

**MEMBANGUN MODEL AI UNTUK MENDETEKSI
TINGKAT KESEGERAN BUAH NAGA DENGAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**

Tugas Akhir

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



Dibuat Oleh:

VINCENT

200710874

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

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

MEMBANGUN MODEL AI UNTUK MENDETEKSI TINGKAT KESEGERAN BUAH NAGA DENGAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

yang disusun oleh

Vincent

200710874

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 26 Agustus 2024

		Keterangan
Dosen Pembimbing 1	: Y. Sigit Purnomo WP., S.T.,M.Kom., Ph.D.	Telah Menyetujui
Dosen Pembimbing 2	: Aloysius Gonzaga Pradnya Sidhawara, S.T., M.Eng.	Telah Menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	: Y. Sigit Purnomo WP., S.T.,M.Kom., Ph.D.	Telah Menyetujui
Penguji 2	: Prof. Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T.	Telah Menyetujui
Penguji 3	: Prof. Dr. Andi Wahju Rahardjo Emanuel, BSEE., MSSE	Telah Menyetujui

Yogyakarta, 26 Agustus 2024

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Teknologi Industri

Dekan

ttd.

Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T.

Dokumen ini merupakan dokumen resmi UAJY yang tidak memerlukan tanda tangan karena dihasilkan secara elektronik oleh Sistem Bimbingan UAJY. UAJY bertanggung jawab penuh atas informasi yang tertera di dalam dokumen ini

PERNYATAAN ORISINALITAS & PUBLIKASI ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Vincent
NPM : 200710874
Program Studi : Informatika
Fakultas : Teknologi Industri
Judul Penelitian : Membangun Model AI untuk Mendeteksi Tingkat Kesegaran Buah Naga Dengan Convolutional Neural Network

Menyatakan dengan ini:

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

Demikianlah pernyataan ini dibuat dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 24 Agustus 2024

Yang menyatakan,



Vincent

200710874

KATA PENGANTAR

Namo Sanghyang Adi Buddhaya, Namo Buddhaya

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta kepada Sang Tri Ratna, yaitu Buddha, Dhamma, dan Sangha. Karena atas Rahmat dan berkat-Nya, penulis dapat menyelesaikan pembuatan tugas akhir “Membangun Model AI untuk Mendeteksi Tingkat Kesegaran Buah Naga dengan Convolutional Neural Network” dengan baik.

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

Penulis menyadari bahwa pada pembuatan tugas akhir ini penulis telah mendapat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari banyak pihak. Untuk itu, Pada kesempatan ini Penulis ingin berterima kasih kepada.

1. Tuhan yang Maha Esa, karena atas Rahmat kasih-Nya yang selalu mengayomi Penulis dimanapun Penulis berada
2. Bapak Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T. IPU, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
3. Bapak Paulus Mudjihartono, S.T., M.T., Ph.D, selaku Ketua Departemen Program Studi Informatika, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
4. Bapak Thomas Adi Purnomo Sidhi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Informatika, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
5. Bapak Yohanes Sigit Purnomo Wuryo Putro., S.T., M.Kom., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan masukan serta motivasi kepada Penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Aloysius Gonzaga Pradnya Sidhawara, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan masukan serta motivasi kepada Penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Demikian laporan tugas akhir ini dibuat, dan Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 26 Agustus 2024

Vincent
200710874

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS & PUBLIKASI ILMIAH	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
INTISARI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	1
C. Batasan Penelitian	2
D. Tujuan Penelitian.....	2
E. Metode Penelitian.....	2
1. Persiapan Kebutuhan Perangkat Keras	2
2. Persiapan Kebutuhan Perangkat Lunak	3
3. Pembuatan Model AI.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB III LANDASAN TEORI.....	10
A. Buah Naga Merah	10
B. Artificial Neural Network (ANN).....	10
1. <i>Rectified Linar Unit (ReLU)</i>	11
C. Convolutional Neural Network (CNN).....	11
1. <i>Convolutional</i>	12
2. <i>Pooling</i>	13
3. <i>Flatten</i>	13
D. GoogLeNet Model	14
1. Sejarah GoogLeNet.....	14
2. Karakteristik GoogLeNet	15
3. Struktur & Kode GoogLeNet	16
E. MobileNet Model	20
1. Sejarah MobileNet	20

