

TUGAS AKHIR

**IMPLEMENTASI *DEEP LEARNING* UNTUK KLASIFIKASI BENTUK
GALAKSI**



MATHEUS FERNALDI HUTOMO

NPM : 6171801002

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2023**

FINAL PROJECT

**IMPLEMENTATION OF DEEP LEARNING FOR GALAXY
MORPHOLOGY CLASSIFICATION**



MATHEUS FERNALDI HUTOMO

NPM : 6171801002

**DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI *DEEP LEARNING* UNTUK KLASIFIKASI BENTUK
GALAKSI**

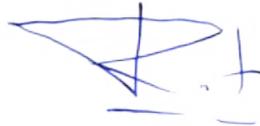
MATHEUS FERNALDI HUTOMO

NPM : 6171801002

Bandung, 19 Januari 2023

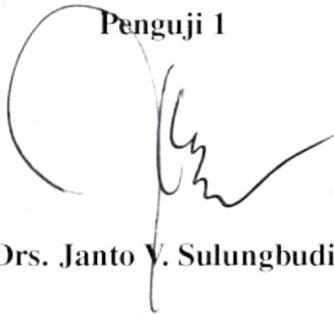
Menyetujui,

Pembimbing



Reinard Primulando, Ph.D.

Penguji 1



Drs. Janto Y. Sulungbudi

Penguji 2



Yuanita P. D. Sudarso

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Reinard Primulando, Ph.D.

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul:

IMPLEMENTASI *DEEP LEARNING* UNTUK KLASIFIKASI BENTUK GALAKSI

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 19 Januari 2023



Matheus Fernaldi Hutomo
NPM : 6171801002

ABSTRAK

Miliaran galaksi di alam semesta dapat dibedakan berdasarkan morfologi visual atau bentuknya yaitu : spiral, elips, dan tidak beraturan. Morfologi ini juga diyakini dapat memberikan petunjuk mengenai sejarah dinamis galaksi dan menjadi informasi penting dalam menganalisis suatu galaksi. Untuk itu, dilakukan survei galaksi yang dapat membantu klasifikasi galaksi. Inspeksi visual serta citra membutuhkan waktu untuk didapatkan sehingga diperlukan otomatisasi. Klasifikasi bentuk galaksi dengan 9000 citra ini mengimplementasikan teknik *Deep Learning* dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Pengujian klasifikasi ini dilakukan dengan tiga model arsitektur yang berbeda-beda menunjukkan bahwa : uji model mengenai bentuk galaksi memiliki akurasi terbesar diperoleh arsitektur pertama sebesar 64,5% (data training) dan 62,5% (data validasi) untuk arsitektur pertama sedangkan uji model mengenai hasil survei memiliki loss mencapai hampir 0,00125%.

Kata-kata kunci : Bentuk Galaksi, Klasifikasi, *Deep Learning*, CNN

ABSTRACT

Billions of galaxies in the universe are distinguished by visual morphology or shape, namely: spiral, elliptical, and irregular. This morphology is also believed to give hints to the dynamic history of galaxies and become important information in analyzing a galaxy. Therefore galactic surveys were taken to help galaxy classifications. A visual inspection of the images take time, so an automization is needed. This classification of galaxy shapes with 9000 images implements Deep Learning techniques using the Convolutional Neural Network (CNN) method. This classification test was carried out with three different architectural models showing that: the model test regarding the shape of the galaxy has the greatest accuracy, the first architecture is 64.5% (training data) and 62.5% (validation data) for the first architecture. the model test regarding the survey results has a loss of almost 0.00125%.

