

**PENDETEKSIAN OBJEK PADA KONDISI PENCAHAYAAN MINIM
MENGUNAKAN YOLOV7 DAN *LOW-LIGHT IMAGE ENHANCEMENT***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Program Studi Ilmu Komputer



Disusun oleh:
Farhan Nurzaman
1904908

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2023**

**PENDETEKSIAN OBJEK PADA KONDISI PENCAHAYAAN MINIM
MENGUNAKAN YOLOV7 DAN *LOW-LIGHT IMAGE ENHANCEMENT***

Oleh
Farhan Nurzaman

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

©Farhan Nurzaman
Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

FARHAN NURZAMAN

PENDETEKSIAN OBJEK PADA KONDISI PENCAHAYAAN MINIM
MENGUNAKAN YOLOV7 DAN *LOW-LIGHT IMAGE ENHANCEMENT*

disetujui dan disahkan oleh tim pembimbing:

Pembimbing I



Yaya Wihardi, M.Kom.

NIP. 198903252015041001

Pembimbing II



Herbert Siregar, M.T.

NIP. 197005022008121001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Komputer



Dr. Muhamad Nursalman, M.T.

NIP. 197909292006041002

PERNYATAAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pendeteksian Objek pada Kondisi Pencahayaan Minim Menggunakan YOLOV7 dan *Low-light Image Enhancement*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya penulis sendiri. Penulis tidak melakukan pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, penulis siap menanggung sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya penulis ini.

Bandung, Juli 2023
Yang membuat pernyataan,

Farhan Nurzaman
NIM. 1904908

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya dengan kehendak, berkat, serta karunia-Nya lah penyusunan skripsi yang berjudul “Pendeteksian Objek pada Kondisi Pencahayaan Minim Menggunakan YOLOV7 dan *Low-light Image Enhancement*” ini dapat diselesaikan sesuai dengan rencana penelitian.

Penyusunan skripsi ini diajukan untuk memenuhi dan melengkapi salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana komputer atas jenjang studi S1 pada Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan yang perlu disempurnakan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran maupun kritik yang membangun agar tidak terjadi kesalahan yang sama di kemudian hari dan dapat meningkatkan kualitas ke tahap lebih baik.

Bandung, Juli 2023

Penulis,

Farhan Nurzaman

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses penulisan skripsi ini, penulis mendapat bimbingan dan bantuan yang diberikan baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Asep Iman Budiman dan Ibu Ria Agustina Dwisari yang senantiasa memberikan dukungan baik doa, semangat, dan materi demi kelancaran penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Yaya Wihardi, M.Kom. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan selama penyusunan buku skripsi ini.
3. Bapak Herbert Siregar, M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan selama penyusunan buku skripsi ini.
4. Bapak Yudi Ahmad Hambali, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis semasa kuliah.
5. Seluruh dosen yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat pada penulis semasa kuliah.
6. Semua rekan-rekan Ilmu Komputer angkatan 2019 yang telah bersama-sama melewati perjalanan yang dilalui selama perkuliahan.
7. Serta seluruh pihak lainnya yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu yang sudah membantu, mendukung dan memberi semangat kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.

Tidak ada kata yang dapat menggambarkan rasa terima kasih penulis atas semua dukungan yang telah diberikan, semoga senantiasa diberikan kebaikan, kebahagiaan, dan kesehatan oleh Allah SWT.

PENDETEKSIAN OBJEK PADA KONDISI PENCAHAYAAN MINIM MENGUNAKAN YOLOV7 DAN *LOW-LIGHT IMAGE ENHANCEMENT*

ABSTRAK

Object detection atau deteksi objek merupakan salah satu teknik yang penting dalam *computer vision*. *Object detection* merupakan suatu metode untuk mengidentifikasi objek, seperti manusia, binatang, atau kendaraan, dan letak objek-objek tersebut pada gambar digital. Salah satu tantangan pada *object detection* adalah pencahayaan yang minim pada gambar sehingga terjadi penurunan kualitas gambar. Untuk mengatasi permasalahan tersebut penelitian ini menggunakan dua metode *low-light image enhancement* untuk meningkatkan pencahayaan dari gambar, yaitu Zero-DCE dan LLFlow. Gambar yang diperoleh dari proses *low-light image enhancement* kemudian digunakan sebagai gambar input dari YOLOV7 untuk dilakukan proses pendeteksian objek. Dari hasil pengujian terhadap dataset ExDark, diperoleh nilai mAP@0,5 sebesar 0,785 untuk penggunaan YOLOV7 tanpa *low-light image enhancement*, 0,794 menggunakan Zero-DCE, dan 0,781 menggunakan LLFlow.

