

***HIGH PERFORMANCE COMPUTING UNTUK KLASIFIKASI IMAGE
TUMBUHAN OBAT SIRIH DAN BINAHONG MENGGUNAKAN
METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)***

(Skripsi)

Oleh :

AZZAH ROUDHOH

NPM. 1857051001



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

HIGH PERFORMANCE COMPUTING UNTUK KLASIFIKASI IMAGE TUMBUHAN OBAT SIRIH DAN BINAHONG MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

Oleh

AZZAH ROUDHOH

Tumbuhan obat merupakan tumbuhan yang bermanfaat bagi kesehatan, yaitu untuk menyembuhkan suatu penyakit. Salah satu tumbuhan obat yang sering digunakan adalah daun sirih dan daun binahong. Untuk mengelompokkan kedua jenis daun tersebut dapat dilakukan dengan cara klasifikasi. Proses klasifikasi dilakukan berdasarkan bentuk daun. Metode CNN merupakan metode yang umum digunakan untuk klasifikasi data *image* karena metode ini menghasilkan akurasi yang paling signifikan dalam pengenalan citra. Klasifikasi *image* menggunakan *Central Processing Unit* (CPU) akan memerlukan waktu eksekusi yang cukup lama dalam proses *training*. Oleh karena itu, dengan perkembangan perangkat yang ada sekarang masalah dapat diatasi menggunakan *Graphics Processing Unit* (GPU) dengan CUDA untuk mempercepat waktu proses *training*. Dalam penelitian ini menggunakan data yang berjumlah 900 data *image* tanaman obat yang dibagi menjadi 3 data, yaitu data *training*, data *testing*, dan data *validation* dengan rasio perbandingan 8 : 1 : 1. Berdasarkan hasil yang diperoleh menggunakan GPU dapat mempersingkat waktu sebesar kurang lebih 2 kali lebih cepat dari penggunaan CPU.

Kata kunci: Tumbuhan Obat, *Convolutional Neural Network*, Klasifikasi, *Central Processing Unit*, *Graphics Processing Unit*

ABSTRACT

HIGH PERFORMANCE COMPUTING FOR IMAGE CLASSIFICATION OF BETEL AND BINAHONG MEDICINAL PLANTS USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK METHOD (CNN)

By

AZZAH ROUDHOH

Medicinal plants are plants that are useful to health, specifically to cure a disease. One of the medicinal plants that are often used are betel leaves and binahong leaves. To classify the two types of leaves can be done by way of classification. The classification process is carried out based on the shape of the leaves. The CNN method is a commonly used method for classifying image data because this method produces the most significant accuracy in image recognition. Image classification using the Central Processing Unit (CPU) will require a long execution time in the training process. Therefore, with the development of existing devices, this problem can be overcome by using the Graphics Processing Unit (GPU) with CUDA to speed up the training process time. In this study, 900 medicinal plant image data were used which were divided into 3 data, namely training data, testing data, and validation data with a ratio of 8 : 1 : 1. Based on the results obtained using the GPU, it can shorten the time by approximately 2 times faster than CPU usage.

Keywords: Medical Plant, Convolutional Neural Network, Classification, Central Processing Unit, Graphics Processing Unit

***HIGH PERFORMANCE COMPUTING UNTUK KLASIFIKASI IMAGE
TUMBUHAN OBAT SIRIH DAN BINAHONG MENGGUNAKAN
METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)***

Oleh

AZZAH ROUDHOH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA ILMU KOMPUTER**

Pada

**Jurusan Ilmu Komputer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

: ***HIGH PERFORMANCE COMPUTING UNTUK
KLASIFIKASI IMAGE TUMBUHAN OBAT
SIRIH DAN BINAHONG MENGGUNAKAN
METODE CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK (CNN)***

Nama Mahasiswa

: ***Azzah Roudhoh***

Nomor Pokok Mahasiswa : 1857051001

Jurusan

: **Ilmu Komputer**

Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**

Rizky Prabowo, M.Kom.
NIP. 19880807201903 1 011

2. **Ketua Jurusan Ilmu Komputer**

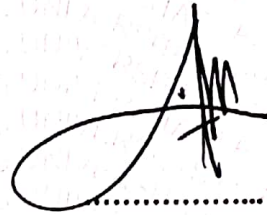
Didik Kurniawan, S.Si., M.T.
NIP. 19800419 200501 1 004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Rizky Prabowo, M.Kom.



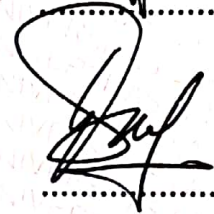
Penguji I

: Didik Kurniawan, S.Si., M.T.



Penguji II

: Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Dr. Eng. Surtpto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.
NIP. 197407052000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Februari 2023

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Azzah Roudhoh

NPM : 1857051001

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "***High Performance Computing Untuk Klasifikasi Image Tumbuhan Obat Sirih dan Binahong Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)***" merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang telah saya terima.

Bandar Lampung, 15 Februari 2023



Azzah Roudhoh

NPM. 1857051001

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Azzah Roudhoh bertempat lahir di Bandar Lampung pada tanggal 14 Mei 2000, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SD Negeri 2 Rawa Laut, Bandar Lampung dan selesai pada tahun 2006-2012. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2015, lalu melanjutkan ke pendidikan menengah atas di SMA Negeri 2 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2018.

Pada tahun 2018 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN BARAT. Selama menjadi mahasiswa, penulis melakukan beberapa kegiatan antara lain.

1. Menjadi anggota Adapter Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada periode 2018/2019.
2. Menjadi anggota Bidang Eksternal Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer periode 2018/2019.

3. Menjadi Sekretaris Bidang Internal Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer periode 2019/2020.
4. Melaksanakan Kerja Praktik di Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kota Bandar Lampung pada tahun 2021.
5. Melaksanakan KKN Universitas Lampung di Kelurahan Suka Jawa, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung pada tahun 2021.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbilalamin

Puji dan syukur tercurahkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Yang senantiasa memberikan yang terbaik, dan melantunkan do'a yang selalu menyertaiku. Kuucapkan pula terima kasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membesarkanku dengan cara yang dipenuhi kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang belum bisa terbalaskan.

Seluruh Keluarga Besar Ilmu Komputer 2018

Yang selalu memberikan semangat dan dukungan.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Ilmu Komputer

Tempat bernaung mengemban semua ilmu untuk menjadi bekal hidup.

MOTTO

*“Maka sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya
beserta kesulitan itu ada kemudahan”*

(QS. Al-Insyirah: 5-6)

*“Segala sesuatu yang baik, selalu datang di saat terbaiknya. Persis waktunya.
Tidak datang lebih cepat, pun tidak lebih lambat. Itulah kenapa rasa sabar itu
harus disertai keyakinan”*

(Tere Liye)

“Impianmu terbangkanlah tinggi, tapi selalu pijakkan kaki di bumi”

(Adera – Catatan Kecil)

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, serta petunjuk dan pedoman dari Rasulullah Nabi Muhammad *Shollallahu Alaihi Wasallam* penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “***High Performance Computing Untuk Klasifikasi Image Tumbuhan Obat Sirih dan Binahong Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)***” dengan baik dan lancar.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih ditujukan kepada:

1. Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya selama menjalani penelitian hingga laporan dapat diselesaikan dengan baik.
2. Keluarga, terutama ibu dan bapak yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan dukungannya sehingga penelitian ini terselesaikan.
3. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T., selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
4. Bapak Didik Kurniawan, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung.
5. Bapak Rizky Prabowo, M.Kom., selaku dosen pembimbing utama dalam penelitian ini yang selalu memberikan bimbingan, ilmu, dan saran.
6. Bapak Didik Kurniawan, S.Si., M.T., selaku dosen pembahas satu, yang telah memberikan ilmu dan saran dalam penelitian ini.
7. Bapak Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs. selaku dosen pembahas dua, yang telah memberikan ilmu dan saran dalam penelitian ini.

8. Bapak Dr. rer. nat. Akmal Junaidi, M.Sc. Selaku sekretaris Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung dan koordinator skripsi.
9. Bapak Ardiansyah, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama setiap semester.
10. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Jurusan Ilmu Komputer yang telah memberikan ilmu nya selama masa perkuliahan.
11. Ibu Ade Nora Maela, Bang Zai, dan Mas Naufal yang sudah membantu dalam urusan administrasi penulis di Jurusan Ilmu Komputer dengan sikap kerja yang kooperatif.
12. Agnes Pramudani, Evania Intiha, Gema Annisa Hermastuti, Yulivia Annisa Putri, dan Afifah yang selalu memberi semangat dan membantu mencari jalan keluar setiap ada masalah.
13. Hana Afriliza, Windy Dewi, Suci Hasanah Bertha, Jonathan Michael, dan Lita Amelia yang tidak pernah lelah menjadi tempat untuk bertanya mengenai informasi yang diperlukan.
14. Khadijah Khalda dan Akasyah Nazilli selaku kakak dan adik kandung yang memberi semangat untuk terus berjuang mencapai hal yang diinginkan.
15. Teman-teman seangkatan Jurusan Ilmu Komputer 2018 di Universitas Lampung.

Disadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan skripsi ini yang disebabkan terbatasnya kemampuan, pengetahuan, dan pengalaman. Tetapi, semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi yang pihak yang membaca.

