

**IMPLEMENTASI *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DENGAN ARSITEKTUR RESNET50
UNTUK IDENTIFIKASI JENIS SAMPAH PLASTIK**

Tugas Akhir

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Mencapai Derajat
Sarjana Komputer**



Dibuat Oleh:

JASINTA LILIANA SETIANI

160708661

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN ARSITEKTUR RESNET50
UNTUK IDENTIFIKASI JENIS SAMPAH PLASTIK

yang disusun oleh

JASINTA LILIANA SETIANI

160708661

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 16 Juli 2020

		Keterangan
Dosen Pembimbing 1	: Martinus Maslim, ST., MT.	Telah menyetujui
Dosen Pembimbing 2	: B. Yudi Dwiandiyanta, ST., MT.	Telah menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	: Martinus Maslim, ST., MT.	Telah menyetujui
Penguji 2	: Yulius Harjoseputro, ST., MT.	Telah menyetujui
Penguji 3	: Paulus Mudjihartono, ST., MT., PhD	Telah menyetujui

Yogyakarta, 16 Juli 2020

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Fakultas Teknologi Industri

Dekan

ttd

Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc



PERNYATAAN ORISINALITAS & PUBLIKASI ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Jasinta Liliana Setiani
NPM : 160708661
Program Studi : Informatika
Fakultas : Teknologi Industri
Judul Penelitian : Implementasi *Convolutional Neural Network*
dengan Arsitektur ResNet50 untuk Identifikasi
Jenis Sampah Plastik

Menyatakan dengan ini:

1. Tugas Akhir ini adalah benar tidak merupakan salinan sebagian atau keseluruhan dari karya penelitian lain.
2. Memberikan kepada Universitas Atma Jaya Yogyakarta atas penelitian ini, berupa Hak untuk menyimpan, mengelola, mendistribusikan, dan menampilkan hasil penelitian selama tetap mencantumkan nama penulis.
3. Bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum atas pelanggaran Hak Cipta dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 10 Juli 2020

Yang menyatakan,

Jasinta Liliana Setiani

160708661

HALAMAN PERSEMBAHAN



*This too,
shall pass.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan pembuatan tugas akhir “Implementasi *Convolutional Neural Network* dengan Arsitektur ResNet50 untuk Identifikasi Jenis Sampah Plastik” ini dengan baik.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai derajat sarjana Informatika dari Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan tugas akhir ini penulis telah mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dorongan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang selalu membimbing dalam iman-Nya, memberikan berkat-Nya, dan menyertai penulis selalu.
2. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Martinus Maslim, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I dan Kepala Program Studi Informatika yang telah membimbing dan memberikan masukan serta motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak B. Yudi Dwiandiyanta, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan masukan serta motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Benyamin Langgu Sinaga, S.T., M.Comp.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing, memberi motivasi dan inspirasi kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Bapak A.J. Liem Sioe Siet sebagai salah satu pendiri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang memberi kesempatan kepada penulis untuk menerima dan menjadi bagian dari *Liem Family Scholarship Batch 1*.

7. Seluruh Dosen, Staf Pengajar, dan Kakak Asisten Dosen Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah menginspirasi, membantu, dan memberikan ilmunya kepada penulis selama perkuliahan.
8. Orang tua, adik, dan seluruh keluarga besar penulis yang selalu memberi dukungan dalam segala hal dan doa kepada penulis.
9. Jason, Leon, Aldo, Theo, Danny, Andrew VS, Ananda, Yoyo, Wendy sebagai sahabat penulis yang sangat baik dan murah hati, yang membantu, mendukung, dan memberi motivasi penulis selama masa perkuliahan.
10. Rio dan Geo yang dengan sabar dan baik hati telah banyak membantu dan memberikan saran kepada penulis untuk penyelesaian penulisan tugas akhir.
11. Paguyuban Lektor St. Antonius Purbayan Surakarta yang menjadi wadah bagi penulis untuk melayani Tuhan dan lebih merasakan kasih-Nya dalam setiap perjalanan hidup penulis. Seluruh teman-teman lektor terutama Dea, Mbak Nopik, Mbak Gia, Mas Tegar, Mbak Veni, Mbak Sanza, Mas Deo, Mbak Meli, Cik Claudia, Monika, Giga, Cik Christy, Josefina, Rosa, Pak Irwan, Bu Yuni, Bu Agnes, Bu Imung, dan Mamah Nanik.
12. Grup D'SALS yakni Livia, Angel, Lauren, Stefi, dan Anna yang selalu menemani, mendukung, dan menyemangati penulis.
13. Teman-teman yang sudah menginspirasi, membantu, dan memberikan semangat kepada penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Demikian laporan tugas akhir ini dibuat, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 09 Juli 2020

Jasinta Liliana Setiani

160708661

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS & PUBLIKASI ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
INTISARI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Metode Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
BAB III LANDASAN TEORI.....	12
3.1. Sampah Plastik.....	12
3.2. <i>Machine Learning</i>	12
3.3. <i>Deep Learning</i>	13
3.4. <i>Computer Vision</i>	14
3.5. <i>Convolutional Neural Network</i>	14
3.6. <i>Transfer Learning</i>	16
3.7. <i>Residual Networks</i>	16

