

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
<i>ABSTRACT</i>.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	4
I.3. Maksud dan Tujuan.....	5
I.4. Manfaat Penelitian	5
I.5. Batasan Masalah.....	5
I.6. Lokasi Penelitian Studi Kasus.....	6
I.7. Penelitian Terdahulu.....	8
I.8. Keaslian Penelitian.....	12
BAB II GEOLOGI REGIONAL DAERAH STUDI KASUS.....	14
II.1. Geomorfologi Regional.....	14

II.2. Stratigrafi Regional.....	16
II.3. Petrologi dan Petrografi Batuan Beku di Daerah Studi Kasus....	19
BAB III DASAR TEORI.....	28
III.1. Pencahayaan pada Mikroskop Polarisasi.....	28
III.2. Sifat Optik Plagioklas, Kuarsa, Alkali Feldspar, Piroksen, dan Hornblende secara <i>Computer Vision</i>	29
III.2.1. Sifat Optik Plagioklas.....	29
III.2.2. Sifat Optik Kuarsa.....	31
III.2.3. Sifat Optik Alkali Feldspar.....	32
III.2.4. Sifat Optik Piroksen.....	33
III.2.5. Sifat Optik Hornblende.....	35
III.3. <i>Machine Learning</i>	36
III.4. <i>Deep Learning</i>	39
III.4.1. <i>Mask Region - Convolutional Neural Network</i>	41
III.4.1.1. Struktur <i>Convolutional Neural Network</i> dengan arsitektur <i>Residual Network</i>	43
III.4.1.2. Struktur <i>Region Proposal Network</i>	49
III.4.1.3. Struktur <i>Head Network</i>	51
III.4.2. Pembelajaran Nilai <i>Loss</i>	53
III.5. Identifikasi Plagioklas, Kuarsa, Alkali Feldspar, Piroksen, dan Hornblende secara <i>Computer Vision</i>	55
III.6. Hipotesis.....	57
BAB IV. METODE PENELITIAN	59
IV.1. Alat dan Bahan	59
IV.2. Tahapan Penelitian	60

IV.2.1. Tahap Pendahuluan.....	60
IV.2.2. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	61
IV.2.3. Tahap Analisis Data.....	64
IV.2.4. Tahap Penulisan Laporan.....	67
IV.3. Jadwal Penelitian	67
BAB V. PENYAJIAN DATA DAN PEMBAHASAN.....	71
V.1. Pengumpulan Data.....	71
V.1.1. Set Data Latih dan Set Data Validasi.....	71
V.1.2. Set Data Uji.....	78
V.2. Pelatihan Algoritma.....	78
V.3. Pengujian Algoritma.....	81
V.3.1. Proses Pengujian Set Data Uji.....	81
V.3.2. Nilai <i>Average Precision</i> Set Data Uji.....	99
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	111
VI.1. Kesimpulan.....	111
VI.2. Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN.....	117
LAMPIRAN PETROGRAFI.....	118
LAMPIRAN NASKAH KODE PEMROGRAMAN.....	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi penelitian studi kasus (Ilmawan, 2019).....	7
Gambar 1.2	Hasil segmentasi semantik Baykan dan Yilmaz (2010).....	9
Gambar 1.3	Segmentasi semantik yang dilakukan oleh Izadi dkk. (2017): a. dan c.) contoh data masukan sebelum dilakukan <i>inferencing</i> , dan b. dan d.) data keluaran yang dihasilkan oleh proses <i>inferencing</i>	10
Gambar 1.4	Segmentasi instansi yang dilakukan oleh Bukharev dkk. (2018): a.) data masukan sebelum dilakukan proses <i>inferencing</i> , dan b.) data keluaran hasil proses <i>inferencing</i>	11
Gambar 1.5	Segmentasi instansi terhadap gambar mikroskopis berupa nukleus sel menggunakan Mask R-CNN (Johnson, 2018).....	12
Gambar 2.1	Fisiografi daerah Singkawang dan lokasi penelitian studi kasus (Thorp dkk, 1990, dalam Ilmawan, 2019).....	15
Gambar 2.2	Kolom stratigrafi peta geologi regional lembar Singkawang (Suwarna dan Langford, 1993) dan daerah studi kasus (Ilmawan, 2019).....	18
Gambar 2.3	Kenampakan singkapan diorit kuarsa pada lereng barat Gunung Tempurung (A) dan kenampakan setangan diorit kuarsa (B) (Ilmawan, 2019).....	20
Gambar 2.4	Fotomikrografi diorit kuarsa dari Satuan Diorit Kuarsa pada kenampakan PPL (kiri) dan XPL (kanan) (Ilmawan, 2019).....	21
Gambar 2.5	Kenampakan singkapan porfiri diorit dengan urat kuarsa pada Satuan Porfiri Diorit (A) dan kenampakan setangan porfiri diorit (B) (Ilmawan, 2019).....	22
Gambar 2.6	Fotomikrografi porfiri diorit dari Satuan Porfiri Diorit pada kenampakan PPL (kiri) dan XPL (kanan) (Ilmawan, 2019).....	22
Gambar 2.7	Kenampakan singkapan diorit pada Satuan Porfiri Diorit (A) dan kenampakan setangan diorit (B) (Ilmawan, 2019).....	23
Gambar 2.8	Fotomikrografi diorit dari Satuan Porfiri Diorit pada kenampakan PPL (kiri) dan XPL (kanan) (Ilmawan, 2019).....	23
Gambar 2.9	Kenampakan singkapan andesit pada Satuan Andesit (A) dan kenampakan setangan andesit (B) (Ilmawan, 2019).....	24
Gambar 2.10	Fotomikrografi andesit dari Satuan Andesit pada kenampakan PPL (kiri) dan XPL (kanan) (Ilmawan, 2019).....	24
Gambar 2.11	Kenampakan singkapan diorit kuarsa pada Satuan Diorit Kuarsa (A) dan kenampakan setangan diorit kuarsa (B) (Azhim, 2019).....	25
Gambar 2.12	Kenampakan petrografi diorit kuarsa dari Satuan Diorit Kuarsa pada kenampakan PPL (kiri) dan XPL (kanan) (Azhim, 2019)..	26
Gambar 2.13	Kenampakan singkapan diorit mikro pada Satuan Diorit Mikro (A) dan kenampakan setangan diorit mikro (B) (Azhim, 2019).	27