Kata Kunci: *object detection, low-light image enhancement, yolov7, zerodce, llflow, low-light object detection, normalizing flow*

LOW-LIGHT OBJECT DETECTION USING YOLOV7 AND LOW-LIGHT IMAGE ENHANCEMENT

ABSTRACT

Object detection is a vital technique in computer vision, as it involves classifying and locating various objects within digital images. One of the main challenges of object detection is lighting variation, such as low-light conditions. This paper aims to resolve challenges associated with low-light conditions by using two low-light image enhancement methods, namely Zero-DCE and LLFlow. These enhancements are used to enhance the lighting condition within the image from a low-light image to sufficient lighting condition. Images processed by low-light image enhancement are used as inputs for YOLOV7. By evaluating the trained model on the ExDark dataset, it produces mAP@0,5 values of 0,785 when YOLOV7 is used without any enhancement, 0,794 when combined with Zero-DCE, and 0,781 when combined with LLFlow.

Keywords: object detection, low-light image enhancement, yolov7, zerodce, llflow, low-light object detection, normalizing flow

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Deep Learning</i>	5
2.1.1 <i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	5
2.1.2 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	6
2.1.3 <i>Activation Function</i>	9
2.2 <i>Object Detection</i>	10
2.2.1 Pendeteksian Objek Tradisional.....	11
2.2.2 Pendeteksian Objek Menggunakan <i>Deep Learning</i>	13
2.3 <i>Low-light Image Enhancement</i>	20
2.3.1 <i>Gray transformation methods</i>	21
2.3.2 <i>Histogram equalization (HE)</i>	22
2.3.3 <i>Retinex methods</i>	23
2.3.4 <i>Frequency-domain methods</i>	23

2.3.5 <i>Image fusion methods</i>	24
2.3.6 <i>Defogging model methods</i>	25
2.3.7 <i>Deep learning methods</i>	25
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Desain Penelitian.....	28
3.1.1 Perumusan Masalah	28
3.1.2 Tinjauan Pustaka	28
3.1.3 Data	29
3.1.4 Rancangan Model.....	29
3.1.5 Eksperimen.....	29
3.1.6 Analisis Dan Evaluasi	29
3.1.7 Penarikan Kesimpulan	30
3.2 Kebutuhan Perangkat	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Dataset.....	31
4.1.1 ExDark	31
4.1.2 NOD	34
4.1.3 LOD.....	38
4.2 Praproses Pengolahan Data.....	41
4.2.1 Proses Format Anotasi Dataset	42
4.2.2 <i>Low-light Image Enhancement</i>	45
4.2.3 Pembagian Dataset <i>Train, Val, dan Test</i>	50
4.2.3 Perubahan Resolusi Gambar.....	52
4.3 Pemodelan.....	53
4.3.1 <i>YOLOV7</i>	54
4.3.2 <i>YOLOV7 + ZeroDCE</i>	71

4.3.3 <i>YOLOV7 + LLFlow</i>	88
4.4 Pembahasan.....	107
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	109
5.1 Kesimpulan	109
5.2 Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA	111