Bandar Lampung, 15 Februari 2023

Azzah Roudhoh

NPM. 1857051001

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR <i>PSEUDOCODE</i>	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Tumbuhan Obat	7
2.3 Daun Sirih.....	8
2.4 Daun Binahong.....	8
2.5 Klasifikasi.....	9
2.6 Citra Digital	9
2.7 <i>High Performance Computing</i>	10
2.8 <i>Graphics Processing Unit</i>	10

2.9	<i>Compute Unified Device Architecture</i>	12
2.10	<i>Deep Learning</i>	13
2.11	<i>Convolutional Neural Network</i>	13
2.11.1	Convolution Layer	14
2.11.2	Fungsi Aktivasi ReLU	15
2.11.3	Pooling Layer	16
2.11.4	Fully Connected Layer	16
2.12	<i>Confusion Matrix</i>	17
III.	METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2	Data dan Alat.....	20
3.2.1	Data.....	20
3.2.2	Alat.....	21
3.3	Alur Kerja Penelitian.....	25
3.3.1	Studi Literatur	25
3.3.2	Pengambilan Data	26
3.3.3	Pre-processing.....	26
3.3.4	Perancangan CNN.....	26
3.3.5	Pelatihan Model CNN.....	28
3.3.6	Pengujian	28
3.3.7	Hasil Akurasi	28
3.3.8	Waktu Eksekusi	28
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1	<i>Pre-processing Data</i>	29
4.2	Konfigurasi GPU	30
4.3	Pemodelan CNN.....	31
4.4	Pengujian Model.....	35
4.5	Pembahasan	36
4.5.1	CPU.....	36

4.5.2 GPU	39
4.5.3 Perbandingan CPU dan GPU	41
V. KESIMPULAN.....	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. Confusion Matrix	17
Tabel 3. Alur Waktu Penelitian.....	19
Tabel 4. Pembagian Data	37
Tabel 5. Tabel Proses Training dengan CPU	37
Tabel 6. Evaluasi Hasil dengan CPU	38
Tabel 7. Tabel Proses Training dengan GPU	39
Tabel 8. Evaluasi Hasil dengan GPU	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Daun Sirih Hijau.....	8
Gambar 2. Daun Binahong.....	9
Gambar 3. Perbandingan CPU dan GPU	11
Gambar 4. Cara Kerja GPU	11
Gambar 5. Arsitektur CUDA	12
Gambar 6. Arsitektur CNN	14
Gambar 7. Operasi Konvolusi.....	14
Gambar 8. Operasi Konvolusi dengan Zero Padding.....	15
Gambar 9. Aktivasi ReLU.....	15
Gambar 10. Pooling Layer	16
Gambar 11. Fully Connected Layer	17
Gambar 12. Data Image Daun Sirih Hijau	20
Gambar 13. Data Image Daun Binahong	20
Gambar 14. Alur Penelitian.....	25
Gambar 15. Spesifikasi GPU	31
Gambar 16. Citra RGB Daun Binahong	32
Gambar 17. Citra RGB Daun Sirih Hijau	33
Gambar 18. Input Citra Daun.....	33
Gambar 19. Matriks Piksel Pada Citra Daun	34
Gambar 20. Grafik Run Time dengan CPU	38
Gambar 21. Grafik Run Time dengan GPU.....	40
Gambar 22. Grafik Perbandingan <i>Training</i> CPU dan GPU	42

DAFTAR *PSEUDOCODE*

	Halaman
<i>Pseudocode</i> 1. Kode Program Augmentasi Data	30
<i>Pseudocode</i> 2. Kode Program Konfigurasi GPU	31
<i>Pseudocode</i> 3. Kode Program Pemodelan CNN	32
<i>Pseudocode</i> 4. Kode Program Pengujian Model	36

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keanekaragaman jenis tumbuhan obat yang ada di Indonesia cukup banyak. Tumbuhan obat merupakan tumbuhan yang bermanfaat bagi kesehatan, yaitu untuk menyembuhkan suatu penyakit. Tumbuhan obat dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk pembuatan obat kimiawi maupun herbal (Puspitasari dkk., 2018). Salah satu tumbuhan obat yang sering digunakan adalah daun sirih dan daun binahong. Biasanya daun sirih dan binahong digunakan sebagai obat dengan cara merebus daunnya, kemudian air rebusannya diminum.

Daun sirih (*Piper betle* L.) sering dimanfaatkan untuk menghilangkan bau mulut, mengatasi mimisan, gatal-gatal, dan dapat mengobati keputihan bagi wanita (Syahrinastiti dkk., 2015). Sedangkan daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) biasa digunakan untuk menghaluskan kulit, mengobati luka, dan meningkatkan stamina tubuh (Yulia dkk., 2016). Daun sirih dan binahong sekilas terlihat serupa. Bentuk tulang daun sirih adalah melengkung, sedangkan daun binahong bentuk tulang daunnya menyirip. Untuk mengelompokkan kedua jenis daun tersebut dapat dilakukan dengan cara klasifikasi. Proses klasifikasi dilakukan berdasarkan bentuk daun. Daun merupakan salah satu bagian yang umum digunakan untuk mengklasifikasikan jenis tanaman (Hati & G, 2013). Dalam pengklasifikasian jenis tumbuhan obat akan dilakukan tahap pengolahan citra yang bertujuan untuk menghasilkan citra dengan kualitas yang lebih baik.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, ada banyak cara yang dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi *image*. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam pengklasifikasian citra, salah satu metodenya adalah metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Metode CNN merupakan metode yang umum digunakan untuk klasifikasi data *image*. Menurut Peryanto dkk. (2020), metode CNN menghasilkan akurasi yang paling signifikan dalam pengenalan citra karena metode CNN berupaya untuk meniru sistem pengenalan citra pada *visual cortex* manusia. Berdasarkan dari penelitian sebelumnya yang berjudul *Klasifikasi Data Radar Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN)* yang dilakukan oleh (Ihsan, 2021) menyatakan bahwa hasil akurasi data radar yang diperoleh sebesar 96,6% dan memperoleh nilai *loss* akurasi sebesar 0,99. Hasil ini membuktikan bahwa metode CNN memberikan hasil klasifikasi yang baik.

Klasifikasi *image* dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) juga memiliki kelemahan yaitu pada proses *training* model yang membutuhkan waktu yang cukup lama. Klasifikasi *image* dengan metode CNN membutuhkan *dataset* dengan jumlah yang besar, jika menggunakan *Central Processing Unit* (CPU) untuk melakukan proses *training* maka akan memerlukan waktu eksekusi yang cukup lama. Oleh karena itu, dengan perkembangan perangkat yang ada sekarang masalah dapat diatasi menggunakan *Graphics Processing Unit* (GPU) dengan CUDA untuk mempercepat waktu proses *training*. CUDA dapat memproses secara paralel dengan ratusan *cores* yang menyediakan pemrosesan data dengan cepat. GPU merupakan salah satu teknik dari *High Performance Computing*. GPU dapat membantu untuk mempercepat waktu eksekusi karena memiliki jumlah *cores* yang banyak. HPC memiliki kemampuan untuk memproses komputasi dengan jumlah data yang besar (big data) dan waktu yang singkat (Assiroj & Aripriyanto, 2019). Berdasarkan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Thohari & Hertantyo, 2018) dengan judul *Implementasi Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi*

Pembalap MotoGP Berbasis GPU menerangkan bahwa hasil akurasi data *testing* yang dihasilkan mencapai 96,7%. Dalam proses *training* menggunakan GPU dapat meningkatkan kecepatan hingga kurang lebih 11 kali lipat dibandingkan dengan menggunakan CPU.

Berdasarkan pemaparan yang telah dijabarkan di atas, dalam penelitian ini akan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* yang dijalankan dengan GPU untuk mengatasi permasalahan pada waktu yang dibutuhkan untuk proses *training*. Model yang dibuat dalam penelitian ini diharapkan dapat melakukan pengenalan *image* tumbuhan obat dengan menghasilkan akurasi yang tinggi dan proses *training* yang cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mengklasifikasikan *image* tumbuhan obat sirih hijau dan binahong yang menghasilkan akurasi yang baik?
2. Apakah GPU dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi waktu eksekusi pada metode *Convolutional Neural Network*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Menggunakan metode *Convolutional Neural Network* untuk klasifikasi *image* tumbuhan obat sirih hijau dan binahong.
2. Data *image* yang digunakan adalah data yang diambil secara langsung dengan jumlah 450 *sample image* daun sirih hijau dan 450 *sample image* daun binahong.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengklasifikasikan *image* tumbuhan obat sirih hijau dan binahong menggunakan metode *Convolutional Neural Network*.

2. Membandingkan waktu eksekusi *single processing* dengan *multi processing* pada metode *Convolutional Neural Network*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan tingkat akurasi yang baik dalam mengklasifikasi *image* tumbuhan obat sirih hijau dan binahong.
2. Menghasilkan waktu eksekusi yang cepat pada metode *Convolutional Neural Network*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini membutuhkan beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan. Berikut adalah ringkasan dari penelitian terdahulu.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Data	Metode	Hasil
(Thohari & Hertantyo, 2018)	Implementasi <i>Convolutional Neural Network</i> untuk Klasifikasi Pembalap MotoGP Berbasis GPU	Data dibagi 6 kategori dengan jumlah sampel setiap kategorinya sebanyak 50 data citra pembalap MotoGP.	<i>Convolutional Neural Network</i> dengan arsitektur VGGNet.	Hasil akurasi data <i>testing</i> yang didapat mencapai 96,7%. Kecepatan pada proses <i>training</i> dengan GPU kurang lebih 11 kali lebih cepat daripada CPU.
(Ilahiyah & Nilogiri, 2018)	Implementasi <i>Deep Learning</i> Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan <i>Convolutional Neural Network</i>	Data dibagi menjadi 10 folder berjumlah 2.000 citra. Citra latih tiap folder sebanyak 1.800 citra, sedangkan citra uji sebanyak 200 citra.	<i>Convolutional Neural Network</i> dengan arsitektur AlexNet.	Hasil akurasi tertinggi yang didapat sebesar 95%.

