

**IDENTIFIKASI KERUSAKAN POHON
MENGUNAKAN *COMPUTER VISION***

(Skripsi)

Oleh

ZUHRI NOPRIYANTO



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF TREE DAMAGE USING COMPUTER VISION

By

Zuhri Nopriyanto

Trees are ecosystem organisms that have many functions for life around them. Healthy trees play an essential role in maintaining the global cycle. Therefore it is vital to know the condition of damaged trees. Tree damage can eliminate its functionality and cause losses. Efforts to overcome detection are needed to prevent the loss of tree function, and computer vision has it. Computer vision is a method of data acquisition, analysis, and understanding of images and has advantages in accuracy in terms of detection. This study aims to prove that the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm is capable of being part of computer vision in identifying tree damage based on Forest Health Monitoring (FHM). The stages of this research are dataset collection, dataset (preprocessing), distribution of datasets, training and testing of models on datasets, and evaluation of model results. The result of the research is a model that can identify tree damage with two different architectures, namely LeNet-5 and MobileNet, with 1600 datasets image or photos. LeNet-5 has an accuracy rate of 89.99% in the model training time of 5122 seconds, while MobileNet 99.06% in the model training time of 654 seconds. MobileNet can provide greater accuracy because it has more feature extraction layers than LeNet-5. Besides that, the dataset used has a lot of color similarity, allowing for false detection. Thus, it can be concluded that the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm, as part of computer vision, can identify tree damage.

Keywords: *Computer Vision, Convolutional Neural Network (CNN), Forest Health Monitoring (FHM), Tree Damage*

ABSTRAK

IDENTIFIKASI KERUSAKAN POHON MENGUNAKAN *COMPUTER VISION*

Oleh

Zuhri Nopriyanto

Pohon merupakan organisme ekosistem yang memiliki banyak fungsional bagi kehidupan disekitarnya. Pohon yang sehat berperan penting dalam menjaga siklus global, oleh karena itu kondisi pohon yang mengalami kerusakan menjadi penting diketahui. Kerusakan pohon dapat menghilangkan fungsionalitasnya sehingga menyebabkan kerugian, untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan pendeteksian untuk mencegah hilangnya fungsi pohon dan *computer vision* memilikinya. *Computer vision* merupakan metode perolehan data, analisis, dan mengerti gambar serta memiliki kelebihan pada tingkat akurasi dalam hal pendeteksian. Tujuan penelitian ini adalah membuktikan bahwa algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) mampu sebagai bagian *computer vision* dalam mengidentifikasi kerusakan pohon berbasis *Forest Health Monitoring* (FHM). Tahapan penelitian ini adalah pengumpulan *dataset*, pengolahan *dataset* (*preprocessing*), pembagian *dataset*, *training* dan pengujian model terhadap *dataset*, dan evaluasi hasil model. Hasil penelitian berupa model yang dapat mengidentifikasi kerusakan pohon dengan dua arsitektur berbeda yaitu *LeNet-5* dan *MobileNet* dengan 1600 *dataset* gambar atau foto. *LeNet-5* memiliki tingkat akurasi sebesar 89.99% dalam waktu pelatihan model 5122 detik, sedangkan *MobileNet* 99.06% dalam waktu pelatihan model 654 detik. *MobileNet* mampu memberikan akurasi lebih besar dikarenakan lapisan ekstraksi cirinya lebih banyak dibandingkan *LeNet-5*, selain itu *dataset* yang digunakan memiliki banyak kemiripan warna yang memungkinkan terjadinya salah deteksi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai bagian *computer vision* mampu dalam mengidentifikasi kerusakan pohon.

Kata Kunci: *Computer Vision*, *Convolutional Neural Network* (CNN), *Forest Health Monitoring* (FHM), Kerusakan Pohon

**IDENTIFIKASI KERUSAKAN POHON
MENGUNAKAN *COMPUTER VISION***

Oleh

ZUHRI NOPRIYANTO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar

SARJANA KOMPUTER

Pada

Jurusan Ilmu Komputer

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI KERUSAKAN POHON
MENGUNAKAN *COMPUTER VISION***

Nama Mahasiswa : **Zuhri Nopriyanto**

Nomor Induk Mahasiswa : **1517051159**

Jurusan : **Ilmu Komputer**


Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**




Rico Andrian, S.Si., M.Kom.
NIP 19750627 200501 1 001


Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si.
NIP 19760123 200604 1 001

2. Ketua Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung


Didik Kurniawan, S.Si., M.T.
NIP 19800419 200501 1 004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Rico Andrian, S.Si., M.Kom.

Sekretaris : Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si.

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Kurnia Muludi, M.S.Sc.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Sripto Dwi Yuwono, M.T.
NIP. 19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 Juli 2022

PERNYATAAN

Saya bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Identifikasi Kerusakan Pohon Menggunakan *Computer Vision***" merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang di skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang telah saya terima.

Bandar Lampung, 18 Juli 2022

A handwritten signature in black ink is written over a red and white 1000 Rupiah stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '1000', and 'METERAI TEMPEL'. The signature is written in a cursive style.

ZUHRI NOPRIYANTO

NPM. 1517051159

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada tanggal 07 November 1995 di Bandar Lampung, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung sebagai anak kedua dari tiga bersaudara. Ayah bernama Heri Maryanto dan Ibu Surtini. Penulis menyelesaikan menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Gedong Air, Tanjung Karang Barat, Bandar Lampung pada tahun 2008, menyelesaikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 10 Bandar Lampung pada tahun 2011, kemudian menyelesaikan sekolah di jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) SMA Perintis II dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis melakukan Kerja Praktik pada bulan Januari 2018 di UPT SMPN 7 Bandar Lampung. Pada Bulan Juli 2018, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Sukaraja Nuban, Batanghari Nuban, Kabupaten Lampung Timur.

MOTTO

“Mengabdikan diri untuk pendidikan adalah suatu bentuk kerja keras”

(Mayou Hachikuji)

“Siapapun pasti pernah melakukan kesalahan, yang terpenting adalah mengambil pelajaran dari kesalahanmu”

(Hammerhead)

“Tidak perlu mengubah masa lalu karena masa lalu adalah bagian dari diri kita yang sekarang”

(Gray Fullbuster)

“Teruslah berusaha, jangan pernah menyerah

Karena dirimulah pemeran utama dalam hidupmu sendiri”

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah SWT sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

*Skripsi yang disusun ini adalah suatu kebanggaan yang saya persembahkan
kepada:*

Kedua Orangtuaku yang Tercinta

*Bapake dan Mamake yang senantiasa memberikan segala perhatian,
kasih sayang, cinta, dukungan moril maupun materil serta doa terbaik
bagi kesuksesan anak- anaknya
yang tidak bisa diukur dan dibalas dengan apapun.*

*Teman seperjuangan dan keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan,
kasih sayang, semangat, dan menanyakan kapan skripsi ini akan selesai.*

Keluarga Besar Ilmu Komputer 2015

Serta Almamater Tercinta,

UNIVERSITAS LAMPUNG

SANWACANA

Puji Syukur penulis panjatkan terhadap Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi di Jurusan Ilmu Komputer Fakultas MIPA Universitas Lampung dengan judul “Identifikasi Kerusakan Pohon Menggunakan *Computer Vision*”. Penulis mengucapkan terima kasih yang paling tulus dan sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini, antara lain:

1. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
2. Bapak Didik Kurniawan, S.Si., M.T selaku Ketua Jurusan dan pembimbing akademik yang telah memperhatikan serta memberikan motivasi kepada penulis dalam menempuh pendidikan di Ilmu Komputer Fakultas MIPA Universitas Lampung.
3. Bapak Rico Andrian, S.Si., M.Kom. selaku pembimbing utama penulis dalam penelitian ini yang senantiasa memberikan arahan, bantuan ketika mengalami kesulitan selama penelitian, semangat, dan motivasi terbaik dalam menyelesaikan penelitian ini.
4. Bapak Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut, M.Si. selaku pembimbing kedua yang senantiasa memberikan arahan, bantuan ketika mengalami kesulitan selama penelitian, semangat, dan motivasi terbaik dalam menyelesaikan penelitian ini.
5. Bapak Dr. Ir Kurnia Muludi, M.S.Sc. selaku pembahas yang telah memberikan bantuan, masukan, dan saran yang bermanfaat untuk perbaikan penelitian dan penulisan laporan skripsi ini.
6. Kedua orangtua, Bapak Heri Maryanto dan Ibu Surtini yang sangat penulis sayangi, senantiasa mengajarkan kebaikan, memberikan perhatian, kasih sayang, do'a terbaik, dukungan, serta kepercayaan atas setiap keputusan yang diambil oleh penulis hingga detik ini.
7. Saudara dan saudari penulis, Hendri Suharyanto dan Fitriana Yuliyanti (alm) yang selalu memberikan perhatian, pengertian, dukungan, dan semangat dalam setiap langkah penyusunan skripsi ini hingga saat ini.

8. Bapak Dr. rer. nat. Akmal Junaidi, M.Sc selaku Sekretaris Jurusan Ilmu Komputer Fakultas MIPA Universitas Lampung.
9. Seluruh Dosen Jurusan Ilmu Komputer yang telah memberikan ilmu dan pelajaran terbaik selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung.
10. Seluruh Karyawan dan Staf Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan dalam banyak hal selama ini.
11. Saudari Novita Hasan selaku calon pendamping hidupku yang sangat penulis sayangi dan senantiasa berada disisi penulis dalam suka dan duka, memberikan keceriaan, pengertian, motivasi, bantuan dan bersedia menjadi pendengar yang baik ketika penulis ingin berkeluh kesah selama ini.
12. Melina Menawi, Rangga Agustiantino, dan Andre Septiawan (alm) yang telah memberikan arahan, dukungan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi ini.
13. Adik-adik tingkat terbaik saya Pandi Barep Arianza dan Atikah (Kokom) Istiqomah, serta sahabat-sahabat terbaik penulis yang selalu memberikan ide, support, dan juga menjadi motivasi selama menyelesaikan studi ini baik itu Kaum Discord Taste (Wahyu Nuha Ariqoh, Lidya Pandumas, Tiara Rianza Anjani, Teta Satya, Rio Ananda, Amanda Putri Nurabsharina), Bimbingan Spartan (Dian Indah Lestari, Eggi Amandara Sari, Reda Meiningtyas, Noverina Ika Tama, Vio Heven Susanto, Rochmat Ali, Kasandra Cahyani, Hamid Al Malik), Bimbingan Kehutanan (Mohamad Ilham Nurfaizi, Tri Rizky, Anggi Feriansyah, Ferina Wati, Vio Deka, Lis Nur Azizah, Bang Ferdiansyah) dll yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.
14. Teman-teman seperjuangan Ilmu Komputer lainnya, Adi Setia Nugraha, Raka W Kartika, Edi Arif Effendi, M Aryadinata, Pandu Setiawan Wiyono, Dimas Gilang Pratama, Bayu Siswanto, Ocean Prabowo, M Yusuf Amran, Agung Wijaya yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini baik itu bantuan tenaga maupun pikiran.
15. Keluarga Abah Adik, dan Umi yang telah membantu saya dalam proses penelitian dan menerima baik kedatangan saya sebagai mahasiswa Universitas Lampung dengan tangan terbuka.
16. Keluarga besar ICS Ilmu Komputer 2015 yang telah memberikan kebersamaan, semangat, dan doa sebagai teman sekelas.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Namun penulis sangat mengharapkan skripsi ini dapat bermanfaat bagi para civitas akademik Universitas Lampung pada umumnya dan mahasiswa Ilmu Komputer pada khususnya.

