



## SKRIPSI

# KLASIFIKASI CITRA PLANKTON DENGAN ALGORITMA HIBRIDA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK-EXTREME LEARNING MACHINE BERBASIS WEB FLASK

**MUHAMMAD SYAUGI SHAHAB**

NPM 20081010107

## DOSEN PEMBIMBING

Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.

Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

PROGRAM STUDI INFORMATIKA

SURABAYA

2024



**SKRIPSI**

**KLASIFIKASI CITRA PLANKTON DENGAN  
ALGORITMA HIBRIDA CONVOLUTIONAL  
NEURAL NETWORK-EXTREME LEARNING  
MACHINE BERBASIS WEB FLASK**

**MUHAMMAD SYAUGI SHAHAB**  
NPM 20081010107

**DOSEN PEMBIMBING**

Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.

Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
SURABAYA  
2024**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

### KLASIFIKASI CITRA PLANKTON DENGAN ALGORITMA HIBRIDA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK-EXTREME LEARNING MACHINE BERBASIS WEB FLASK

Oleh :  
MUHAMMAD SYAUGI SHAHAB  
NPM. 20081010107

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada tanggal 30 Agustus 2024.

Menyetujui

Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.

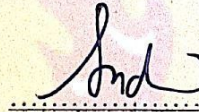
NPT. 3 7811 04 0199 1



(Pembimbing I)

Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom.

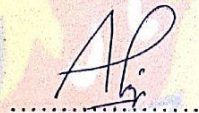
NIP. 19900412 2024061 003



(Pembimbing II)

Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT.

NPT. 222198 60 816400



(Ketua Penguji)

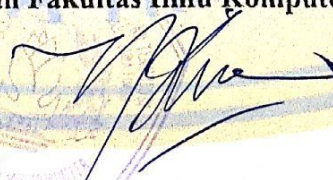
Agung Mustika Rizki, S.Kom., M.Kom.

NIP. 19930725 2022031 008



(Anggota Penguji)

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT  
NIP. 19681126 199403 2 001

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**KLASIFIKASI CITRA PLANKTON DENGAN ALGORITMA HIBRIDA  
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK-EXTREME LEARNING  
MACHINE BERBASIS WEB FLASK**

Oleh:


**MUHAMMAD SYAUGI SHAHAB**

**NPM. 20081010107**



**Menyetujui,**

**Koordinator Program Studi Informatika  
Fakultas Ilmu Komputer**

  
**Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom.**  
**NIP. 19820211 2021212 005**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD SYAUGI SHAHAB  
Program Studi : Informatika  
Dosen Pembimbing : 1. Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.  
2. Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom.

dengan ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Skripsi/Tugas Akhir dengan judul:

### **KLASIFIKASI CITRA PLANKTON DENGAN ALGORITMA HIBRIDA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK-EXTREME LEARNING MACHINE BERBASIS WEB FLASK**

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.



Surabaya, 10 Oktober 2024  
Yang Membuat Pernyataan,



Muhammad Syaugi Shahab  
NPM. 20081010107



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Muhammad Syaugi Shahab / 20081010107  
Judul Skripsi : Klasifikasi Citra Plankton dengan Algoritma Hibrida Convolutional Neural Network-Extreme Learning Machine Berbasis Web Flask  
Dosen Pembimbing : 1. Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.  
2. Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom.

Lautan, meliputi sekitar 71% permukaan Bumi, menjadi lingkungan yang penuh kehidupan, termasuk plankton sebagai organisme mikroskopis dalam rantai makanan laut. Fitoplankton dan zooplankton, dua kategori utama plankton, memiliki peran vital dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut. Pada studi awal, identifikasi plankton masih bergantung pada metode manual yang mahal dan tidak praktis untuk penggunaan besar. Akan tetapi, klasifikasi plankton secara otomatis juga menghadapi beberapa tantangan, yaitu citra plankton yang tidak jelas karena resolusi rendah, ukuran *dataset* yang kecil, serta ketidakseimbangan data yang terjadi pada beberapa kelas. Penelitian plankton saat ini terbagi menjadi dua pendekatan, yaitu deskriptor fitur dan *deep learning*. Meskipun kedua metode tersebut memiliki keterkaitan dalam fungsi dan riwayat, namun diperlakukan sebagai metode yang terpisah. Oleh karena itu, pendekatan hibrida digunakan dengan *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai ekstraksi fitur dan *Extreme Learning Machine* (ELM) sebagai pengklasifikasi. Selain itu, metode *Synthetic Minority Oversampling Technique* (SMOTE) diterapkan untuk menangani ketidakseimbangan kelas. Serta, Flask dipilih sebagai *framework* web untuk implementasi model agar dapat diakses dengan mudah. Hasil pengujian CNN-ELM menunjukkan bahwa model terbaik mencapai akurasi 0.99 dengan rasio pembagian data latih dan uji 80:20, menggunakan 16 *filter* CNN dan 1000 *hidden node* ELM. Namun, model ini memiliki kelemahan dalam mengklasifikasikan kelas *Nitzschia*, *Pleurosigma*, dan *Thalassiosira*. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan pengambilan keputusan di bidang kelautan.