Gambar 2.14	Kenampakan petrografi diorit mikro dari Satuan Diorit Mikro pada kenampakan PPL (kiri) dan XPL (kanan) (Azhim, 2019)..	27
Gambar 3.1	Arah perambatan gelombang cahaya a.) Cahaya tidak terpolarisasi, bergerak merambat ke segala arah, dan b.) Cahaya terpolarisasi, bergerak merambat pada 1 arah bidang (Nesse, 2013).....	28
Gambar 3.2	Fotomikrograf plagioklas (labradorite) pada sayatan tipis <i>troctolite</i> pada kenampakan XPL (Barker, 2014).....	30
Gambar 3.3	Penentuan sudut gelap dengan metode Michael-Levy (Nesse, 2004).....	31
Gambar 3.4	Fotomikrograf kuarsa pada sayatan tipis granit pada kenampakan XPL (Barker, 2014).....	31
Gambar 3.5	Fotomikrograf ortoklas pada sayatan tipis granit pada kenampakan XPL (Barker, 2014).....	32
Gambar 3.6	Fotomikrograf augite pada sayatan tipis gabbro pada kenampakan XPL (Barker, 2014).....	34
Gambar 3.7	Fotomikrograf oxyhornblende pada sayatan tipis andesit pada kenampakan PPL (Barker, 2014).....	36
Gambar 3.8	Paradigma <i>classical programming</i> dan <i>Machine Learning</i> (Chollet, 2017).....	37
Gambar 3.9	<i>Ground-truth label</i> pada set data latih dan set data validasi (Chollet, 2017).....	38
Gambar 3.10	Diagram Venn yang menunjukkan hubungan antara <i>Artificial Intelligence</i> , <i>Machine Learning</i> , <i>Representation Learning</i> , dan <i>Deep Learning</i> (Goodfellow dkk., 2016).....	40
Gambar 3.11	Visualisasi <i>input layer</i> , <i>hidden layer</i> , dan <i>output layer</i> pada <i>Feedforward Neural Network</i> (Nielsen, 2016).....	41
Gambar 3.12	Segmentasi instansi dengan algoritma <i>Mask R-CNN</i> (He dkk., 2017).....	42
Gambar 3.13	Arsitektur <i>Residual Network</i> (dengan modifikasi) dan <i>residual building block</i> (He dkk., 2016).....	44
Gambar 3.14	Visualisasi contoh perkalian matriks antara lapisan input dengan lapisan konvolusi yang menghasilkan lapisan output (Dumoulin dan Visin, 2018).....	45
Gambar 3.15	Fungsi aktivasi <i>Rectified Linear Unit</i> (Goodfellow dkk, 2016)..	46
Gambar 3.16	Visualisasi peta fitur (Zeiler dan Fergus, 2013).....	47
Gambar 3.17	Visualisasi <i>max-pooling</i> pada lapisan penyatuan (Nielsen, 2016).....	48
Gambar 3.18	Penggunaan <i>Residual Building Block</i> pada arsitektur ResNet (He dkk, 2016).....	48
Gambar 3.19	Struktur <i>Region Proposal Network</i> untuk menghasilkan <i>anchor box</i> (Ren dkk., 2015).....	50
Gambar 3.20	Struktur <i>Head Network</i> yang melakukan pemisahan proses prediksi kelas dan kotak deteksi objek (bagian atas), dengan prediksi topeng segmentasi (bagian bawah) (He dkk., 2017)...	51

