

DAFTAR ISI

	halaman
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN UNGGAH TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR.....	iii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	iv
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PENYERAHAN HAK NONEKSklusif TANPA ROYALTI DAN KESEDIAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xxv
DAFTAR LAMPIRAN	xxvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Metodologi	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Kebakaran Hutan dan Lahan	7
2.2 Citra Satelit.....	8
2.3 <i>Band dan Wavelengths</i>	8
2.4 Satelit Landsat 8	9
2.5 Satelit Sentinel 2.....	11

2.6	<i>Normalized Burned Ratio (NBR)</i>	12
2.7	<i>Delta Normalized Burned Ratio (ΔNBR)</i>	14
2.8	<i>Fire Severity</i>	16
2.9	<i>Machine Learning</i>	17
2.10	<i>Deep Learning</i>	18
2.11	<i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	19
2.12	<i>Struktur Artificial Neural Network</i>	21
2.13	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	22
2.13.1	<i>Convolutional Layer</i>	22
2.13.2	<i>Pooling Layer</i>	26
2.13.3	<i>Fully-Connected Layer</i>	27
2.12	<i>Model U-Net</i>	28
2.13	<i>RMSProp</i>	30
2.14	<i>Adam</i>	31
2.15	<i>Data Splitting</i>	32
2.16	<i>Binary Accuracy</i>	34
2.17	<i>Intersection Over Union</i>	35
2.18	<i>Dice Coefficient</i>	36
2.19	<i>Binary Cross-Entropy</i>	37
2.20	<i>Overfitting</i>	37
2.21	<i>Underfitting</i>	39
BAB III PERANCANGAN SISTEM		41
3.1	<i>Exploring and Downloading Image Satellite Data</i>	41
3.2	<i>Image Satellite Data Preprocessing</i>	42
3.2.1	<i>Pembuatan Metadata dan Pelabelan Citra Satelit</i>	43
3.2.2	<i>Penyimpanan Citra Satelit serta Mask-nya dalam Format PNG</i>	43
3.2.3	<i>Penyimpanan Citra Satelit serta Mask-nya dalam Format TFRecord</i>	45
3.2.4	<i>Data Splitting</i>	47
3.3	<i>Image Augmentation</i>	47
3.4	<i>U-Net Architecture Creation</i>	48
3.5	<i>Model Training</i>	49
3.6	<i>Hyperparameter Tuning</i>	50

3.7	Evaluating, Analyzing, and Visualizing Results	51
3.8	Deploying Model.....	52
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN		54
4.1	Implementasi Aplikasi.....	54
4.1.1	<i>Exploring and Downloading Image Satellite Data</i>	54
4.1.2	<i>Image Satellite Data Preprocessing</i>	59
4.1.2.1	Pembuatan Metadata dan Pelabelan Citra Satelit	59
4.1.2.2	Penyimpanan Citra Satelit serta <i>Mask</i> -nya dalam Format PNG.....	62
4.1.2.3	Penyimpanan Citra Satelit serta <i>Mask</i> -nya dalam Format TFRecord 67	
4.1.2.4	<i>Data Splitting</i>	71
4.1.3	<i>Image Augmentation</i>	73
4.1.4	<i>U-Net Architecture Creation</i>	76
4.1.5	<i>Model Training</i>	80
4.1.6	<i>Hyperparameter Tuning</i>	81
4.1.7	<i>Evaluating, Analyzing and Visualizing Results</i>	85
4.1.8	<i>Deploying Model</i>	86
4.2	Cara Penggunaan Aplikasi	90
4.3	Pembahasan	92
4.3.1	Pembuatan Model U-Net dalam Mengidentifikasi Kebakaran Hutan dan Lahan	92
4.3.2	Cara Kerja Model U-Net dalam Mengidentifikasi Kebakaran Hutan dan Lahan	93
4.3.3	Kinerja Model U-Net dengan Menggunakan Berbagai <i>Hyperparameter</i> dalam Mengidentifikasi Kebakaran Hutan dan Lahan.....	95
4.3.3.1	<i>Optimizer</i> dan <i>Learning Rate</i>	95
4.3.3.1.1	<i>Binary Accuracy</i>	96
4.3.3.1.2	<i>Binary Intersection over Union</i>	103
4.3.3.1.3	<i>Dice Coefficient</i>	109
4.3.3.1.4	<i>Binary Cross-Entropy</i>	115
4.3.3.2	<i>Batch Size</i>	121
4.3.3.2.1	<i>Binary Accuracy</i>	121
4.3.3.2.2	<i>Binary Intersection over Union</i>	125