(Zahrah dkk., 2020)	Perbandingan Metode <i>Convolutional Neural Network</i> pada Klasifikasi Sel Darah Putih Menggunakan Sistem CPU dan GPU	8.382 data latih, 1.605 data validasi, 2.492 data uji.	<i>Convolutional Neural Network</i> .	Hasil nilai akurasi yang diperoleh di atas 96% pada semua percobaan. Proses klasifikasi menggunakan GPU lebih unggul dengan nilai kecepatan hingga 29 kali daripada CPU.
---------------------	---	--	---------------------------------------	--

Penelitian yang dilakukan oleh (Thohari & Hertantyo, 2018) dengan judul *Implementasi Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Pembalap MotoGP Berbasis GPU* membahas tentang klasifikasi citra untuk memprediksi pembalap MotoGP. Penelitian ini menggunakan data yang dibagi menjadi 6 kategori dengan jumlah sampel setiap kategorinya sebanyak 50 data citra. Penelitian ini menggunakan data *training* dan data *testing* dengan perbandingan 80 : 20. Penelitian ini menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur VGGNet. Penelitian ini menghasilkan akurasi data *testing* sebesar 96,7%. Penggunaan GPU dalam penelitian ini dapat meningkatkan kecepatan pada proses *training* kurang lebih 11 kali lebih cepat daripada menggunakan CPU.

Penelitian yang selanjutnya berjudul *Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network* yang dilakukan oleh (Ilahiyah & Nilogiri, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi citra daun yang beresolusi tinggi lebih mudah dengan jumlah 20 jenis genus tumbuhan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur AlexNet dan pengujian algoritmanya menggunakan *cross validation*. Data pada penelitian ini dibagi menjadi 10 folder berjumlah 2.000 citra. Citra latih tiap folder sebanyak 1.800 citra,

sedangkan citra uji sebanyak 200 citra. Setiap folder akan dilakukan sebanyak 3 kali percobaan. Hasil akurasi tertinggi yang didapat dari setiap percobaannya adalah 95%.

Selanjutnya penelitian yang berjudul *Perbandingan Metode Convolutional Neural Network pada Klasifikasi Sel Darah Putih Menggunakan Sistem CPU dan GPU* yang dilakukan oleh (Zahrah dkk., 2020). Penelitian ini bertujuan untuk membedakan 4 jenis sel darah putih yaitu Neutrofil, Eosinofil, Monosit, dan Limfosit dan juga untuk membandingkan kecepatan proses klasifikasi menggunakan CPU dan GPU. Penelitian ini menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur ResNet50. Data yang digunakan sebanyak 12.479 gambar dengan pembagian 8.382 data latih, 1.605 data validasi, 2.492 data uji. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, hasil nilai akurasi yang diperoleh di atas 96% pada semua percobaan. Untuk proses klasifikasi menggunakan GPU lebih unggul dengan nilai kecepatan hingga 29 kali daripada CPU.

2.2 Tumbuhan Obat

Tumbuhan obat merupakan jenis tumbuhan yang memiliki khasiat sebagai obat yang digunakan oleh masyarakat untuk mencegah atau menyembuhkan berbagai penyakit. Tumbuhan obat mengandung zat aktif yang dapat mengobati penyakit tertentu. Tumbuhan obat biasa digunakan sebagai obat dengan cara diminum, ditempel, atau dihirup. Tumbuhan obat dapat tumbuh di pekarangan rumah yang sempit maupun luas secara liar atau memang sengaja ditanam. Umumnya, masyarakat yang memiliki pekarangan rumah memanfaatkannya untuk menanam tumbuhan obat untuk dikonsumsi sebagai tanaman obat keluarga atau yang biasa disebut dengan TOGA (Sarno, 2019).

2.3 Daun Sirih

Daun Sirih merupakan salah satu sumber daya alam berupa tanaman yang umum digunakan untuk obat tradisional. Daun sirih adalah tanaman yang merambat yang memiliki ketinggian mencapai 15 m (Ningtias dkk., 2014). Daun sirih (*Piper betle* L.) merupakan tumbuhan yang berasal dari keluarga tanaman *Piperaceae* yang berasal dari Asia Selatan dan tumbuh luas di kawasan Malaysia dan Indonesia. Tumbuhan ini memiliki daun yang berbentuk seperti hati. Sirih banyak dibudidayakan oleh masyarakat karena memiliki manfaat sebagai antiseptik dan obat luka. Daun sirih memiliki 4 jenis yaitu sirih hijau, merah, hitam, dan kuning. Tanaman sirih yang umum digunakan sebagai obat di Indonesia adalah daun sirih hijau. Daun sirih dipercaya ampuh untuk mengobati berbagai penyakit (Rahmawati, 2021).



Gambar 1. Daun Sirih Hijau

2.4 Daun Binahong

Daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) merupakan tumbuhan dari famili *Basellaceae*. Bagian tumbuhan binahong yang umum digunakan sebagai obat adalah bagian daunnya. Daun binahong memiliki bentuk seperti hati dan berwarna hijau. Di dalam tumbuhan binahong terdapat kandungan senyawa yaitu saponi, flavonoid, alkaloid, polifenol, dan asam askorbat. Kandungan senyawa flavonoid pada daun binahong berfungsi sebagai obat luka bakar dan kandungan senyawa saponin yang berfungsi sebagai anti bakteri (Hidayat dkk., 2019).



Gambar 2. Daun Binahong

Tumbuhan binahong banyak tumbuh di Indonesia dan digunakan masyarakat untuk membantu mengobati berbagai penyakit, seperti untuk mengobati pengeringan luka dan revitalisasi kulit (Kristianingrum dkk., 2017).

2.5 Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses pengelompokkan objek ke dalam kelas berdasarkan persamaan dan ciri-ciri yang dimiliki. Proses klasifikasi ada 2 fase, yaitu *training* dan *testing*. Klasifikasi dibagi menjadi 3 tahap, yaitu perancangan model, pengujian model, dan evaluasi (Nasution dkk., 2019).

2.6 Citra Digital

Citra digital terbagi menjadi tiga jenis yaitu citra *monochrome*, citra *grayscale*, dan citra *true color*. Masing-masing piksel citra berwarna terdiri dari tiga elemen yang biasa disebut dengan RGB, yaitu *Red*, *Green*, dan *Blue* (Zebua & Ndruru, 2017). Citra digital merupakan gambaran dari suatu citra yang dibentuk sesuai dengan *sampling* dan kuantisasi. *Sampling* mendefinisikan matrik yang terdiri dari baris dan kolom. Ukuran piksel pada suatu gambar diwakili dari sampel gambar, sedangkan nilai tingkat kecerahan diwakili dari kuantisasi yang dinyatakan dengan menggunakan skala abu-abu berdasarkan digit biner (Arkadia dkk., 2021).

Pengolahan citra digital merupakan proses mengolah citra yang bertujuan untuk menghasilkan citra yang berkualitas lebih baik. Beberapa gambar perlu digabungkan dengan bagian gambar lainnya. Secara umum, pengolahan citra digital merupakan pengolahan citra dua dimensi yang menggunakan komputer. Pengolahan citra digital berarti mengacu pada pemrosesan data dua dimensi. Citra digital merupakan *array* yang berisi nilai nyata dan kompleks yang direpresentasikan dalam aliran bit tertentu (Megantara dkk., 2020).

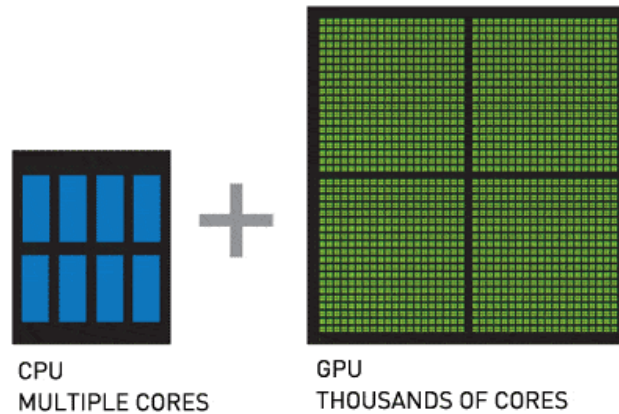
2.7 *High Performance Computing*

High Performance Computing merupakan sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk melakukan proses komputasi dengan kapasitas data yang besar dalam waktu yang singkat (Assiroj & Aripriyanto, 2019). *High Performance Computing* dapat menyelesaikan permasalahan pada suatu pekerjaan yang menggunakan data dengan jumlah yang besar, jika hanya menggunakan komputasi yang sederhana maka akan memerlukan waktu yang lama untuk menyelesaikannya. HPC memiliki beberapa macam teknik, yaitu *Graphics Processing Unit* (GPU), *Multi-Core*, *Multi-processor*, dan *Clustering Computing* (Nirmala dkk., 2017). Dalam sistem HPC, faktor utama untuk menentukan kelancaran operasi adalah penggunaan algoritma. Algoritma yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan sistem (Assiroj dkk., 2018).