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi PC	30
Tabel 3.2. Spesifikasi Perangkat Lunak.....	30
Tabel 4.1. Contoh Anotasi Gambar pada Dataset ExDark.....	33
Tabel 4.2. Contoh Anotasi Gambar pada Dataset NOD	36
Tabel 4.3. Contoh Anotasi Gambar pada Dataset LOD.....	40
Tabel 4.4. Sampel anotasi sebelum diproses.....	43
Tabel 4.5. Label yang telah melalui proses <i>encoding</i>	43
Tabel 4.6. Sampel anotasi setelah diproses (<i>YOLO format</i>)	44
Tabel 4.7. Arsitektur dari model ZeroDCE.....	45
Tabel 4.8. Contoh gambar yang sudah diproses oleh ZeroDCE	47
Tabel 4.9. Contoh gambar yang sudah diproses oleh LLFlow (<i>small</i>)	49
Tabel 4.10. Kategori Pengujian.....	51
Tabel 4.11. Konfigurasi training	54
Tabel 4.12. Hasil pengujian YOLOV7-A	57
Tabel 4.13. Hasil pengujian YOLOV7-B	61
Tabel 4.14. Hasil pengujian YOLOV7-C	65
Tabel 4.15. Hasil pengujian YOLOV7-D	68
Tabel 4.16. Hasil pengujian YOLOV7+ZeroDCE-A	74
Tabel 4.17. Hasil pengujian YOLOV7+ZeroDCE-B.....	78
Tabel 4.18. Hasil pengujian YOLOV7+ZeroDCE-C.....	82
Tabel 4.19. Hasil pengujian YOLOV7+ZeroDCE-D	86
Tabel 4.20. Hasil pengujian model YOLOV7+LLFlow-A.....	91
Tabel 4.21. Hasil pengujian YOLOV7+LLFlow-B	95
Tabel 4.22. Hasil pengujian YOLOV7+LLFlow-C	100
Tabel 4.23. Hasil pengujian YOLOV7+LLFlow-D.....	105
Tabel 4.24. Hasil Pengujian <i>Mixed-test</i> dengan konfigurasi terbaik	108
Tabel 4.25. Perbandingan hasil pengujian ExDark	109
Tabel 4.26. Hasil prediksi menggunakan konfigurasi terbaik untuk beberapa sampel gambar.....	110
Tabel 4.27. Sampel artefak pada beberapa gambar di dataset ExDark.....	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Arsitektur sederhana dari jaringan saraf tiruan	5
Gambar 2.2 Fitur yang didapatkan dari <i>CNN</i> (Albawi et al., 2017)	7
Gambar 2.3. Proses pada <i>convolutional layer</i> (Yamashita et al., 2018).....	8
Gambar 2.4 Operasi <i>max pooling</i> (Yamashita et al., 2018).....	8
Gambar 2.5 Kategori <i>Object Detection</i> (L. Liu et al., 2019)	10
Gambar 2.6 Tantangan pada <i>object detection</i> (L. Liu et al., 2019).....	11
Gambar 2.7 Alur kerja dari HOG (Dalal & Triggs, 2005).....	12
Gambar 2.8 Model yang dihasilkan oleh <i>DPM</i> (Felzenszwalb et al., 2010)	12
Gambar 2.9 Model dari <i>R-CNN</i> (Girshick et al., 2014).	14
Gambar 2.10 Model dari Fast RCNN (Girshick, 2015).	15
Gambar 2.11 Arsitektur dari YOLO (Redmon et al., 2016).	16
Gambar 2.12 <i>Intersection Over Union</i> (Rezatofighi et al., 2019).....	16
Gambar 2.13. Arsitektur <i>basic</i> dari YOLOV7 (C.-Y. Wang et al., 2022)	17
Gambar 2.14. a. Arsitektur ELAN, b. Arsitektur E-ELAN.....	18
Gambar 2.15 <i>Bounding box</i> (Redmon & Farhadi, 2018).....	18
Gambar 2.16. a. Sebelum dilakukan <i>non-max suppression</i> , b. Sesudah dilakukan <i>non-max suppression</i> (Dehaerne et al., 2023).....	19
Gambar 2.17 Arsitektur dari SSD (W. Liu et al., 2016).	19
Gambar 2.18. <i>Zero-DCE Low-light Image Enhancement</i> (C. Guo et al., 2020)...	20
Gambar 2.19. Klasifikasi metode <i>low-light image enhancement</i> (W. Wang et al., 2020)	21
Gambar 2.20. Hasil dari <i>Histogram Equalization</i> (W. Wang et al., 2020).....	22
Gambar 2.21. Diagram alur <i>fusion</i> asimetris (Raskar et al., 2005).....	24
Gambar 2.22. Perbandingan Gambar Pencahayaan Minim, Negatif, dan Berkabut (W. Wang et al., 2020).....	25
Gambar 2.23. Gambaran Umum Arsitektur dari MBLLN (Lv et al., 2018)	26
Gambar 2.24. Alur kerja dari ZeroDCE (C. Guo et al., 2020).....	26
Gambar 2.25. Arsitektur dari <i>LLFlow</i> (Y. Wang et al., 2021).....	28
Gambar 3.1 Kerangka tahapan penelitian.	28
Gambar 4.1. Gambaran umum penelitian	31
Gambar 4.2. Jumlah Gambar untuk setiap label pada dataset ExDark.	32

