

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>SARI .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Rumusan Masalah .....	4
I.3. Tujuan Penelitian .....	4
I.4. Manfaat Penelitian .....	4
I.5. Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian.....	4
I.6. Batasan Penelitian .....	5
I.7. Peneliti Terdahulu .....	6
I.8. Keaslian Penelitian.....	8
<b>BAB II GEOLOGI REGIONAL .....</b>	<b>9</b>
II.1. Fisiografi.....	9
II.2. Stratigrafi Regional.....	10
II.3. Struktur Regional.....	13
II.4. Dinamika dan Hipotesis LUSI.....	15
<b>BAB III DASAR TEORI .....</b>	<b>19</b>
III.1. Mineral Lempung .....	19
III.1.1. Klasifikasi mineral lempung .....	20
III.1.1.1. Illite (mica).....	21
III.1.1.2. Kaolinite.....	22
III.1.1.3. Smectite.....	22
III.1.2. Analisis mineral lempung XRD ( <i>x-ray diffraction</i> ) .....	23
III.2. Penginderaan Jauh dan Citra Hiperspektral .....	25
III.3. Citra Hiperspektral Hyperion .....	27
III.4. Tahapan Analisis Citra Hyperion .....	27
III.4.1. Tahap <i>preprocessing</i> .....	28
III.4.1.1. Tahap seleksi spasial .....	28
III.4.1.2. Tahap seleksi spektral .....	28
III.4.1.3. Kalibrasi radiometrik .....	29
III.4.1.4. Koreksi atmosferik.....	30
III.4.2. Analisis <i>hourglass</i> .....	30
III.4.2.1. Transformasi <i>minimum noise fraction</i> (MNF).....	33
III.4.2.2. <i>Pixel purity index</i> (PPI) .....	33
III.4.2.3. <i>N-dimensional visualizer</i> .....	34
III.4.2.4. <i>Spectral analyst</i> .....	35
III.5. USGS <i>Spectral Library</i> .....	35
III.6. <i>Machine Learning</i> dan <i>Random Forest</i> .....	36
III.6.1. <i>Ensemble learning</i> .....	37
III.6.2. <i>Bagging (bootstrap aggregating)</i> .....	38
III.6.3. <i>Random forest</i> .....	38

III.7. Hipotesis .....	40
<b>BAB IV METODE .....</b>	<b>41</b>
IV.1. Alat dan Bahan .....	41
IV.2. Tahapan Penelitian .....	41
IV.2.1. Tahapan pendahuluan .....	41
IV.2.2. Tahapan pengumpulan data.....	42
IV.2.2.1. Data citra Hyperion EO-1 .....	42
IV.2.2.2. Data XRD.....	43
IV.2.3. Tahapan <i>preprocessing</i> citra .....	44
IV.2.3.1. Seleksi spasial .....	46
IV.2.3.2. Seleksi spektral .....	46
IV.2.3.3. Kalibrasi radiometrik .....	47
IV.2.3.4. Koreksi atmosferik.....	48
IV.2.3.5. THOR <i>de-stripping</i> .....	50
IV.2.4. Analisis <i>hourglass</i> .....	51
IV.2.4.1. Transformasi <i>minimum noise fraction</i> (MNF).....	51
IV.2.4.2. <i>Pixel purity index</i> .....	55
IV.2.4.3. <i>N-dimensional visualizer</i> .....	57
IV.2.5. <i>Machine learning</i> .....	60
IV.2.6. Penulisan laporan .....	64
IV.3. Jadwal Penelitian.....	66
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>67</b>
V.1. Hasil Analisis Endmember .....	67
V.1.1. Endmember 1 (illite).....	67
V.1.2. Endmember 2 (montmorillonite).....	68
V.1.3. Endmember 3 (sepiolite) .....	70
V.1.4. Endmember 4 (natrolite).....	71
V.1.5. Endmember 5 (pyrophyllite + montmorillonite) .....	73
V.1.6. Endmember 6 (saponite) .....	75
V.1.7. Endmember 7 (chlorite).....	76