2.8 *Graphics Processing Unit*

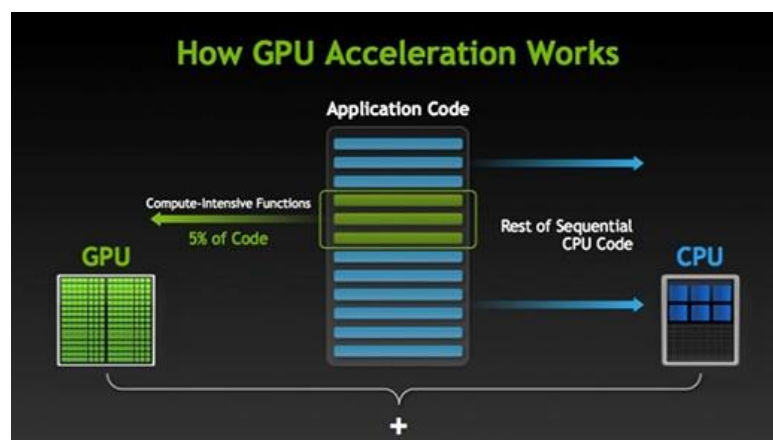
Graphics Processing Unit memiliki peranan penting dalam penggunaan grafis komputer. GPU memiliki fitur dengan puluhan atau ratusan prosesor yang dapat digunakan untuk proses paralel. GPU menyediakan banyak transistor untuk pemrosesan data sehingga GPU dapat menjalankan beberapa *thread* secara paralel dan CPU yang akan mengendalikan alur algoritma (Zahrah dkk., 2020).

GPU dapat melakukan komputasi dengan kinerja yang sangat baik karena arsitektur yang dimiliki oleh GPU memungkinkan untuk melakukan komputasi paralel. Oleh karena itu, kinerja GPU dalam melakukan komputasi lebih baik dibandingkan dengan CPU (Central Processing Unit). Hal ini karena GPU terdiri dari ratusan hingga ribuan inti prosesor, sedangkan CPU biasanya hanya berisi empat hingga delapan inti prosesor.



Gambar 3. Perbandingan CPU dan GPU (Sumber : Pise & Shende, 2014).

Untuk mengetahui perbedaan antara CPU dan GPU adalah dengan membandingkan cara keduanya memproses tugas. CPU memiliki jumlah inti yang terbatas, sedangkan GPU memiliki ratusan hingga ribuan inti. Dalam hal bandwidth memori GPU juga memiliki bandwidth memori yang tinggi (Ranganadh Narayanam, 2021).



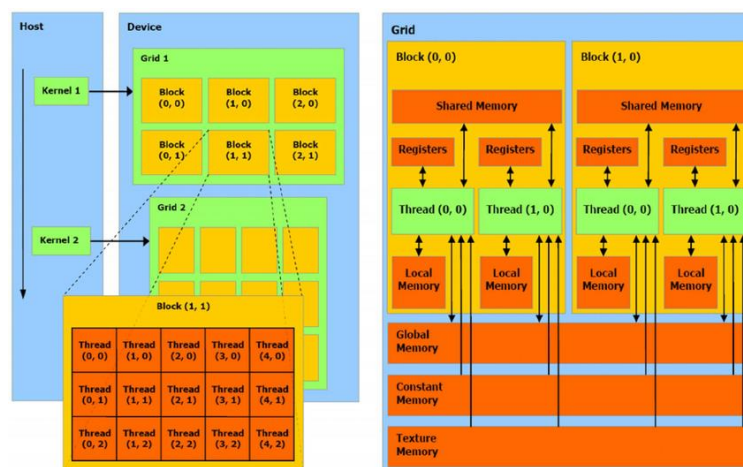
Gambar 4. Cara Kerja GPU (Sumber : Ranganadh Narayanam, 2021).

Proses komputasi tidak dapat dilakukan seluruhnya oleh GPU karena daya komputasi GPU cukup terbatas dibandingkan dengan CPU. Ketika ada bagian eksekusi yang dapat dijalankan secara paralel, itu akan diteruskan untuk diproses pada GPU, lalu disaat yang sama tugas berurutan dijalankan pada CPU dan kemudian kedua bagian tugas tersebut digabungkan kembali menjadi satu (Ranganadh Narayanam, 2021).

GPU banyak digunakan untuk pembelajaran mendalam atau yang biasa disebut *deep learning*. Teknologi komputasi paling populer dalam *deep learning* adalah Compute Unified Device Architecture (CUDA). CUDA dikembangkan oleh Nvidia.

2.9 Compute Unified Device Architecture

Compute Unified Device Architecture (CUDA) adalah arsitektur yang digunakan untuk menggunakan GPU dalam komputasi paralel. CUDA umumnya digunakan untuk pemrograman grafis seperti pemrosesan gambar dan video secara digital. Arsitektur CUDA terdiri dari tiga bagian utama yang membantu pengembang sistem dalam memanfaatkan daya komputasi kartu grafis secara efisien. CUDA membagi perangkat menjadi grid, block, dan thread sesuai dengan struktur hierarki. Hal ini memungkinkan pemrosesan paralel menggunakan arsitektur hierarki yang sangat luas (Kurniawan et al., 2015).



Gambar 5. Arsitektur CUDA (Sumber : Kurniawan dkk., 2015).

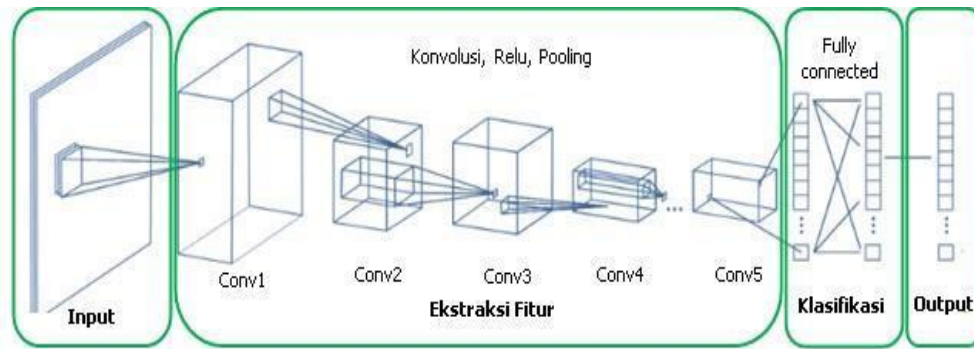
CUDA juga merupakan bahasa pemrograman yang dirancang khusus untuk menginstruksikan GPU untuk melakukan tugas. Ini juga dikenal sebagai pemrograman GPU (Ranganadh Narayanam, 2021).

2.10 Deep Learning

Deep Learning merupakan cabang ilmu dari *machine learning* yang menggunakan jaringan saraf tiruan untuk menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi (Zahrah dkk., 2020). Menurut Thohari & Hertantyo (2018), *deep learning* menerapkan algoritma jaringan saraf tiruan dengan lapisan yang lebih banyak dan menggunakan lapisan tersembunyi di antara lapisan masukan dan lapisan keluaran yang disebut dengan *deep neural net*. *Deep learning* bertujuan untuk mempelajari fitur yang lebih dalam dari *big data* dengan membangun model menggunakan *hidden layer*. Untuk meningkatkan hasil akurasi klasifikasi yang lebih baik, *deep learning* lebih menekankan pada proses *training* (Hao dkk., 2016).

2.11 Convolutional Neural Network

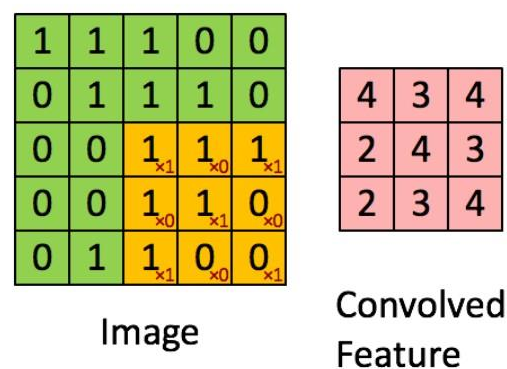
Convolutional Neural Network merupakan salah satu algoritma *deep learning* yang dirancang untuk memproses data seperti gambar atau suara dalam bentuk dua dimensi. Lapisan CNN terdiri dari susunan neuron tiga dimensi yaitu lebar, tinggi, dan kedalaman. CNN digunakan untuk mengklasifikasikan data berlabel dengan metode *supervised learning*. Cara kerja dari metode *supervised learning* adalah data yang dilatih dan variabel yang ditargetkan sehingga tujuan dari metode ini adalah mengelompokkan data ke dalam data yang telah tersedia (Ilahiyah & Nilogiri, 2018). Struktur CNN meliputi input, ekstraksi fitur, klasifikasi, dan *output*. Proses ekstraksi fitur pada CNN terdiri dari beberapa *hidden layer* yaitu *convolution layer*, fungsi aktivasi (ReLU), dan *pooling layer*. Pada proses klasifikasi, *output* yang dihasilkan berupa hasil klasifikasi yang meliputi *fully connected layer* dan fungsi aktivasi (softmax) (Arrofiqoh & Harintaka, 2018).