**Kata kunci :** CNN, ELM, SMOTE, Flask

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ABSTRACT

Student Name / NPM : Muhammad Syaugi Shahab / 20081010107  
Thesis Title : Plankton Image Classification Using a Hybrid Convolutional Neural Network-Extreme Learning Machine Algorithm Based on Flask Web Framework  
Advisor : 1. Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.  
2. Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom.

The oceans, covering approximately 71% of the Earth's surface, are teeming with life, including plankton, which are microscopic organisms forming the base of the marine food chain. Phytoplankton and zooplankton, the two main categories of plankton, play a vital role in maintaining the balance of marine ecosystems. In early studies, plankton identification relied heavily on manual methods, which were costly and impractical for large-scale use. However, automatic plankton classification also faces several challenges, such as unclear plankton images due to low resolution, small dataset sizes, and data imbalance across some classes. Current plankton research is divided into two approaches: feature descriptors and deep learning. While these methods are related in terms of function and history, they are treated as separate approaches. Therefore, a hybrid approach is used, with Convolutional Neural Networks (CNN) for feature extraction and Extreme Learning Machines (ELM) for classification. Additionally, Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) is applied to address class imbalance, and Flask is chosen as the web framework for model implementation to ensure easy accessibility. The testing of the CNN-ELM model showed that the best model achieved an accuracy of 98.89% with a training-to-testing splitting data ratio of 80:20, using 16 CNN filters and 1000 ELM hidden nodes. However, this model faced difficulties in classifying the *Nitzschia*, *Pleurosigma*, and *Thalassiosira* classes. This research aims to improve understanding and decision-making in the field of marine science.

**Keywords :** CNN, ELM, SMOTE, Flask

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah memudahkan dan memungkinkan penulis untuk menyelesaikan penelitian serta laporan skripsi ini dengan judul **“Klasifikasi Citra Plankton dengan Algoritma Hibrida Convolutional Neural Network-Extreme Learning Machine Berbasis Web Flask”**.

Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah skripsi dan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program pendidikan Sarjana (S1) di Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penyusunan laporan skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bantuan, dorongan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.MT., selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom., selaku Koordinator Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pemikirannya untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama pengerjaan penelitian ini.
5. Bapak Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan ide, dukungan, dan masukan kepada penulis, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Ibu Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT. selaku ketua penguji yang telah memberikan saran dan nasihat berharga kepada penulis.
7. Bapak Agung Mustika Rizki, S.Kom., M.Kom. selaku dosen penguji pertama yang telah memberikan masukan berharga.

8. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama perkuliahan.
9. Orang tua dan keluarga penulis, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan material maupun non-material, sepanjang kehidupan penulis.
10. Teman-teman IF C dan “Setunggal” yang telah memberikan dukungan moril, bimbingan, serta kebersamaan dalam menghadapi tantangan selama proses pengerjaan penelitian, sehingga dapat mencapai tahap ini bersama-sama.
11. Teman-teman SMA, Samuel, Adit dan Gagas yang selalu memberikan dukungannya dalam pengerjaan penelitian ini.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari adanya keterbatasan dalam laporan skripsi ini dan dengan terbuka menerima semua saran serta kritik konstruktif yang dapat menyempurnakan hasil penelitian ini di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, baik untuk penulis, pembaca dan juga penelitian di masa depan.

Surabaya, 10 Oktober 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan .....	4
1.4. Manfaat .....	4
1.5. Batasan Masalah .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1. Penelitian Terdahulu .....	7
2.2. Plankton .....	9
2.3. <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).....	11
2.3.1. <i>Input Image</i> .....	12
2.3.2. <i>Convolution Layer</i> .....	13
2.3.3. <i>Pooling Layer</i> .....	14
2.3.4. <i>Activation Function</i> .....	15
2.3.5. <i>Fully-Connected Layer</i> .....	15
2.4. <i>Single Hidden Layer Feedforward Neural Network</i> (SLFN) .....	16
2.5. <i>Extreme Learning Machine</i> (ELM) .....	17
2.6. <i>Synthetic Minority Over-sampling Technique</i> (SMOTE) .....	19
2.7. <i>Confusion Matrix</i> .....	21
2.8. Flask.....	23
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	<b>25</b>