2.	Karakteristik MobileNet.....	20
3.	Struktur MobileNet	21
F.	AlexNet Model.....	24
1.	Sejarah AlexNet	24
2.	Karakteristik AlexNet.....	24
3.	Struktur AlexNet	25
G.	Evaluasi Model AI.....	28
1.	<i>Underfitting</i>	28
2.	<i>Balanced</i>	29
3.	<i>Overfitting</i>	30
H.	Metrik Evaluasi Model AI.....	31
1.	<i>Confusion Matrix</i>	31
2.	<i>Accuracy</i> (tensorflow.keras.metrics).....	32
3.	<i>Precision</i> (tensorflow.keras.metrics).....	32
4.	<i>Recall</i> (tensorflow.keras.metrics).....	33
F.	CNN Optimizer	34
1.	<i>Stochastic Gradient Descent (SGD) Optimizer</i>	36
2.	<i>Adaptive Momentum Estimation (Adam) Optimizer</i>	38
3.	<i>Root Mean Square Propagation (RMSprop) Optimizer</i>	39
BAB IV DATASET DAN PENGEMBANGAN MODEL.....		40
A.	Deskripsi Masalah.....	40
B.	Dataset.....	40
1.	Analisis Data	41
2.	<i>Preprocessing Data</i>	44
C.	Pengembangan Model AI.....	46
D.	Pengujian Model	47
BAB V HASIL & ANALISIS MODEL.....		51
A.	Model GoogleNet.....	51
1.	GoogleNet – SGD Optimizer – 30 Epochs	51
2.	GoogleNet – SGD Optimizer – 20 Epochs	56
3.	GoogleNet – SGD Optimizer – 10 Epochs	60
4.	GoogleNet – Adam Optimizer – 30 Epochs.....	63

5.	GoogleNet – Adam Optimizer – 20 Epochs.....	67
6.	GoogleNet – Adam Optimizer – 10 Epochs.....	72
7.	GoogleNet – RMSprop Optimizer – 30 Epochs	75
8.	GoogleNet – RMSprop Optimizer – 20 Epochs	79
9.	GoogleNet – RMSprop Optimizer – 10 Epochs	84
10.	Analisis Hasil Keseluruhan Model GoogleNet.....	87
B.	Model MobileNet.....	92
1.	MobileNet – SGD Optimizer – 30 Epochs	92
2.	MobileNet – SGD Optimizer – 20 Epochs	97
3.	MobileNet – SGD Optimizer – 10 Epochs	102
4.	MobileNet – Adam Optimizer – 30 Epochs.....	105
5.	MobileNet – Adam Optimizer – 20 Epochs.....	109
6.	MobileNet – Adam Optimizer – 10 Epochs.....	113
7.	MobileNet – RMSprop Optimizer – 30 Epochs.....	116
8.	MobileNet – RMSprop Optimizer – 20 Epochs.....	120
9.	MobileNet – RMSprop Optimizer – 10 Epochs.....	124
10.	Analisis Hasil Keseluruhan Model MobileNet	127
C.	Model AlexNet.....	132
1.	AlexNet – SGD Optimizer – 30 Epochs	132
2.	AlexNet – SGD Optimizer – 20 Epochs	136
3.	AlexNet – SGD Optimizer – 10 Epochs	140
4.	AlexNet – Adam Optimizer – 30 Epochs.....	143
5.	AlexNet – Adam Optimizer – 20 Epochs.....	147
6.	AlexNet – Adam Optimizer – 10 Epochs.....	151
7.	AlexNet – RMSprop Optimizer – 30 Epochs	154
8.	AlexNet – RMSprop Optimizer – 20 Epochs	158
9.	AlexNet – RMSprop Optimizer – 10 Epochs	162
10.	Analisis Hasil Keseluruhan Model AlexNet	165
D.	Hasil & Analisis Seluruh Model	170
BAB VI KESIMPULAN & SARAN.....		174
A.	Kesimpulan	174
B.	Saran.....	174