Bandar Lampung, 18 Juli 2022

Zuhri Nopriyanto
NPM. 1517051159

**IDENTIFIKASI KERUSAKAN POHON
MENGUNAKAN *COMPUTER VISION***

(Skripsi)

Oleh

**ZUHRI NOPRIYANTO
1517051159**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pohon.....	6
2.2. Kerusakan Pohon.....	7
2.3. Pengukuran Kerusakan Pohon.....	8
2.4. <i>Computer Vision</i>	20
2.5. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	24
2.6. Perhitungan Tingkat Akurasi.....	31
2.7. <i>Confusion Matrix</i>	31
III. METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Tahapan Penelitian	35
3.2. Waktu dan Tempat Penelitian	38

3.3. Alat dan Bahan	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1. Hasil.....	40
4.2. Pembahasan	47
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1. Simpulan.....	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pohon Rindang.	7
2. Lokasi Kerusakan Pohon (Mangold, 1999).	9
3. Kanker Pada Pohon.	11
4. Konk, Tubuh Buah atau Indikator Lain.	11
5. Luka Terbuka.	12
6. Resinosis/Gumosis.	12
7. Batang Pecah.	13
8. Sarang Rayap.....	13
9. Batang atau Akar Patah Kurang dari Tiga Kaki dari Batang	14
10. Brum pada Akar atau Batang	14
11. Akar Patah atau Mati Lebih dari Tiga Kaki dari Batang.....	15
12. Liana.....	15
13. Hilangnya Pucuk Dominan atau Mati	16
14. Cabang Patah atau Mati.....	16
15. Percabangan atau Brum Berlebihan.	17
16. Daun Pucuk dan Tunas Rusak.....	17
17. Daun Berubah Warna	18
18. Karat Puru atau Tumor (Lain-lain).....	18
19. <i>Human Vision System</i> dan <i>Computer Vision System</i>	21
20. <i>Convolutional Neural Network</i>	24
21. Arsitektur <i>LeNet-5</i>	25
22. Arsitektur <i>MobileNet</i>	29
23. Tahapan Penelitian.	35
24. Proses <i>Scaling (Preprocessing)</i>	36
25. Grafik Akurasi <i>MobileNet Google Colab</i>	42

26.	Grafik Akurasi <i>LeNet-5 Google Colab</i>	43
27.	Grafik Akurasi <i>MobileNet Nvidia Tesla</i>	45
28.	Grafik Akurasi <i>LeNet-5 Nvidia Tesla</i>	46
29.	Grafik Kinerja <i>LeNet-5 Google Colab</i>	48
30.	Grafik Kinerja <i>MobileNet Nvidia Tesla</i>	48
31.	Salah Identifikasi Liana (a) Terhadap Sarang Rayap (b)	51
32.	Salah Identifikasi Gambar (a), (b), (c), (d), (e), dan (f).....	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Lokasi Kerusakan Pohon (Mangold, 1999).....	9
2. Tipe Kerusakan Pohon (Mangold, 1999)	10
3. Nilai Ambang Keparahan/Kerusakan Pohon.....	19
4. <i>Confusion Matrix</i>	31
5. Kombinasi <i>Hyperparameter</i>	37
6. Komposisi <i>Dataset</i>	39
7. Hasil Percobaan <i>MobileNet</i>	42
8. Hasil Percobaan <i>LeNet-5</i>	43
9. Hasil Percobaan <i>MobileNet</i>	44
10. Hasil Percobaan <i>LeNet-5</i>	45
11. Waktu <i>Training Google Colab</i>	46
12. Waktu <i>Training Nvidia Tesla</i>	47
13. <i>Confusion Matrix LeNet-5 Google Colab</i>	49
14. <i>Recall, Precision, Accuracy dan F1 Score LeNet-5 Google Colab</i>	50
15. <i>Confusion Matrix MobileNet Nvidia Tesla</i>	52
16. <i>Recall, Precision, Accuracy dan F1 Score MobileNet Nvidia Tesla</i>	53

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pohon merupakan suatu organisme ekosistem yang berinteraksi satu dengan lainnya, serta mampu beradaptasi dengan lingkungan. Kumpulan dari banyaknya pohon alami adalah hutan, didalamnya terdapat banyak sekali jenis pohon. Pohon yang sehat berperan penting dalam menjaga siklus karbon global, karena dapat berfungsi sebagai penyerap polutan, penyerap bau, habitat satwa liar, mengurangi bahaya banjir, dan yang lainnya. Pohon memiliki fungsi dasar yang begitu penting, kondisi kerusakan pohon di hutan pun menjadi penting untuk diketahui. Tahun 2021 terdapat data yang diperoleh *The Food and Agriculture Organization (FAO)*, menyebutkan laju kerusakan hutan di Indonesia mencapai 1.315.000 hektar per tahun atau setiap tahunnya luas areal hutan berkurang sebesar satu persen (1%) yang diakibatkan oleh beberapa faktor yang diantaranya adalah kerusakan pohon itu sendiri.

Pohon merupakan salah satu elemen dari komponen ruang terbuka hijau. Kesehatan pohon sangat penting untuk keberlangsungan kesehatan komponen biotik dan abiotik di sekitarnya meliputi manusia. Kerusakan pohon dapat menghilangkan fungsi pohon itu sendiri, bahkan dapat menyebabkan kerugian dari segi ekonomi, oleh karena itu kerusakan pohon dapat menjadi salah satu indikator dimana pohon-pohon dikatakan sehat atau sakit (B Abimanyu *et al.*, 2019).

Pohon memiliki banyak peran untuk keberlangsungan makhluk hidup yang lain, oleh sebab itu kondisi pohon dituntut agar tetap sehat atau tidak rusak. Kondisi dimana pohon dapat dan masih mampu menjalankan fungsinya dengan baik maka pohon tersebut dinyatakan tidak mengalami kerusakan, sedangkan kondisi sebaliknya yaitu pohon tidak dapat atau tidak mampu menjalankan fungsinya dengan baik maka pohon tersebut dikategorikan telah mengalami kerusakan. Kerusakan pohon terjadi apabila organ-organ dalam tubuh pohon tidak dapat berfungsi dengan baik dan tercermin pada penampakan fisiknya. Kerusakan pohon dapat diamati dengan seksama dimulai dari bawah (perakaran) hingga ke atas (pucuk). Pengamatan kerusakan pohon didasarkan pada tipe kerusakan, lokasi kerusakan, dan tingkat keparahan kerusakan tersebut (Safe'i & Tsani MK, 2016).

Dosen Universitas Lampung yaitu Bapak Dr. Rahmat Safe'i melakukan penelitian dan analisis kerusakan pohon di hutan kota stadion kota Metro Provinsi Lampung, penelitian tersebut berlangsung pada bulan November hingga Desember 2018. Kegiatan tersebut bertujuan untuk mengetahui status kondisi kerusakan pohon yang ada di hutan kota stadion kota Metro dalam rangka pemantauan penilaian kondisi kerusakan pohon areal terbuka hijau di Provinsi Lampung. Penelitian dilakukan dengan metode *Forest Health Monitoring* (FHM) yang berbasis sensus. Hasil yang diperoleh dari status kondisi kerusakan adalah pada kategori sehat ada 300 pohon (77%), kategori sedang ada 69 pohon (18%) dan kategori sakit ada 19 pohon (5%) (B Abimanyu *et al.*, 2019).

Pohon yang telah mengalami kerusakan dapat diamati langsung secara kasat mata pada bagian-bagian yang ada diseluruh badan pohon dengan beberapa kondisi. Kerusakan yang terlihat oleh kasat mata seperti terkoyaknya kulit pohon yang tidak seperti semula, terdapat luka pada kulit pohon seperti sayatan, batang yang patah dan ada pula terjadinya lubang pada badan pohon. Kondisi kerusakan pohon diukur atau diamati berdasarkan lokasi ditemukannya kerusakan, yaitu pada akar, batang, cabang, tajuk, daun, pucuk, dan tunas.

Pohon dikategorikan mengalami kerusakan apabila kondisi-kondisi tersebut ditemukan, untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan pendeteksian yang mencakup tingkat akurasi yang tinggi agar dapat mendeteksi kerusakan secara tepat pada lokasi ditemukannya kerusakan dan *computer vision* memilikinya.

Computer vision merupakan metode untuk memperoleh data, memproses, analisis, dan mengerti gambar secara umum data dimensional yang tinggi dari dunia nyata dalam perintah untuk menghasilkan angka dan simbol informasi. Deteksi objek, pengenalan objek, dan klasifikasi objek adalah fungsi utama dalam sistem *computer vision* saat ini, dilain sisi terdapat metode yang sering dipergunakan untuk mengidentifikasi dan memonitoring kesehatan hutan yaitu metode *Forest Health Monitoring* (FHM) yang pertama kali diperkenalkan oleh *United States Department of Agriculture* (USDA) *Forest Service* (Alexander *et al.*, 1995)

Forest Health Monitoring (FHM) memiliki kekurangan yaitu membutuhkan SDM yang banyak dan berkualitas untuk mendapatkan data status yang akurat dan terpercaya. Kekurangan yang lain yaitu sangat sulit diterapkan lingkungan hutan tropika. Kelebihan untuk metode *computer vision* terdapat pada tingkat akurasinya yang cukup tinggi, ruang lingkupnya yang luas, kemudahan penerapan serta harga yang terjangkau. *Computer vision* pula memiliki kekurangan yaitu keharusan dalam pengenalan objek secara penuh, agar dapat mengenali dan mendeteksi objek, dari berbagai pertimbangan lebih condong memilih metode *computer vision*.

Computer vision dapat memecahkan masalah pada *Forest Health Monitoring* (FHM) yaitu untuk tingkatan akurasi yang tinggi serta tidak membutuhkan SDM yang banyak dan berkualitas. *Computer vision* mendukung untuk mendapatkan data status yang akurat dan terpercaya yang mana tepat untuk karakteristik data pada penelitian ini.