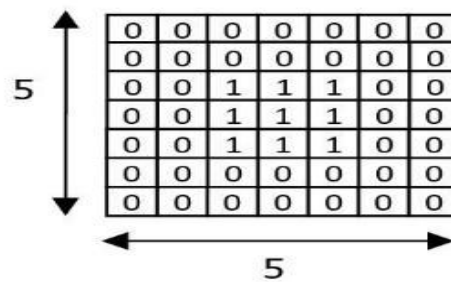
Gambar 6. Arsitektur CNN (Sumber : Arrofiqoh & Harintaka, 2018)

2.11.1 Convolution Layer

Convolution layer bertujuan untuk mengekstraksi objek dari citra input menggunakan filter. Filter ini mencakup skala yang digunakan untuk mendeteksi karakteristik suatu objek, seperti tepi, kurva, atau warna. Terdapat parameter pada *convolution layer* yang digunakan untuk mengubah sifat setiap lapisan (*layer*), seperti filter, *stride*, dan *padding*. *Stride* berfungsi untuk mengontrol bagaimana filter diterapkan pada data input dengan memindahkannya ke ukuran piksel yang telah ditentukan sebelumnya. *Padding* adalah proses penambahan ukuran piksel di sekitar data input. Nilai yang biasa digunakan ada nol, sehingga disebut *zero padding*. *Output* dari operasi konvolusi ini digunakan sebagai input untuk *convolution layer* berikutnya (Arrofiqoh & Harintaka, 2018).



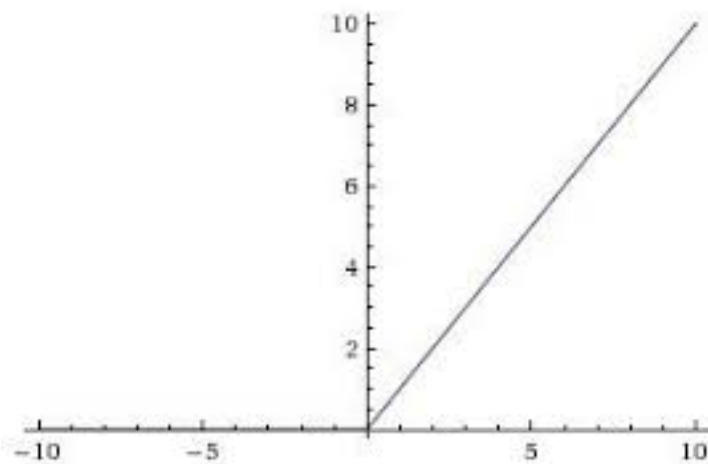
Gambar 7. Operasi Konvolusi (Sumber : Ilahiyah & Nilogiri, 2018)



Gambar 8. Operasi Konvolusi dengan *Zero Padding* 2 (Sumber : Arrofiqoh & Harintaka, 2018)

2.11.2 Fungsi Aktivasi ReLU

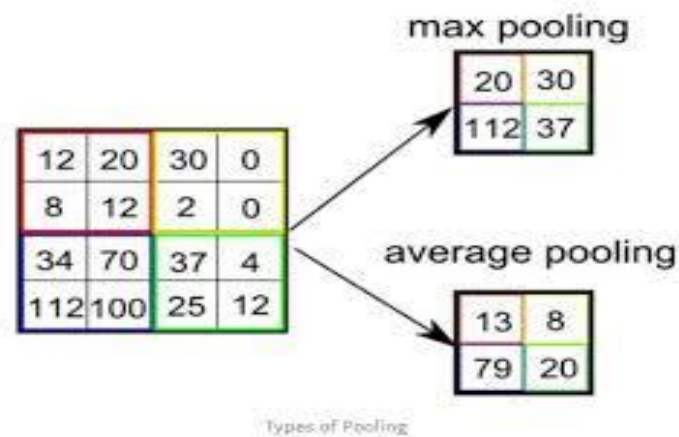
Rectified Linear Unit (ReLU) merupakan salah satu fungsi aktivasi yang mengimplementasikan fungsi $f(x) = \max(0, x)$ dalam model CNN. Fungsi aktivasi ini membuat semua nilai piksel yang kurang dari 0 pada gambar akan dijadikan nilai 0 (Ilahiyah & Nilogiri, 2018). Jika inputnya negatif maka nilai *output* neuron dapat dinyatakan sebagai 0, sedangkan jika nilai inputnya positif maka *output* neuron adalah nilai input aktivasi itu sendiri (Arrofiqoh & Harintaka, 2018). Aktivasi ReLU adalah cara dasar yang memperkenalkan nonlinier ke dalam jaringan saraf.



Gambar 9. Aktivasi ReLU (Sumber : Ilahiyah & Nilogiri, 2018)

2.11.3 Pooling Layer

Pooling layer terdiri dari dua jenis tipe yaitu *Max Pooling* dan *Average Pooling*. *Max pooling* mengambil nilai yang terbesar, sedangkan *average pooling* mengambil nilai rata-rata. *Pooling layer* bertujuan untuk mengurangi ukuran pada *feature map* agar membantu mengurangi terjadinya *overfitting* (Kholik, 2021). *Pooling layer* adalah lapisan yang mengambil fungsi *feature map* sebagai input dan memprosesnya dengan operasi statistik yang berbeda berdasarkan nilai piksel terdekat. *Pooling layer* berjalan pada setiap tumpukan *feature map* dan mengurangi ukurannya. Bentuk paling umum dari *pooling layer* adalah menggunakan filter berukuran 2x2 (Ilahiyah & Nilogiri, 2018).

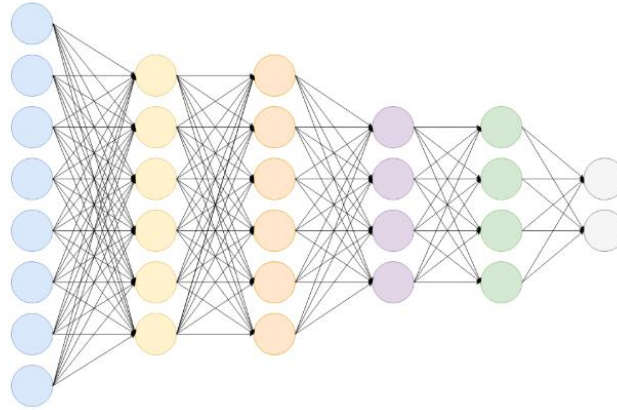


Gambar 10. *Pooling Layer* (Sumber : Geraldly & Lubis, 2020)

2.11.4 Fully Connected Layer

Fully Connected Layer adalah lapisan di mana semua neuron aktif pada lapisan sebelumnya saling berhubungan dengan neuron di lapisan berikutnya, seperti jaringan saraf tiruan. *Fully connected layer* biasanya digunakan dalam pendekatan *Multi Layer Perceptron* (MLP) dan dirancang untuk memproses data sehingga dapat diklasifikasikan. Sebelum terhubung ke semua neuron pada *fully connected layer*, aktivitas pada lapisan sebelumnya harus dikonversi terlebih dahulu menjadi data satu arah. (Kholik, 2021). Perbedaan antara *convolution layer* dan *fully*

connected layer adalah perbedaan neuronnya. *Convolution layer* hanya terhubung ke area input tertentu, sedangkan *fully connected layer* memiliki neuron yang semua neuronnya terhubung (Wulandari dkk., 2020).



Gambar 11. *Fully Connected Layer* (Sumber : Peryanto dkk., 2020)

2.12 *Confusion Matrix*

Confusion Matrix adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi metode klasifikasi. *Confusion matrix* berisi informasi yang digunakan untuk mengukur kinerja dari metode tersebut . Evaluasi menggunakan *confusion matrix* menghasilkan nilai dari *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score* yang digunakan untuk melihat kinerja. Kinerja sistem biasanya dinilai dari data dalam matriks (Rizki & Sibaroni, 2021).

Tabel 2. *Confusion Matrix*

Aktual	Prediksi	
	Positif	Negatif
Positif	True Positif	False Negatif
Negatif	False Positif	True Negatif

1. *Accuracy* adalah menghitung keakuratan model dari data uji yang diklasifikasikan ke dalam kelas yang benar.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

2. *Precision* adalah menghitung keakuratan antara data yang diminta dan hasil prediksi yang diberikan.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

3. *Recall* adalah menghitung kinerja model untuk mendapatkan kembali informasi.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

4. *F1-score* adalah perbandingan antara nilai rata-rata *precision* dan *recall* untuk memperoleh nilai yang setara.

$$F1-score = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

Keterangan :

1. True Positive (TP) : Jumlah data positif dan diprediksi benar.
2. True Negative (TN) : Jumlah data negatif dan diprediksi benar.
3. False Positive (FP) : Jumlah data negatif dan diprediksi positif.
4. False Negative (FN) : Jumlah data positif dan diprediksi negatif.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung yang beralamat di Jalan Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Kota Bandar Lampung. Penelitian dimulai pada bulan Januari 2022 hingga penyelesaian pada bulan Januari 2023. Berikut alur waktu penelitian terdapat pada tabel 3.

