

DAFTAR ISI

INTISARI.....	iii
ABSTRACT	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Perumusan Masalah Penelitian.....	8
1.3 Pertanyaan Penelitian	9
1.4 Tujuan Penelitian.....	9
1.5 Sasaran Penelitian.....	10
1.6 Manfaat Penelitian.....	10
1.7 Ruang Lingkup Penelitian	11
1.8 Keaslian, Kesenjangan dan Kebaruan Penelitian	17
BAB II TELAAH PUSTAKA DAN KERANGKA TEORI	39
2.1 Telaah Pustaka.....	39
2.1.1 Kerawanan Kebakaran	39
2.1.2 Kebakaran Bangunan	41
2.1.3 Penginderaan Jauh	46
2.1.4 Citra Digital	49
2.1.5 Konsep Resolusi	50

2.1.6 Citra Satelit WorldView-3	53
2.1.7 Pengolahan Citra (<i>Image Pre-processing</i>).....	56
2.1.8 Aljabar Citra	62
2.1.9 <i>Iron Oxide</i> (Oksida Besi).....	67
2.1.10 Penginderaan Jauh Untuk Identifikasi Korosi Atap Bangunan	70
2.1.11 Penginderaan Jauh untuk Identifikasi Kawasan Terbangun	73
2.1.12 Sistem Informasi Geografis (SIG)	75
2.1.13 Kerapatan (Densitas) Kejadian Kebakaran.....	78
2.1.14 Jangkauan Layanan Pos Pemadam Kebakaran.....	79
2.1.15 <i>Machine learning</i>	85
2.1.16 Pemodelan Spasial Kerawanan Kebakaran.....	90
2.1.17 Validasi Model.....	92
2.2 <i>State of the Art</i> Pemanfaatan PJ, SIG, dan <i>Machine Learning</i> dalam Pemodelan Kerawanan Kebakaran Bangunan.....	95
2.3 Landasan Teori	97
2.4 Kerangka Teori.....	108
2.5 Batasan Operasional	112
BAB III METODE PENELITIAN.....	119
3.1 Ringkasan Bab 3.....	119
3.1.1 Diagram Alir Penelitian	121
3.1.2 Penjelasan Singkat Diagram Alir Penelitian.....	124
3.1.3 Pemilihan Daerah Penelitian.....	125
3.1.4 Alat Penelitian.....	126
3.1.5 Bahan Penelitian	127
3.1.6 Pengumpulan Bahan Penelitian	127

3.1.7 Tahapan Pekerjaan Sistematis	128
3.2 Tahapan Pengolahan Data Kejadian Kebakaran	128
3.2.1 <i>Forward Geocoding</i>	129
3.3 Tahapan Ekstraksi Data Penginderaan Jauh.....	133
3.3.1 Respon Spektral Sampel Objek Citra VNIR WV-3.....	134
3.3.2 Tahapan Pengolahan <i>Iron Oxide Index</i> (IOI)	136
3.3.3 Tahapan <i>Normalized difference Build-up Index</i> (NDBI).....	141
3.4 Tahapan Analisis Data Sistem Informasi Geografis	144
3.4.1 Pembuatan Kerapatan (<i>Density</i>) Historis Kejadian Kebakaran.....	144
3.4.2 Penyusunan <i>Network Dataset</i> dan <i>Service area</i>	145
3.4.3 Pembuatan Peta <i>Buffering</i> Sungai.....	150
3.5 Validasi Lapangan Titik Kejadian Kebakaran	152
3.6 Penentuan Sampel Dataset Pelatihan	154
3.7 Tahapan Pemodelan Tingkat Kerawanan Kebakaran Bangunan.	156
3.7.1 <i>Cloud computing</i> (Komputasi Awan)	158
3.7.2 <i>Machine learning</i> (Pembelajaran Mesin)	159
3.8 Validasi Model	164
3.9 Evaluasi Model Tiap Kecamatan dengan Layanan Pos Pemadam Kebakaran	165
BAB IV DESKRIPSI DAERAH PENELITIAN	167
4.1 Kota Banjarmasin	167
4.2 Profil Lokus Penelitian	170
4.3 Kondisi Kerawanan Bencana Lokus Penelitian	173
4.4 Struktur Bangunan, Material Dominan, dan Relevansi Identifikasi Spasial.	177