Computer vision merupakan metode identifikasi yang terbukti efektif digunakan untuk memecahkan masalah identifikasi spesies tanaman pada penelitian sebelumnya, yaitu penggunaan *Computer Vision System* pada pengidentifikasian jenis tanaman secara otomatis (N. Kumar *et al.*, 2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis tanaman dapat teridentifikasi dengan akurat hingga mencapai angka 85.1% dalam waktu 5,4 detik untuk satu spesies tanaman, dan sistem beroperasi dengan baik meskipun menggunakan *dataset* yang besar dan gambar yang berlabel.

Tahun 2019 lalu di Mexico, peneliti dari Universitas Guadalajara Mexico melakukan penelitian terkait Pengembangan Sistem Pendeteksi Kerusakan pada Aspal berdasarkan *Deep Neural Network*. Penelitian berlangsung dengan memakai sampel foto dan video jalan-jalan beraspal yang ada di negara Mexico dan Italia. Peneliti menggunakan *Digital Asset Management Tool*, lalu melatih objek untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan kerusakan jalan dari gambar maupun *real-time* video dengan akurasi tinggi dan dalam waktu intervensi yang rendah. Studi tersebut dilakukan demi menerapkan prosedur pemeliharaan yang lebih prediktif, dan juga bertujuan untuk membantu Lembaga Pemerintahan dalam hal perencanaan dan pemeliharaan infrastruktur (Angulo *et al.*, 2019).

Penelitian ini akan menerapkan *computer vision* untuk mengidentifikasi kerusakan pohon berbasis *Forest Health Monitoring*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu bagaimana implementasi *computer vision* untuk mengidentifikasi kerusakan pada pohon.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan untuk mengetahui seperti apa kerusakan pada pohon dari segi tipe kerusakan.
2. Kategori pohon dengan diameter lebih besar atau sama dengan 20 cm.
3. Hanya mencakup dari 16 tipe kerusakan pada pohon, yaitu kanker, konk, luka terbuka, resinosis atau gumosis, batang pecah, sarang rayap, batang atau akar patah, brum, akar patah atau mati, liana, pucuk dominan mati atau hilang, cabang patah atau mati, percabangan, daun atau pucuk atau tunas rusak, daun berubah warna, dan lain-lain
4. Algoritma *computer vision* yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan untuk penelitian ini adalah membuktikan bahwa algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) mampu sebagai bagian *computer vision* untuk mengidentifikasi tipe kerusakan pohon.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membantu dalam memperoleh informasi kerusakan pohon.
2. Membantu analisis dalam meneliti pohon secara cepat dan akurat.
3. Sebagai sarana referensi yang ada terkait identifikasi kerusakan pohon.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pohon

Pohon adalah komponen yang mendominasi dalam suatu hutan, yang berperan sebagai organisme produsen dan habitat berbagai jenis burung dan hewan lainnya. Pohon diartikan sebagai tumbuhan berkayu yang batang utamanya mempunyai diameter lebih besar atau sama dengan 20 cm, digolongkan menjadi pohon daun jarum dan pohon daun lebar (Winarto, 2012). Pohon sebagai penetralisir sumber pencemar gas buangan kendaraan bermotor, tajuknya yang rindang memberikan keteduhan, sistem perakarannya dapat meningkatkan infiltrasi air permukaan dan mengurangi limpasan sehingga meningkatkan jumlah air di dalam tanah.

Pohon menyediakan keteduhan dan tempat tinggal bagi banyak spesies, kayu untuk konstruksi, bahan bakar untuk memasak dan pemanas, buah untuk bahan makanan serta banyak kegunaan. Pohon cenderung berumur panjang, beberapa pohon bisa hidup hingga beberapa ribu tahun. Pohon telah tumbuh di Bumi setidaknya 370 juta tahun, diperkirakan terdapat sekitar tiga triliun pohon dewasa di dunia.



Gambar 1. Pohon Rindang.

2.2 Kerusakan Pohon

Kata rusak menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah suatu keadaan yang sudah tidak sempurna, tidak baik, dan tidak utuh. Kerusakan sendiri memiliki makna mengalami rusak atau keadaan suatu hal rusak karena dirusak. Suatu barang, benda atau produk dapat dikatakan rusak apabila barang atau benda tersebut tidak dapat menjalankan fungsinya dengan baik lagi (Stephens, 2004). Kondisi kerusakan tersebut juga dapat terjadi pada pohon, dimana bila suatu pohon tidak dapat atau tidak mampu menjalankan fungsinya dengan baik maka pohon tersebut dikategorikan telah mengalami kerusakan.

Kerusakan pohon terjadi apabila organ-organ dalam tubuh pohon tidak dapat berfungsi dengan baik dan tercermin pada penampakan fisiknya. Kondisi kerusakan fisik yang dapat dilihat secara langsung misalnya, pohon layu, daun menguning, batang patah, berbagai macam luka-luka pada tubuh pohon.

Kerusakan yang terjadi pada pohon bukan disebabkan pohon itu sendiri, akan tetapi merupakan dampak dari berbagai interaksi pohon dengan lingkungan makhluk hidup lainnya (Safe'i & Tsani MK, 2016).

Pohon merupakan salah satu unsur penyusun komponen ekosistem hutan. Pohon berinteraksi dengan lingkungan biotik dan abiotik, keterkaitan pohon dengan unsur lain tersebut memberikan reaksi atau dampak terhadap salah satu unsur penyusun hutan. Kondisi tertentu interaksi tersebut dapat menimbulkan dampak negatif tersendiri bagi pohon, yaitu kerusakan pohon.

2.3 Pengukuran Kerusakan Pohon

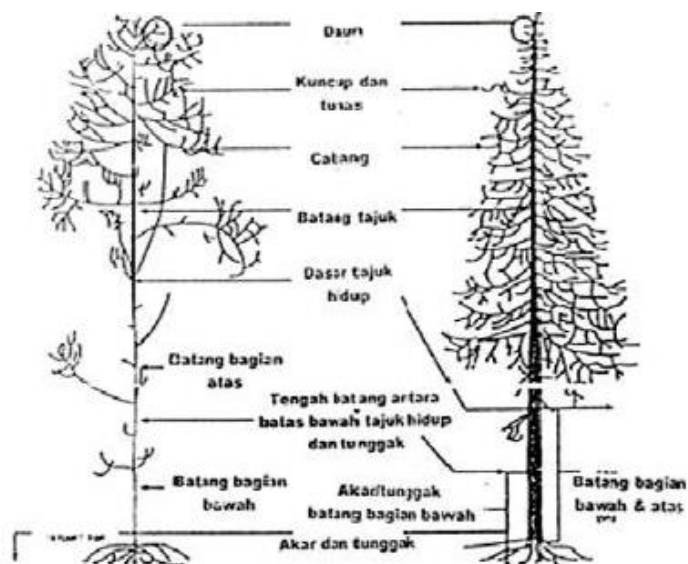
Kerusakan individu pohon tidak akan memberikan dampak yang berarti jika kerusakan yang ditimbulkan hanya dalam skala kecil. Identifikasi kerusakan pohon dilakukan dengan cara mengamati tiga kerusakan pohon yang utama, dimulai dari bawah (perakaran) hingga ke atas (pucuk). Pengamatan kerusakan pohon didasarkan pada lokasi kerusakan, tipe kerusakan, dan tingkat keparahan (Safe'i & Tsani MK, 2016). Langkah awal yaitu melihat posisi kerusakan kemudian melihat tipe kerusakan dan tingkat keparahannya.

2.3.1 Lokasi Kerusakan Pohon

Tempat atau lokasi kerusakan yang terjadi pada individu sebuah pohon yang biasanya terletak di tubuh pohon adalah pengertian dari lokasi kerusakan pohon. Pohon dengan tipe daun lebar dan tipe daun jarum memiliki kenampakan yang berbeda, untuk itulah dibedakan cara pengkodean lokasi kerusakan pohon yang bertipe daun jarum dan lebar. Berikut disampaikan kode lokasi dan deskripsi lokasi kerusakan:

Tabel 1. Lokasi Kerusakan Pohon (Mangold, 1999)

Kode	Lokasi Kerusakan Pohon
0	Tidak ada kerusakan
1	Akar dan tunggak muncul (12 inci atau 30 cm tingginya titik ukur diatas tanah)
2	Akar dan batang bagian bawah
3	Batang bagian bawah (setengah bagian bawah dari batang antara tunggak dan dasar tajuk hidup)
4	Bagian bawah dan bagian atas batang
5	Bagian atas batang (setengah bagian atas batang antara tunggak dan dasar tajuk hidup)
6	Batang tajuk (batang utama di dalam daerah tajuk hidup, di atas dasar tajuk hidup)
7	Cabang (lebih besar 2,54 cm pada titik percabangan terhadap batang utama atau batang tajuk di dalam daerah tajuk hidup)
8	Pucuk dan tunas (pertumbuhan tahun-tahun terakhir)
9	Daun



Gambar 2. Lokasi Kerusakan Pohon (Mangold, 199;USDA-FS, 1999).

2.3.2 Tipe Kerusakan Pohon

Banyak jenis kerusakan pohon, begitu pula dengan akibat atau bentuk kerusakan yang dihasilkan. Akibat atau bentuk kerusakan yang dihasilkan ini disebut juga dengan tipe kerusakan. Berbagai kode kerusakan dan tipe kerusakan dijelaskan dalam Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Tipe Kerusakan Pohon (Mangold, 1999).

Kode	Tipe Kerusakan
01	Kanker
02	Konk, tubuh buah dan indikator lain
03	Luka terbuka
04	Resinosis atau gumosis
05	Batang pecah
06	Sarang rayap
11	Batang atau akar patah kurang dari tiga kaki dari batang
12	Brum pada akar/batang
13	Akar patah atau mati lebih dari tiga kaki dari batang
20	Liana
21	Hilangnya pucuk dominan atau mati
22	Cabang patah atau mati
23	Percabangan atau brum yang berlebihan
24	Daun, pucuk, atau tunas rusak
25	Daun berubah warna
26	Karat puru atau tumor
31	Lain-lain

a. Kanker

Kondisi dimana terdapat matinya kulit kambium kemudian diikuti oleh matinya kayu di bawah kulit. Kanker pada pohon biasanya disebabkan oleh jamur. Ciri penyakit ini berlokasi pada batang atau cabang, terdapat lekukan dibawah kulit batang yang menonjol dibanding batang normal, infeksi pada bagian kulit yang terbuka dan berdampak berupa pecah atau retak. Contohnya penyakit busuk merah muda (*pink disease*) pada Akasia, Damar, Jati, dan Eukaliptus yang disebabkan oleh *Corticium salmonicolor*.