3.8.	<i>Dataset</i>	17
BAB IV DATASET DAN PERSIAPAN PENGEMBANGAN MODEL		19
4.1.	Deskripsi <i>Problem</i>	19
4.2.	Diagram Alir Pengembangan Model	20
4.3.	Alat Penelitian.....	21
4.3.1.	Perangkat Keras	22
4.3.2.	Perangkat Lunak.....	22
4.4.	Analisis <i>Dataset</i>	22
4.4.1.	<i>Dataset Augmentation</i>	23
4.4.2.	<i>Dataset Preprocessing</i>	25
BAB V PENGEMBANGAN DAN PENGUJIAN MODEL		26
5.1.	Pengembangan Model.....	26
5.2.	Proses dan Hasil Pelatihan Model.....	30
5.3.	Persiapan Pengujian Model.....	37
5.4.	Diagram Alir Pengujian Model.....	38
5.5.	Pembahasan Kode Pengujian Model.....	39
5.6.	Hasil Pengujian Model.....	44
BAB VI PENUTUP		59
6.1.	Kesimpulan	59
6.2.	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Blok Residual [43]	16
Gambar 3. 2. Arsitektur Jaringan ResNet untuk ImageNet [12].....	17
Gambar 4. 1. Diagram Alir Pengembangan Model.....	20
Gambar 4. 2. Potongan Kode Data <i>Augmentation</i>	24
Gambar 4. 3. Potongan Kode Data <i>Preprocessing</i>	25
Gambar 5. 1. Arsitektur Model CNN pada Penelitian	26
Gambar 5. 2. Potongan Kode Load Arsitektur ResNet50.....	27
Gambar 5. 3. Potongan Kode <i>Freeze Convolutional Base</i>	28
Gambar 5. 4. Hasil <i>Freeze</i> Arsitektur ResNet50.....	28
Gambar 5. 5. Potongan Kode Bagian <i>Classifier</i>	29
Gambar 5. 6. Hasil <i>Summary</i> Model Penelitian	30
Gambar 5. 7. Potongan Kode untuk Pelatihan Model menggunakan 50 <i>epochs</i> ...	31
Gambar 5. 8. Grafik hasil Pelatihan Model dengan 50 <i>epochs</i> (Percobaan 1).....	33
Gambar 5. 9. Grafik Hasil Pelatihan Model dengan 100 <i>epochs</i> (Percobaan 2)....	33
Gambar 5. 10. Grafik Hasil Pelatihan Model dengan 150 <i>epochs</i> (Percobaan 3)..	34
Gambar 5. 11. Grafik Hasil Pelatihan Model dengan 50 <i>epochs</i> (Percobaan 4)....	35
Gambar 5. 12. Grafik Hasil Pelatihan Model dengan 100 <i>epochs</i> (Percobaan 5)..	35
Gambar 5. 13. Grafik Hasil Pelatihan Model dengan 150 <i>epochs</i> (Percobaan 6)..	36
Gambar 5. 14. Potongan Kode untuk <i>Generator Data Testing</i>	37
Gambar 5. 15. Diagram Alir Pengujian Model	38
Gambar 5. 16. Potongan Kode Pengujian Model dengan Rasio <i>Dataset</i> 80:15:5 .	39
Gambar 5. 17. Potongan Kode <i>Evaluate</i> Model	41
Gambar 5. 18. Potongan Kode Pengujian Model dengan Rasio <i>Dataset</i> 70:20:10	42
Gambar 5. 19. Hasil Pengujian Model Percobaan 1 – Bagian 1	44
Gambar 5. 20. Hasil Pengujian Model Percobaan 1 – Bagian 2	44
Gambar 5. 21. Hasil Pengujian Model Percobaan 1 – Bagian 3	45
Gambar 5. 22. Hasil Pengujian Model Percobaan 1 – Bagian 4	45
Gambar 5. 23. Hasil Pengujian Model Percobaan 2 – Bagian 1	46

Gambar 5. 24. Hasil Pengujian Model Percobaan 2 – Bagian 2	46
Gambar 5. 25. Hasil Pengujian Model Percobaan 2 – Bagian 3	47
Gambar 5. 26. Hasil Pengujian Model Percobaan 2 – Bagian 4	47
Gambar 5. 27. Hasil Pengujian Model Percobaan 3 – Bagian 1	48
Gambar 5. 28. Hasil Pengujian Model Percobaan 3 – Bagian 2	48
Gambar 5. 29. Hasil Pengujian Model Percobaan 3 - Bagian 3.....	49
Gambar 5. 30. Hasil Pengujian Model Percobaan 3 – Bagian 4	49
Gambar 5. 31. Hasil Pengujian Model Percobaan 4 – Bagian 1	50
Gambar 5. 32. Hasil Pengujian Model Percobaan 4 – Bagian 2	51
Gambar 5. 33. Hasil Pengujian Model Percobaan 4 – Bagian 3	51
Gambar 5. 34. Hasil Pengujian Model Percobaan 4 – Bagian 4	51
Gambar 5. 35. Hasil Pengujian Model Percobaan 5 – Bagian 1	53
Gambar 5. 36. Hasil Pengujian Model Percobaan 5 - Bagian 2.....	53
Gambar 5. 37. Hasil Pengujian Model Percobaan 5 - Bagian 3.....	53
Gambar 5. 38. Hasil Pengujian Model Percobaan 5 – Bagian 4.....	53
Gambar 5. 39. Hasil Pengujian Model Percobaan 6 - Bagian 1.....	55
Gambar 5. 40. Hasil Pengujian Model Percobaan 6 - Bagian 2.....	55
Gambar 5. 41. Hasil Pengujian Model Percobaan 6 – Bagian 3.....	55
Gambar 5. 42. Hasil Pengujian Model Percobaan 6 – Bagian 4.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tabel Perbandingan Penelitian.....	11
Tabel 4. 1. Penggolongan Sampah Plastik yang Digunakan pada Penelitian	22
Tabel 4. 2. Label dan Jumlah Gambar yang Digunakan pada Penelitian	23
Tabel 4. 3. Penjelasan Parameter Data Augmentation	24
Tabel 5. 1. Penjelasan Parameter dalam Proses Pembangunan Model	27
Tabel 5. 2. Penjelasan Parameter Proses Pelatihan Model.....	32
Tabel 5. 3 Hasil Akurasi dan <i>Loss</i> dari <i>Training</i> dan <i>Validation</i> Setiap Percobaan	36
Tabel 5. 4. Hasil Pengujian Model Percobaan 1	45
Tabel 5. 5. Hasil Pengujian Model Percobaan 2	47
Tabel 5. 6. Hasil Pengujian Model Percobaan 3	49
Tabel 5. 7. Hasil Pengujian Model Percobaan 4	51
Tabel 5. 8. Hasil Pengujian Model Percobaan 5	54
Tabel 5. 9. Hasil Pengujian Model Percobaan 6	56
Tabel 5. 10. Hasil Pengujian Akurasi dan <i>Loss</i> dari <i>testing_generator</i> Setiap Percobaan	57

INTISARI

Implementasi *Convolutional Neural Network* dengan Arsitektur ResNet50 untuk
Identifikasi Jenis Sampah Plastik

Intisari

Jasinta Liliana Setiani

160708661

Pada tahun 2020, jumlah timbunan sampah dalam setahun sekitar 67,8 juta ton dan akan terus bertambah seiring pertumbuhan penduduk. Sampah plastik merupakan salah satu sampah dengan jumlah terbesar penggunaannya karena plastik memiliki harga yang murah, mudah didapatkan, elastis, dan ringan. Berdasarkan permasalahan lingkungan tersebut akan dibangun sebuah model dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur ResNet50 untuk melakukan identifikasi jenis plastik.