4.3.3.2.3	<i>Dice Coefficient</i>	129
4.3.3.2.4	<i>Binary Cross-Entropy</i>	133
4.3.3.3	<i>Starting Filter</i>	137
4.3.3.3.1	<i>Binary Accuracy</i>	138
4.3.3.3.2	<i>Binary Intersection over Union</i>	142
4.3.3.3.3	<i>Dice Coefficient</i>	146
4.3.3.3.4	<i>Binary Cross-Entropy</i>	150
4.3.3.4	<i>Image Size</i>	154
4.3.3.4.1	<i>Binary Accuracy</i>	154
4.3.3.4.2	<i>Binary Intersection over Union</i>	158
4.3.3.4.3	<i>Dice Coefficient</i>	162
4.3.3.4.4	<i>Binary Cross-Entropy</i>	166
4.3.4	Model U-Net Terbaik	170
BAB V PENUTUP		171
5.1	Kesimpulan.....	171
5.2	Saran.....	171
DAFTAR PUSTAKA		173
LAMPIRAN		1
LAMPIRAN A: TABEL EVALUASI U-NET MODEL TERHADAP TERHADAP <i>TEST SET</i>		A-1
LAMPIRAN B: CUPLIKAN HASIL PREDIKSI MODEL U-NET TERBAIK TERHADAP <i>TEST SET</i>		B-1
LAMPIRAN C: GRAFIK <i>TRAINING</i> DAN <i>VALIDATION</i> LOGS MODEL U-NET C-1		
LAMPIRAN D: LINK GITHUB PENELITIAN.....		D-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi <i>band</i> berperan menampung berbagai jenis cahaya dengan panjang gelombang yang beragam (“Introduction to Spatial and Spectral Resolution: Multispectral Imagery Earth Data Science - Earth Lab” t.t.).....	9
Gambar 2.2 Kumpulan <i>band</i> yang tersedia pada Landsat 8 (“Landsat 8 Bands: Combination For Different Imageries” t.t.).	10
Gambar 2.3 Kumpulan <i>band</i> yang tersedia pada Sentinel 2 (“Sentinel 2 Bands and Combinations - GIS Geography” t.t.).	12
Gambar 2.4 Perbandingan nilai reflektansi NIR dengan SWIR (Normalized Burn Ratio (NBR) UN-SPIDER Knowledge Portal n.d.).	13
Gambar 2.5 Nilai NBR pada vegetasi dengan kondisi sehat (“EY-Data-Science-Program/2021-Better-Working-World-Data-Challenge: This Github Repository Has Been Created for Participants in the Better Working World Data Challenge. It Contains Code and Documentation Used to Set up and Manage an Analysis Environment for Completing the Challenge. Please Use the Discussions Tab for Any Questions, or to Have Friendly Discussions with Other Participants in the Challenge!” t.t.).....	14
Gambar 2.6 Nilai NBR pada vegetasi yang telah terbakar. (“EY-Data-Science-Program/2021-Better-Working-World-Data-Challenge: This Github Repository Has Been Created for Participants in the Better Working World Data Challenge. It Contains Code and Documentation Used to Set up and Manage an Analysis Environment for Completing the Challenge. Please Use the Discussions Tab for Any Questions, or to Have Friendly Discussions with Other Participants in the Challenge!” t.t.).....	14
Gambar 2.7 Level <i>burn severity</i> berdasarkan hasil ΔNBR (“Normalized Burn Ratio (NBR) UN-SPIDER Knowledge Portal” t.t.).....	15
Gambar 2.8 NBR dan ΔNBR pada citra satelit sebuah area yang sudah terbakar (“EY-Data-Science-Program/2021-Better-Working-World-Data-Challenge: This Github Repository Has Been Created for Participants in the Better Working World Data Challenge. It Contains Code and Documentation Used to Set up and Manage an Analysis Environment for Completing the Challenge. Please Use the Discussions Tab for Any Questions, or to Have Friendly Discussions with Other Participants in the Challenge!” t.t.).....	15
Gambar 2.9 Klasifikasi tingkat keparahan kebakaran hutan dengan menggunakan nilai <i>Delta Normalized Burned Ratio</i> (Hayes dan Robeson 2009).	17