Gambar 3. Kanker pada pohon Sonokeling (Safe'i *et al.*, 2019).

b. Konk, Tubuh Buah dan Indikator Lain

Kondisi dimana terdapat tubuh buah pada batang utama, batang tajuk, dan pada titik percabangan adalah indikator kayu lapuk. Ciri penyakit ini biasanya dijumpai pada pohon berdiameter besar, berlokasi di tempat percabangan batang yang telah terpangkas, disebabkan oleh mikroorganisme dan berdampak berupa pelapukan.



Gambar 4. Konk, tubuh buah dan indikator lain (Safe'i *et al.*, 2019).

c. Luka Terbuka

Kondisi dimana terdapat serangkaian luka dimana kulit telah mengelupas atau bagian dalamnya terbuka dan tidak ada lapuk lanjut. Ciri yang terdapat pada kerusakan ini biasanya disebabkan campur tangan manusia, baik itu dilukai oleh benda tajam dan hal lainnya, umumnya terjadi pada bagian batang dan terjadi dikarenakan infeksi oleh patogen dari perlukaan tersebut.



Gambar 5. Luka terbuka (Safe'i R., 2015).

d. Resinosis atau Gumosis

Kondisi dimana terdapat daerah resin atau *gum* (cairan) eksudasi keluar pada cabang atau batang. Kerusakan ini bercirikan adanya cairan yang keluar di tubuh pohon, berwarna coklat hingga kehitaman, dijumpai lubang gesekan mikroorganisme dan biasanya berlokasi pada batang atau cabang.



Gambar 6. Resinosis atau Gumosis (Safe'i *et al.*, 2019).

e. Batang Pecah

Kondisi dimana terdapat bagian batang yang terkelupas atau memecah yang terbelah menjadi beberapa bagian. Bercirikan dimana terdapatnya pecahan bagian batang terlihat hingga kedalam kayu, yang disebabkan oleh campur tangan manusia yang biasanya berlokasi pada batang.



Gambar 7. Batang Pecah (Safe'i R., 2015).

f. Sarang Rayap

Kondisi dimana terdapat kayu pada pohon dipergunakan rayap sebagai tempat bersarang dan sumber makanannya (selulosa). Hal ini berpotensi mengakibatkan kerusakan pada kayu maupun pohon. Ciri dari kerusakan ini adalah dijumpainya kerak tanah pada tubuh pohon, biasanya berlokasi pada batang, berdampak kematian pada tanaman, dan bersifat menyebar ke tanaman sekitarnya.



Gambar 8. Sarang Rayap (Safe'i *et al.*, 2019).

g. Batang atau Akar Patah Kurang dari Tiga Kaki dari Batang

Kondisi dimana terdapat batang patah atau rusak pada daerah batang (di bawah dasar dari tajuk hidup dan pada pohon yang masih hidup) biasanya terjadi dikarenakan adanya unsur lain seperti unsur biotik. Ciri kerusakan ini adalah berlokasi pada batang ataupun akar, ciri utamanya terdapatnya patahan yang disebabkan oleh unsur biotik (makhluk hidup).



Gambar 9. Batang atau Akar Patah (Safe'i R., 2015).

h. Brum pada Akar atau Batang

Kondisi dimana terdapat gerombolan daun di tempat yang sama pada batang atau akar. Kerusakan ini bercirikan tumbuhnya cabang-cabang berlebihan pada batang maupun akar, kondisi tumbuhnya bergerombol baik percabangan atau daun, dan berlokasi pada batang ataupun akar.



Gambar 10. Brum pada Akar atau Batang (Safe'i *et al.*, 2019).

i. Akar Patah atau Mati Lebih dari Tiga Kaki dari Batang

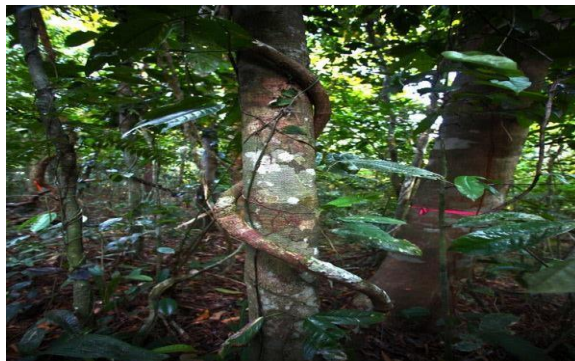
Kondisi dimana akar-akar diluar lebih dari tiga kaki dari batang yang terluka atau mati. Lokasi kerusakan terjadi pada akar, dan kondisi ini mengalami kepatahan ataupun kematian pada akar tersebut.



Gambar 11. Akar Patah atau Mati.

j. Liana

Kondisi dimana terdapat jenis tanaman merambat pada tanaman inang. Kerusakan ini berlokasikan pada batang, cabang maupun tajuk serta berdampak kerusakan pada tanaman inang.



Gambar 12. Liana.

k. Hilangnya Pucuk Dominan atau Mati

Kondisi dimana terdapat kematian dari ujung batang tajuk yang disebabkan oleh hama, penyakit, salju, kering, dll. Kerusakan ini disebabkan oleh bakteri, dan berlokasi pada bagian pucuk, gejala yang ditimbulkan adalah kematian pucuk sehingga pohon minim dedaunan.



Gambar 13. Hilangnya Pucuk Dominan atau Mati.

l. Cabang Patah atau Mati

Kondisi dimana terdapat patahan dari cabang atau batang yang mati. Kerusakan ini disebabkan oleh jamur ataupun parasit, umumnya berlokasi pada bagian cabang dan gejala yang ditimbulkan adalah cabang yang mati dan daunnya yang berguguran.



Gambar 14. Cabang Patah atau Mati.

m. Percabangan atau Brum yang Berlebihan

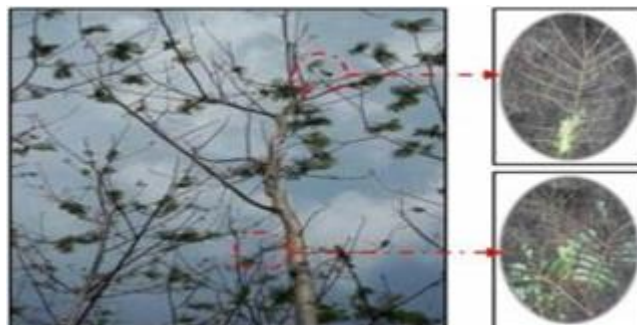
Kondisi dimana terdapat gerombolan ranting yang padat, tumbuh di satu tempat yang sama di dalam daerah tajuk hidup. Kerusakan ini terjadi pada batang cabang dan pucuk, dicirikan dengan tumbuhnya dahan baru secara bergerombol dan kerusakan ini disebabkan karena adanya pemangkasan dahan, dan tumbuhnya dahan baru dalam jumlah banyak.



Gambar 15. Percabangan atau Brum yang berlebihan.

n. Daun, Pucuk atau Tunas Rusak

Kondisi dimana terdapat kerusakan daun, pucuk, atau tunas disebabkan terkena hama, penyakit. Ciri pada kerusakan ini umumnya berlokasi pada daun, pucuk maupun tunas dan disebabkan oleh hama dan penyakit, dapat diamati dengan terdapatnya daun yang tidak tumbuh secara merata, serta terdapatnya pucuk yang rusak hingga mati.



Gambar 16. Daun, Pucuk atau Tunas Rusak (Safe'i R., 2015).

o. Daun Berubah Warna

Kondisi dimana terdapat sekurang-kurangnya 30% daun adalah 50%-nya terganggu (daun sudah tidak hijau lagi/berubah warna). Tipe kerusakan ini umumnya terjadi pada bagian daun, daun mengalami perubahan warna dari warna aslinya.



Gambar 17. Daun Berubah Warna.

p. Karat Puru (dan lain-lain)

Kondisi dimana terdapat penyakit yang menyerang pohon sengon atau akasia, berbentuk benjolan pada daun, cabang, dahan, ranting, dan batang pohon yang mengakibatkan kematian pada pohon.



Gambar 18. Karat Puru atau Tumor.

2.3.3 Nilai Ambang Keparahan Kerusakan Pohon

Nilai ambang keparahan yang menggambarkan besarnya dampak kerusakan yang diderita oleh pohon dari berbagai kode dan tipe kerusakan yang terjadi. Nilai ambang keparahan pohon diuraikan dalam Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Nilai Ambang Keparahan/Kerusakan Pohon
(Mangold,1999; USDA-FS, 1999; Safe'i R., 2015).

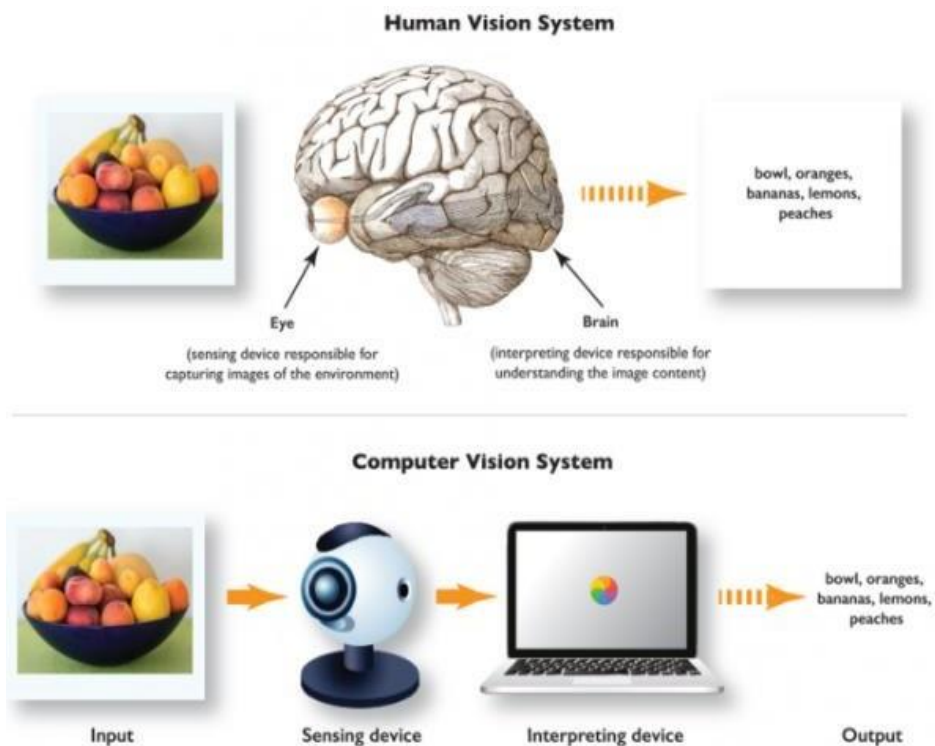
Kode	Nilai Ambang Keparahan atau Kerusakan Pohon di dalam 10% kelas ke 99%
01	$\geq 20\%$ Dari keliling pohon di titik pengamatan
02	Sama sekali tidak ada (nihil), kecuali $\geq 20\%$ untuk akar > 3 kaki (0,91 m) dari batang utama
03	$\geq 20\%$ di titik pengamatan
04	$\geq 20\%$ di titik pengamatan
05	Tidak ada
06	$\geq 20\%$ di titik pengamatan
11	Sama sekali tidak ada (nihil)
12	Sama sekali tidak ada (nihil)
13	$\geq 20\%$ dari akar
20	$\geq 20\%$
21	$\geq 1\%$ dari tajuk
22	$\geq 20\%$ dari cabang atau tunas
23	$\geq 20\%$ dari sapu atau cabang
24	$\geq 30\%$ dari daun daunan
25	$26 \geq 20\%$ terserang dari daun-daunan
31	Tidak ada