Keywords : Shape of Galaxies, Classification, Deep Learning

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa. Atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul "IMPLEMENTASI *DEEP LEARNING* UNTUK KLASIFIKASI BENTUK GALAKSI" dengan tepat waktu. Tugas akhir ini diajukan sebagai sebagai salah satu syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir 2 pada semester IX tahun akademik 2022 - 2023.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis telah menerima bantuan, dukungan, bimbingan serta arahan dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini dengan penuh rasa hormat penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Keluarga penulis yang memberikan dukungan penuh baik secara moral dan materi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Reinard Primulando selaku dosen pembimbing serta ketua program studi Fisika UNPAR yang telah memberikan saran, ide, dan meluangkan waktu dalam membimbing penulis agar bisa menyusun tugas akhir ini hingga akhirnya membuat penulis layak untuk maju pada sidang tugas akhir ini.
3. Ibu Yuanita P. D. Sudarso selaku ketua tim penguji yang akan menguji saya.
4. Bapak Janto V. Sulungbudi selaku anggota dosen penguji sekaligus dosen ketua pengawas sidang tugas akhir yang rela menyempatkan waktunya dalam mengawasi setiap mahasiswa/i program studi fisika yang sedang melakukan sidang. Selain itu, penulis berterima kasih atas nasihat, hiburan, dan waktu yang telah diberikan beliau kepada penulis selama berkuliah di UNPAR.
5. Seluruh dosen Fisika UNPAR yang telah mengajarkan penulis banyak hal selama penulis berkuliah di UNPAR.
6. Jajaran seluruh staff terutama TU, dosen, dan karyawan dari Fakultas Teknologi Informasi dan Sains yang telah membantu penulis dalam administrasi, keuangan, proposal, dan membuat lingkungan yang kondusif selama berkuliah di UNPAR.
7. Teman-teman Fisika UNPAR terutama teman-teman dari angkatan 2018 yaitu Bima, dan Maychell yang telah berjuang bersama penulis.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan dari tugas akhir ini dapat diterima, dipergunakan, dan dimanfaatkan sebaik-baiknya. Jika masih ada yang kurang, mohon maaf dan penulis mengharapkan kritik dan saran dari Bapak/Ibu dosen demi menyempurnakan tulisan ini.

Bandung, 19 Januari 2023

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	xv
Daftar Isi	xvii
Daftar Gambar	xix
1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
2 Landasan Teori	3
2.1 Astronomi	3
2.1.1 Galaksi Bima Sakti	3
2.1.2 Jenis-Jenis Galaksi	5
2.2 Deep Learning	8
2.2.1 Fungsi Aktivasi	9
2.2.2 Loss Function	12
2.2.3 Optimizer	15
2.2.4 Convolutional Neural Network (CNN)	17
2.3 Keras	22
3 Hasil dan Pembahasan	23
3.1 Uji Klasifikasi Bentuk Galaksi	25
3.1.1 Arsitektur Pertama	25
3.1.2 Arsitektur Kedua	25
3.1.3 Arsitektur Ketiga	25
3.2 Uji Klasifikasi Survei Class 1.1 - 1.3	32
3.2.1 Arsitektur Pertama	32
3.2.2 Arsitektur Kedua	32
3.2.3 Arsitektur Ketiga	32
4 Kesimpulan dan Saran	37
4.1 Kesimpulan	37
4.2 Saran	38

Daftar Referensi	39
A Kode Program Uji Klasifikasi Bentuk Galaksi	43
B Kode Program Uji Klasifikasi Probabilitas Class 1.1 - 1.3	47