Gambar 3.21	Grafik nilai <i>loss</i> (<i>loss value</i>) vs pembaharuan nilai bobot jaringan (<i>parameter value</i>) (Chollet, 2017).....	54
Gambar 3.22	Penerapan algoritma <i>Stochastic Gradient Descent</i> dan <i>Momentum</i> untuk menemukan titik minimum lokal dan titik minimum global pada nilai <i>loss</i> (Chollet, 2017).....	55
Gambar 4.1	Diagram alir penelitian.....	69
Gambar 5.1	Contoh anotasi gambar sayatan tipis petrografi terhadap sampel 120313 TO3H(1) pada kenampakan XPL.....	72
Gambar 5.2	Contoh pemberian <i>ground-truth label</i> pada Set Data 1 terhadap sampel 120313 TO3H(2) pada kenampakan PPL (atas) dan XPL (bawah).....	73
Gambar 5.3	Contoh pemberian <i>ground-truth label</i> pada Set Data 2 terhadap sampel 120313 TO3H(2) pada kenampakan PPL (atas) dan XPL (bawah).....	74
Gambar 5.4	Grafik hasil <i>training</i> Model A, Model B, Model C, dan Model D.....	80
Gambar 5.5	Hasil <i>inferencing</i> model A terhadap sampel II.186 pada kenampakan PPL.....	81
Gambar 5.6	Hasil <i>inferencing</i> model A terhadap sampel II.186 pada kenampakan XPL.....	82
Gambar 5.7	Hasil <i>inferencing</i> model A terhadap sampel II.143	83
Gambar 5.8	Hasil <i>inferencing</i> model A terhadap sampel II.176 pada kenampakan PPL.....	84
Gambar 5.9	Hasil <i>inferencing</i> model A terhadap sampel II.176 pada kenampakan XPL.....	85
Gambar 5.10	Hasil <i>inferencing</i> model B terhadap sampel II.186.....	86
Gambar 5.11	Hasil <i>inferencing</i> model B terhadap sampel II.143 pada kenampakan PPL.....	87
Gambar 5.12	Hasil <i>inferencing</i> model B terhadap sampel II.143 pada kenampakan XPL.....	88
Gambar 5.13	Hasil <i>inferencing</i> model B terhadap sampel II.176.....	89
Gambar 5.14	Hasil <i>inferencing</i> model C terhadap sampel II.186 pada kenampakan PPL.....	90
Gambar 5.15	Hasil <i>inferencing</i> model C terhadap sampel II.186 pada kenampakan XPL.....	91
Gambar 5.16	Hasil <i>inferencing</i> model C terhadap sampel II.143.....	92
Gambar 5.17	Hasil <i>inferencing</i> model C terhadap sampel II.176 pada kenampakan PPL.....	93
Gambar 5.18	Hasil <i>inferencing</i> model C terhadap sampel II.176 pada kenampakan XPL.....	94
Gambar 5.19	Hasil <i>inferencing</i> model D terhadap sampel II.186.....	95
Gambar 5.20	Hasil <i>inferencing</i> model D terhadap sampel II.143 pada kenampakan PPL.....	96
Gambar 5.21	Hasil <i>inferencing</i> model D terhadap sampel II.143 pada kenampakan XPL.....	97
Gambar 5.22	Hasil <i>inferencing</i> model D terhadap sampel II.176.....	98