DAFTAR PUSTAKA 176

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alur Pembuatan Model AI	4
Gambar 2. Artificial Neural Network.....	11
Gambar 3. Convolutional pada CNN.....	12
Gambar 4. Pooling pada CNN	13
Gambar 5. Flatten pada CNN.....	14
Gambar 6. CNN Architecture.....	14
Gambar 7. GoogleNet <i>Inception Modules</i>	16
Gambar 8. MobileNet <i>Depthwise Separable Convolution</i>	21
Gambar 9. Model <i>Underfitting</i>	29
Gambar 10. Model <i>Balanced</i>	30
Gambar 11. Model <i>Overfitting</i>	31
Gambar 12. Confusion Matrix	32
Gambar 13. Ilustrasi <i>Precision</i>	33
Gambar 14. Ilustrasi <i>Recall</i>	34
Gambar 15. <i>Learning Rate</i> Tinggi	35
Gambar 16. <i>Learning Rate</i> Rendah.....	36
Gambar 17. <i>Gradient Descent</i>	37
Gambar 18. <i>Stochastic Gradient Descent</i>	37
Gambar 19. <i>Adaptive Moment Estimation</i>	38
Gambar 20. Contoh Dataset	40
Gambar 21. Analisis Dataset.....	43
Gambar 22. Evaluasi GoogleNet - SGD - 30 Epochs	51
Gambar 23. <i>Confusion Matrix</i> GoogleNet - SGD - 30 Epochs.....	55
Gambar 24. Evaluasi GoogleNet - SGD - 20 Epochs	56
Gambar 25. <i>Confusion Matrix</i> GoogleNet - SGD - 20 Epochs.....	59
Gambar 26. Evaluasi GoogleNet - SGD - 10 Epochs	60
Gambar 27. <i>Confusion Matrix</i> GoogleNet - SGD - 10 Epochs.....	62
Gambar 28. Evaluasi GoogleNet – Adam – 30 Epochs	63
Gambar 29. <i>Confusion Matrix</i> GoogleNet – Adam - 30 Epochs	66

Gambar 30. Evaluasi GoogleNet – Adam – 20 Epochs	67
Gambar 31. <i>Confusion Matrix</i> GoogleNet – Adam - 20 Epochs	71
Gambar 32. Evaluasi GoogleNet – Adam – 10 Epochs	72
Gambar 33. <i>Confusion Matrix</i> GoogleNet – Adam - 10 Epochs	74
Gambar 34. Evaluasi GoogleNet – RMSprop – 30 Epochs	75
Gambar 35. <i>Confusion Matrix</i> GoogleNet – RMSprop - 30 Epochs	78
Gambar 36. Evaluasi GoogleNet – RMSprop – 20 Epochs	79
Gambar 37. <i>Confusion Matrix</i> GoogleNet – RMSprop - 20 Epochs	83
Gambar 38. Evaluasi GoogleNet – RMSprop – 10 Epochs	84
Gambar 39. <i>Confusion Matrix</i> GoogleNet – RMSprop - 10 Epochs	86
Gambar 40. Perbandingan GoogleNet 30 Epochs.....	87
Gambar 41. Perbandingan GoogleNet 20 Epochs.....	88
Gambar 42. Perbandingan GoogleNet 10 Epochs.....	88
Gambar 43. <i>confusion matrix</i> GoogleNet Dataset Original	90
Gambar 44. Evaluasi MobileNet – SGD – 30 Epochs	92
Gambar 45. <i>Confusion Matrix</i> MobileNet – SGD - 30 Epochs	96
Gambar 46. Evaluasi MobileNet – SGD – 20 Epochs	97
Gambar 47. <i>Confusion Matrix</i> MobileNet – SGD - 20 Epochs	101
Gambar 48. Evaluasi GoogleNet – RMSprop – 20 Epochs	102
Gambar 49. <i>Confusion Matrix</i> MobileNet – SGD - 10 Epochs	104
Gambar 50. Evaluasi MobileNet – Adam – 30 Epochs	105
Gambar 51. <i>Confusion Matrix</i> MobileNet – Adam - 30 Epochs	108
Gambar 52. Evaluasi MobileNet – Adam – 20 Epochs	109
Gambar 53. <i>Confusion Matrix</i> MobileNet – Adam - 20 Epochs	112
Gambar 54. Evaluasi MobileNet – Adam – 10 Epochs	113
Gambar 55. <i>Confusion Matrix</i> MobileNet – Adam - 10 Epochs	115
Gambar 56. Evaluasi MobileNet – RMSprop – 30 Epochs	116
Gambar 57. <i>Confusion Matrix</i> MobileNet – RMSprop – 30 Epochs.....	119
Gambar 58. Evaluasi MobileNet – RMSprop – 20 Epochs	120
Gambar 59. <i>Confusion Matrix</i> MobileNet – RMSprop – 20 Epochs.....	123
Gambar 60. Evaluasi MobileNet – RMSprop – 10 Epochs	124