BAB V HASIL PEMROSESAN DAN PENYUSUNAN DATASET PENELITIAN	181
.....	181
5.1 Ringkasan Bab 5.....	181
5.2 Hasil Tahapan <i>Image Pre-processing</i>	181
5.2.1 Hasil Koreksi Citra Worldview-3.....	183
5.2.2 Hasil <i>Pansharpening</i> Saluran VNIR dan PAN.....	192
5.2.3 Hasil Pemotongan (<i>Clipping</i>) Citra	194
5.3 Hasil Pemrosesan <i>Iron Oxide</i> Indeks	195
5.3.1 Analisis Komparatif Kinerja Operasi Aljabar Citra untuk Diferensiasi Atap Korosi.....	201
5.3.2 Analisis Lanjutan Penguatan Pemilihan Indeks.....	203
5.3.3 Transformasi Citra Indeks Terpilih.....	205
5.3.4 Analisis Bangunan Semi-permanen.....	207
5.4 Hasil Pemrosesan NDBI.....	212
5.4.1 Validasi Hasil NDBI Citra WorldView-3.....	215
5.5 Validasi Lapangan Titik Kejadian Kebakaran di Wilayah Penelitian.....	217
5.6 Hasil Pemrosesan Peta Kerapatan (<i>Density</i>) Kebakaran	220
5.7 Hasil Pemrosesan Peta Penyangga (<i>Buffering</i>) Sungai	222
5.8 Hasil Pemrosesan <i>Network Dataset</i> dan <i>Service area</i>	223
5.8.1 Hasil Pemrosesan Network Dataset.....	224
5.8.2 Hasil Pembuatan <i>Service area</i>	226
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN PEMODELAN PETA RAWAN KEBAKARAN.....	229
6.1 Ringkasan Bab 6.....	229
6.2 Skenario Model Kebakaran Menggunakan <i>Machine learning</i>	230
6.2.1 Hasil Pemrosesan Model Pertama	231

6.2.2 Hasil Pemrosesan Model Kedua	242
6.2.3 Hasil Pemrosesan Model Ketiga.....	245
6.2.4 Hasil Pemrosesan Model Keempat	247
6.3 Perbandingan Kinerja Model dan Justifikasi Pemilihan Model Terbaik...	252
6.4 Evaluasi Model Prediksi Kerawanan Kebakaran	255
6.5 Analisis dan Evaluasi Lokasi Kerawanan Kebakaran	258
6.5.1 Analisis Zonal Statistic berdasarkan batas Administrasi.....	258
6.5.2 Analisis Zona Statistic berdasarkan <i>Service area</i>	261
6.5.3 Evaluasi.....	264
BAB VII FRAMEWORK PEMODELAN SPASIAL KERAWANAN KEBAKARAN BANGUNAN.....	268
7.1 Peran PJ dan SIG Terkait Pembuatan Model Kerawanan Kebakaran.....	268
7.1.1 Peran Penginderaan Jauh: Ekstraksi Karakteristik Permukaan	268
7.1.2 Peran SIG: Integrasi, Analisis Spasial, dan Evaluasi Layanan.....	270
7.1.3 Integrasi Metode untuk Menghasilkan Pemodelan.....	271
7.2 <i>Framework</i> Pemodelan Kerawanan Kebakaran	272
7.2.1 Struktur Dasar <i>Framework</i>	273
7.2.2 Integrasi Dua Pendekatan: Langsung dan Tidak Langsung.....	274
7.2.3 Replikasi dan Skalabilitas	274
7.3 Temuan Penelitian	275
7.4 Keterbatasan Penelitian	278
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN.....	281
8.1 Kesimpulan.....	281
8.2 Saran	282
DAFTAR PUSTAKA	284



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

**Pengembangan Pemodelan Spasial Kerawanan Kebakaran Bangunan Berbasis Citra Satelit Dan
Evaluasi Zona
Layanan Pemadam Kebakaran (Studi Kasus: Kecamatan Banjarmasin Utara, Tengah dan Barat, Kota
Banjarmasin)**

Faris Ade Irawan, Drs. Projo Danoedoro , M.Sc.,Ph.D.

Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

LAMPIRAN	317
----------------	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Data kejadian kebakaran tahun 2020 di Kota Banjarmasin (Sumber: laporan BPBD, sosial media, portal berita online).....	2
Gambar 1. 2 Kejadian kebakaran permukiman di Kota Banjarmasin (Sumber: Instagram dan tweeter).....	2
Gambar 1. 3 Kedudukan penelitian dalam interaksi ilmu.....	16
Gambar 2. 1. Laporan versi <i>Instagram</i> akun resmi BPBD Kota Banjarmasin. (Sumber: Sosmed <i>IG</i> BPBD Kota Banjarmasin, @bpbd_kota_banjarmasin).....	45
Gambar 2. 2. Posisi PJ dalam multi disiplin ilmu. (Sumber: Jensen, 2007 dalam Danoedoro, 2012).....	48
Gambar 2. 3. Sistem penginderaan jauh dalam penyadapan informasi permukaan bumi, pengolahan dan penggunaannya (Sumber: T. M. Lillesand et al., 2015) ..	48
Gambar 2. 4 Resolusi Spasial dengan perbandingan beberapa citra (Sumber: Jensen, 2007).....	51
Gambar 2. 5 Resolusi Spektral (Sumber: Jensen, 2007).....	52
Gambar 2. 6 Spesifikasi Citra WV-3	54
Gambar 2. 7 Satelit dan sensor satelit WV-3 (Sumber: https://maxar-blog-assets.s3.amazonaws.com/uploads/blogImages/2014/08/Worldview-3-inforgraphic.jpg).....	55
Gambar 2. 8 Contoh kenampakan atap bangunan sebagian wilayah Kecamatan Banjarmasin Tengah. (Sumber: Tangkapan layar <i>Google Earth</i> lokus penelitian)	69
Gambar 2. 9 Contoh struktur bangunan dan jenis atap di Kota Banjarmasin (Sumber: Survei lapangan, Februari 2023)	71
Gambar 2. 10 Kurva pantulan spektral sederhana objek dipermukaan bumi (Sumber: Yan & Shaker, 2015).....	72
Gambar 2. 11 <i>Network Analysis</i> menggunakan ArcGIS (Sumber: https://esri-es.github.io).....	83
Gambar 2. 12 Alur <i>Cross Validation</i> (Sumber: X. Wang & Li, 2022).....	95
Gambar 2. 13. Diagram Kerangka Teori.....	108
Gambar 2. 14. Alur kriteria kerawanan kebakaran di wilayah penelitian.....	112

Gambar 3. 1 Diagram alir penyiapan data input	122
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian.....	123
Gambar 3. 3 Bagan Alir pengumpulan dan pengolahan data kejadian kebakaran	130
Gambar 3. 4 <i>Script</i> perintah ubahgeocode dari alamat ke koordinat geografis (Sumber: <i>Respons Dan Permintaan Geocoding Geocoding API Google Developers</i> , 2009)	131
Gambar 3. 5. Nilai <i>surface reflectance</i> objek sampel di wilayah penelitian.....	135
Gambar 3. 6 Tahapan pengujian respons spektral WV-3	136
Gambar 3. 7. Kurva respons spektral Citra WV-3	138
Gambar 3. 8. Bagan alir tahapan transformasi citra: NDIOI (Iron Oxide Indeks)	139
Gambar 3. 9. Klasifikasi Kelas NDBI.....	141
Gambar 3. 10. Tahapan Pembuatan NDBI dari citra WV-3.	143
Gambar 3. 11 Bagan alir tahapan pembuatan titik spasial kebakaran.....	145
Gambar 3. 12 Teknis pembuatan <i>Network Dataset</i> dan Analisis <i>Service area</i> ..	146
Gambar 3. 13 Peta jaring jalan dan sebaran pos pemadam kebakaran.	148
Gambar 3. 14. Teknis pembuatan dataset <i>peta buffering</i> sungai	152
Gambar 3. 15. Verifikasi lokasi kejadian kebakaran	153
Gambar 3. 16. Tahapan detail <i>cloud computing</i> pembuatan model kerawanan kebakaran	157
Gambar 3. 17. Fase pelatihan (A) dan klasifikasi (B) dari pengklasifikasi <i>Random Forest (RF)</i> (sumber: Belgiu & Dragut, 2016)	161
Gambar 3. 18 Teknis tahapan evaluasi model	166
Gambar 4. 1. Peta administrasi Kota Banjarmasin	167
Gambar 4. 2. Grafik batang kejadian kebakaran tahun 2020-2021 (Sumber: berbagai sumber data dan berita <i>online</i>)	169
Gambar 4. 3. Peta lokus penelitian, Kecamatan Banjarmasin Utara, Tengah dan Barat, Kota Banjarmasin.	171
Gambar 4. 4. Grafik batang kejadian kebakaran tahun 2020 di 3 kecamatan. (Sumber: berbagai sumber data dan berita <i>online</i>)	173