3.1. Gambaran Penelitian .....	25
3.2. Tahapan Penelitian .....	25
3.3. Studi Literatur .....	26
3.4. Pengumpulan Data .....	26
3.5. Pengolahan Data.....	28
3.6. Pembuatan Model.....	32
3.7. Evaluasi Model.....	37
3.8. Skenario Pengujian.....	38
3.9. Menanam Model pada Aplikasi .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1. Pengolahan Data.....	41
4.1.1. Perubahan Format Citra .....	41
4.1.2. Pembagian Data dan Proses <i>Oversampling</i> SMOTE .....	43
4.2. Pembuatan Model.....	46
4.2.1. <i>Convolution Neural Network</i> (CNN) .....	47
4.2.2. <i>Extreme Learning Machine</i> (ELM).....	49
4.2.3. Hibrida CNN dan ELM .....	50
4.2.4. Perhitungan <i>Confusion Matrix</i> dan Evaluasi Model .....	52
4.2.5. Ekspor Model .....	52
4.3. Skenario Pengujian.....	53
4.3.1. Skenario Pengujian Pertama .....	54
4.3.2. Skenario Pengujian Kedua .....	66
4.3.3. Skenario Pengujian Ketiga .....	72
4.3.4. Hasil Skenario Pengujian .....	78
4.4. Hasil Evaluasi dari Perbandingan Metode .....	79
4.5. Penanaman Model Pada Aplikasi.....	79
4.4.1. Pembuatan Aplikasi .....	80
4.4.2. Penanaman Model.....	81
4.4.3. Hasil Aplikasi.....	82
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>87</b>
5.1. Kesimpulan.....	87
5.2. Saran.....	88

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>89</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>95</b>
Lampiran 1. Kode Implementasi SMOTE .....	95

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> Mikroorganisme Plankton .....	10
<b>Gambar 2.2.</b> Kelas Plankton .....	11
<b>Gambar 2.3.</b> Komponen CNN .....	12
<b>Gambar 2.4.</b> <i>Convolution Layer</i> .....	13
<b>Gambar 2.5.</b> <i>Kernel</i> .....	13
<b>Gambar 2.6.</b> Perhitungan Konvolusi .....	14
<b>Gambar 2.7.</b> <i>Max Pooling</i> .....	14
<b>Gambar 2.8.</b> <i>Fully Connected Layer</i> .....	16
<b>Gambar 2.9.</b> Struktur SLFN .....	16
<b>Gambar 3.1.</b> Langkah-Langkah Penelitian .....	25
<b>Gambar 3.2.</b> Citra Plankton Kelas <i>Noctiluca</i> .....	26
<b>Gambar 3.3.</b> Citra Plankton Kelas <i>Ceratium</i> .....	27
<b>Gambar 3.4.</b> Distribusi Kelas pada <i>Dataset</i> .....	27
<b>Gambar 3.5.</b> Proses Pengolahan Data.....	29
<b>Gambar 3.6.</b> Proses Perhitungan Manual Konversi <i>Grayscale</i> .....	29
<b>Gambar 3.7.</b> Kerangka Kerja Metode.....	33
<b>Gambar 3.8.</b> Alur Algoritma Hibrida CNN-ELM .....	34
<b>Gambar 3.9.</b> Alur <i>Training</i> Model.....	35
<b>Gambar 3.10.</b> Proses Perhitungan Manual CNN-ELM .....	35
<b>Gambar 3.11.</b> Alur Evaluasi Model.....	38
<b>Gambar 3.12.</b> Rancangan Tampilan Implementasi Flask.....	39
<b>Gambar 4.1.</b> Perbandingan Citra Plankton Sesudah Pra-Pemrosesan .....	42
<b>Gambar 4.2.</b> Distribusi Kelas pada <i>Dataset</i> Setelah SMOTE .....	45
<b>Gambar 4.3.</b> <i>Scatter Plot</i> Sebelum dan Sesudah SMOTE.....	46