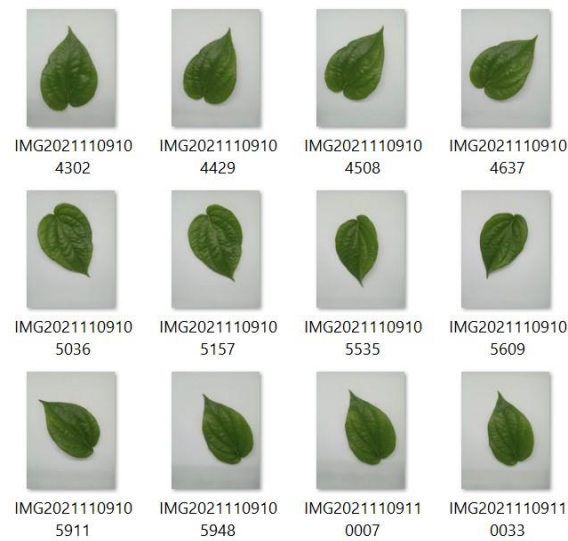
Tabel 3. Alur Waktu Penelitian

Tahapan	Kegiatan	2022				2023
		Jan - Mar	Apr - Jun	Jul – Sept	Okt - Des	Jan- Feb
Penelitian Awal	Studi Literatur	✓				
	Penentuan Tema	✓				
	Pengambilan Data	✓				
	Penyusunan Draft (Bab I-III)	✓				
Penelitian Selanjutnya	Seminar Proposal	✓				
	<i>Pre-processing</i>		✓			
	Metode klasifikasi menggunakan CNN		✓	✓		
	Pelatihan dan Pengujian Data		✓	✓		
	Penyusunan Draft (Bab IV-V)			✓	✓	
	Seminar Hasil Penelitian				✓	
	Sidang Komprehensif					✓
Evaluasi	Revisi Skripsi					✓

3.2 Data dan Alat

3.2.1 Data

Data pada penelitian ini menggunakan data primer. Data didapatkan dari pengambilan gambar secara langsung menggunakan kamera *handphone*. Data yang digunakan berjumlah 900 data *image* tanaman obat yang terdiri dari 450 tanaman sirih hijau dan 450 tanaman binahong. Data disimpan dengan format JPG/JPEG.



Gambar 12. Data *Image* Daun Sirih Hijau



Gambar 13. Data *Image* Daun Binahong

3.2.2 Alat

3.2.2.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini adalah sebuah komputer dengan spesifikasi sebagai berikut.

- *CPU* : 11th Gen Intel® Core™ i7
11800H @ 2.30 GHz
- *Installed RAM* : 16.0 GB
- *GPU* : NVIDIA GeForce RTX
3060
- *GPU Memory* : 6 GB

3.2.2.2 Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- *Sistem Operasi* : Windows 11
- *Python*
Python adalah salah satu bahasa pemrograman yang umum digunakan oleh programmer. Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang mudah digunakan karena memiliki karakteristik sintaks yang tidak terlalu rumit. Saat menulis kode program dalam bahasa pemrograman Python ada beberapa aturan yang harus diikuti untuk mencegah terjadinya kesalahan atau error pada program yang dibuat (Sukerta Wijaya dkk., 2021).
- *Anaconda*
Anaconda adalah aplikasi dalam bahasa pemrograman Python dan R yang bersifat *open source*. Python banyak digunakan untuk berbagai komputasi ilmiah, yaitu pembelajaran mesin, pemrosesan data besar, dll. Salah satu manfaat lainnya adalah pengguna Anaconda dapat memilih

versi bahasa pemrograman Python yang ingin dijalankan (Mitra & Efanntyo, 2021).

- Jupyter Notebook

Jupyter Notebook juga dikenal sebagai Ipython atau pengembangan Python interaktif. Jupyter Notebook merupakan salah satu teks editor dalam aplikasi web yang berjalan di localhost. Jupyter Notebook dapat melakukan berbagai hal dalam bahasa Python seperti menulis kode, persamaan, dan visualisasi (Nurdiana & Algifari, 2020).

- TensorFlow

TensorFlow merupakan *library* untuk *Machine Learning* atau *Deep Learning* yang dikembangkan dan dikelola oleh Google. Tensorflow dirancang untuk pengoperasian CPU, GPU, dan bahkan sistem operasi *mobile*. Tensorflow memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi dan kurang cocok untuk pemula karena tidak mudah digunakan (Allaam & Wibowo, 2021).

- Keras

Keras adalah salah satu *library* dalam bahasa pemrograman Python yang bersifat *open source*. *Library* Keras dirancang untuk membuat model yang sederhana dari kerangka *Deep Learning*. Keras dapat digunakan pada framework kecerdasan buatan seperti TensorFlow, Microsoft Cognitive Toolkit, dan Theano. Contoh penggunaan *library* Keras adalah untuk proses *training* atau pelatihan (Najiyah & Topiq, 2021).

- Numpy

Numpy merupakan *library* pada bahasa pemrograman Python yang digunakan untuk mengolah array atau matriks. Numpy memiliki beberapa fungsi matematika tingkat tinggi untuk bekerja pada array (Julianto, 2022).

- Pandas

Pandas adalah salah satu *library* pada bahasa pemrograman Python bersifat *open source* yang digunakan untuk menganalisis data. *Library* Pandas dibutuhkan untuk meneliti dan menganalisis data pada analisis statistik dan pengambilan keputusan. Terdapat dua tipe data dalam Pandas, yaitu Series dan DataFrame. DataFrame adalah data yang disusun dalam baris dan kolom, sedangkan Series adalah satu kolom dalam DataFrame (Taruna & Budi, 2022).

- Matplotlib

Matplotlib adalah *library* pada bahasa pemrograman Python yang digunakan untuk membuat visualisasi data yang lebih interaktif, mudah dibaca, dan mudah dianalisis. Dalam *library* Matplotlib, visualisasi yang dilakukan adalah mengubah data pada tabel menjadi bentuk grafik dengan Python yang dapat menunjukkan perubahan dan perbedaan pada data menjadi lebih jelas (Tamam dkk., 2022).

- Scikit-learn

Scikit-learn merupakan *library* pada bahasa pemrograman Python yang bersifat *open source* yang digunakan untuk pembelajaran mesin. *Library* Scikit-learn dapat digunakan dalam berbagai macam algoritma seperti klasifikasi, regresi, dan pengelompokan. Scikit-learn merupakan salah satu

library yang cukup populer di github (Rakhmawati dkk., 2020).

- OpenCV

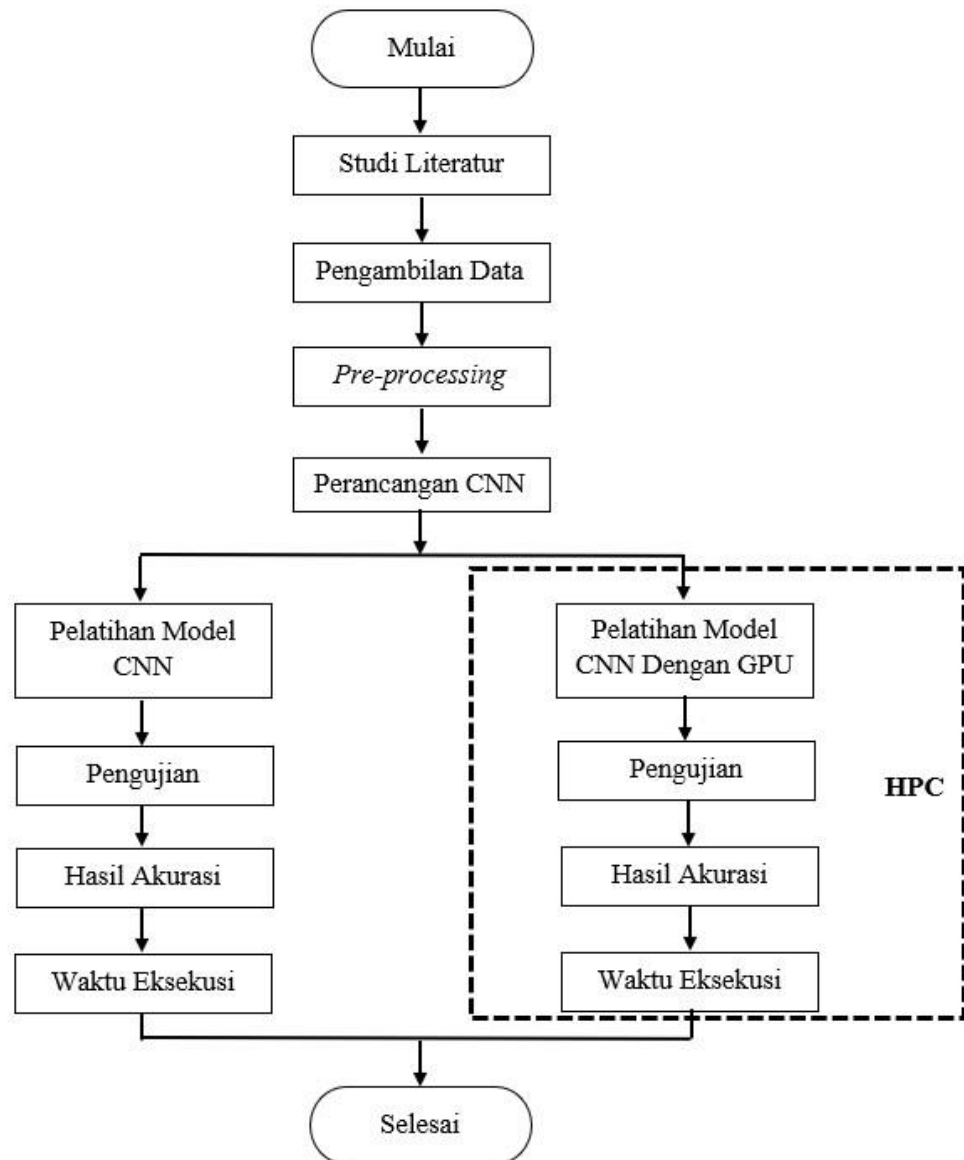
OpenCV adalah singkatan dari *Open Computer Vision*. OpenCV adalah *library* pada bahasa pemrograman Python yang bersifat gratis dan digunakan untuk melakukan pengolahan citra. *Library* OpenCV bertujuan agar komputer memiliki kemampuan dalam pengolahan citra yang sama dengan manusia. Modul yang ada dalam *library* OpenCV dibangun untuk menyelesaikan masalah dalam *Computer Vision*, seperti memotong gambar, meningkatkan kualitas gambar dengan menyesuaikan kecerahan, ketajaman, kontras, mendeteksi bentuk, mengenali objek, dan lain-lain (Ratna, 2020).