Daftar Gambar

2.1	Bentuk galaksi kita Bima Sakti yang terlihat dari Bumi dan informasi mengenai galaksi [1][2].	4
2.2	Bentuk galaksi Bima Sakti yang spiral [3].	4
2.3	Gerakan orbit-orbit bintang <i>disk</i> , <i>bulge</i> , dan <i>halo</i> pada galaksi Bima Sakti [4][2].	5
2.4	Bentuk-bentuk galaksi spiral, elips, dan galaksi tidak beraturan dari klasifikasi Hubble [5].	6
2.5	Bentuk galaksi yang tidak beraturan [6].	7
2.6	Neuron-neuron beserta dengan lapisannya pada <i>Deep Learning</i> [7].	8
2.7	Skema cara kerja <i>weight</i> dan bias beserta fungsi aktivasi [8].	8
2.8	Contoh grafik yang dihasilkan dari fungsi aktivasi linear untuk $x = -10$ hingga $x = 10$	10
2.9	Contoh grafik yang dihasilkan dari fungsi aktivasi sigmoid untuk $x = -10$ hingga $x = 10$	10
2.10	Contoh grafik yang dihasilkan dari fungsi aktivasi ReLU untuk $x = -10$ hingga $x = 10$	11
2.11	Contoh grafik yang dihasilkan dari fungsi regresi MSE terhadap nilai prediksi.	13
2.12	Contoh grafik yang dihasilkan dari fungsi regresi MAE terhadap nilai prediksi.	13
2.13	Contoh grafik yang dihasilkan dari fungsi regresi Huber terhadap nilai prediksi.	14
2.14	(a) Contoh grafik yang dihasilkan dari fungsi <i>binary crossentropy</i> (b) dibandingkan dengan fungsi MSE pada $y_i = 0$ dengan $0 \leq \hat{y}_i \leq 1$	15
2.15	Garis gerakan menurun (garis merah) menuju ke titik minimum w^* (a) ketika <i>learning rate</i> terlalu kecil akan menjadi sangat lambat, sedangkan (b) akan mengalami overshoot atau bahkan terjadi penyimpangan (tidak mendekati titik minimum) jika <i>learning rate</i> terlalu besar [9].	16
2.16	Pergerakan momentum (warna merah) yang lebih terarah dan lebih cepat ke titik minimum-nya dibanding gradient descent (warna biru) yang lebih melambat dan bisa <i>overshoot</i> (warna ungu) [10].	17
2.17	Contoh isi filter yang dapat mendeteksi : (a) horizontal dan (b) vertikal <i>edge</i> [11].	18
2.18	<i>Feature</i> yang diproses oleh CNN untuk wajah seseorang [12].	18
2.19	Kerja dari convolutional layer pada <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).	19
2.20	Proses <i>max pooling</i> pada suatu citra yang berupa nilai-nilai pixel [11].	20
2.21	Contoh Penempatan <i>BatchNormalization Layer</i> yang umumnya digunakan pada suatu <i>deep learning</i> [13].	20
2.22	Proses <i>dropout layer</i> pada model <i>Deep Learning</i> [14].	21
2.23	Proses <i>flatten layer</i> dalam mendatarkan data citra berupa matriks pixel [15].	21
2.24	Hasil <i>flatten layer</i> yang diproses untuk data pada <i>Deep Learning</i> yang mengklasifikasikan sebuah citra [16].	22
3.1	Lima contoh citra galaksi yang digunakan sebagai data dalam pengerjaan tugas akhir ini.	23
3.2	Syarat yang mengkategorikan semua galaksi dalam kelompoknya dari pertanyaan awal kelas 1.1-1.3 (kotak berwarna merah) dan seterusnya.	24
3.3	Lapisan model arsitektur pertama bentuk galaksi.	27
3.4	Lapisan model arsitektur kedua bentuk galaksi.	28
3.5	Lapisan model arsitektur ketiga bentuk galaksi.	29

3.6	Grafik akurasi dan validasi akurasi dari keseluruhan model klasifikasi bentuk galaksi.	30
3.7	Grafik loss dan validasi loss dari keseluruhan model klasifikasi bentuk galaksi.	31
3.8	Lapisan dari model arsitektur pertama untuk uji klasifikasi survei kelas 1.1 - 1.3.	33
3.9	Lapisan dari model arsitektur kedua untuk uji klasifikasi survei kelas 1.1 - 1.3.	34
3.10	Lapisan dari model arsitektur ketiga untuk uji klasifikasi survei kelas 1.1 - 1.3.	35
3.11	Grafik loss dan validasi loss dari keseluruhan model klasifikasi probabilitas.	36