Gambar 4.3. Sampel isi dari <i>file</i> anotasi ExDark	32
Gambar 4.4. Sebaran objek untuk setiap kategori pada dataset ExDark	33
Gambar 4.5. Sebaran objek untuk setiap kategori pada dataset NOD	35
Gambar 4.6. Sampel isi dari <i>file</i> anotasi NOD	36
Gambar 4.7. Sebaran objek pada LOD	39
Gambar 4.8. Sampel isi dari <i>file</i> anotasi LOD	39
Gambar 4.9. <i>Pseudo-code</i> dari proses perubahan format anotasi	43
Gambar 4.10. Arsitektur dari model ZeroDCE	45
Gambar 4.11. Contoh normalisasi data piksel pada gambar	46
Gambar 4.12. Arsitektur dari LLFlow (<i>small</i>)	48
Gambar 4.13. Arsitektur dari RRDB yang digunakan pada <i>conditional encoder</i>	49
Gambar 4.14. <i>Snippet code</i> pembagian dataset <i>train</i> , <i>test</i> , dan <i>validation</i>	51
Gambar 4.15. Hasil <i>resize</i> gambar dengan rasio bukan 1:1 tanpa <i>padding</i>	52
Gambar 4.16. Hasil <i>resize</i> gambar menggunakan <i>padding</i>	53
Gambar 4.17. <i>Snippet code</i> dari proses <i>resize</i> menggunakan <i>padding</i>	53
Gambar 4.18. Alur eksperimen untuk model YOLOV7	54
Gambar 4.19. Classification Loss pada saat training YOLOV7-A	55
Gambar 4.20. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7-A	55
Gambar 4.21. Objectness Loss pada saat training YOLOV7-A	55
Gambar 4.22. Classification Loss pada saat validation YOLOV7-A	56
Gambar 4.23. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7-A	56
Gambar 4.24. Objectness Loss pada saat validation	56
Gambar 4.25. Sampel gambar <i>ground truth</i> YOLOV7-A	58
Gambar 4.26. Sampel gambar hasil prediksi menggunakan YOLOV7-A	58
Gambar 4.27. Classification Loss pada saat training YOLOV7-B	59
Gambar 4.28. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7-B	59
Gambar 4.29. Objectness Loss pada saat training YOLOV7-B	59
Gambar 4.30. Classification Loss pada saat validation YOLOV7-B	60
Gambar 4.31. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7-B	60
Gambar 4.32. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7-B	60
Gambar 4.33. Sampel gambar <i>ground truth</i> YOLOV7-B	62
Gambar 4.34. Sampel gambar hasil prediksi menggunakan YOLOV7-B	62

Gambar 4.35. Classification Loss pada saat training YOLOV7-C	63
Gambar 4.36. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7-C.....	63
Gambar 4.37. Objectness Loss pada saat training YOLOV7-C.....	63
Gambar 4.38. Classification Loss pada saat validation YOLOV7-C.....	64
Gambar 4.39. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7-C.....	64
Gambar 4.40. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7-C.....	64
Gambar 4.41. Sampel gambar <i>ground truth</i>	66
Gambar 4.42. Sampel gambar hasil prediksi menggunakan YOLOV7-C.....	66
Gambar 4.43. Classification Loss pada saat training YOLOV7-D.....	67
Gambar 4.44. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7-D	67
Gambar 4.45. Objectness Loss pada saat training YOLOV7-D	67
Gambar 4.46. Classification Loss pada saat validation YOLOV7-D	68
Gambar 4.47. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7-D.....	68
Gambar 4.48. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7-D.....	68
Gambar 4.49 Sampel gambar <i>ground truth</i> YOLOV7-D	70
Gambar 4.50. Sampel gambar hasil prediksi menggunakan YOLOV7-D.....	70
Gambar 4.51. Hasil pengujian setiap model YOLOV7	71
Gambar 4.52. Alur dari model YOLOV7 + Zero-DCE	71
Gambar 4.53. Classification Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-A.....	72
Gambar 4.54. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-A....	72
Gambar 4.55. Objectness Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-A.....	72
Gambar 4.56. Classification Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-A..	73
Gambar 4.57. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-A	73
Gambar 4.58. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-A.....	74
Gambar 4.59. Sampel gambar <i>ground truth</i> dari YOLOV7+ZeroDCE-A	75
Gambar 4.60. Sampel gambar hasil prediksi oleh YOLOV7+ZeroDCE-A	75
Gambar 4.61. Classification Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-B	76
Gambar 4.62. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-B....	76
Gambar 4.63. Objectness Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-B.....	76
Gambar 4.64. Classification Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-B..	77
Gambar 4.65. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-B	77
Gambar 4.66. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-B.....	77