Gambar 2.10 Arsitektur <i>Deep Learning</i> secara umum (“Deep_learning Quantdare” t.t.).....	19
Gambar 2.11 Representasi jaringan saraf dalam bentuk <i>block diagram</i> (Haykin 2011).....	20
Gambar 2.12 Ilustrasi gambar neuron (Haykin 2011).....	21
Gambar 2.13 <i>Non-linear</i> model dari sebuah <i>neuron</i> yang disebut <i>k</i> (Haykin 2011).	22
Gambar 2.14 <i>Convolutional layer</i> dengan nilai <i>stride</i> 1 menghasilkan output 3X3 (Dertat t.t.).....	24
Gambar 2.15 <i>Convolutional layer</i> dengan nilai <i>stride</i> 2 menghasilkan output 2X2 (Dertat t.t.).....	24
Gambar 2.16 Implementasi <i>padding</i> pada <i>convolutional layer</i> (Dertat t.t.).....	25
Gambar 2.17 Ilustrasi penggunaan <i>max pooling layer</i> pada data input.....	27
Gambar 2.18 Ilustrasi dari <i>fully-connected layer</i> (“4. Fully Connected Deep Networks - TensorFlow for Deep Learning [Book]” t.t.).....	28
Gambar 2.19 Arsitektur dari U-net model (Ronneberger, Fischer, dan Brox 2015).	29
Gambar 2.20 Ilustrasi proses <i>simple hold-out validation</i> (Chollet 2018).....	33
Gambar 2.21 Ilustrasi proses <i>K-fold validation</i> dengan nilai <i>K</i> sama dengan 3 (Chollet 2018).....	33
Gambar 2.22 Ilustrasi tentang berbagai cara regresi yang berpotensi <i>fit</i> dengan data yang tidak terlihat (“What Is Overfitting? IBM” t.t.).....	38
Gambar 3.1 Alur pengerjaan penelitian dalam bentuk <i>flowchart</i>	41
Gambar 3.2 Kode yang digunakan untuk konversi ke dalam format <i>tf.train.Feature</i> yang mengandung nilai jenis <i>ByteList</i> (“TFRecord and Tf.Train.Example TensorFlow Core” t.t.).....	46
Gambar 3.3 Kode yang digunakan untuk konversi ke dalam format <i>tf.train.Feature</i> yang mengandung nilai jenis <i>FloatList</i> (“TFRecord and Tf.Train.Example TensorFlow Core” t.t.).....	46
Gambar 3.4 Kode yang digunakan untuk konversi ke dalam format <i>tf.train.Feature</i> yang mengandung nilai jenis <i>Int64List</i> (“TFRecord and Tf.Train.Example TensorFlow Core” t.t.).....	46