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alam semesta kita ini diisi oleh miliaran galaksi dan ruang hampa yang memisahkan antar galaksi-galaksi tersebut. Setelah para ahli astronomi mempelajari bentuk-bentuk dari miliaran galaksi, ternyata didapatkan penemuan bahwa galaksi dapat diklasifikasikan atau dikategorikan ke dalam tiga jenis berdasarkan bentuk secara visual. Pengelompokan visual inilah yang disebut klasifikasi Hubble dan digagas oleh Hubble pada tahun 1926. Menurut klasifikasi Hubble ini, sebuah galaksi dibedakan berdasarkan sebuah karakteristik yang dimiliki oleh bentuk-bentuk galaksinya seperti untuk galaksi spiral dibedakan berdasarkan ukuran lengan dan rasio tonjolan (*bulge*) yang mana dapat berkesinambungan dengan resolusi yang tampak (ketika melihat karakteristik lengan) dan *brightness* cahaya yang dihasilkan *bulge* oleh sebuah galaksi. Selain itu, ada beberapa teori yang berpendapat bahwa bentuk morfologi galaksi bisa dipengaruhi oleh rasio disk dengan *bulge*, komposisi kimia dari *interstellar medium*, kandungan gas, pembentukan bintang, atau spektrum yang dihasilkan. Ini artinya hubungan-hubungan teori ini perlu diselidiki lebih jauh, sehingga mendapatkan suatu informasi yang berperan penting dalam mengklasifikasi sebuah galaksi. Maka dari itu, pada penelitian ini akan diteliti sejauh mana dapat dilakukan klasifikasi galaksi dari morfologinya menggunakan bantuan *Deep Learning* yang memproses citra sebuah galaksi yang diperoleh dari teleskop. Penggunaan *Deep Learning* akan diproses di Python dengan bantuan *Convolutional Neural Network* (CNN) dan Keras berguna untuk mengklasifikasikan atau membedakan galaksi berdasarkan jenis-jenis galaksi yang ada dari klasifikasi Hubble. Penelitian dari tugas akhir ini diharapkan dapat menemukan karakteristik yang membedakan sebuah galaksi selain menurut klasifikasi Hubble ini.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar-latar belakang yang sudah ditelusuri ini, maka dibuat suatu rumusan masalah yang melandasi hal-hal yang terkait seperti :

1. Bagaimana penerapan *Deep Learning* dalam mengklasifikasi jenis galaksi dari sebuah gambar?
2. Bagaimana kinerja klasifikasi yang dihasilkan oleh sebuah citra mengenai galaksi dengan *Deep Learning*?

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam tugas akhir ini dibuat berdasarkan tujuan yang berfungsi agar :

1. Mengetahui kinerja klasifikasi yang dihasilkan oleh sebuah citra dengan *Deep Learning*.
2. Memaparkan apa saja yang memengaruhi hasil uji akurasi dari klasifikasi bentuk galaksi terhadap sebuah data yang berupa gambar menggunakan *Deep Learning* dengan bantuan CNN.

1.4 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini melakukan batasan-batasan dalam penelitian, yaitu :

1. Objek Penelitian hanya berupa data dalam bentuk gambar dari sebuah galaksi.
2. Data-data gambar ini diambil dari foto-foto yang sudah ada diambil dari Referensi [17] dan bukan berdasarkan diperoleh dari penelitian sendiri.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dan setiap bab terdiri dari sub-sub pembahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

1. Bab Pertama Pendahuluan

Bab ini menjelaskan mengapa topik tugas akhir ini diangkat, serta memaparkan rumusan, tujuan, batasan-batasan dan masalah yang dimiliki dalam penelitian untuk tugas akhir ini.

2. Bab Kedua Landasan Teori

Bab ini menjelaskan landasan teori dari dua ilmu, yaitu ilmu astronomi dan komputasi (*Deep Learning*) ini. Teori Astronomi yang dipaparkan berisi penjelasan dasar mengenai ilmu astronomi, hubungan galaksi dan alam semesta, karakteristik sebuah galaksi dari galaksi Bima Sakti dengan adanya pendahuluan sampai objek-objek (bintang, planet, dan partikel) yang terkandung atau menyusun suatu galaksi, serta karakteristik galaksi-galaksi yang membentuk dan menggolongkannya dalam beberapa jenis sesuai dari bentuk yang dimiliki sebuah galaksi. Untuk komputasi memaparkan apa itu *Deep Learning*, tujuan kegunaan *Deep Learning* dalam penelitian galaksi ini, dan apa saja komponen yang terkandung dalam *Deep Learning* itu sendiri.

3. Bab Ketiga Hasil dan Pembahasan

Hasil yang ditampilkan di bab ini berupa grafik dari sebuah data antara data training dengan test-nya untuk menguji seberapa akurat prediksi dan kesalahan yang dibuat dari sebuah model.

4. Bab Keempat Kesimpulan dan Saran

Hasil yang diperoleh akan disimpulkan dan dibuat menjadi suatu kesimpulan dan saran yang terjadi selama proses penelitian.