- CuDNN

CuDNN atau *Cuda Deep Neural Network* adalah *library* yang menggunakan GPU untuk jaringan saraf dalam yang dibangun menggunakan *CUDA* (Widjaja dkk., 2021).

3.3 Alur Kerja Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 14. Alur Penelitian

Berikut adalah penjelasan dari setiap tahapan pada Gambar 11.

3.3.1 Studi Literatur

Pada tahap studi literatur ini adalah mencari dan mengumpulkan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian seperti artikel ilmiah

dan jurnal penelitian terdahulu yang serupa dengan penelitian yang akan dilakukan ini. Tahap studi literatur bertujuan untuk dijadikan referensi guna mendukung penelitian ini.

3.3.2 Pengambilan Data

Pada penelitian ini, tahap pengambilan data *image* didapat secara langsung dengan cara mengambil gambar menggunakan kamera *handphone*. Data yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 kelas, yaitu daun sirih hijau dan daun binahong. Data yang diambil sebanyak 900 data dengan pembagian 450 data daun sirih hijau dan 450 data daun binahong.

3.3.3 Pre-processing

Tahap *pre-processing* merupakan tahap pengolahan data gambar yang bertujuan untuk menghasilkan data yang lebih bagus dan siap digunakan ke proses selanjutnya. Tahap *pre-processing* yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan *resize*. *Resize* adalah mengubah ukuran piksel dan dimensi pada suatu gambar yang sesuai dengan kebutuhan penelitian sehingga menghasilkan ukuran yang sama pada semua data. Dalam penelitian ini mengubah ukuran gambar daun dari 800 x 600 *pixel* menjadi 200 x 150 *pixel*. Perubahan ukuran gambar ini bertujuan untuk mengurangi beban komputasi pada saat proses *training* dilakukan.

3.3.4 Perancangan CNN

Pada tahap perancangan *Convolutional Neural Network* (CNN) ada beberapa tahapan untuk proses klasifikasinya. Dalam penelitian ini menggunakan arsitektur CNN sederhana dengan 3 *Convolution Layer* dan 2 *Fully Connected Layer*. Berikut merupakan tahapan pada proses klasifikasi menggunakan metode *Convolutional Neural Network*.

1. *Convolution Layer*

Tahap yang pertama adalah tahap konvolusi. *Convolution layer* bertujuan untuk mengekstraksi objek dari citra input menggunakan filter. Paramater yang digunakan pada *convolution layer* adalah filter, *stride*, dan *padding*. Proses konvolusi dilakukan dengan cara memindahkan atau menggerakkan kernel dengan ukuran tertentu pada sebuah gambar. Tahap selanjutnya adalah tahap fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah ReLU (*Rectified Linear Unit*).

2. *Pooling Layer*

Selanjutnya adalah tahap *pooling*, pada tahap *pooling* biasanya yang sering digunakan adalah *max pooling*. *Max pooling* adalah mengambil nilai yang terbesar. *Pooling layer* bertujuan untuk mengurangi ukuran pada *feature map* agar membantu mengurangi terjadinya *overfitting*. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang hingga menghasilkan *feature map* yang akan dilanjutkan ke tahap *fully connected*. Hasil dari *fully connected* adalah *output class*.

3. *Fully Connected Layer*

Setelah hasil *feature map* didapat maka dilakukan proses *flatten*. *Flatten* merupakan proses mengubah *array* multidimensi menjadi *vector* (*array* satu dimensi) agar dapat digunakan sebagai input pada tahap *fully connected layer*. Pada tahap *fully connected layer* menggunakan fungsi aktivasi sigmoid. Output yang dihasilkan adalah range antara 0 sampai 1. Angka 0 melambangkan daun binahong dan angka 1 melambangkan daun sirih hijau.

3.3.5 Pelatihan Model CNN

Pada tahap proses pelatihan atau *training* akan menggunakan CPU dan GPU dengan CUDA dalam pemrosesannya untuk membandingkan proses kecepatan waktu eksekusinya. CUDA mampu memproses secara paralel dengan ratusan hingga ribuan *cores* yang menyediakan pemrosesan data yang cepat. Dalam proses pelatihan ini menggunakan GPU NVIDIA GeForce RTX 3060 dengan spesifikasi *memory size* 6 GB, jumlah *cores* 3840, dan *memory type* GDDR6. Penggunaan GPU dalam proses *training* ini untuk mengukur kinerja atau performa GPU pada model CNN.

3.3.6 Pengujian

Pada tahap proses pengujian, model CNN yang telah dibuat pada proses sebelumnya akan diuji. Tahap ini akan menghasilkan *output* berupa *confusion matrix*, yaitu nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score*.

3.3.7 Hasil Akurasi

Tahap hasil akurasi ini adalah tahap untuk melihat apakah model CNN yang dibuat bekerja dengan baik pada proses klasifikasi gambar. Hasil akurasi ini untuk melihat tingkat akurasi dan waktu eksekusi yang dilakukan dengan GPU apakah lebih efisien dibanding menggunakan CPU. Tahap ini menampilkan hasil akhir dari proses klasifikasi data yang bertujuan untuk menghasilkan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

3.3.8 Waktu Eksekusi

Tahap waktu eksekusi ini adalah untuk mengetahui seberapa cepat waktu eksekusi yang dibutuhkan untuk melakukan komputasi pada model CNN. Tahap ini akan menampilkan perbandingan waktu eksekusi antara CPU dan GPU.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian klasifikasi *image* tumbuhan obat sirih hijau dan binahong menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode *Convolutional Neural Network* dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi *image*. Data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 900 data daun yang dibagi menjadi 450 data daun sirih hijau dan 450 data daun binahong. Data yang digunakan adalah data primer yaitu dengan pengambilan data langsung. Hasil akurasi yang tertinggi diperoleh pada epoch 35 menggunakan GPU yaitu 98,9%.
2. Dalam melakukan klasifikasi *image* pada penelitian ini menggunakan CPU dan GPU untuk melakukan proses *training*-nya. CPU dan GPU digunakan untuk membandingkan waktu eksekusi yang diperlukan dalam proses *training*. Percobaan dilakukan dengan menggunakan 5 epoch, yaitu 20, 25, 30, 35, dan 40 epoch dengan ukuran gambar sebesar 200 x 150 *pixel*. Arsitektur yang digunakan adalah arsitektur CNN sederhana dengan 3 *convolution layer* dan 2 *fully connected layer*. Berikut perbandingan waktu yang diperoleh saat proses *training* dengan CPU dan GPU.
 - Percobaan pertama yaitu dengan 20 epoch. Waktu yang didapat saat *training* menggunakan CPU adalah 184 detik, sedangkan pada GPU hanya membutuhkan 121 detik proses *training*nya.

- Percobaan kedua yaitu dengan 25 epoch. Proses *training* dengan CPU memerlukan 262 detik, sedangkan dengan GPU memerlukan 151 detik.
- Percobaan ketiga yaitu dengan 30 epoch. Waktu yang dibutuhkan untuk CPU melakukan *training* adalah 306 detik dan menggunakan GPU waktu yang dibutuhkan adalah 181 detik.
- Percobaan keempat yaitu dengan 35 epoch. Waktu yang dibutuhkan pada CPU sebesar 364 detik, sedangkan pada GPU 211 detik.
- Percobaan kelima yaitu dengan 40 epoch. Waktu eksekusi yang dibutuhkan pada CPU adalah 414 detik, sedangkan pada GPU membutuhkan 241 detik.

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan GPU berpengaruh terhadap proses *training* yang dilakukan. Waktu eksekusi dengan menggunakan GPU menghasilkan waktu yang lebih cepat daripada menggunakan CPU. GPU dapat mempersingkat waktu sebesar kurang lebih 2 kali lebih cepat dari penggunaan CPU.

5.2 Saran

Saran yang diberikan pada penelitian ini adalah.