Gambar 3.5 <i>Overlap-tile strategy</i> dimana prediksi area warna kuning harus diprediksi melalui input area warna biru. Area biru yang kosong diisikan dengan data hasil pencerminan dari gambar input.	48
Gambar 4.1 Kode yang digunakan untuk memasukan ΔNBR ke dalam bagian dari kumpulan band citra satelit	58
Gambar 4.2 Perbandingan jumlah label pada kumpulan citra satelit <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> berdasarkan <i>mean Delta Normalized Burned Ratio</i>	60
Gambar 4.3 Perbandingan jumlah label pada kumpulan citra satelit <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> berdasarkan <i>median Delta Normalized Burned Ratio</i>	61
Gambar 4.4 Perbandingan jumlah label pada kumpulan citra satelit <i>COPERNICUS/S2</i> berdasarkan <i>mean Delta Normalized Burned Ratio</i>	61
Gambar 4.5 Perbandingan jumlah label pada kumpulan citra satelit <i>COPERNICUS/S2</i> berdasarkan <i>median Delta Normalized Burned Ratio</i>	62
Gambar 4.6 Kode yang digunakan untuk mengubah data berjenis <i>array</i> (gambar, <i>mask</i>) ke dalam bentuk <i>tf.train.Feature (ByteList)</i>	67
Gambar 4.7 Kode yang digunakan untuk mengubah data berjenis <i>bool</i> , <i>enum</i> , <i>int</i> , dan <i>uint</i> ke dalam bentuk <i>tf.train.Feature (Int64List)</i>	68
Gambar 4.8 Kode yang digunakan untuk membuat <i>tf.train.Example</i> dari kumpulan data yang diberikan.	69
Gambar 4.9 Kode yang digunakan untuk menyimpan data yang ada ke dalam format <i>TFRecord</i>	70
Gambar 4.10 Kode yang digunakan untuk melakukan <i>parsing</i> pada <i>file TFRecord</i>	72
Gambar 4.11 Kode yang digunakan untuk menginstansiasi <i>class albumentations.core.composition.Compose</i>	74
Gambar 4.12 Kode yang digunakan sebagai perantara untuk proses <i>image augmentation</i> menggunakan <i>Albumentations library</i>	75
Gambar 4.13 Kode yang digunakan untuk membentuk nilai <i>Tensor</i> yang tidak terstruktur akibat proses menggunakan <i>Albumentation library</i>	75
Gambar 4.14 Kode yang digunakan untuk mengembalikan model yang ditambahkan 2 <i>convolutional layer</i>	76

Gambar 4.15 Kode yang digunakan untuk mengembalikan model yang ditambahkan 2 <i>convolutional layer</i> , <i>max pooling layer</i> , dan <i>dropout layer</i>	77
Gambar 4.16 Kode yang digunakan untuk mengembalikan model yang ditambahkan <i>transpose convolutional layer</i> , <i>concatenate layer</i> , <i>dropout layer</i> , dan 2 <i>convolutional layer</i>	78
Gambar 4.17 Kode yang digunakan untuk membuat dan mengembalikan U-Net model.....	79
Gambar 4.18 Kode yang digunakan untuk menghitung <i>Dice Coefficient</i>	80
Gambar 4.19 Pesan <i>error</i> terkait keterbatasan sumber daya pada laptop.....	85
Gambar 4.20 <i>Command</i> untuk mengakses <i>tool</i> TensorBoard melalui <i>website</i>	85
Gambar 4.21 <i>Command</i> untuk mengunggah data pada TensorBoard.dev sehingga bisa diakses kembali secara <i>online</i>	86
Gambar 4.22 Kode yang digunakan untuk memuat model dan memperoleh informasi mengenai konfigurasi model tersebut.....	87
Gambar 4.23 Kode yang digunakan untuk prediksi kebakaran hutan dan lahan dalam <i>web application</i>	89
Gambar 4.24 Penggunaan layanan <i>cloud</i> dari Streamlit untuk meluncurkan <i>web application</i>	90
Gambar 4.25 Memasukan <i>file</i> citra satelit dalam format PNG.....	91
Gambar 4.26 Mengeklik tombol <i>Generate Prediction</i> untuk melakukan prediksi area kebakarna hutan dan lahan.....	91
Gambar 4.27 Hasil prediksi area kebakaran hutan dan lahan berupa <i>mask</i> dan persentase lahan yang terbakar.....	92
Gambar 4.28 Arsitektur dari Model U-Net dengan keterangan tambahan mengenai <i>contracting path</i> , <i>bottleneck</i> , dan <i>expanding path</i>	93
Gambar 4.29 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	96
Gambar 4.30 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	98
Gambar 4.31 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	99

Gambar 4.32 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	101
Gambar 4.33 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	103
Gambar 4.34 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	104
Gambar 4.35 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	106
Gambar 4.36 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	107
Gambar 4.37 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	109
Gambar 4.38 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	110
Gambar 4.39 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	112
Gambar 4.40 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	113
Gambar 4.41 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	115
Gambar 4.42 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	116