<b>Gambar 4.4.</b> Visualisasi Beberapa Fitur CNN dengan 32 <i>Filter</i> .....	48
<b>Gambar 4.5.</b> <i>Confusion Matrix</i> dengan Rasio 60:40.....	55
<b>Gambar 4.6.</b> Hasil Laporan Klasifikasi dengan Rasio 60:40.....	56
<b>Gambar 4.7.</b> <i>Confusion Matrix</i> dengan Rasio 70:30.....	57
<b>Gambar 4.8.</b> Hasil Laporan Klasifikasi dengan Rasio 70:30.....	58
<b>Gambar 4.9.</b> <i>Confusion Matrix</i> dengan Rasio 80:20.....	60
<b>Gambar 4.10.</b> Hasil Laporan Klasifikasi dengan Rasio 80:20.....	61
<b>Gambar 4.11.</b> <i>Confusion Matrix</i> dengan Rasio 90:10.....	62
<b>Gambar 4.12.</b> Hasil Laporan Klasifikasi dengan Rasio 90:10.....	63
<b>Gambar 4.13.</b> Hasil Performa Model pada Skenario Pertama .....	65
<b>Gambar 4.14.</b> <i>Confusion Matrix</i> dengan 16 <i>Filter</i> CNN .....	66
<b>Gambar 4.15.</b> Hasil Laporan Klasifikasi dengan 16 <i>Filter</i> CNN.....	67
<b>Gambar 4.16.</b> <i>Confusion Matrix</i> dengan 64 <i>Filter</i> CNN .....	69
<b>Gambar 4.17.</b> Hasil Laporan Klasifikasi dengan 64 <i>Filter</i> CNN.....	69
<b>Gambar 4.18.</b> Hasil Performa Model pada Skenario Kedua.....	71
<b>Gambar 4.19.</b> <i>Confusion Matrix</i> dengan 1000 <i>Hidden Node</i> ELM .....	72
<b>Gambar 4.20.</b> Hasil Laporan Klasifikasi dengan 1000 <i>Hidden Node</i> ELM .....	74
<b>Gambar 4.21.</b> <i>Confusion Matrix</i> dengan 4000 <i>Hidden Node</i> ELM .....	75
<b>Gambar 4.22.</b> Hasil Laporan Klasifikasi dengan 4000 <i>Hidden Node</i> ELM .....	76
<b>Gambar 4.23.</b> Hasil Performa Model pada Skenario Ketiga.....	77
<b>Gambar 4.24.</b> Hasil Tampilan Aplikasi .....	82
<b>Gambar 4.25.</b> Hasil Prediksi pada Aplikasi .....	83
<b>Gambar 4.26.</b> Hasil Prediksi Tidak Terklasifikasi pada Gambar Ubur-Ubur.....	83

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> <i>Confusion Matrix</i> .....	21
<b>Tabel 2.2.</b> Penjabaran <i>Confusion Matrix</i> .....	21
<b>Tabel 3.1.</b> Jumlah Data Citra Tiap Kelas pada <i>Dataset</i> .....	28
<b>Tabel 3.2.</b> Proporsi Pembagian Data .....	31
<b>Tabel 3.3.</b> Jumlah Data <i>Train</i> dan <i>Test</i> Tiap Kelas pada <i>Dataset</i> .....	31
<b>Tabel 3.4.</b> Perhitungan Nilai <i>Precision</i> , <i>Recall</i> , <i>F1-score</i> , dan <i>Support</i> .....	38
<b>Tabel 3.5.</b> Skenario Pengujian.....	39
<b>Tabel 4.1.</b> Hasil Evaluasi Matriks dengan Rasio 60:40.....	56
<b>Tabel 4.2.</b> Hasil Evaluasi Matriks dengan Rasio 70:30.....	58
<b>Tabel 4.3.</b> Hasil Evaluasi Matriks dengan Rasio 80:20.....	60
<b>Tabel 4.4.</b> Hasil Evaluasi Matriks dengan Rasio 90:10.....	63
<b>Tabel 4.5.</b> Hasil Evaluasi Matriks pada Skenario Pertama .....	65
<b>Tabel 4.6.</b> Hasil Evaluasi Matriks dengan 16 <i>Filter CNN</i> .....	67
<b>Tabel 4.7.</b> Hasil Evaluasi Matriks dengan 64 <i>Filter CNN</i> .....	69
<b>Tabel 4.8.</b> Hasil Evaluasi Matriks pada Skenario Kedua .....	71
<b>Tabel 4.9.</b> Hasil Evaluasi Matriks dengan 1000 <i>Hidden Node ELM</i> .....	73
<b>Tabel 4.10.</b> Hasil Evaluasi Matriks dengan 4000 <i>Hidden Node ELM</i> .....	76
<b>Tabel 4.11.</b> Hasil Evaluasi Matriks pada Skenario Ketiga.....	78
<b>Tabel 4.12.</b> Hasil Evaluasi dari Perbandingan Metode CNN dan CNN-ELM.....	79
<b>Tabel 4.13.</b> Hasil Pengujian Flask dengan Data Berbeda .....	84

*Halaman ini sengaja dikosongkan*