V.1.8. Endmember 8 (kaolinite + smectite) .....	78
V.2. Klasifikasi <i>Random Forest</i> .....	81
V.2.1. Optimasi parameter klasifikasi .....	81
V.2.2. <i>Band importance</i> .....	82
V.2.3. <i>Accuracy assessment</i> .....	83
V.3. Peta Hasil Klasifikasi .....	87
V.4. Evaluasi Hasil Pemetaan (SVM dan XRD) .....	90
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>95</b>
VI.1. Kesimpulan .....	95
VI.2. Saran.....	95
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>96</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>101</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1.</b>	Peta indeks daerah penelitian, data didapatkan melalui Google Earth.....	5
<b>Gambar 2.1.</b>	Pembagian Fisiografis Jawa Tengah dan Jawa Timur.....	10
<b>Gambar 2.2.</b>	Stratigrafi sumur LUSI (Lumpur Sidoarjo) diambil dari sumur Banjarpanji-1. Kondisi <i>overpressure</i> diakibatkan oleh napal yang belum terkonsolidasi yang juga dikontrol oleh sedimentasi cepat (Istadi. dkk., 2012) .....	13
<b>Gambar 2.3.</b>	Pengaruh sesar watukosek terhadap sumur banjarpanji1 (Istadi. dkk., 2012).....	15
<b>Gambar 2.4.</b>	Model 3 (tiga) dimensi sistem sesar aktif yang ada di daerah penelitian dengan fitur-fitur morfotektoniknya berupa gawir sesar dan <i>pop up</i> Bukit Watukosek, pembelokan Sungai Porong, <i>pull apart</i> LUSI, <i>pop up</i> di bagian TL LUSI dan <i>Porong Collapse Structure</i> .....	18
<b>Gambar 3.1.</b>	Hubungan vulkanisme, cekungan sedimen, mineral lempung dan sistem hidrotermal low sulphide terhadap mineralisasi di LUSI (Wibowo., 2022) .....	20
<b>Gambar 3.2.</b>	Sketsa struktur mineral kelompok mika (Schulze., 2002).....	22
<b>Gambar 3.3.</b>	Sketsa struktur mineral kelompok kaolinit (Schulze., 2002)....	22
<b>Gambar 3.4.</b>	Sketsa struktur mineral kelompok smektit (Schulze., 2002) ....	23
<b>Gambar 3.5.</b>	Contoh sampel XRD pada daerah penelitian (Wibowo., 2022) .....	24
<b>Gambar 3.6.</b>	perbandingan saluran spektral ASTER (multispektral), LANDSAT ETM+ (multispektral) dan Hyperion EO-1 (hiperspektral) (Waldhoff dkk., 2008).....	26
<b>Gambar 3.7.</b>	(kiri) sebelum <i>radiometric</i> ; (kanan) setelah <i>radiometric</i> .....	29
<b>Gambar 3.8.</b>	Tahapan analisis <i>hourglass</i> dalam pengolahan citra hiperspektral (Kruse., 2007) yang menggunakan prinsip reduksi data oleh Boardman dkk. (1995).....	32
<b>Gambar 3.9.</b>	MNF <i>band</i> 1 (kiri), MNF <i>band</i> 7 (tengah), dan MNF <i>band</i> 15 (kanan) .....	33
<b>Gambar 3.10.</b>	Visualisasi persebaran <i>endmember</i> pada n-dimensional visualizer (Wagtendonk dan Root, 2000) .....	34
<b>Gambar 3.11.</b>	Contoh perbandingan spektral citra multispektral, hiperspektral, dan <i>spectral library</i> (laboratory) (USGS., 2016) .....	35
<b>Gambar 3.12.</b>	Ilustrasi <i>random forest</i> (Khan dkk., 2021).....	39
<b>Gambar 4.1.</b>	Data XRD yang digunakan pada daerah penelitian .....	44