Gambar 4.67. Sampel gambar <i>ground truth</i> dari YOLOV7+ZeroDCE-B.....	79
Gambar 4.68. Sampel gambar hasil prediksi dari YOLOV7+ZeroDCE-B	79
Gambar 4.69. Classification Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-C	80
Gambar 4.70. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-C....	80
Gambar 4.71. Objectness Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-C.....	80
Gambar 4.72. Classification Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-C..	81
Gambar 4.73. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-C	81
Gambar 4.74. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-C	81
Gambar 4.75. Sampel gambar <i>ground truth</i> dari YOLOV7+ZeroDCE-C.....	83
Gambar 4.76. Sampel gambar hasil prediksi dari YOLOV7+ZeroDCE-C	83
Gambar 4.77. Classification Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-D	84
Gambar 4.78. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-D....	84
Gambar 4.79. Objectness Loss pada saat training YOLOV7+ZeroDCE-D.....	84
Gambar 4.80. Classification Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-D..	85
Gambar 4.81. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-D	85
Gambar 4.82. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7+ZeroDCE-D.....	86
Gambar 4.83. Sampel gambar <i>ground truth</i> dari YOLOV7+ZeroDCE-D.....	87
Gambar 4.84. Sampel gambar hasil prediksi oleh YOLOV7+ZeroDCE-D	87
Gambar 4.85. Hasil pengujian setiap konfigurasi model YOLOV7+ZeroDCE ...	88
Gambar 4.86. Alur kerja model YOLOV7+LLFlow	89
Gambar 4.87. Classification Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-A.....	89
Gambar 4.88. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-A.....	89
Gambar 4.89. Objectness Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-A.....	90
Gambar 4.90. Classification Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-A....	90
Gambar 4.91. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-A ..	91
Gambar 4.92. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-A	91
Gambar 4.93. Sampel gambar <i>ground truth</i> dari YOLOV7+LLFlow-A	92
Gambar 4.94. Sampel gambar hasil prediksi oleh YOLOV7+LLFlow-A.....	93
Gambar 4.95. Classification Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-B.....	93
Gambar 4.96. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-B	94
Gambar 4.97. Objectness Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-B	94
Gambar 4.98. Classification Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-B	95

Gambar 4.99. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-B...	95
Gambar 4.100. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-B.....	95
Gambar 4.101. Sampel gambar <i>ground truth</i> dari YOLOV7+LLFlow-B.....	97
Gambar 4.102. Sampel gambar hasil prediksi oleh YOLOV7+LLFlow-B.....	97
Gambar 4.103. Classification Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-C.....	98
Gambar 4.104. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-C....	98
Gambar 4.105. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-C....	98
Gambar 4.106. Classification Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-C..	99
Gambar 4.107. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-C.	99
Gambar 4.108. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-C.....	100
Gambar 4.109. Sampel gambar <i>ground truth</i> YOLOV7+LLFlow-C.....	101
Gambar 4.110. Sampe gambar hasil prediksi oleh YOLOV7+LLFlow-C.....	102
Gambar 4.111. Classification Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-D....	102
Gambar 4.112. Bounding Box Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-D..	103
Gambar 4.113. Objectness Loss pada saat training YOLOV7+LLFlow-D.....	103
Gambar 4.114. Classification Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-D	104
Gambar 4.115. Bounding Box Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-D	104
Gambar 4.116. Objectness Loss pada saat validation YOLOV7+LLFlow-D....	104
Gambar 4.117. Sampel gambar <i>ground truth</i> dari YOLOV7+LLFlow-D.....	106
Gambar 4.118. Sampel gambar hasil prediksi oleh YOLOV7+LLFlow-D.....	106
Gambar 4.119. Hasil pengujian setiap model YOLOV7+LLFlow.....	107
Gambar 4.120. Perbandingan hasil pengujian setiap model untuk setiap konfigurasi.....	108