Gambar 4.43 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	118
Gambar 4.44 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> antara Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih menggunakan Adam <i>optimizer</i> dengan RMSProp <i>optimizer</i>	119
Gambar 4.45 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	121
Gambar 4.46 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	122
Gambar 4.47 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	123
Gambar 4.48 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	124
Gambar 4.49 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	125
Gambar 4.50 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	126
Gambar 4.51 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	127
Gambar 4.52 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	128
Gambar 4.53 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	129
Gambar 4.54 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	130

Gambar 4.55 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.....	131
Gambar 4.56 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.....	132
Gambar 4.57 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	133
Gambar 4.58 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.	134
Gambar 4.59 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.....	135
Gambar 4.60 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>batch size</i> 16, 32 dan 64.....	136
Gambar 4.61 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.....	138
Gambar 4.62 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.....	139
Gambar 4.63 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.....	140
Gambar 4.64 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.....	141
Gambar 4.65 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.....	142
Gambar 4.66 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.....	143

Gambar 4.67 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.	144
Gambar 4.68 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.	145
Gambar 4.69 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.	146
Gambar 4.70 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.	147
Gambar 4.71 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.	148
Gambar 4.72 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.	149
Gambar 4.73 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.	150
Gambar 4.74 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.	151
Gambar 4.75 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.	152
Gambar 4.76 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>starting filter</i> 16, dan 32.	153
Gambar 4.77 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.	154
Gambar 4.78 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.	155

Gambar 4.79 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.....	156
Gambar 4.80 Grafik perbandingan nilai <i>binary accuracy</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.....	157
Gambar 4.81 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.	158
Gambar 4.82 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.	159
Gambar 4.83 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.....	160
Gambar 4.84 Grafik perbandingan nilai <i>binary intersection over union</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.....	161
Gambar 4.85 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.	162
Gambar 4.86 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.	163
Gambar 4.87 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.....	164
Gambar 4.88 Grafik perbandingan nilai <i>dice coefficient</i> Model U-Net (koleksi data <i>COPERNICUS/S2</i> dengan <i>band</i> B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.....	165
Gambar 4.89 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.....	166
Gambar 4.90 Grafik perbandingan nilai <i>binary cross-entropy</i> Model U-Net (koleksi data <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> dengan <i>band</i> B7, B5, dan B2) yang dilatih dengan <i>image size</i> 112, 144, dan 176.....	167

Gambar 4.91 Grafik perbandingan nilai *binary cross-entropy* Model U-Net (koleksi data *COPERNICUS/S2* dengan *band* B4, B3, dan B2) yang dilatih dengan *image size* 112, 144, dan 176..... 168

Gambar 4.92 Grafik perbandingan nilai *binary cross-entropy* Model U-Net (koleksi data *COPERNICUS/S2* dengan *band* B12, B8, dan B2) yang dilatih dengan *image size* 112, 144, dan 176..... 169



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel klasifikasi <i>fire severity</i> dan deskripsinya (Hayes dan Robeson 2009).	16
Tabel 2.2 Tabel Confusion Matrix untuk klasifikasi dua kelas (“Classification: True vs. False and Positive vs. Negative Machine Learning Google Developers” t.t.).	35
Tabel 4.1 Hasil penampilan koleksi citra satelit <i>LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA</i> . 56	
Tabel 4.2 Hasil penampilan koleksi citra satelit <i>COPERNICUS/S2</i>	57
Tabel 4.3 Tabel mengenai proses penghilangan <i>noise</i> dalam <i>mask</i>	65
Tabel 4.4 Kombinasi dari nilai <i>hyperparameter</i> yang akan digunakan untuk melatih model.....	82
Tabel 4.5 Kumpulan Model U-Net terbaik berdasarkan evaluasi metrik terhadap <i>test data</i>	170

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A: TABEL EVALUASI U-NET MODEL TERHADAP TERHADAP <i>TEST SET</i>	A-1
LAMPIRAN B: CUPLIKAN HASIL PREDIKSI MODEL U-NET TERBAIK TERHADAP <i>TEST SET</i>	B-1
LAMPIRAN C: GRAFIK <i>TRAINING</i> DAN <i>VALIDATION</i> LOGS MODEL U-NET.....	C-1
LAMPIRAN D: LINK GITHUB PENELITIAN.....	D-1