<b>Gambar 4.2.</b>	Tampilan citra Hyperion pada daerah penelitian a.) Hyperion <i>band</i> 40 (grayscale), b.) Hyperion composite <i>band</i> 29, 23, 16 (R,G,B), c.) Tampilan <i>band</i> 40 dengan perbesaran, d.) Hyperion <i>band</i> 29,23, 16 dengan perbesaran yang menunjukkan lokasi genangan lumpur .....	45

<b>Gambar 4.3.</b>	<i>Band 1</i> (kiri) daerah tak teriluminasi, <i>Band 122</i> (tengah) merupakan daerah uap air, <i>Band 34</i> (kanan) <i>band</i> bersih yang dapat digunakan .....	47
<b>Gambar 4.4.</b>	Perbandingan kurva berformat radiance setelah kalibrasi radiometrik dan reflectance setelah koreksi atmosferik .....	50
<b>Gambar 4.5.</b>	a) tampilan citra sebelum dilakukan <i>vertical destripping</i> , b) tampilan citra setelah dilakukan <i>vertical destripping</i> , c) kenampakan kurva spektral setelah dilakukan <i>vertical destripping</i> .....	50
<b>Gambar 4.6.</b>	Cara kerja transformasi MNF .....	52
<b>Gambar 4.7.</b>	Hasil pengolahan MNF yang ditunjukkan secara spasial, <i>band-band</i> MNF awal akan memiliki <i>noise</i> yang minim .....	53
<b>Gambar 4.8.</b>	a) Statistik eigenvalue berdasarkan kurva, b) Data MNF tidak memiliki nilai panjang gelombang, c) statistik eigenvalue berdasarkan tabel .....	54
<b>Gambar 4.9.</b>	Cara kerja <i>pixel purity index</i> .....	55
<b>Gambar 4.10.</b>	a) persebaran PPI secara spasial ditunjukkan oleh piksel berwarna putih, b) kurva hasil iterasi .....	56
<b>Gambar 4.11.</b>	a) Statistik hasil pengolahan PPI, b) parameter yang digunakan untuk thresholding, c) hasil thresholding PPI menjadi ROI .....	57
<b>Gambar 4.12.</b>	a) visualisasi n-dimensi dari ppi, b) hasil deliniasi data cloud ..	58
<b>Gambar 4.13.</b>	Endmember yang didapat dari visualizer dan persebarannya secara spasial .....	59
<b>Gambar 4.14.</b>	Spektra endmember pada daerah penelitian .....	61
<b>Gambar 4.15.</b>	Perbandingan data raster sebagai base data (kiri) dan <i>training data</i> (kanan) .....	63
<b>Gambar 5.1.</b>	a) Hasil komputasi tools <i>spectral analyst</i> , b) Bentuk perbandingan antara spektra endmember 1 dan illite, c) kenampakan <i>continuum removed</i> memperlihatkan fitur absorpsi pada spektral .....	68
<b>Gambar 5.2.</b>	a) Hasil komputasi tools <i>spectral analyst</i> , b) Bentuk perbandingan antara spektra endmember 2 dan montmorillonit, c) kenampakan <i>continuum removed</i> memperlihatkan fitur absorpsi pada spektral .....	69
<b>Gambar 5.3.</b>	a) Hasil komputasi tools <i>spectral analyst</i> , b) Bentuk perbandingan antara spektra endmember 3 dan sepiolite, c) kenampakan <i>continuum removed</i> memperlihatkan fitur absorpsi pada spektral .....	71
<b>Gambar 5.4.</b>	a) Hasil komputasi tools <i>spectral analyst</i> , b) Bentuk perbandingan antara spektra endmember 4 dan natrolite (zeolite), c) kenampakan <i>continuum removed</i> memperlihatkan fitur absorpsi pada beberapa spektral zeolite .....	73
<b>Gambar 5.5.</b>	a) Hasil komputasi tools <i>spectral analyst</i> , b) Bentuk perbandingan antara spektra endmember 5 dan percampuran .....	