1. Menambahkan jumlah data *image* yang akan digunakan.
2. Percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan pemodelan menggunakan arsitektur CNN yang lain.
3. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan metode klasifikasi *image* lainnya untuk membandingkan hasil yang lebih bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Allaam, M. R. R., & Wibowo, A. T. (2021). Klasifikasi Genus Tanaman Anggrek Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *E-Proceeding of Engineering*, 8(2), 1153–1189.
- Arkadia, A., Damayanti, S. A., & Prasvita, D. S. (2021). Klasifikasi Buah Mangga Badami Untuk Menentukan Tingkat Kematangan dengan Metode CNN. *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer Dan Aplikasinya (SENAMIKA)*, 158–165.
- Arrofiqoh, E. N., & Harintaka. (2018). Implementasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Tanaman Pada Citra Resolusi Tinggi. *Geomatika*, 24(2), 61–68.
- Assiroj, P., & Aripriyanto, S. (2019). Membangun Game Pembelajaran High Performance Computing (HPC) dengan Pendekatan Case-based Reasoning (CBR). *Techno Xplore : Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 4(2), 91–114. <https://doi.org/10.36805/technoxplore.v4i2.831>
- Assiroj, P., Hananto, A. L., Fauzi, A., & Hendric Spits Warnars, H. L. (2018). High Performance Computing (HPC) Implementation: A Survey. *1st 2018 Indonesian Association for Pattern Recognition International Conference, INAPR 2018 - Proceedings*, 213–217. <https://doi.org/10.1109/INAPR.2018.8627040>
- Geraldly, C., & Lubis, C. (2020). Pendeteksian Dan Pengenalan Jenis Mobil Menggunakan Algoritma You Only Look Once Dan Convolutional Neural Network. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi*, 8(2), 197–199. <https://doi.org/10.24912/jiksi.v8i2.11495>
- Hao, X., Zhang, G., & Ma, S. (2016). Deep Learning. *International Journal of Semantic Computing*, 10(3), 417–439. <https://doi.org/10.1142/S1793351X16500045>
- Hati, S., & G, S. (2013). Plant Recognition from Leaf Image through Artificial Neural Network. *International Journal of Computer Applications*, 62(17), 15–18. <https://doi.org/10.5120/10172-4897>

- Hidayat, A. N., Asminah, N., Hendrawati, T. Y., & ... (2019). Pemilihan Prioritas Pemanfaatan Daun Binahong (*Bassela Rubra* Linn) Dengan Metode AHP (Analytical Hierarkhi Process). *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1–6. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/5183>
- Ihsan, C. N. (2021). Klasifikasi Data Radar Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN). *Journal of Computer and Information Technology*, 4(2), 115–121.
- Ilahiyah, S., & Nilogiri, A. (2018). Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network. *JUSTINDO (Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi Indonesia)*, 3(2), 49–56.
- Julianto. (2022). Analisis Investasi Dalam Memprediksi Pergerakan Harga Bitcoin Dengan Menggunakan Recurrent Neural Network Pada Platform Indodax. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Manajemen Sistem Informasi*, 8(2), 136–147.
- Kholik, A. (2021). Klasifikasi Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Tangkapan Layar Halaman Instagram. *Jurnal Data Mining Dan Sistem Informasi*, 2(2), 10–20.
- Kristianingrum, N. D., Julia, A. R., & Hany, A. (2017). Efek Ekstrak Daun Binahong Secara Topikal Terhadap Penurunan Derajat Eritema Luka Terkontaminasi Pada Tikus Putih Galur Wistar. *Jurnal Keperawatan Malang*, 2(2), 70–78. <https://doi.org/10.36916/jkm.v2i2.26>
- Kurniawan, B., Bharata, T., Jurusan, A., Elektro, T., Teknologi, D., Jurusan, I., Informasi, T., Akhmad, N., & Jurusan, S. (2015). Analisis Perbandingan Komputasi GPU dengan CUDA dan Komputasi CPU untuk Image dan Video Processing. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATi)*, 25–31.
- Megantara, F. R., Purwanto, Y., & Setianingsih, C. (2020). Deteksi Kondisi Tanaman Selada Berdasarkan Citra Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *E-Proceeding of Engineering*, 7(3), 9330–9338.
- Mitra, A. R., & Efanntyo. (2021). Perancangan Aplikasi Sistem Pengenalan Wajah Dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Pencatatan Kehadiran Karyawan. *Jurnal Instrumentasi Dan Teknologi Informatika (JITI)*, 3(1).
- Najiyah, I., & Topiq, S. (2021). Klasifikasi Jenis Kendaraan Roda Empat Menggunakan Extreme Learning Machine. *Jurnal Responsif*, 3(2), 199–206.
- Nasution, D. A., Khotimah, H. H., & Chamidah, N. (2019). Perbandingan Normalisasi Data untuk Klasifikasi Wine Menggunakan Algoritma K-NN. *Computer Engineering, Science and System Journal*, 4(1), 78. <https://doi.org/10.24114/cess.v4i1.11458>

- Ningtias, A. F., Asyiah, I. N., & Pujiastuti. (2014). Manfaat Daun Sirih (Piper betle L .) sebagai Obat Tradisional Penyakit Dalam di Kecamatan Kalianget Kabupaten Sumenep Madura. *Artikel Ilmiah Penelitian*, 1–4.
- Nirmala, M., Indriyani, I., Shahensha, M. R., Nieate, M. K., & Diana, N. E. (2017). Studi Literatur Pemanfaatan High Performance Computing dalam Bidang Bioinformatics. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 21–25.
- Nurdiana, N., & Algifari, A. (2020). Studi Komparasi Algoritma ID3 Dan Algoritma Naive Bayes Untuk Klasifikasi Penyakit Diabetes Mellitus. *INFOTECH Journal*, 6(2), 18–23.
- Peryanto, A., Yudhana, A., & Umar, R. (2020). Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network dan K Fold Cross Validation. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 4(1), 45–51.
- Pise, C. D., & Shende, S. W. (2014). NVIDIA Graphics Card for Parallelization of BFS Graph Algorithm using CUDA. *Proceedings of 3 Rd International Conference on Recent Trends in Engineering & Technology*.
- Puspitasari, A. A., Santoso, E., & Indriati. (2018). Klasifikasi Dokumen Tumbuhan Obat Menggunakan Metode Improved k-Nearest Neighbor. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(2), 486–492.
- Rahmawati, A. (2021). Efektifitas Perasan Daun Sirih Hijau (Piper Betle L.) Sebagai Insektisida Alami Terhadap Mortalitas Belalang Hijau (Oxya Serville). *Pedagogos (Jurnal Pendidikan STKIP Bima)*, 2(2), 61–65.
- Rakhmawati, N. A., Aletha, D. B., Widiastuti, L. P. G., Laka Kaki, A. S., & Aminullah, A. T. (2020). Klasterisasi Peraturan Daerah di Seluruh Wilayah Jawa dengan Menggunakan Algoritma K-means. *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi Dan Komputer)*, 9(2), 242–246.
- Ranganadh Narayanam. (2021). Accelerating Deep Learning using GPUs. *International Research Journal Of Engineering and Technology (IRJET)*, 8(3), 1592–1600.
- Ratna, S. (2020). Pengolahan Citra Digital Dan Histogram Dengan Phyton Dan Text Editor Phycharm. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 11(3), 181–186.
- Rizki, A., & Sibaroni, Y. (2021). Analisis Sentimen Untuk Pengukuran Tingkat Depresi Pengguna. *E-Proceeding of Engineering*, 8(5), 11367–11375.
- Sarno, S. (2019). Pemanfaatan Tanaman Obat (Biofarmaka) Sebagai Produk Unggulan Masyarakat Desa Depok Banjarnegara. *Abdimas Unwahas*, 4(2), 73–78. <https://doi.org/10.31942/abd.v4i2.3007>

- Sukerta Wijaya, I. W., Harjumawan Wiratmaja KS., I. G., Pramana Setya Bintara, I. D. M. A., & Ryan Aditya Permana, I. K. G. (2021). Program Menghitung Banyak Bata pada Ruangan Menggunakan Bahasa Python. *TIERS Information Technology Journal*, 2(1), 12–22.
- Syahrinastiti, T. A., Djamal, A., & Irawati, L. (2015). Perbedaan Daya Hambat Ekstrak Daun Sirih Hijau (Piper betle L.) dan Daun Sirih Merah (Piper crocatum Ruiz & Pav) terhadap Pertumbuhan Escherichia coli. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 4(2), 421–424. <https://doi.org/10.25077/jka.v4i2.265>
- Tamam, M. B., Anwari, & Hozairi. (2022). Visualisasi Data Penyebaran Covid 19 di Indonesia dan Malaysia. *Jurnal SimanteC*, 11(1), 13–18.
- Taruna, G. K., & Budi, S. (2022). Penerapan Data Science pada Dataset Olympics. *Jurnal Strategi*, 4(2), 278–296.
- Thohari, A., & Hertantyo, G. B. (2018). Implementasi Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Pembalap MotoGP Berbasis GPU. *Proceedings on Conference on Electrical Engineering, Telematics, Industrial Technology, and Creative Media*, 50–55.
- Widjaja, A., Gautama, T. K., Sujadi, S. F., & Harnandy, S. R. (2021). High Performance Computing Environment using General Purpose Computations on Graphics Processing Unit. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 7(2), 508–526. <https://doi.org/10.28932/jutisi.v7i2.3715>
- Wulandari, I., Yasin, H., & Widiharih, T. (2020). Klasifikasi Citra Digital Bumbu dan Rempah Dengan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Gaussian*, 9(3), 273–282.
- Yulia, E., Widiyanti, F., Purnama, A., & Nurhelawati, I. (2016). Keefektifan Ekstrak Air Daun Binahong (Anredera cordifolia (Ten.) Steenis) dalam Menekan Pertumbuhan Koloni dan Perkecambahan Konidia Jamur Colletotrichum capsici Penyebab Penyakit Antraknos pada Cabai. *Agrikultura*, 27(1), 16–22. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v27i1.8472>
- Zahrah, A. Y., Arifianto, A., & Sthevanie, F. (2020). Perbandingan Metode Convolutional Neural Network pada Klasifikasi Sel Darah Putih Menggunakan Sistem CPU dan GPU. *E-Proceeding of Engineering*, 7(1), 2627–2635.
- Zebua, T., & Ndruru, E. (2017). Pengamanan Citra Digital Berdasarkan Modifikasi Algoritma RC4. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 4(4), 275–282. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201744474>