Gambar 61. <i>Confusion Matrix</i> MobileNet – RMSprop – 10 Epochs.....	126
Gambar 62. Perbandingan GoogleNet 30 Epochs.....	127
Gambar 63. Perbandingan GoogleNet 20 Epochs.....	128
Gambar 64. Perbandingan GoogleNet 10 Epochs.....	128
Gambar 65. <i>Confusion Matrix</i> MobileNet Dataset Original.....	130
Gambar 66. Evaluasi AlexNet – SGD – 30 Epochs	132
Gambar 67. <i>Confusion Matrix</i> AlexNet – SGD – 30 Epochs	135
Gambar 68. Evaluasi AlexNet – SGD – 20 Epochs	136
Gambar 69. <i>Confusion Matrix</i> AlexNet – SGD – 20 Epochs	139
Gambar 70. Evaluasi AlexNet – SGD – 10 Epochs	140
Gambar 71. <i>Confusion Matrix</i> AlexNet – SGD – 10 Epochs	142
Gambar 72. Evaluasi AlexNet – Adam – 30 Epochs	143
Gambar 73. <i>Confusion Matrix</i> AlexNet – Adam - 30 Epochs	146
Gambar 74. Evaluasi AlexNet – Adam – 20 Epochs	147
Gambar 75. <i>Confusion Matrix</i> AlexNet – Adam - 20 Epochs	150
Gambar 76. Evaluasi AlexNet – Adam – 10 Epochs	151
Gambar 77. <i>Confusion Matrix</i> AlexNet – Adam - 10 Epochs	153
Gambar 78. Evaluasi AlexNet – RMSprop – 30 Epochs	154
Gambar 79. <i>Confusion Matrix</i> AlexNet – RMSprop - 30 Epochs	157
Gambar 80. Evaluasi AlexNet – RMSprop – 20 Epochs	158
Gambar 81. <i>Confusion Matrix</i> AlexNet – RMSprop - 20 Epochs	161
Gambar 82. Evaluasi AlexNet – RMSprop – 10 Epochs	162
Gambar 83. <i>Confusion Matrix</i> AlexNet – RMSprop - 10 Epochs	164
Gambar 84. Perbandingan GoogleNet 30 Epochs.....	165
Gambar 85. Perbandingan GoogleNet 20 Epochs.....	166
Gambar 86. Perbandingan GoogleNet 10 Epochs.....	166
Gambar 87. <i>Confusion Matrix</i> AlexNet Dataset Original.....	168