Gambar 5.23 Diagram batang nilai *Average Precision* berdasarkan jenis
pencahayaan mikroskop polarisasi..... 105

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Perbandingan penelitian terdahulu dengan rencana penelitian yang diusulkan.....	13
Tabel 3.1	Tingkat kesalahan arsitektur ResNet-50 dan ResNet-101 (He dkk, 2017).....	43
Tabel 3.2	Tingkat pengaruh fitur pada mineral plagioklas, kuarsa, alkali feldspar, piroksen, dan hornblende untuk identifikasi secara <i>Computer Vision</i> (ket: putih=tidak berpengaruh, kuning=normal, coklat=berpengaruh, merah=sangat berpengaruh) (Aligholi dkk., 2015).....	57
Tabel 4.1	<i>Confusion Matrix</i> (Liu dan Ozsu, 2018).....	67
Tabel 4.2	Contoh penggunaan <i>Confusion Matrix</i> untuk perhitungan <i>Average Precision</i> terhadap nama kelas <i>ground-truth label</i> <i>pl_xpl</i>	67
Tabel 4.3	Jadwal penelitian.....	70
Tabel 5.1	Jumlah mineral yang dilakukan anotasi pada set data latih....	76
Tabel 5.2	Jumlah mineral yang dilakukan anotasi pada set data validasi.....	77
Tabel 5.3	<i>Confusion Matrix</i> model A pada sampel II.186.....	82
Tabel 5.4	<i>Confusion Matrix</i> model A pada sampel II.143.....	84
Tabel 5.5	<i>Confusion Matrix</i> model A pada sampel II.176.....	85
Tabel 5.6	<i>Confusion Matrix</i> model B pada sampel II.186.....	86
Tabel 5.7	<i>Confusion Matrix</i> model B pada sampel II.143.....	88
Tabel 5.8	<i>Confusion Matrix</i> model B pada sampel II.176.....	89
Tabel 5.9	<i>Confusion Matrix</i> model C pada sampel II.186.....	91
Tabel 5.10	<i>Confusion Matrix</i> model C pada sampel II.143.....	92
Tabel 5.11	<i>Confusion Matrix</i> model C pada sampel II.176.....	94
Tabel 5.12	<i>Confusion Matrix</i> model D pada sampel II.186.....	95
Tabel 5.13	<i>Confusion Matrix</i> model D pada sampel II.143.....	97
Tabel 5.14	<i>Confusion Matrix</i> model D pada sampel II.176.....	98
Tabel 5.15	Total <i>Confusion Matrix</i> pada Model A.....	99
Tabel 5.16	<i>Average Precision</i> pada Model A (dalam %).....	100
Tabel 5.17	Total <i>Confusion Matrix</i> pada Model B.....	101
Tabel 5.18	<i>Average Precision</i> pada Model B (dalam %).....	101
Tabel 5.19	Total <i>Confusion Matrix</i> pada Model C.....	102
Tabel 5.20	<i>Average Precision</i> pada Model C (dalam %).....	102
Tabel 5.21	Total <i>Confusion Matrix</i> pada Model D.....	103
Tabel 5.22	<i>Average Precision</i> pada Model D (dalam %).....	103
Tabel 5.23	Total <i>Confusion Matrix</i> seluruh model <i>Deep Learning</i>	107
Tabel 5.24	Perbandingan nilai akurasi identifikasi mineral antara peneliti terdahulu dengan studi ini.....	108

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1	<i>Xavier Initialisation</i> (Glorot dan Bengio, 2010).....	44
Persamaan 3.2	Ukuran <i>output</i> lapisan konvolusional (Dumoulin dan Visin, 2018).....	45
Persamaan 3.3	<i>Score function</i>	46
Persamaan 3.4	Fungsi aktivasi <i>Rectified Linear Unit</i> (Goodfellow dkk., 2016).....	46
Persamaan 3.5	<i>Shortcut connection</i> (He dkk., 2016).....	49
Persamaan 3.6	<i>Cross-entropy loss</i> (Goodfellow dkk., 2016).....	52
Persamaan 3.7	<i>Smooth L₁-loss</i> (Goodfellow dkk., 2016).....	52
Persamaan 3.8	<i>Stochastic Gradient Descent</i> dan <i>Momentum</i> (Chollet, 2017).....	54
Persamaan 4.1	<i>Average Precision</i> (Bukharev dkk., 2018).....	65