2.4 Computer Vision

Computer vision adalah salah satu teknologi yang paling banyak dipakai di zaman ini. Teknologi *computer vision* ini merupakan salah satu bidang dari teknologi *Artificial Intelligence*. *Computer vision* juga merupakan kumpulan dari metode-metode untuk mendapatkan, memproses, menganalisis suatu gambar atau dalam arti lain, *computer vision* merupakan kumpulan metode-metode yang digunakan untuk menghasilkan angka-angka atau simbol-simbol yang didapat dari gambar yang diambil di dunia nyata agar komputer dapat mengerti apa makna dari gambar tersebut.

Computer vision dalam penerapannya pun terbagi menjadi aspek disiplin ilmu dan aspek disiplin teknologi. *Computer vision* dalam disiplin ilmu berkaitan dengan teori-teori di balik sistem buatan yang mengekstrak informasi dari gambar. Informasi yang diekstrak dari gambar dapat berupa data-data yang berbeda-beda, seperti urutan jalannya video, intensitas cahaya, atau perspektif dari sudut gambar yang berbeda-beda. *Computer vision* dalam disiplin teknologi berkaitan dengan cara agar teori-teori terhadap model sehingga dapat diterapkan untuk pembangunan sistem pada sistem komputer.

Contoh beberapa aplikasi yang menggunakan *computer vision* seperti alat navigasi, dan kontroler. *Computer vision* sekarang ini sering digunakan untuk mendeteksi wajah pada gambar (*face detection*), mengenali ekspresi wajah (*facial expression*) dan dalam prakteknya sering digunakan bersama dengan jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*).



Gambar 19. *Human Vision System* dan *Computer Vision System* (M. Elgendy, 2020).

Computer vision memiliki beberapa tugas umum dan dapat dipergunakan untuk hal seperti berikut:

1. *Object Classification* (Klasifikasi Objek)

Computer vision dapat menguraikan konten visual dan mengklasifikasikan objek pada foto atau video ke kategori yang ditentukan. Contohnya *computer vision* dapat menemukan seekor anjing di antara semua objek dalam gambar.

2. *Object Identification* (Identifikasi Objek)

Computer vision dapat menguraikan konten visual dan mengidentifikasi objek tertentu pada foto atau video. Contohnya *computer vision* dapat menemukan anjing tertentu diantara anjing- anjing dalam gambar.

3. *Object Tracking* (Pelacakan Objek)

Computer vision memproses video menemukan satu objek (atau beberapa objek). *Computer vision* berguna dalam segi industri yang mencakup dalam peningkatan pengalaman konsumen, mengurangi biaya dan peningkatan dalam keamanan.

Contoh dari beberapa penggunaan *computer vision* dapat terlihat dalam beberapa elemen berikut:

1. Manufaktur

Computer vision berguna dalam pengidentifikasian kerusakan produk dalam waktu nyata, karena produk berasal dari jalur produksi, komputer memproses gambar ataupun video dan menandai lusinan berbagai jenis kecacatan bahkan pada produk terkecil sekalipun.

2. Perawatan Kesehatan

Computer vision berguna dalam pemeriksaan citra dari pemindaian MRI, CAT, dan sinar X untuk mendeteksi kelainan seakurat dokter.

3. Asuransi

Computer vision berguna dalam melakukan penilaian kerusakan kendaraan dengan lebih konsisten dan akurat, proses ini mengurangi penipuan dan menambah efektifitas proses klaim.

4. Pertahanan dan Keamanan

Computer vision berguna dalam pengidentifikasian pelanggan dengan lebih akurat saat penukaran sejumlah uang, tidak mungkin bagi penjaga keamanan untuk menganalisis ratusan video sekaligus, tetapi algoritma *computer vision* dapat melakukannya.

Computer vision memiliki beberapa proses dalam pelaksanaannya, cara kerja *computer vision* pun dibagi menjadi tiga langkah dasar yaitu: Akuisisi Gambar (*Image Acquisition*), Pemrosesan Gambar (*Image Preprocessing*), dan yang terakhir Ekstraksi Ciri (*Feature Extraction*).

1. Akuisisi Citra/Gambar (*Image Acquisition*)

Tahap ini merupakan proses pemerolehan gambar-gambar dalam jumlah besar, diperoleh secara *real-time* melalui video, foto atau teknologi 3D untuk analisa.

2. Pemrosesan Gambar (*Image Preprocessing*)

Tahap ini merupakan proses pengolahan data asli sebelum data tersebut akan diolah ke tahap selanjutnya yang bertujuan seperti menghilangkan *noise*, memperjelas fitur data, memperkecil atau memperbesar ukuran data, serta mengkonversi data asli agar diperoleh data yang sesuai kebutuhan.

3. Ekstraksi Ciri (*Features Extraction*)

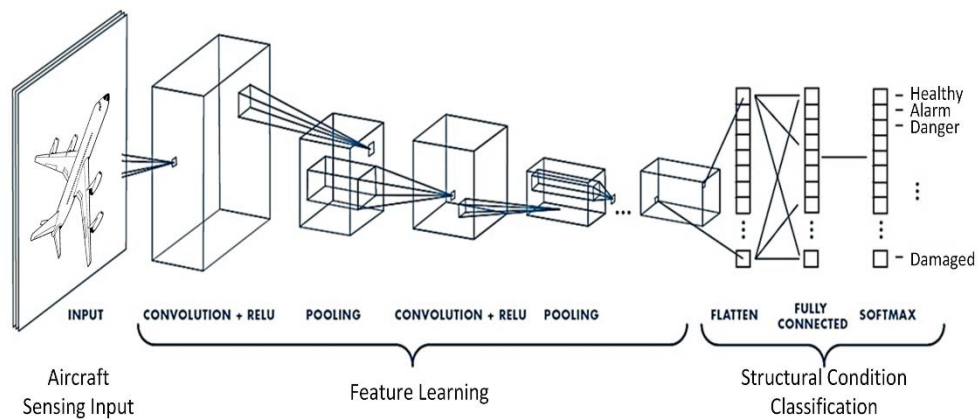
Tahap ini merupakan proses pengambilan ciri-ciri yang unik dari data yang akan diolah yang tujuannya untuk memperkecil jumlah data, mengambil informasi yang terpenting dari data yang diolah dan mempertinggi presisi pengolahan data tersebut.

Computer vision merupakan cabang ilmu yang digunakan komputer untuk mengenali atau melakukan klasifikasi citra. Hal ini dapat membantu pengembangan *self-autonomous machine* agar tidak bergantung pada koneksi internet dan dapat melakukan kalkulasi sendiri secara *real time*. Terdapat beberapa algoritma klasifikasi citra populer yaitu *K-Nearest Neighbors* (KNN), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Convolutional Neural Network* (CNN). KNN dan SVM merupakan algoritma klasifikasi dari *Machine Learning* sedangkan CNN merupakan algoritma klasifikasi dari *Deep Neural Network*.

2.5 Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) adalah jaringan saraf *multi-layer* yang terinspirasi dari mekanisme sistem *optic* makhluk hidup. Kunihiko Fukushima pada tahun 1980 memperkenalkan *neocognitron* yang merupakan jaringan saraf *multi-layered* yang dapat mengidentifikasi pola visual secara hierarki dengan pembelajaran. Jaringan tersebut ditinjau sebagai teori untuk CNN. CNN diperkenalkan oleh Yann LeCun pada tahun 1990. Yann LeCun memperkenalkan model praktis CNN dan mengembangkan *LeNet-5* menggunakan pelatihan algoritma *backpropagation* untuk membantu mengenali pola visual dari *pixels* yang mentah secara langsung tanpa menggunakan mekanisme rekayasa fitur yang terpisah sehingga koneksi dan parameter yang digunakan lebih sedikit dan membuat pelatihan model lebih mudah (Sultana *et al.*, 2018).

CNN adalah suatu metode algoritma *deep learning* yang digunakan untuk mengklasifikasi citra, mendeteksi objek, dan melakukan segmentasi. CNN adalah suatu arsitektur yang dilatih dan terdiri dari beberapa tahap masukan (*input*) dan keluaran (*output*) (Arzar *et al.*, 2019).

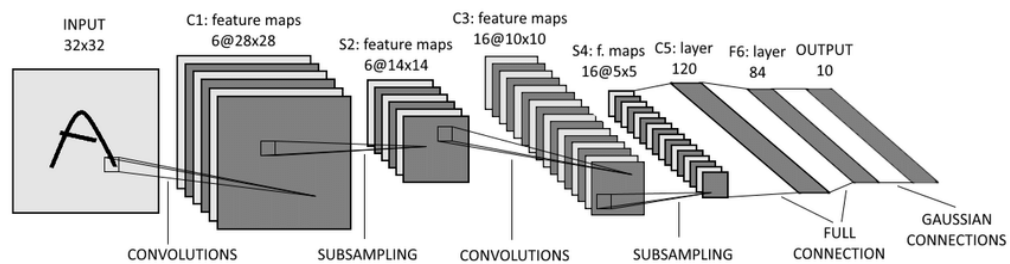


Gambar 20. *Convolution Neural Network* (Yi *et al.*, 2018).

CNN dapat melatih dan menguji setiap citra yang masuk melalui beberapa proses. CNN menggunakan nilai *learning rate* dan *epoch*. Proses yang terjadi dalam CNN yaitu *convolutional layer* dan diikuti oleh tahap *pooling* untuk melakukan ekstraksi fitur dari citra yang masuk. Proses *pooling* citra akan di *flatten* untuk diteruskan ke proses *fully connected-layer* untuk proses pengklasifikasian.