	antara pyrophyllite dan montmorillonite, c) kenampakan <i>continuum removed</i> memperlihatkan fitur absorpsi pada spektral.....	74
<b>Gambar 5.6.</b>	Hasil komputasi tools <i>spectral analyst</i> , b) Bentuk perbandingan antara spektra endmember 6 dan saponite, c) kenampakan <i>continuum removed</i> memperlihatkan fitur absorpsi pada spektral.....	76
<b>Gambar 5.7.</b>	Hasil komputasi tools <i>spectral analyst</i> , b) Bentuk perbandingan antara spektra endmember 7 dan chlorite, c) kenampakan <i>continuum removed</i> memperlihatkan fitur absorpsi pada spektral, fitur <i>double absorption</i> pada chlorite berhasil ditampilkan.....	77
<b>Gambar 5.8.</b>	Hasil komputasi tools <i>spectral analyst</i> , b) Bentuk perbandingan antara spektra endmember 8 dan campuran antara kaolinit dan smectite, c) kenampakan <i>continuum removed</i> memperlihatkan fitur absorpsi pada spektral .....	79
<b>Gambar 5.9.</b>	Perbandingan seluruh spektra endmember (kiri) dan jenis mineral hasil <i>spectral analyst</i> (kanan) .....	80
<b>Gambar 5.10.</b>	<i>Band importance</i> pada rentang SWIR .....	82
<b>Gambar 5.11.</b>	<i>Confusion matrix</i> berdasarkan klasifikasi algoritma <i>random forest</i> .....	84
<b>Gambar 5.12.</b>	Distribusi spasial mineral lempung LUSI berdasarkan klasifikasi algoritma <i>random forest</i> dan citra Hyperion EO-1 .	87
<b>Gambar 5.13.</b>	Peta perbandingan algoritma <i>random forest</i> dengan algoritma SVM.....	90
<b>Gambar 5.14.</b>	Salah satu hasil XRD pada Lumpur Sidoarjo dengan kode sampel SDA 12 4199 (Wibowo., 2022).....	92

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1.</b>	Penelitian terdahulu dan rangkuman penelitian.....	6
<b>Tabel 3.1.</b>	Klasifikasi kelompok mineral lempung berdasarkan Shulze (2005).....	21
<b>Tabel 3. 2</b>	Daftar <i>bad band</i> pada citra Hyperion (Vignesh Kumar dan Yarrakula., 2017).....	29
<b>Tabel 3. 3</b>	Daftar <i>band</i> yang digunakan dalam analisis.....	29
<b>Tabel 4. 1</b>	Alat yang digunakan dalam penelitian.....	41
<b>Tabel 4. 2</b>	Bahan yang digunakan dalam penelitian .....	41
<b>Tabel 4. 3.</b>	Spesifikasi citra yang digunakan untuk penelitian .....	43
<b>Tabel 4. 4.</b>	Parameter koreksi atmosferik FLAASH yang digunakan dalam penelitian.....	49
<b>Tabel 4. 5.</b>	Spesifikasi data yang dimasukkan untuk pengolahan <i>random forest</i> .....	63
<b>Tabel 4. 6.</b>	Pembagian <i>training</i> dan <i>testing data</i> untuk pengolahan <i>random forest</i> .....	64
<b>Tabel 4. 7</b>	Diagram alir pengerjaan skripsi.....	65
<b>Tabel 4. 8</b>	Jadwal penyusunan tugas akhir .....	66
<b>Tabel 5. 1.</b>	Rangkuman jenis mineral tiap-tiap endmember .....	79
<b>Tabel 5. 2.</b>	Tuning parameter paling efektif untuk algoritma <i>random forest</i> .....	81
<b>Tabel 5. 3.</b>	hasil statistik klasifikasi <i>random forest</i> .....	85
<b>Tabel 5. 4.</b>	Presentase jumlah piksel dan area yang terlingkupi berdasarkan prediksi dari <i>random forest</i> .....	89