Metode *Convolutional Neural Network* merupakan metode yang tepat untuk menyelesaikan masalah identifikasi dan klasifikasi objek. Dalam perkembangannya, diterapkan pula proses *transfer learning* pada beberapa arsitektur jaringan, seperti VGG16, VGG19, MobileNet, dan ResNet50 untuk proses klasifikasi objek.

Penelitian ini memilih arsitektur Resnet50 sebagai arsitektur yang digunakan untuk pengembangan model. Penelitian menggunakan *dataset* sejumlah 1200 gambar yang memiliki format warna RGB untuk 6 label yang berbeda dengan *input size* sebesar 256 x 256 piksel. Penelitian dibagi menjadi 6 kali percobaan dan didapatkan nilai akurasi paling tinggi pada percobaan 3 sebesar 0.9937 untuk *training* dan 0.9944 untuk *validation* dengan *epoch* sebanyak 150 dan rasio perbandingan *dataset* sebesar 80:15:5 untuk *training:validation:testing*. Proses pelatihan model memerlukan waktu antara 2 hingga 7 jam, hal tersebut dipengaruhi oleh jumlah *epoch* yang digunakan. Sedangkan untuk proses pengujian model, hasil paling baik ditunjukkan oleh percobaan 2(100 *epochs*) menggunakan rasio perbandingan *dataset* sebesar 80:15:5 dengan *testing accuracy* sebesar 1.0 dan *testing loss* sebesar 0.01446.

Kata Kunci: sampah plastik, *deep learning*, *Convolutional Neural Network(CNN)*, ResNet50, *transfer learning*

Dosen Pembimbing I : Martinus Maslim, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II : B. Yudi Dwiandiyanta, S.T., M.T.

Jadwal Sidang Tugas Akhir : Kamis, 16 Juli 2020

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah dan limbah yang dihasilkan oleh penduduk Indonesia sudah menjadi salah satu permasalahan nasional di tanah air. Sampah merupakan hasil dari kegiatan non biologis manusia dan didefinisikan sebagai material sisa yang tidak disenangi dan tidak diinginkan oleh manusia apabila masa penggunaannya telah berakhir. Beberapa wujud dari sampah tersebut antara lain adalah padat, cair, ataupun gas [1]. Sedangkan timbulan sampah adalah banyaknya sampah yang timbul dari masyarakat dalam satuan volume maupun berat per kapita perhari, atau perluas bangunan, atau perpanjang jalan [2].

Pada tahun 2020, Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Siti Nurbaya mengakui tantangan persoalan sampah di Indonesia masih sangat besar. Jumlah timbulan sampah pun menurutnya, dalam setahun sekitar 67,8 juta ton, dan akan terus bertambah seiring pertumbuhan jumlah penduduk [3]. Masalah mengenai persampahan ini juga memiliki kaitan dengan peningkatan jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, juga dengan adanya perubahan mengenai pola konsumsi masyarakat. Hal tersebut akan berdampak dengan permasalahan lingkungan dan kesehatan akibat penumpukan sampah dan limbah. Berdasarkan hal tersebut, tentu perlu dilakukan langkah penanganan yang serius [4].

Sampah dapat digolongkan berdasar sifatnya, menjadi organik dan anorganik. Dapat dijelaskan bahwa sampah organik memiliki karakteristik berasal dari makhluk hidup dan merupakan sampah basah. Contoh dari sampah organik adalah dedaunan, sampah dapur, kayu, dan kotoran hewan. Sampah organik memiliki istilah lain yakni sampah *degradable* karena kemudahannya untuk terurai secara alami tanpa melibatkan campur tangan manusia. Berkebalikan dengan sampah anorganik, yang merupakan sampah kering dan sangat sulit untuk diuraikan (*nondegradable*). Plastik, karet, kaca,

dan logam merupakan contoh dari sampah anorganik [5].

Dalam kesehariannya, manusia sulit terlepas dari penggunaan plastik. Plastik sendiri memiliki beberapa kelebihan yang menonjol, seperti fleksibel, multiguna, ringan, tidak dapat berkarat dan memiliki sifat termoplastis [6]. Meskipun plastik menjadi barang yang sangat mudah didapatkan dan berguna, namun tingginya penggunaan plastik juga merupakan sebuah bumerang untuk manusia. Hal tersebut dikarenakan plastik merupakan benda yang sulit terurai dan hal tersebut mengakibatkan pencemaran pada lingkungan.

Istilah Industri 4.0 muncul secara resmi di Jerman di tahun 2011, saat diadakan acara *Hannover Trade Fair*. Angela Merkel merupakan seorang Kanselir Jerman yang berpendapat Industri 4.0 merupakan transformasi komprehensif dari berbagai aspek produksi di industri secara menyeluruh melalui penggabungan teknologi digital dan juga internet. Kondisi tersebut juga dipengaruhi oleh pesatnya perkembangan untuk memanfaatkan teknologi informasi secara digital untuk beraneka ragam bidang dalam kehidupan. Keadaan Revolusi Industri 4.0 yang kita rasakan sekarang, bisa disebut sebuah revolusi karena terjadi perubahan yang menimbulkan dampak yang besar pada dunia. Perubahan ini diyakini mampu meningkatkan perekonomian dan kualitas hidup masyarakat, karena menerapkan konsep otomatisasi yang lebih menitikberatkan pada penggunaan mesin. Revolusi Industri 4.0 menimbulkan beberapa inovasi pada bidang teknologi di antaranya adalah IoT (*Internet of Things*), kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), penyimpanan awan (*cloud storage*), dan rekayasa genetika [7].