2.5.1 Arsitektur *LeNet-5*

Penelitian ini mengimplementasikan *computer vision* dalam pengidentifikasian kerusakan pohon dengan algoritma *Convolution Neural Network* (CNN) menggunakan arsitektur *LeNet-5*. Arsitektur *LeNet-5* diperkenalkan oleh Yann LeCun yang terdiri dari tujuh lapisan (Fitriati, 2016), dimana arsitektur ini merupakan salah satu arsitektur CNN pertama yang digunakan di bank untuk membaca cek dengan *real time*.



Gambar 21. Contoh Arsitektur *LeNet-5* (LeCun *et al.*, 1998).

Jika disusun arsitektur *LeNet-5* terdiri dari 7 lapisan yang rinciannya sebagai berikut ini.

1. Lapisan Konvolusi Pertama (*First Convolution Layer*)
2. Lapisan *Pooling* (*First Pooling Layer*)
3. Lapisan Konvolusi Kedua (*Second Convolution Layer*)
4. Lapisan *Pooling* (*Second Pooling Layer*)
5. Lapisan *Fully-connected* (*First Layer*)
6. Lapisan *Fully-connected* (*Second Layer*)
7. Lapisan *Output* (*Softmax/Sigmoid Activation*)

- a. Lapisan Konvolusi (*Convolution Layer*), proses ini terdiri dari *neuron* yang tersusun sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah filter dengan panjang dan tinggi (*pixels*). Konvolusi merupakan lapisan awal dalam CNN yang akan dilewati oleh data gambar yang di-*input*. Operasi ini menerapkan fungsi *output* sebagai *feature map* dari masukan citra. Masukan citra dan keluaran ini dapat dilihat sebagai dua argumen bernilai riil (Goodfellow, *et al.*, 2016). Lapisan ini akan mengekstrak atau mengambil dan menyimpan ciri-ciri dari objek yang ada di dalam gambar.

Ciri-ciri dari gambar tersebut akan diproses atau diekstrak melalui proses perkalian antara gambar dengan filter yang telah didefinisikan khusus untuk lapisan konvolusi. Filter tersebut akan bergerak sesuai *stride* atau jumlah pergeseran filter, filter bergeser terhadap gambar masukkan yang kemudian menghasilkan sebuah susunan nilai *array* baru yang disebut sebagai *activation map* atau *feature map*, yaitu peta yang menyimpan ciri-ciri terbaru dari gambar.

Feature map membentuk kumpulan *array* yang lebih sederhana atau dalam kata lain membentuk kumpulan gambar-gambar yang berupa potongan gambar dari gambar pohon utama, potongan gambar tersebut menyimpan dan memiliki ciri-ciri utama dari tipe kerusakan pohon sebagai objek yang akan dideteksi.

Potongan gambar tersebut secara komputasi tersimpan dalam bentuk *array* setelah dilakukannya perkalian antara *array* gambar utama dengan *array* pada filter konvolusi. *Feature map* menyimpan dan mengambil informasi yang mana banyak nya informasi tergantung dari besar atau kecilnya *stride* yang digunakan pada filter, semakin kecil *stride* yang digunakan maka semakin banyak informasi yang dihasilkan.

Feature map dihasilkan setelah melalui lapisan konvolusi, *feature map* akan diproses menggunakan aktivasi *ReLU* untuk membenahi nilai-nilai *array* yang dianggap tidak sesuai dan dapat menimbulkan kesalahan pencirian pada tipe kerusakan pohon.

Hasil *convolution layer* dikenakan fungsi aktivasi atau *activation function*. Terdapat beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan pada *convolutional network*, di antaranya $\tanh()$ atau *ReLU*. *ReLU* merupakan fungsi yang paling umum digunakan dalam konteks CNN, dimana mengubah seluruh nilai input menjadi angka positif, dan juga manfaat utama *ReLU* dapat meringankan beban komputasi lebih rendah dibanding aktivasi yang lain (Laith, *et al.*, 2021). Aktivasi *ReLU* menjadi pilihan bagi beberapa peneliti karena sifatnya yang lebih berfungsi dengan baik. Fungsi yang digunakan untuk aktivasi pada *ReLU*, fungsi *ReLU* adalah nilai *output* dari *neuron* bias dinyatakan sebagai 0 jika *input* adalah negatif. Jika nilai *input* dari fungsi aktivasinya adalah positif, maka *output* dari *neuron* adalah nilai *input* aktivasi itu sendiri.

b. Lapisan *Pooling* (*Pooling Layer*)

Proses ini dilakukan sebuah filter dengan ukuran dan *stride* tertentu yang bergeser pada seluruh area *feature map*. Ada beberapa metode *pooling* yaitu seperti *tree pooling*, *gated pooling*, *average pooling*, *min pooling*, *max pooling*, *global average pooling*, dan *global max pooling* (Laith, *et al.*, 2021). *Pooling* yang biasa digunakan adalah *max pooling* dan *average pooling*.

Tujuan penggunaan *pooling layer* adalah mengurangi dimensi dari *feature map* (*downsampling*), sehingga mempercepat komputasi karena parameter yang harus di *update* semakin sedikit dan mengatasi *overfitting* (Dutta & Ghosh, 2021).

Pooling dilakukan untuk mengecilkan ukuran *array* dari *featuremap* yang telah dihasilkan pada lapisan konvolusi (Saha, 2018). Walaupun *feature map* telah melalui tahap penyederhanaan dari *array* gambar pohon berupa *multidimensional array*, tetapi memiliki susunan *array* yang besar jika akan dilakukan proses pengklasifikasian objek gambar. *Pooling* akan bergerak terhadap *feature map* sesuai dengan *stride* atau jumlah pergeseran filter *pooling*. Lapisan *pooling* akan menyimpan hasil *array* atau dimensi yang lebih sederhana dari *feature map*, sehingga komputasi yang dijalankan untuk klasifikasi tipe kerusakan pohon akan lebih cepat. Sama halnya seperti konvolusi, tahapan lapisan *pooling* juga dilakukan berulang untuk mengurangi jumlah parameter dan memperbanyak informasi penting yang tersimpan dalam *feature map* baru dari lapisan *pooling*.

- c. Klasifikasi (*Classification*), tahap ini merupakan proses pengelompokan *pixel* pada citra atau gambar kerusakan pohon ke dalam sejumlah kelas, sehingga setiap kelas dapat menggambarkan suatu entitas tipe kerusakan pohon dengan ciri-ciri tertentu. Skor klasifikasi dihasilkan menggunakan lapisan akhir misalkan *Support Vector Machines (SVM)* atau *softmax*, untuk contoh tertentu setiap skor mewakili probabilitas kelas tertentu (Laith, *et al.*, 2021). Tahap ini meliputi *flatten*, *fully-connected layer*, dan *output* dan dijelaskan sebagai berikut:

1. *Flatten*

Flatten dilakukan untuk mengubah nilai *array feature map* menjadi bentuk vektor. Bentuk vektor merupakan bentuk yang bisa diterima sebagai *input* pada tahap *fully-connected layer* (Eka, 2016). Perubahan menjadi bentuk vektor ditujukan agar ketika data gambar kerusakan pohon masuk ke tahap *fully-connected layer*, setiap *neuron* atau vektor yang telah terbentuk biasa saling terhubung dan bisa mencocokkan satu ciri tipe kerusakan pohon dengan ciri tipe kerusakan pohon yang lain untuk bisa mengklasifikasikan objek dalam gambar kerusakan pohon.

2. *Fully-connected layer*

Tahap ini menerima masukkan berupa data satu dimensi, data yang dimaksud berisi ciri-ciri dari *feature map* yang telah berubah bentuk susunannya tetapi tidak merubah isi ciri-ciri yang tersimpan dalam *feature map* tersebut (Zufar, 2016). *Fully-connected layer* bekerja dengan menghubungkan setiap *neuron* yang telah terbentuk dari lapisan-lapisan sebelumnya, *neuron* ialah ciri-ciri tipe kerusakan pohon (objek) yang terdeteksi.

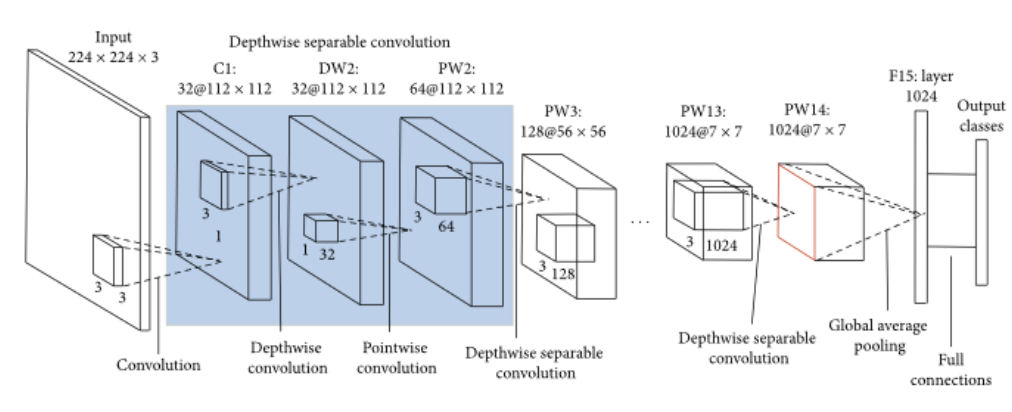
Neuron saling terhubung antara satu dengan yang lainnya, sehingga ciri-ciri tipe kerusakan pohon (objek) yang telah tersimpan bisa saling tersusun setelah CNN mempelajari ciri-ciri pada lapisan sebelumnya. Ciri-ciri dari tipe kerusakan pohon (objek) saling tersusun secara otomatis karena *neuron* yang saling terhubung, pada tahap ini juga dihasilkan *weights* atau bobot dari setiap tipe kerusakan pohon (objek) yang berhasil terdeteksi untuk bisa dijadikan acuan dan bahan *training* pada percobaan yang lain.

3. Output

Output adalah hasil akhir setelah melakukan proses *fully-connected layer*, tahap ini biasanya mulai menghasilkan kecocokan antara ciri tipe kerusakan pohon dan gambar yang sesungguhnya. Prediksi disertai dengan label kelas yang tepat untuk tipe kerusakan pohon (objek) yang terdeteksi (Hasma & Silfianti, 2018).

2.5.2 Arsitektur *MobileNet*

Arsitektur *MobileNet* dirancang untuk aplikasi *mobile*, juga merupakan komputer menggunakan *library tensorflow*. *MobileNet* merupakan pengembangan dari versi-versi sebelumnya, menggunakan teknik konvolusi kedalaman terpisah atau *Depthwise Separable Convolution (DSP)*. Tujuannya adalah menghasilkan jaringan *neural network* yang ringan dengan cara mengurangi parameter. Perbedaan yang ada pada *MobileNet* dibandingkan versi sebelumnya adalah penambahan fitur *bottleneck* dan *shortcut connection*.