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Penelitian.....	9
Tabel 2. Struktur Model GoogLeNet	17
Tabel 3. Struktur MobileNet	22
Tabel 4. Struktur AlexNet	26
Tabel 5. Pemetaan <i>Optimizer</i> & Epoch.....	46
Tabel 6. <i>Training History</i> GoogleNet - SGD - 30 Epochs	53
Tabel 7. <i>Training History</i> GoogleNet - SGD - 20 Epochs	57
Tabel 8. <i>Training History</i> GoogleNet - SGD - 10 Epochs	61
Tabel 9. <i>Training History</i> GoogleNet - Adam - 30 Epochs.....	64
Tabel 10. <i>Training History</i> GoogleNet - Adam - 20 Epochs.....	69
Tabel 11. <i>Training History</i> GoogleNet - Adam - 10 Epochs.....	73
Tabel 12. <i>Training History</i> GoogleNet - RMSprop - 30 Epochs	76
Tabel 13. <i>Training History</i> GoogleNet - RMSprop - 20 Epochs	81
Tabel 14. <i>Training History</i> GoogleNet - RMSprop - 10 Epochs	85
Tabel 15. Rangkuman Hasil Model GoogleNet.....	89
Tabel 16. Pengujian GoogleNet Dengan Dataset Latar Belakang	91
Tabel 17. <i>Training History</i> MobileNet - SGD - 30 Epochs	94
Tabel 18. <i>Training History</i> MobileNet - SGD - 20 Epochs	99
Tabel 19. <i>Training History</i> MobileNet - SGD - 10 Epochs	103
Tabel 20. <i>Training History</i> MobileNet - Adam - 30 Epochs.....	106
Tabel 21. <i>Training History</i> MobileNet - Adam - 20 Epochs.....	110
Tabel 22. <i>Training History</i> MobileNet - Adam - 10 Epochs.....	114
Tabel 23. <i>Training History</i> MobileNet - RMSprop - 30 Epochs.....	117
Tabel 24. <i>Training History</i> MobileNet - RMSprop - 20 Epochs.....	121
Tabel 25. <i>Training History</i> MobileNet - RMSprop - 10 Epochs.....	125
Tabel 26. Rangkuman Hasil Model MobileNet	129
Tabel 27. Pengujian MobileNet Dengan Dataset Latar Belakang.....	131
Tabel 28. <i>Training History</i> AlexNet – SGD – 30 Epochs.....	133
Tabel 29. <i>Training History</i> AlexNet - SGD - 20 Epochs	137

Tabel 30. <i>Training History</i> AlexNet - SGD - 10 Epochs	141
Tabel 31. <i>Training History</i> AlexNet - Adam - 30 Epochs.....	144
Tabel 32. <i>Training History</i> AlexNet - Adam - 20 Epochs.....	148
Tabel 33. <i>Training History</i> AlexNet - Adam - 10 Epochs.....	152
Tabel 34. <i>Training History</i> AlexNet - RMSprop - 30 Epochs	155
Tabel 35. <i>Training History</i> AlexNet - RMSprop - 20 Epochs	159
Tabel 36. <i>Training History</i> AlexNet - RMSprop - 10 Epochs	163
Tabel 37. Rangkuman Hasil Model AlexNet	167
Tabel 38. Pengujian AlexNet Dengan Dataset Latar Belakang.....	169
Tabel 39. Rangkuman Akhir Hasil Model.....	171
Tabel 40. Rangkuman Akhir Hasil Model Dengan Dataset Latar Belakang.....	173

INTISARI

MEMBANGUN MODEL AI UNTUK MENDETEKSI TINGKAT KEMATANGAN BUAH NAGA DENGAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Intisari

Vincent

200710874

Buah Naga memiliki berbagai manfaat yang baik untuk kesehatan. Selain itu, buah naga juga menjadi makanan sumber antioksidan dan mengandung prebiotik yang baik untuk tubuh. Namun, kandungan senyawa yang baik tersebut akan mencapai titik optimal apabila dikonsumsi saat buah naga masih segar. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah model AI yang dapat mendeteksi tingkat kesegaran buah naga.

Penulis menggunakan tiga jenis struktur Convolutional Neural Network yang berbeda, yakni GoogLeNet, MobileNet, serta AlexNet. Penulis juga menggunakan tiga variasi *optimizer*, yakni Stochastic Gradient Descent, Adaptive Momentum Estimation, dan Root Mean Square Propagation. Dataset yang Penulis gunakan untuk melatih model adalah sebanyak 5.520 gambar buah naga.

Hasil yang didapat adalah sebanyak 21 Model berperforma dengan baik. Sedangkan model dengan performa terbaik diraih oleh GoogLeNet yang dilatih menggunakan *optimizer* Stochastic Gradient Descent.

Dosen Pembimbing I : Yohanes Sigit Purnomo Wuryo Putro., S.T.,
M.Kom., Ph.D.

Dosen Pembimbing II : Aloysius Gonzaga Pradnya Sidhawara, S.T., M.Eng.

Jadwal Sidang Tugas Akhir : Jumat, 23 Agustus 2024