DAFTAR PUSTAKA

- Albawi, S., Mohammed, T. A., & Al-Zawi, S. (2017). Understanding of a convolutional neural network. *2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICEngTechnol.2017.8308186>
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection. *ArXiv:2004.10934 [Cs, Eess]*. <http://arxiv.org/abs/2004.10934>
- Cui, Z., Li, K., Gu, L., Su, S., Gao, P., Jiang, Z., Qiao, Y., & Harada, T. (2022). *You only need 90K parameters to adapt light: A light weight transformer for image enhancement and exposure correction* (arXiv:2205.14871). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2205.14871>
- Dalal, N., & Triggs, B. (2005). Histograms of oriented gradients for human detection. *2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)*, 1, 886–893. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2005.177>
- Dehaerne, E., Dey, B., Halder, S., & De Gendt, S. (2023). *Optimizing yolov7 for semiconductor defect detection* (arXiv:2302.09565). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2302.09565>
- Felzenszwalb, P. F., Girshick, R. B., McAllester, D., & Ramanan, D. (2010). Object detection with discriminatively trained part-based models. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 32(9), 1627–1645. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2009.167>
- Girshick, R. (2015). Fast r-cnn. *ArXiv:1504.08083 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/1504.08083>
- Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2014). Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. *ArXiv:1311.2524 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/1311.2524>
- Gu, J., Wang, Z., Kuen, J., Ma, L., Shahroudy, A., Shuai, B., Liu, T., Wang, X., Wang, L., Wang, G., Cai, J., & Chen, T. (2017). *Recent advances in*

- convolutional neural networks* (arXiv:1512.07108). arXiv. <http://arxiv.org/abs/1512.07108>
- Guo, C., Li, C., Guo, J., Loy, C. C., Hou, J., Kwong, S., & Cong, R. (2020). Zero-reference deep curve estimation for low-light image enhancement. *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1777–1786. <https://doi.org/10.1109/CVPR42600.2020.00185>
- Guo, H., Lu, T., & Wu, Y. (2021). Dynamic low-light image enhancement for object detection via end-to-end training. *2020 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 5611–5618. <https://doi.org/10.1109/ICPR48806.2021.9412802>
- Guo, X., Li, Y., & Ling, H. (2017). Lime: Low-light image enhancement via illumination map estimation. *IEEE Transactions on Image Processing*, 26(2), 982–993. <https://doi.org/10.1109/TIP.2016.2639450>
- Hong, Y., Wei, K., Chen, L., & Fu, Y. (2021). *Crafting object detection in very low light*. https://www.bmvc2021-virtualconference.com/conference/papers/paper_0085.html
- Jobson, D. J. (2004). Retinex processing for automatic image enhancement. *Journal of Electronic Imaging*, 13(1), 100. <https://doi.org/10.1117/1.1636183>
- Kvyetnyy, R., Maslii, R., Harmash, V., Bogach, I., Kotyra, A., Grądz, Ż., Zhanpeisova, A., & Askarova, N. (2017). *Object detection in images with low light condition* (R. S. Romaniuk & M. Linczuk, Eds.; p. 104450W). <https://doi.org/10.1117/12.2281001>
- Liu, L., Ouyang, W., Wang, X., Fieguth, P., Chen, J., Liu, X., & Pietikäinen, M. (2019). Deep learning for generic object detection: A survey. *ArXiv:1809.02165 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/1809.02165>
- Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y., & Berg, A. C. (2016). Ssd: Single shot multibox detector. *ArXiv:1512.02325 [Cs]*, 9905, 21–37. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2
- Loey, M., Manogaran, G., Taha, M. H. N., & Khalifa, N. E. M. (2021). Fighting against covid-19: A novel deep learning model based on yolo-v2 with resnet-50 for medical face mask detection. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102600. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102600>