Gambar 22. Contoh Arsitektur *MobileNet*.

Shortcut bottleneck input dan output untuk mengenkapsulasi lapisan bagian dalam, berfungsi merubah konsep dari rendah menjadi tinggi. *Shortcut* ini menjadikan *training* lebih cepat dan akurasi lebih tinggi. Terdapat dua operasi di dalam *MobileNet* yaitu *Depthwise Convolution (DW)* dan *Pointwise Convolution (PW)*.

- a. *Depthwise Convolution (DW)*
Lapisan pertama didalam *shortcut*, merupakan filter ringan dengan menerapkan filter konvolusi tunggal di setiap *input channel*. Lapisan DW menggunakan *stride* antara 1 dan 2, dipergunakan secara bergantian
- b. *Pointwise Convolution (PW)*
Lapisan kedua berupa konvolusi 1 x 1, untuk membentuk *feature* baru melalui perhitungan kombinasi linear.

2.5.3 Hyperparameter

Hyperparameter adalah konfigurasi yang berada diluar model. *Hyperparameter* membantu dalam menemukan parameter model yang tidak bergantung pada *data training* (Hutter *et al.*, 2015). *Hyperparameter* yang biasanya digunakan yaitu *epoch*, *batch size*, *learning rate* dan *optimizer*.

1. Epoch

Epoch merupakan *hyperparameter* yang menentukan berapa kali proses akan dilakukan dalam masa *training* dalam *neural network* (Wibawa, 2017).

2. Batch Size

Batch size merupakan jumlah *training sample* yang digunakan dalam satu *iteration*. *Batch size* digunakan dalam proses training untuk menentukan jumlah contoh *data training* dan merupakan salah satu *hyperparameter* terpenting (Rochmawati, 2021).

3. Optimizer Adam

Optimizer Adam merupakan algoritma stokastik berdasarkan perkiraan adaptif dari order rendah. Adam cocok diterapkan pada permasalahan data dengan *gradient* yang menyebar (Wibawa, 2017).

4. Learning Rate

Learning rate merupakan salah satu *hyperparameter training* yang ditetapkan untuk menghitung nilai koreksi bobot pada waktu proses *training* (Rochmawati, 2021).

2.6 Perhitungan Tingkat Akurasi

Perhitungan tingkat akurasi merupakan proses untuk mengukur evaluasi dalam suatu sistem. Perhitungan tingkat akurasi dihitung menggunakan *Detection Rate* (Andrian *et al.*, 2019):

$$\frac{TP}{TP + TN} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

TP (True Positive) = Jumlah data yang diprediksi benar.

TN (True Negative) = Jumlah data yang diprediksi salah.

2.7 Confusion Matrix

Confusion Matrix merupakan matriks yang digunakan untuk mengevaluasi model klasifikasi dengan memprediksi objek yang benar atau salah. *Confusion Matrix* direpresentasikan dengan tabel yang menjelaskan klasifikasi jumlah data uji yang benar dan klasifikasi jumlah data uji yang salah (Rahman *et al.*, 2017).

Tabel 4. *Confusion Matrix*

<i>Correct</i>	<i>Classified as</i>	
<i>Classification</i>	<i>Predicted “+”</i>	<i>Predicted “-“</i>
<i>Actual “+”</i>	<i>True Positives</i>	<i>False Negatives</i>
<i>Actual “-“</i>	<i>False Positives</i>	<i>True Negatives</i>

Keterangan:

True Positives (TP) = data positif yang terdeteksi benar.

False Positives (FP) = data negatif yang terdeteksi sebagai data positif.

True Negatives (TN) = data negatif yang terdeteksi benar.

False Negatives (FN) = data positif yang terdeteksi sebagai data negatif.

Tabel *confusion matrix* bertujuan untuk menghitung kinerja metode klasifikasi dengan menghitung jumlah *recall*, *precision*, *accuracy*, dan *error rate* (Andono *et al.*, 2017).

2.7.1 Recall

Recall merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kelengkapan suatu algoritma. *Recall* adalah tingkat kesuksesan yang dapat dideteksi oleh sistem (Andono *et al.*, 2017).

$$\frac{\sum_{i=1}^1 TP_i}{\sum_{i=1}^1 (TP_i + FN_i)} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

TP_i = data positif yang terdeteksi benar pada kelas ke- i .

FN_i = data positif yang terdeteksi sebagai data negatif pada kelas ke- i
= jumlah kelas.

2.7.2 Precision

Precision adalah parameter untuk mengukur ketepatan dari suatu algoritma. *Precision* merupakan tingkat akurasi antara informasi yang diminta oleh pengguna dan jawaban yang disediakan oleh sistem (Andono *et al.*, 2017).

$$\frac{\sum_{i=1}^1 TP_i}{\sum_{i=1}^1 (TP_i + FP_i)} \times 10 \quad (7)$$

Keterangan:

TP_i = data positif yang terdeteksi benar pada kelas ke- i .

FP_i = data negatif yang terdeteksi sebagai data positif pada kelas ke- i , i = jumlah kelas.

2.7.3 Accuracy

Accuracy adalah perhitungan yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dari suatu algoritma. *Accuracy* merupakan tingkat kedekatan antara nilai yang diprediksi oleh sistem dengan nilai yang sebenarnya (Andono *et al.*, 2017).

$$\sum_{i=1}^1 \frac{TP_i + TN_i}{TP_i + TN_i + FP_i + FN_i} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

TP_i = data positif yang terdeteksi benar pada kelas ke- i .

FP_i = data negatif yang terdeteksi sebagai data positif pada kelas ke- i .

FN_i = data positif yang terdeteksi sebagai data negatif pada kelas ke- i .

TN_i = data negatif yang terdeteksi benar pada kelas ke- i

i = jumlah kelas.

2.7.4 Error Rate

Error Rate adalah tingkat kegagalan yang terjadi dalam klasifikasi pada data uji (Andono *et al.*, 2017).

$$\text{Error Rate} = 100\% - \text{Accuracy} \quad (9)$$

Keterangan:

Accuracy = tingkat kedekatan antara nilai yang diprediksi oleh sistem dengan nilai yang sebenarnya.

2.7.5 F1-Score

F1 Score merupakan perbandingan rata-rata presisi (*precision*) dan *recall* yang dibobotkan.

$$F1 \text{ Score} = 2 \times (\text{Recall} \times \text{Precision}) / (\text{Recall} + \text{Precision}) \quad (10)$$

Keterangan:

Recall = parameter yang digunakan untuk mengukur kelengkapan algoritma.

Precision = parameter untuk mengukur ketepatan dari suatu algoritma.

2.7.6 Support

Support merupakan total penjumlahan dari *true positive* dan *false negative* yang dibobotkan.

$$Support = TP_i + FN_i \quad (11)$$

Keterangan:

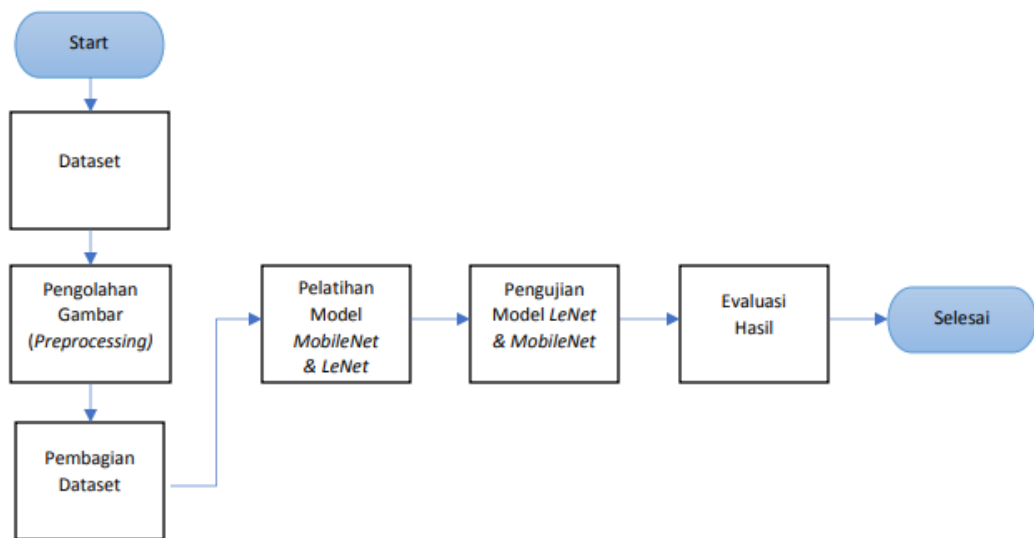
TP_i = data positif yang terdeteksi benar pada kelas ke- i .

FN_i = data positif yang terdeteksi sebagai data negatif pada kelas ke- i .

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan pada identifikasi kerusakan pohon menggunakan *Computer vision* dengan algoritma CNN arsitektur model *LeNet-5* dan model *MobileNet* ditunjukkan pada Gambar 23.



Gambar 23. Tahapan Penelitian.

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

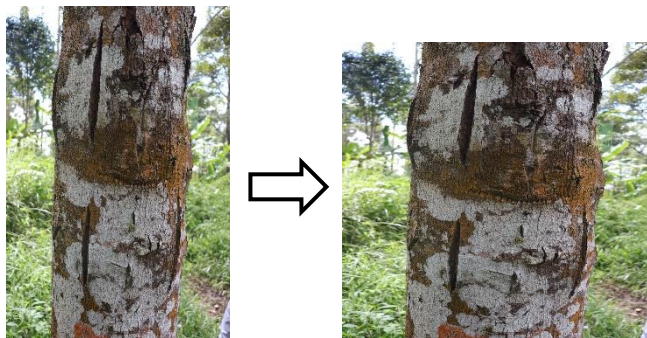
1. Dataset

Tahap ini merupakan tahap awal untuk membuat mesin mengenal apa yang ada didalam gambar tersebut. Pohon yang terindikasi mengalami kerusakan difoto atau diambil gambarnya dari sisi depan kerusakan. Teknik pengambilan gambar dari sisi depan tersebut bertujuan menghindari terjadinya ketidakjelasan citra atau gambar yang akan dijadikan *dataset*.

Dalam sistem teknologi komputer, kualitas gambar yang dimasukkan (*input*) akan menentukan hasil (*output*) dari pengembangan *Computer vision* (Babatunde *et al.*, 2015). Pengambilan gambar dilakukan di Tahura WAR menggunakan kamera *Canon EOS 250D with CMOS*. Dataset terkumpul berjumlah 1600 citra gambar kerusakan pohon.