Dengan adanya perkembangan teknologi sebagai dampak dari terjadinya Revolusi Industri 4.0, permasalahan mengenai lingkungan dapat ditanggulangi dengan menerapkan inovasi mengenai kecerdasan buatan, dalam sub bidang pembelajaran mesin atau biasa disebut *machine learning*. *Machine learning* merupakan pendekatan dalam *Artificial Intelligence* (AI) yang banyak digunakan untuk menggantikan atau menirukan perilaku manusia untuk menyelesaikan masalah atau melakukan otomatisasi. Sesuai dengan namanya, *machine learning* mencoba menirukan bagaimana proses manusia belajar dan

menggeneralisasi [8].

Dalam perkembangannya, *machine learning* juga memiliki perluasan bidang seperti *deep learning*. *Deep learning* muncul dikarenakan data yang diperlukan untuk mengenal sebuah citra begitu banyak dan memiliki kompleksitas yang tinggi. *Deep learning* sendiri memanfaatkan jaringan syaraf tiruan untuk implementasi permasalahan dengan *dataset* yang besar. *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan salah satu metode *supervised learning* pada *deep learning* [9] yang sedang berkembang dalam beberapa tahun terakhir dan memiliki kemampuan yang kuat dalam representasi gambar untuk berbagai pengenalan dengan tingkat kategori seperti klasifikasi objek (*object classification*), pengenalan tempat (*scene recognition*), atau deteksi objek (*object detection*) [10]. *Residual Network* (ResNet) diusulkan menjadi arsitektur CNN terbaik pada performansinya di *ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge* (ILSVRC) pada tahun 2015 dan memungkinkan pelatihan jaringan lebih dari 1000 *layer* [11]. Pada klasifikasi dengan menggunakan *dataset* ImageNet, diperoleh hasil yang sangat baik oleh *Residual Network* yang sangat dalam. ResNet-152, yang merupakan jaringan yang paling dalam pada ImageNet memiliki kompleksitas yang lebih rendah dibandingkan dengan jaringan VGG [12].

Kolaborasi antara penanggulangan masalah lingkungan dan inovasi kemajuan teknologi yaitu *deep learning* akan penulis terapkan untuk menyelesaikan permasalahan sampah anorganik dengan cara membangun sebuah model dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dan arsitektur jaringan ResNet50 untuk melakukan identifikasi jenis sampah plastik. *Dataset* terdiri dari 6 sampah plastik yang berbeda jenis dan pengumpulan *dataset* dilakukan secara mandiri oleh penulis. Pembangunan model juga menerapkan proses *data augmentation* dan *transfer learning* dengan harapan mencapai akurasi yang baik.

Kesuksesan dari proses identifikasi jenis sampah plastik merupakan sebuah awal untuk implementasi pada tempat pengelolaan sampah plastik sehingga sampah tersebut dapat dipisahkan berdasarkan beberapa jenisnya dan

kemudian dikelola dan dilakukan proses daur ulang.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dibawah ini merupakan beberapa hal yang dapat digali untuk penelitian didasarkan oleh latar belakang yang sudah ditulis, yakni :

1. *Bagaimana implementasi Convolutional Neural Network dengan arsitektur ResNet50 dalam pembangunan model untuk identifikasi jenis sampah plastik?*
2. *Bagaimana akurasi dari pembangunan model untuk identifikasi jenis sampah plastik?*

1.3. Batasan Masalah

Penelitian yang dilakukan diharapkan terarah pada tujuannya sehingga didefinisikan beberapa batasan antara lain :

1. *Dataset* merupakan kumpulan gambar dengan format warna RGB yang memiliki format ekstensi file berupa (.jpg) terdiri dari 6 jenis sampah plastik yakni sendok makan plastik, botol air kemasan, bungkus makanan, cup minuman, sedotan, tas kresek.
2. Menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur ResNet50 untuk pembangunan model.
3. Hanya dapat melakukan identifikasi 6 jenis label sampah plastik.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini hendak mencapai beberapa tujuan diantaranya :

1. Mengimplementasikan metode *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur ResNet50 dalam pembangunan model untuk identifikasi jenis sampah plastik.
2. Mengetahui hasil perhitungan akurasi dari model untuk identifikasi jenis sampah plastik.

1.5. Metode Penelitian

1. Kajian Pustaka

Penulis melakukan pencarian referensi yang bisa ditemukan melalui

jurnal, buku, literatur yang memuat informasi mengenai objek yang hendak dilakukan penelitian, yakni sampah plastik, metode *deep learning* yang akan digunakan, yakni *Convolutional Neural Network* dan arsitektur yang digunakan yakni ResNet50, serta konsep mengenai *transfer learning*. Sehingga penulis memiliki pengetahuan yang cukup mengenai penelitian yang akan dilakukan dan digunakan sebagai dasar teori dalam penulisan dokumen.

2. Analisis Masalah

Tahapan kedua, penulis melakukan analisa dari literatur yang sudah diperoleh serta melakukan pengamatan dari lingkungan sekitar. Dari kegiatan yang penulis lakukan dapat dirumuskan bahwa permasalahan penumpukan sampah plastik masih menjadi sebuah urgensi yang harus segera diselesaikan. Alternatif yang muncul untuk membantu penyelesaian masalah tersebut adalah pembangunan model CNN dengan menggunakan arsitektur ResNet50 yang memiliki kemampuan untuk melakukan identifikasi terhadap objek sampah plastik yang terdapat pada sebuah citra.

