima, S. K., Shuja, S. M., & Noor, S. (2019). Object Recognition for Dental Instruments Using SSD-MobileNet. *2019 International Conference on Information Science and Communication Technology (ICISCT)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CISCT.2019.8777441>
- Anna, G. (2023). *faster-rcnn-resnet101-coco-sparse-60-0001*. https://github.com/openvinotoolkit/open_model_zoo/tree/master/models/intel/faster-rcnn-resnet101-coco-sparse-60-0001
- Ariyadi, M. R. N., Pribadi, M. R., & Widiyanto, E. P. (2023). Unmanned Aerial Vehicle for Remote Sensing Detection of Oil Palm Trees Using You Only Look Once and Convolutional Neural Network. *2023 10th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, 226–230. <https://doi.org/10.1109/EECSI59885.2023.10295670>
- Bahaghighat, M., Xin, Q., Motamedi, S., Mohammadi Zanjireh, M., & Vacavant, A. (2020). Estimation of Wind Turbine Angular Velocity Remotely Found on Video Mining and Convolutional Neural Network. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app10103544>
- Bian, X., Chen, Y., Wang, S., Cheng, F., & Cao, H. (2021). Medical Waste Classification System Based on OpenCV and SSD-MobileNet for 5G. *2021 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/WCNCW49093.2021.9420036>
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv preprint arXiv:2004.10934*.
- Du, J. (2018). Understanding of object detection based on CNN family and YOLO. *Journal of Physics: Conference Series*, 1004, 012029.
- Fahrezi, A., Salam, F. N., Ibrahim, G. M., Syaiful, R. R., & Saifudin, A. (2022). Pengujian Black Box Testing pada Aplikasi Inventori Barang Berbasis Web di PT. AINO Indonesia. *LOGIC: Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan*, 1(01), 1–5.
- Gajimu - WageIndicator Foundation. (2023). *Gaji Tukang Sampah*. <https://gajimu.com/tips-karir/indonesia-pekerjaan-dan-gaji/indonesia-pengumpul-dan-pendaur-ulang->

- Li, S., Yan, M., & Xu, J. (2020). Garbage object recognition and classification based on Mask Scoring RCNN. *2020 International Conference on Culture-oriented Science & Technology (ICCST)*, 54–58.
- Luvsandorj, Z. (2021, Mei 14). *Precision-Recall curve explained*.
- Ma, W., Wang, X., & Yu, J. (2020). A Lightweight Feature Fusion Single Shot Multibox Detector for Garbage Detection. *IEEE Access*, 8, 188577–188586. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3031990>
- Melinte, D. O., Travediu, A.-M., & Dumitriu, D. N. (2020). Deep Convolutional Neural Networks Object Detector for Real-Time Waste Identification. *Applied Sciences*, 10(20). <https://doi.org/10.3390/app10207301>
- Neuralscope. (2019). *Benchmark Description MobileNet*. <https://neuralscope.org/mobile/index.php?route=product/benchmark>
- Niu, Q., Teng, Y., & Chen, L. (2019). Design of gesture recognition system based on Deep Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1168, 032082. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1168/3/032082>
- Paperswithcode. (2021, Februari 23). *Faster R-CNN*. <https://paperswithcode.com/model/faster-r-cnn?variant=faster-r-cnn-r-50-fpn>
- Patel, D., Patel, F., Patel, S., Patel, N., Shah, D., & Patel, V. (2021). Garbage Detection using Advanced Object Detection Techniques. *2021 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS)*, 526–531. <https://doi.org/10.1109/ICAIS50930.2021.9395916>
- Phiphitphatphaisit, S., & Surinta, O. (2020). *Food Image Classification with Improved MobileNet Architecture and Data Augmentation*.
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8(2), 141–147.
- Quan, L., Xu, L., Li, L., Wang, H., & Huang, X. (2021). Solar Active Region Detection Using Deep Learning. *Electronics*, 10, 2284. <https://doi.org/10.3390/electronics10182284>
- Rahman, M. F., & Bambang, B. (2020). Deteksi sampah pada real-time video menggunakan metode faster r-cnn. *Applied Technology and Computing Science Journal*, 3(2), 117–125.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE conference on*

computer vision and pattern recognition, 779–788.

Redmon, J., & Farhadi, A. (2017). YOLO9000: better, faster, stronger. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 7263–7271.

Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). Yolov3: An incremental improvement. *arXiv preprint arXiv:1804.02767*.

Rizki, Y., Taufiq, R. M., Mukhtar, H., Wenando, F. A., & Amien, J. Al. (2020). Comparison Between Faster R-CNN and CNN in Recognizing Weaving Patterns. *2020 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS)*, 81–86. <https://doi.org/10.1109/ICIMCIS51567.2020.9354324>

Saputra, M. H., Erwanto, D., & Rizal, R. F. (2022). Penghitung Jumlah Pengunjung Objek Wisata Dengan Metode Deep Learning MobileNet-SSD. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 21(2), 145–154.

Sun, Q., Zhang, X., Li, Y., & Wang, J. (2023). YOLOv5-OCDS: An Improved Garbage Detection Model Based on YOLOv5. *Electronics*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/electronics12163403>

Syahputra, Z. (2023). Penerapan SSD-MobileNet Dalam Identitas Jenis Buah Apel. *Indonesian Journal of Education And Computer Science*, 1(1), 1–7.

Tamin, O., Moug, E. G., Dargham, J. A., Yahya, F., Farzamnia, A., Sia, F., Naim, N. F. M., & Angeline, L. (2023). On-Shore Plastic Waste Detection with YOLOv5 and RGB-Near-Infrared Fusion: A State-of-the-Art Solution for Accurate and Efficient Environmental Monitoring. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/bdcc7020103>

Thokkairak, S., Thibuy, K., & Jitngernmadan, P. (2020). Valuable Waste Classification Modeling based on SSD-MobileNet. *2020 - 5th International Conference on Information Technology (InCIT)*, 228–232. <https://doi.org/10.1109/InCIT50588.2020.9310928>

Tsang, S.-H. (2018, September 15). *Review: ResNet — Winner of ILSVRC 2015 (Image Classification, Localization, Detection)*.

Wu, T.-H., Wang, T.-W., & Liu, Y.-Q. (2021). Real-Time Vehicle and Distance Detection Based on Improved Yolo v5 Network. *2021 3rd World Symposium on Artificial Intelligence (WSAI)*, 24–28. <https://doi.org/10.1109/WSAI51899.2021.9486316>

WuZhe. (2022, Maret 16). *YOLOv5 (6.0/6.1) brief summary*.

- Yafi, D. M., & Utaminingrum, F. (2022). Sistem Klasifikasi Sampah Perkantoran menggunakan Metode Faster Region Based Convolutional Neural Network berbasis NVIDIA Jetson Nano. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(7), 3122–3127.
- Zhang, F., Li, Q., Ren, Y., Xu, H., Song, Y., & Liu, S. (2019). An Expression Recognition Method on Robots Based on Mobilenet V2-SSD. *2019 6th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI)*, 118–122. <https://doi.org/10.1109/ICSAI48974.2019.9010173>