- Loh, Y. P., & Chan, C. S. (2019). Getting to know low-light images with the exclusively dark dataset. *Computer Vision and Image Understanding*, 178, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2018.10.010>
- Long, X., Deng, K., Wang, G., Zhang, Y., Dang, Q., Gao, Y., Shen, H., Ren, J., Han, S., Ding, E., & Wen, S. (2020). Pp-yolo: An effective and efficient implementation of object detector. *ArXiv:2007.12099 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/2007.12099>
- Lore, K. G., Akintayo, A., & Sarkar, S. (2017). Llnet: A deep autoencoder approach to natural low-light image enhancement. *Pattern Recognition*, 61, 650–662. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2016.06.008>
- Lv, F., Lu, F., & Wu, J. (2018). *Mbllen: Low-light image/video enhancement using cnns*.
- Maind, S. B., & Wankar, P. (2014). Research paper on basic of artificial neural network. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 2(1), 96–100. <https://doi.org/10.17762/ijritcc.v2i1.2920>
- Morawski, I., Chen, Y.-A., Lin, Y.-S., & Hsu, W. H. (2021). *Nod: Taking a closer look at detection under extreme low-light conditions with night object detection dataset* (arXiv:2110.10364). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2110.10364>
- Murat H., S. (2006). A brief review of feed-forward neural networks. *Communications Faculty Of Science University of Ankara*, 50(1), 11–17. https://doi.org/10.1501/commua1-2_0000000026
- O’Shea, K., & Nash, R. (2015). *An introduction to convolutional neural networks* (arXiv:1511.08458). arXiv. <http://arxiv.org/abs/1511.08458>
- Raskar, R., Ilie, A., & Yu, J. (2005). Image fusion for context enhancement and video surrealism. *ACM SIGGRAPH 2005 Courses on - SIGGRAPH '05*, 4. <https://doi.org/10.1145/1198555.1198564>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *ArXiv:1506.02640 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/1506.02640>

- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). Yolov3: An incremental improvement. *ArXiv:1804.02767 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/1804.02767>
- Rezaei, M., Azarmi, M., & Mir, F. M. P. (2021). Traffic-net: 3d traffic monitoring using a single camera. *ArXiv:2109.09165 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/2109.09165>
- Rezatofighi, H., Tsoi, N., Gwak, J., Sadeghian, A., Reid, I., & Savarese, S. (2019). Generalized intersection over union: A metric and a loss for bounding box regression. *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 658–666. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00075>
- Sasagawa, Y., & Nagahara, H. (2020). Yolo in the dark—Domain adaptation method for merging multiple models. In A. Vedaldi, H. Bischof, T. Brox, & J.-M. Frahm (Eds.), *Computer Vision – ECCV 2020* (Vol. 12366, pp. 345–359). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58589-1_21
- Sharma, S., Sharma, S., & Athaiya, A. (2020). Activation functions in neural networks. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 04(12), 310–316. <https://doi.org/10.33564/IJEAST.2020.v04i12.054>
- Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, 1*, I-511–I-518. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2001.990517>
- Viola, P., & Jones, M. J. (2004). Robust real-time face detection. *International Journal of Computer Vision*, 57(2), 137–154. <https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000013087.49260.fb>
- Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H.-Y. M. (2021). *Scaled-yolov4: Scaling cross stage partial network* (arXiv:2011.08036). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2011.08036>
- Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H.-Y. M. (2022). *YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors* (arXiv:2207.02696). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2207.02696>

- Wang, W., Wu, X., Yuan, X., & Gao, Z. (2020). An experiment-based review of low-light image enhancement methods. *IEEE Access*, 8, 87884–87917. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2992749>
- Wang, Y., Wan, R., Yang, W., Li, H., Chau, L.-P., & Kot, A. C. (2021). Low-light image enhancement with normalizing flow. *ArXiv:2109.05923 [Cs, Eess]*. <http://arxiv.org/abs/2109.05923>
- Yamashita, R., Nishio, M., Do, R. K. G., & Togashi, K. (2018). Convolutional neural networks: An overview and application in radiology. *Insights into Imaging*, 9(4), 611–629. <https://doi.org/10.1007/s13244-018-0639-9>
- Zhao, Z.-Q., Zheng, P., Xu, S.-T., & Wu, X. (2019). Object detection with deep learning: A review. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 30(11), 3212–3232. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2018.2876865>
- Zhiqiang, W., & Jun, L. (2017). A review of object detection based on convolutional neural network. *2017 36th Chinese Control Conference (CCC)*, 11104–11109. <https://doi.org/10.23919/ChiCC.2017.8029130>
- Zou, Z., Shi, Z., Guo, Y., & Ye, J. (2019). Object detection in 20 years: A survey. *ArXiv:1905.05055 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/1905.05055>