3. Analisis Pengumpulan Data

Tahapan ketiga, penulis melakukan analisa untuk proses pengumpulan data gambar yang akan menjadi *dataset* sampah plastik. Dari hasil analisis pengumpulan data yang telah dilakukan, penulis menetapkan batasan bahwa data yang dikumpulkan adalah gambar dari satu objek sampah plastik dengan format (.jpg) dan data yang dikumpulkan berupa gambar dari sendok makan plastik, botol air mineral, bungkus makanan, cup minuman, sedotan, dan tas kresek. Data yang dikumpulkan berasal dari dokumentasi pribadi menggunakan kamera ponsel dan mengambil sumber gambar dari internet.

4. Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data, penulis mulai melakukan pengumpulan data berupa 1200 gambar yang diambil menggunakan kamera ponsel maupun mencari gambar yang bersumber dari internet.

Penulis mencari data gambar sesuai dengan batasan yang telah ditentukan. Selain itu, gambar yang dikumpulkan memiliki satu atau lebih *angle* yang berbeda dalam pengambilan gambarnya. Pengumpulan data gambar dilakukan pada berbagai waktu (pagi, siang, sore, malam) dan dimana saja (rumah, kampus, rumah makan, pinggir jalan, tempat sampah, dan lain sebagainya).

5. Analisis Algoritma

Dalam tahapan ini, penulis memahami alur dan langkah kerja model yang akan dibangun untuk melakukan klasifikasi jenis sampah plastik dengan arsitektur ResNet50.

6. Perancangan Model

Berdasarkan teori, ilmu, dan pengetahuan yang telah didapatkan oleh penulis pada tahapan sebelumnya, penulis melakukan perancangan dengan menggunakan diagram alir dari keseluruhan model yang akan dibangun.

7. Pengkodean Model

Merupakan tahapan untuk merealisasikan perancangan model yang telah dibuat. Pengkodean yang dimaksud dimulai dari menyiapkan *dataset* sampah plastik, melakukan proses *image augmentation* dan *image preprocessing*, dan pelatihan model sehingga didapatkan nilai akurasi dan *loss* dari proses *training*.

8. Pengujian Model

Model yang telah melewati proses pelatihan kemudian dilakukan proses pengujian menggunakan data *testing* yang sudah dipersiapkan untuk mengetahui dan mengevaluasi nilai akurasi dan *loss* dari model yang sudah dibangun berdasarkan data *testing* tersebut.

9. Penyusunan Laporan

Penulis melakukan proses dokumentasi dari seluruh tahapan yang telah dilakukan dalam sebuah laporan.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir dibagi menjadi menjadi 6 bab dengan

rincian sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Penulisan yang terdapat di bab ini mencakup latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Penulisan yang terdapat di bab ini merupakan penjabaran dari beberapa penelitian terdahulu yang memiliki kaitan dengan penelitian yang sedang penulis lakukan. Pada bab ini juga dicantumkan tabel perbandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang hendak dilakukan oleh penulis.

BAB III : LANDASAN TEORI

Penulisan yang terdapat di bab ini merupakan penjabaran dan penjelasan dari beberapa teori yang memiliki kaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis.

BAB IV : DATASET DAN PERSIAPAN PENGEMBANGAN MODEL

Penulisan yang terdapat di bab ini merupakan penjelasan dari deskripsi *problem*, diagram alir pengembangan model, alat penelitian, analisis *dataset* yang digunakan dalam penelitian.

BAB V : PENGEMBANGAN DAN PENGUJIAN MODEL

Penulisan yang terdapat di bab ini merupakan penjabaran dari proses dan hasil pelatihan, serta pengujian model yang telah dilakukan.

BAB VI : PENUTUP

Penulisan yang terdapat di bab ini merupakan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan oleh penulis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Kecerdasan buatan dapat diartikan sebagai program yang memiliki bentuk matematis dan memiliki instruksi. Tujuan dari kecerdasan buatan adalah menciptakan program yang mampu memprogram. Secara teori, program adalah kumpulan dari instruksi sekuens. Hal yang membedakan adalah kecerdasan buatan memiliki kemampuan untuk belajar, dengan cara melakukan *update* parameter. Pembelajaran mesin atau biasa disebut *machine learning*, merupakan sub bidang dari kecerdasan buatan. Pembelajaran mesin merupakan sebuah teknik yang digunakan untuk melakukan inferensi terhadap data, yang di dalamnya dilakukan pendekatan secara matematis [13].

Machine learning juga sudah diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan sehari-hari. Berdasarkan referensi yang didapatkan oleh penulis, *machine learning* dapat membantu dalam dunia medis, perekonomian, perkebunan, pendidikan, dan lain sebagainya. Di ranah medis, digunakan penerapan metode *Support Vector Machine* pada diagnosa hepatitis [14]. Untuk masalah perekonomian, dilakukan implementasi terhadap algoritma *Naive Bayes* dalam penentuan pemberian kredit [15]. Kemudian ada pula penelitian untuk melakukan pengklasifikasian masyarakat miskin menggunakan metode *Naive Bayes* [16]. Sedangkan di bidang perkebunan, dilakukan penelitian untuk melakukan pengenalan buah apel menggunakan algoritma *Naive Bayes* [17].

Selain itu, *deep learning* yang merupakan penerapan lebih lanjut dari *machine learning* juga telah diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan dan membantu pekerjaan manusia. Salah satunya adalah metode *Convolutional Neural Network* (CNN) yang cocok untuk menyelesaikan masalah mengenai klasifikasi gambar, deteksi objek, maupun segmentasi gambar [18]. Beberapa contoh penerapannya antara lain : klasifikasi gambar makanan [19], deteksi objek dan pengenalan karakter plat nomor kendaraan di Indonesia [20], aplikasi pendeteksi penyakit pada daun tanaman apel [21], pendeteksian patah tulang femur pada citra

ultrasonik B—Mode [22], dan klasifikasi penyakit paru-paru berdasarkan gambar sinar-x [23]. Bidang lingkungan juga tidak terlepas dari manfaat penerapan *machine learning* dan *deep learning*. Penulis menemukan referensi mengenai penelitian untuk melakukan rancang bangun robot pemilah sampah [24], selain itu terdapat pula penggunaan *Convolutional Neural Network* untuk melakukan pendeteksian sampah perairan secara otomatis [25].