2. Pengolahan Gambar (*Preprocessing*)

Pengolahan gambar yang dipergunakan pada penelitian ini adalah *scaling*. *Scaling* merupakan proses mengubah ukuran citra ke resolusi yang berbeda tanpa menghilangkan objeknya. (Arham & W, 2012). Citra awal dipotong menjadi 224×224 *pixel* sehingga yang terlihat hanya ciri khas dari citra sehingga mempermudah proses klasifikasi. Perubahan ukuran citra dapat dilihat pada gambar 24.



Gambar 24. Proses *scaling* (*Preprocessing*).

3. Pembagian *Dataset*

Pembagian *dataset* dilakukan menggunakan *train_test_split* yang terdapat pada *library scikit learn*.

a. Data Latih

Data latih atau data *training* adalah data yang digunakan untuk melakukan proses *training* model. Data yang digunakan dalam penelitian ini untuk proses *training*, yaitu sebesar 70% dengan total data 1120.

b. Data Validasi

Data validasi atau data *validation* adalah data yang digunakan untuk melakukan proses validasi model dan mencegah *overfitting*. Data yang digunakan dalam penelitian ini untuk proses *validation*, yaitu 10% dengan total data 160.

c. Data Uji

Data uji atau data *testing* adalah data yang digunakan untuk melakukan proses pengujian pada model. Data yang digunakan dalam penelitian ini untuk proses *testing*, yaitu sebesar 20% dengan total data 320.

4. Pelatihan Model

Penelitian ini menggunakan dua model arsitektur yaitu *LeNet-5* dan *MobileNet*, *dataset* yang digunakan adalah 1600 citra kerusakan pohon, dengan resolusi 224×224 *pixel*. *Tools* yang dipergunakan dalam pelatihan model adalah *Google colab* dan *Jupyter Notebook* dengan *hyperparameter* yang sama. *Hyperparameter* yang dipergunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 5. Kombinasi *Hyperparameter*

No	Nama Parameter	Nilai
1	<i>Epoch</i>	10,30,50,80
2	<i>Batch size</i>	32
3	<i>Optimizer</i>	Adam
4	<i>Learning rate</i>	0,001

5. Pengujian Model

Tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap data uji yang telah diperoleh dan hasil dari klasifikasi akan dicatat dan dilakukan analisis pada tahap selanjutnya.

6. Hasil

Tahap ini dilakukan pencatatan hasil dari pengujian yang didapat untuk menghitung tingkat keberhasilan model. Hasil pengujian berasal dari data latih dan data uji yang menghasilkan nilai *confusion matrix* dari nilai *accuracy*, *recall*, *precision*, dan *f1 score*.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung Jalan Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedung Meneng, Bandar Lampung, Ruang 204 UPT TIK Universitas Lampung, Konservasi Arboretum UPTD Tahura Wan Abdul Rachman. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2022 s.d. Mei 2022.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan pendukung yang akan digunakan dalam pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Alat Perangkat Keras (*Hardware*)

- a. Laptop Asus X454W Series dengan spesifikasi RAM 6.00 GB, *Harddisk* 500GB, dan *Processor* AMD E1-6010 sebagai alat pendukung penelitian untuk proses pengolahan citra pada kerusakan pohon.
- b. *Canon EOS 250D with CMOS*, Kamera *handphone* OPPO F9, *dual-camera* 16 Megapiksel dan 2 Megapiksel yang akan digunakan untuk pengambilan citra ataupun gambar pada pohon.

3.3.2 Alat Perangkat Lunak (*Software*)

- a. Sistem Operasi *Windows 7 Ultimate 64-Bit* digunakan sebagai sistem operasi pada laptop.
- b. *Jupyter Notebook* dan *Google Colab* digunakan sebagai *tools* untuk melakukan proses *scaling*, dan klasifikasi pada citra kerusakan pohon.

3.3.3 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 1600 citra tipe kerusakan pohon yang didapatkan dari Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Tahura WAR). Data citra tersebut terdiri dari 16 label kelas yang berpedoman pada *Forest Health Monitoring* (FHM). Label disesuaikan dengan jumlah tipe-tipe kerusakan pohon yang ada pada pedoman, penjabaran ke-16 *dataset* dijelaskan pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi *Dataset*

Kode	Tipe Kerusakan	Jumlah Citra
01	Kanker	100
02	Konk	100
03	Luka Terbuka	100
04	Resinosis atau Gumosis	100
05	Batang Pecah	100
06	Sarang Rayap	100
11	Batang atau Akar Patah	100
12	Brum Akar atau Batang	100
13	Akar Patah atau Mati	100
20	Liana	100
21	Mati Pucuk	100
22	Cabang Patah	100
23	Brum Berlebihan	100
24	Daun Pucuk Tunas Rusak	100
25	Daun Berubah Warna	100
31	Dan Lain-lain	100
Total Data:		1600 Citra

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini membuktikan bahwa *Computer Vision* dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dapat mengidentifikasi tipe kerusakan pada pohon.
2. Persentase akurasi percobaan pada *MobileNet* mencapai 99,06%, dan persentase akurasi percobaan pada *LeNet-5* mencapai 89,99%.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan *augmentasi* data agar mencegah terjadinya *overfitting*.
2. Mengembangkan identifikasi tipe kerusakan pohon menggunakan kombinasi *hyperparameter* yang lebih beragam dari penelitian ini.
3. Mengembangkan identifikasi tipe kerusakan pohon menggunakan model arsitektur yang lainnya seperti *VGG16*, *ResNet*, *AlexNet* dan yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- A, K., I, S., & GE., H. (2017). *Imagenet Classification with Deep Convolutional Neural Networks*. *Commun ACM*, 84-90.
- A. Angulo, V. F. (2019). *Road Damage Detection Acquisition System Based on DeepNeural Network for Physical Asset Management*. Mexico: MICAI.
- Alexander, S. A. (1995). *Forest Health Monitoring: Field Methods Guide*. Las Vegas (US):Environmental Monitoring Systems.
- Andono, P. N., Sutojo, T., & Muljono. (2017). *Pengolahan Citra Digital*. Andi.
- Andrian, R., Maharani, D., Muhammad, M. A., & Junaidi, A. (2019). *Butterfly Identification Using Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) Extraction Feature and K-Nearest Neighbor (KNN) Classification*.
- Arham, Z., & W, N. I. (2012). *Pembangunan Virtual Mirror Eyeglasses Menggunakan Teknologi Augmented Reality*. *Komputa: Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika*, 1(2), 79–84.
- Arzar, N. N. (2019). *Butterfly Species Identification Using Convolutional Neural Network (CNN)*. Malaysia: *IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems*.
- B Abimanyu, Safe'i R, Hidayat W. (2019). *Application of Forest Health Monitoring Method in Assessing Tree Damage in Metro Urban Forests*. Bandar Lampung: *Jurnal Sylvia Lestari*.
- Babatunde, Hezekiah, O., Armstrong, L., Leng, J., & Diepeveen, D. (2015). *A Survey of Computer-Based Vision Systems For Automatic Identification of Plant Species*.*Journal of Agricultural Informatics*, 61-71.
- Cosido, Oscar, Iglesias, A., Galvez, A., Catuogno, R., Campi, M., et al. (2014). *Hybridization of Convergent Photogrammetry, Computer Vision, and Artificial Intelligence for Digital Documentation of Cultural Heritage-A Case Study:The Magdalena Palace*. *International Conference*, (pp. 369-376). Cyberworlds.
- Dutta, S., & Ghosh, S. (2021). *Forest Fire Detection Using Combined Architecture ofSeparable Convolution and Image Processing*. *International Conference on Artificial Intelligence and Data Analytics*.
- Elgendy, M. (2019). *Deep Learning for Vision Systems (MEAP Edition)*. Manning Publications.

- Fitriati, D. (2016). *Perbandingan Kinerja CNN LeNet 5 dan Extreme Learning Machine Pada Pengenalan Citra Tulisan Tangan Angka*. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 10-16.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Hasma, Y. A., & Silfianti, W. (2018). *Implementasi Deep Learning Menggunakan Framework Tensorflow dengan Metode Faster Regional Convolutional Neural Network untuk Pendeteksian Jerawat*. *Jurnal Ilmiah Teknologi & Rekayasa*.
- Hutter, F., Lucke, J., & Schmidt-Thieme, L. (2015). *Beyond Manual Tuning of Hyperparameters*. KI.
- Laith, A., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., et al. (2021). *Review of Deep Learning: Concepts, CNN Architecture, Challenges, Applications, Future Directions*. *Journal Of Big Data*.
- Mangold, R. (1999). *Forest Health Monitoring: Field Methods Guide*. USA (US): USDA Forest Service.
- Neeraj Kumar, P. N. (2012). *Leafsnap: A Computer Vision System for Automatic Plant Species Identification*. Berlin: Springer-Verlag.
- Rahman, M. F., Alamsah, D., Darmawidjadja, M. I., & Nurma, I. (2017). *Klasifikasi Untuk Diagnosa Diabetes Menggunakan Metode Bayesian Regularization Neural Network (RBNN)*. *Jurnal Informatika*, 11(1), 36.
- Rochmawati, N. (2021). *Analisa Learning Rate dan Batch Size pada Klasifikasi Covid Menggunakan Deep Learning dengan Optimizer Adam*. *Journal Information Engineering and Education Technology*.
- Safe'i, R., Pertiwi D., Kaskoyo H., & Indriyanto (2019). *Identifikasi Kondisi Kerusakan Pohon Menggunakan Metode Forest Health Monitoring di Tahura WAR Provinsi Lampung*. *Jurnal Perennial*, Vol. 15 No.1: 1-7 ISSN: 1412-7784
- Safe'i, R & Tsani MK. (2016). *Kesehatan Hutan: Penilaian Kesehatan Hutan Menggunakan Teknik Forest Health Monitoring*. Bandar Lampung: Graha Ilmu.
- Saha, S. (2018). *A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks*. *Segmentasi Citra Digital*. 1(2), 48–51.
- Sultana, F. S. (2018). *Advancements In Image Classification Using Convolutional Neural Network*. Malda: ICRCICN.
- Wibawa, M. (2017). *Pengaruh Fungsi Aktivasi, Optimisasi dan Jumlah Epoch Terhadap Performa Jaringan Syaraf Tiruan*. *Jurnal Sistem Dan Informatika*.
- Winarto, B. (2012). *Kamus Rimbawan Edisi Revisi Cetakan Ketiga Pusat Humas Kementerian Kehutanan*. Bogor: GIZFORCLIME.
- Yi, N., Li, C., & Feng, X. (2018). *Research and Improvement of Convolutional Neural Network*. *IEEE Computer Society*, 637-640.
- Zufar, M. (2016). *Convolutional Neural Networks untuk Pengenalan Wajah Secara Real - Time*. 24-27.