Untuk mencapai keakuratan yang maksimal dalam proses identifikasi objek, penulis mengambil beberapa acuan yang dapat digunakan untuk membandingkan beberapa penelitian yang juga menerapkan metode *Convolutional Neural Network*, dan beberapa keterkaitan lainnya mengenai identifikasi dan klasifikasi objek berupa sampah.

Fantara, dkk yang merupakan mahasiswa Universitas Brawijaya menggunakan sampah organik dan sampah anorganik sebagai objek penelitiannya [26]. Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah melakukan implementasi terhadap sistem klasifikasi sampah yang menggunakan metode *Backpropagation*. Dengan menggunakan salah satu algoritma jaringan syaraf tiruan, dibangun sebuah sistem berdasarkan hasil rancangan, implementasi, pengujian dan analisis untuk melakukan proses klasifikasi sampah organik dan anorganik yang menggunakan data sensor LDR, *proximity* kapasitif, dan *proximity* induktif. Keakuratan dari sistem yang dibangun dari penelitian tersebut mencapai 90% untuk melakukan prediksi dan hanya diperlukan waktu rata-rata sebesar 42,9 mili detik untuk melakukan setiap prediksi.

Pengamatan yang kedua dilakukan pada penelitian yang dibuat oleh Stephen, dkk [27]. Penelitian ini menggunakan metode *transfer learning* dengan membandingkan beberapa model CNN diantaranya VGG16, Mobilenet V1, Inception V3, dan ResNet50. Dalam penelitian ini dilakukan analisis mengenai model CNN yang sesuai untuk dapat melakukan pemilahan sampah secara maksimal. Pemilahan sampah dibagi menjadi beberapa jenis yakni sampah plastik, kaca, besi, dan lain-lain. Penelitian ini melakukan 2 perbandingan cara *transfer learning* model CNN. Yang pertama adalah melakukan *freeze* semua *layer* kecuali *fully connected layer* dan cara kedua menambahkan model cara pertama dengan

meakukan *unfreeze layer* terakhir dari sebelum *fully connected layer*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model CNN yang paling baik adalah ResNet50. Nilai akurasi yang didapatkan dari *train* adalah 78% dan 90%. Sedangkan nilai akurasi dari *validation* sebesar 74% dan 80%.

Penelitian ketiga dilakukan oleh Yang dan Thung bertujuan untuk mengetahui klasifikasi sampah yang dibagi menjadi 6 kelas yang terdiri dari kaca, kertas, logam, plastik, kardus, dan *trash* [28]. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah SVM dengan fitur *scale-invariant feature transform* (SITF) dan *Convolutional Neural Network* (CNN). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa SVM memiliki kinerja yang lebih baik dengan hasil akurasi 63% dengan menggunakan pembagian 70:30 untuk data latih dan data uji. Sedangkan untuk CNN, setelah menjalankan 50 *epochs training* dengan pembagian yang sama, yakni 70:30, didapatkan hasil akurasi 27% untuk proses *testing* dan 24% untuk proses *training*. Kekurangan yang ditemui oleh peneliti adalah model CNN tidak dilatih secara penuh karena peneliti mengalami kesulitan untuk menemukan *hyperparameter* yang optimal.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, penulis dapat menyimpulkan bahwa penerapan *deep learning* dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* memiliki keunggulan untuk kasus identifikasi objek pada gambar. Melalui model yang dibangun dengan menggunakan metode CNN dan arsitektur ResNet50, diharapkan dapat dicapai tingkat keakuratan yang tinggi untuk melakukan identifikasi jenis sampah plastik.

Tabel 2. 1. Tabel Perbandingan Penelitian

Tabel Perbandingan Penelitian				
Nama Peneliti	F. P. Fantara, D. Syauqy, and G. E. Setyawan [26]	H. S. Stephen, Raymond [27]	M. Yang and G. Thung [28]	Setiani(2020) *)
Judul Penelitian	Implementasi Sistem Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	Aplikasi <i>Convolutional Neural Network</i> untuk Mendeteksi Jenis-Jenis Sampah	Classification of Trash for Recyclability Status	Implementasi <i>Convolutional Neural Network</i> dengan Arsitektur Resnet50 untuk Identifikasi Jenis Sampah Plastik
Metode Penelitian	Jaringan Saraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	<i>Convolutional Neural Network</i>	<i>Support Vector Machine</i> dan <i>Convolutional Neural Network</i>	<i>Convolutional Neural Network</i>
Objek Penelitian	Sampah organik dan anorganik	Sampah plastik, kaca, besi, dan lain-lain.	Sampah kaca, kertas, logam, plastik, kardus, dan <i>trash</i> .	6 jenis sampah plastik
Hasil Penelitian	Servo yang dapat membuka tutup tempat sampah secara otomatis berdasarkan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh sistem. Sistem memiliki akurasi 90% dengan kinerja setiap melakukan prediksi membutuhkan waktu rata-rata 42,9 ms.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa model CNN yang paling baik adalah Resnet 50. Nilai akurasi yang didapatkan dari <i>train</i> adalah 78% dan 90%. Sedangkan nilai akurasi dari <i>validation</i> sebesar 74% dan 80%	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa SVM memiliki kinerja yang lebih baik dengan hasil akurasi 63%. Sedangkan untuk CNN, setelah menjalankan 50 <i>epochs training</i> , didapatkan hasil akurasi 27% untuk proses <i>testing</i> dan 24% untuk proses <i>training</i>	*sedang dalam proses penelitian

*) Penelitian yang dilakukan oleh penulis

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai pengembangan model *Convolutional Neural Network* menggunakan arsitektur ResNet50 dengan menggunakan *dataset* sejumlah 1200 gambar yang memiliki format RGB untuk 6 label penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan, diantaranya :

- a. Pembangunan model CNN dengan menggunakan arsitektur jaringan ResNet50 telah berhasil dilakukan dengan menggunakan bagian *Convolutional Base* dan *Classifier* pada model. Penelitian yang dilakukan oleh penulis dibagi menjadi 6 percobaan berdasarkan rasio pembagian *dataset* dan jumlah *epochnya*. Percobaan 1, 2, dan 3 menggunakan rasio 80:15:5 untuk data *training:validation:testing*. Percobaan 4, 5, dan 6 menggunakan rasio 70:20:10 untuk data *training:validation:testing*. Percobaan 1 dan 4 menggunakan 50 *epochs*. Percobaan 2 dan 5 menggunakan 100 *epochs*. Percobaan 3 dan 6 menggunakan 150 *epochs*.
- b. Hasil pelatihan model yang paling baik adalah percobaan 3 dengan *training accuracy* sebesar 0.9937 dan *validation accuracy* sebesar 0.9944 dengan *epochs* sebanyak 150 dan rasio perbandingan *dataset* sebesar 80:15:5. Pengembangan model dilakukan dengan menggunakan *optimizer* SGD, dan *learning rate* bernilai 0.0001. Sedangkan dalam pengujian model, hasil yang paling baik ditunjukkan oleh percobaan 2 dengan menggunakan 100 *epochs* dan rasio perbandingan *dataset* sebesar 80:15:5. Dengan menggunakan total gambar sejumlah 60 untuk pengujian didapatkan *loss* sebesar 0.01446 dan nilai *accuracy* sebesar 1 terhadap data pengujian, yakni *testing_generator*.

6.2. Saran

Berdasarkan penelitian mengenai pengembangan model *Convolutional Neural Network* menggunakan arsitektur ResNet50, berikut ini beberapa saran yang dapat penulis sampaikan untuk pengembangan penelitian yang sudah dilakukan :

- a. Mencoba melakukan eksperimen percobaan dengan menggunakan arsitektur jaringan yang lain, seperti VGG, InceptionV3, Xception, dan lain sebagainya untuk mencari hasil pengembangan model yang memiliki nilai paling baik.
- b. Menambah variasi label dan menambah jumlah gambar untuk setiap label sehingga meningkatkan akurasi model yang dikembangkan.
- c. Mencoba melakukan eksperimen percobaan dengan menggunakan ukuran data gambar yang berbeda.
- d. Mencoba melakukan eksperimen dengan menggunakan perbedaan rasio untuk pembagian *dataset* yang dimiliki.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. M. B. Harjoyo Harjoyo, Waluyo Waluyo, Suwandi Suwandi, Riri Oktarini, “PENYULUHAN DAN EDUKASI MENUMBUHKAN KESADARAN WARGA GRIYA BUNGA ASRI DESA CIBADUNG KECAMATAN GUNUNG SINDUR-BOGOR UNTUK MEMANFAATKAN BANK SAMPAH KSM MUSLIMATHUL KHOIR CENTRE,” vol. 2, no. 2, pp. 117–121, 2020.
- [2] B. S. Nasional, “SNI 19-2454-2002 Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan,” no. ICS 27.180, p. 1, 2002.
- [3] “KLHK: Indonesia Memasuki Era Baru Pengelolaan Sampah,” p. SP. 060/HUMAS/PP/HMS.3/02/2020, 2020.
- [4] BPS, “STATISTIK LINGKUNGAN HIDUP INDONESIA 2018 PENGELOLAAN SAMPAH DI INDONESIA / ENVIRONMENT STATISTICS OF INDONESIA (Waste Management),” p. 250, 2018.
- [5] A. Rahmayanti, L. N. Hamidah, A. Widiyanti, and M. Tamyiz, “Sosialisasi Pengelolaan Sampah Organik Dan Non Organik Di Desa Medalem Kecamatan Tulangan-Kabupaten Sidoarjo,” *J. Sci. Soc. Dev.*, vol. 1, no. 2, 2018.
- [6] Reski Mai Chandra & Dianing Sucita, “Sistem Pakar Penentuan Jenis Plastik Berdasarkan Sifat Plastik Terhadap Makanan yang akan Dikemas Menggunakan Metode Certainty Factor (Studi Kasus : CV . Minapack Pekanbaru),” *J. Ilm. Tek. Inf.*, vol. 1, no. Sistem Pakar, pp. 77–84, 2015.
- [7] H. Prasetyo, “INDUSTRI 4.0: TELAAH KLASIFIKASI ASPEK DAN ARAH PERKEMBANGAN RISET,” *J@ti Undip J. Tek. Ind. Vol. 13, No. 1, Januari 2018*, vol. 13, no. 1, p. 26, 2018.
- [8] A. Ahmad, “Mengenal Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Network, dan Deep Learning,” *J. Teknol. Indones.*, no. October, p. 3, 2017.
- [9] A. Viebke and S. Pllana, “The Potential of the Intel (R) Xeon Phi for Supervised Deep Learning,” in *2015 IEEE 17th International Conference*

- on *High Performance Computing and Communications, 2015 IEEE 7th International Symposium on Cyberspace Safety and Security, and 2015 IEEE 12th International Conference on Embedded Software and Systems*, 2015, pp. 758–765.
- [10] R. Arandjelovic, P. Gronat, A. Torii, T. Pajdla, and J. Sivic, “NetVLAD: CNN Architecture for Weakly Supervised Place Recognition,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 40, no. 6, pp. 1437–1451, 2018.
- [11] S. Targ, D. Almeida, and K. Lyman, “Resnet in Resnet: Generalizing Residual Architectures,” pp. 1–7, 2016.
- [12] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Deep Residual Learning for Image Recognition,” in *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, vol. 2016-Decem, pp. 770–778.
- [13] J. W. G. Putra, “Pengenalan Pembelajaran Mesin dan Deep Learning Jan Wira Gotama Putra Pengenalan Konsep Pembelajaran Mesin dan Deep Learning,” no. July, pp. 1–199, 2018.
- [14] R. Munawarah, O. Soesanto, and M. R. Faisal, “PENERAPAN METODE SUPPORT VECTOR MACHINE PADA DIAGNOSA HEPATITIS,” vol. 04, no. 01, pp. 103–113, 2016.
- [15] M. H. Rifqo and A. Wijaya, “Implementasi Algoritma Naive Bayes Dalam Penentuan Pemberian Kredit,” *Pseudocode*, vol. 4, no. 2, pp. 120–128, 2017.
- [16] H. Annur, “Klasifikasi Masyarakat Miskin Menggunakan Metode Naive Bayes,” *Ilk. J. Ilm.*, vol. 10, no. 2, p. 160, 2018.
- [17] A. Saputra, U. Nahdlatul, U. Sidoarjo, and K. Sidoarjo, “KLASIFIKASI PENGENALAN BUAH MENGGUNAKAN ALGORITMA NAIVE,” vol. 2, no. 2, pp. 83–88, 2019.
- [18] Y. HARJOSEPUTRO, “Convolutional Neural Network (CNN) untuk Pengklasifikasian Aksara Jawa,” *Buana Inform.*, p. 23, 2018.
- [19] G. Ciocca, P. Napoletano, and R. Schettini, “CNN-based features for retrieval and classification of food images,” *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 176–177, no. July, pp. 70–77, 2018.

- [20] N. H. Harani, C. Prianto, and M. Hasanah, "Deteksi Objek Dan Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan Indonesia Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Python," vol. 11, no. 3, pp. 47–53, 2019.
- [21] G. Wicaksono, S. Andryana, and B. -, "Aplikasi Pendeteksi Penyakit Pada Daun Tanaman Apel Dengan Metode Convolutional Neural Network," *JOINTECS (Journal Inf. Technol. Comput. Sci.)*, vol. 5, no. 1, p. 9, 2020.
- [22] R. Rokhana *et al.*, "Convolutional Neural Network untuk Pendeteksian Patah Tulang Femur pada Citra Ultrasonik B-Mode," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 1, p. 59, 2019.
- [23] J. F. and K. J. Y. Cheng, "A Lung Disease Classification Based on Feature Fusion Convolutional Neural Network with X-ray Image Enhancement," *2018 Asia-Pacific Signal Inf. Process. Assoc. Annu. Summit Conf. (APSIPA ASC)*, no. 2032–2035, 2018.
- [24] P. Studi, T. Informatika, F. Sains, D. A. N. Teknologi, U. Islam, and N. Syarif, "RANCANG BANGUN ROBOT PEMILAH SAMPAH," 2019.
- [25] I. S. Hanggara, "PENDETEKSIAN SAMPAH PERAIRAN SECARA OTOMATIS DENGAN MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)," 2019.
- [26] F. P. Fantara, D. Syauqy, and G. E. Setyawan, "Implementasi Sistem Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 11, pp. 5577–5586, 2018.
- [27] H. S. Stephen, Raymond, "APLIKASI CONVOLUTION NEURAL NETWORK UNTUK MENDETEKSI JENIS-JENIS SAMPAH," *Explor. - J. Sist. Inf. dan Telemat. (Telekomunikasi, Multimedia, dan Informasi)*, vol. 10, no. 2, pp. 122–132, 2019.
- [28] M. Yang and G. Thung, "Classification of Trash for Recyclability Status," pp. 1–6, 2016.
- [29] Pemerintah RI, "Undang-Undang Republik Indonesia Tentang Pengelolaan Sampah," no. 1, p. UU No 18, 2008.

- [30] Ryedale District Council, "Different Plastic Polymer Types," 2013.
- [31] X.-D. Zhang, "Machine Learning," in *A Matrix Algebra Approach to Artificial Intelligence*, Singapore: Springer Singapore, 2020, pp. 223–440.
- [32] E. Alpaydin, *Introduction to Machine Learning*. 2020.
- [33] M. P. Deisenroth, A. A. Faisal, and C. S. Ong, *Mathematics for Machine Learning*, no. c. London: Cambridge University Press, 2020.
- [34] P. D. Kusuma, *Machine Learning Teori, Program, Dan Studi Kasus*. 2020.
- [35] Ekojono, F. Rahutomo, and D. N. Sari, "Implementasi Library Deep Learning Keras pada Sistem Ujian Essay Online," *J. Inform. Polinema*, vol. 6, no. 2, pp. 73–79, Mar. 2020.
- [36] D. A. Ayubi, D. A. Prasetya, and I. Mujahidin, "Pendeteksi Wajah Secara Real Time pada 2 Degree of Freedom (DOF) Kepala Robot Menggunakan Deep Integral Image Cascade," *Cyclotr. J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 22–27, 2020.
- [37] A. Voulodimos, N. Doulamis, A. Doulamis, and E. Protopapadakis, "Deep Learning for Computer Vision: A Brief Review," *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2018, 2018.
- [38] M. Arsal, B. Agus Wardijono, and D. Anggraini, "Face Recognition Untuk Akses Pegawai Bank Menggunakan Deep Learning Dengan Metode CNN," *J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 55–63, 2020.
- [39] F. F. Maulana and N. Rochmawati, "Klasifikasi Citra Buah Menggunakan Convolutional Neural Network," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 01, pp. 104–108, 2019.
- [40] S. Loussaief and A. Abdelkrim, "Convolutional Neural Network Hyper-Parameters Optimization based on Genetic Algorithms," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 9, no. 10, pp. 252–266, 2018.
- [41] A. M. Rizki and N. Marina, "Klasifikasi Kerusakan Bangunan Sekolah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Dengan Pre-Trained Model Vgg-16," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 24, no. 3, pp. 197–206, 2019.
- [42] W. Rawat and Z. Wang, "Deep Convolutional Neural Networks for Image

Classification: A Comprehensive Review,” *Neural Comput.*, vol. 29, no. 9, pp. 2352–2449, Sep. 2017.

- [43] Y. S. HARIYANI, S. HADIYOSO, and T. S. SIADARI, “Deteksi Penyakit Covid-19 Berdasarkan Citra X-Ray Menggunakan Deep Residual Network,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 8, no. 2, p. 443, 2020.
- [44] “Indonesia Darurat Sampah Plastik,” 2018. [Online]. Available: <http://indonesiabaik.id/infografis/indonesia-darurat-sampah-plastik>. [Accessed: 19-Jul-2020].
- [45] R. Geyer, J. R. Jambeck, and K. L. Law, “Production, use, and fate of all plastics ever made,” *Sci. Adv.*, vol. 3, no. 7, pp. 25–29, 2017.