Gambar 4. 5. Grafik batang kejadian kebakaran tahun 2021 di 3 kecamatan. (Sumber: berbagai sumber data dan berita <i>online</i>)	174
Gambar 4. 6. Grafik batang kejadian kebakaran tahun 2022 di 3 kecamatan. (Sumber: berbagai sumber data dan berita <i>online</i>)	175
Gambar 4. 7. Grafik batang kejadian kebakaran tahun 2020-2022 di 3 kecamatan. (Sumber: berbagai sumber data dan berita <i>online</i>)	176
Gambar 4. 8. Peta sebaran titik kebakaran tahun 2020-2021 di 3 kecamatan. ...	177
Gambar 4. 9. Fakta kejadian kebakaran di permukiman semi permanen. (Sumber: IG bpbd_kota_banjarmasin).....	179
Gambar 5. 1. RAW data citra panchromatic dan meta datanya	182
Gambar 5. 2. Raw data citra VNIR (<i>Visible Near-Infra Red</i>) dan metadata nya	182
Gambar 5. 3. Raw data 2 <i>scene</i> citra SWIR (<i>Short Wave Infra Red</i>) dan metadata nya.....	183
Gambar 5. 4. Kurva pantulan spektral beberapa contoh objek (Sumber: Zhuge et al., 2017).....	185
Gambar 5. 5. A-D: uji pantulan citra WV-3 sensor <i>panchromatic</i> sebelum dan sesudah koreksi. (sumber grafik: <i>USGS Spectral Library</i>).....	187
Gambar 5. 6. A-D: uji pantulan citra WV-3 sensor <i>multispectral</i> sebelum dan sesudah koreksi. (Sumber grafik: <i>USGS Spectral Library</i>).....	189
Gambar 5. 7. Validasi pantulan objek WV-3 saluran SWIR terkoreksi (sumber grafik: <i>USGS Spectral Library</i>)	191
Gambar 5. 8. Uji pantulan citra WV-3 hasil <i>pan sharp</i> dengan objek vegetasi. (sumber grafik: <i>USGS Spectral Library</i>)	193
Gambar 5. 9. Citra WV-3 true color RGB lokus penelitian.....	195
Gambar 5. 10. A. Kenampakan/visualisasi atap bangunan yang berkarat dan tidak berkarat dari proses transformasi citra <i>Band Differencing</i> = NIR2 – Biru, B. Kenampakan obyek yang sama dari citra WV-3 <i>True Color</i> , C. Inset peta di wilayah penelitian.....	196
Gambar 5. 11. Kurva regresi linier korosi dan non korosi, saluran Infra-merah dekat/NIR2 terhadap $NDIOI = (NIR2-B) / (NIR2+B)$	204

Gambar 5. 12. Kurva regresi linier korosi dan non korosi, saluran Merah terhadap NDIOI = (RED-B) / (RED+B).....	205
Gambar 5. 13. Citra transformasi indeks terpilih, <i>Normalized difference Iron Oxide Index</i> (NDIOI) = (NIR2-Blue)/(NIR2+Blue).....	206
Gambar 5. 14. Peta tutupan lahan (LC) permukiman dan non-permukiman (area terbuka, hutan, perkebunan, jalan dan tubuh air) Sumber: Peta Dasar RDTR Kota Banjarmasin Thn 2021	209
Gambar 5. 15. Citra NDIOI ter klasifikasi area permukiman Sumber: Peta Dasar RDTR Kota Banjarmasin Thn 2021 dan Citra WV-3.....	209
Gambar 5. 16. Citra NDIOI ter klasifikasi berdasarkan jenis atap bangunan Sumber: Peta Dasar RDTR Kota Banjarmasin Thn 2021 dan Citra WV-3	210
Gambar 5. 17. A-C: pemrosesan <i>resampling</i> sensor SWIR WV-3.....	214
Gambar 5. 18. Peta hasil klasifikasi NDBI.	215
Gambar 5. 19. A-E: alur validasi NDBI.....	216
Gambar 5. 20. Validasi titik lokasi kebakaran pada tahun 2020-2022. (Sumber: kegiatan lapangan 22 Agustus 2024)	218
Gambar 5. 21. A - B, Distribusi titik kejadian kebakaran di lokus penelitian tahun 2020-2022. (Sumber: kegiatan lapangan 22 Agustus 2024)	219
Gambar 5. 22. Peta hasil kerapatan kebakaran tahun 2020-2022. (Sumber: kegiatan lapangan 22 Agustus 2024).....	221
Gambar 5. 23. Hasil peta penyangga (<i>buffer</i>) jaringan sungai di lokus penelitian.	223
Gambar 5. 24. A-C: hasil <i>Network Dataset</i> jaring jalan di lokus penelitian.....	226
Gambar 5. 25. Hasil peta <i>service area</i> 3,5 dan 10 menit di lokus penelitian.....	227
Gambar 6. 1. Model kerawanan skenario 1.....	237
Gambar 6. 2. Akurasi model kerawanan skenario 1	237
Gambar 6. 3. Feature importance dari setiap band WV-3.....	239
Gambar 6. 4. Hasil klasifikasi model 1 (VNIR) dan contoh kesalahan klasifikasi akibat <i>spectral confusion</i> pada lahan terbuka.....	240
Gambar 6. 5. Visualisasi <i>Spectral Confusion</i> : atap seng berkarat vs tanah terbuka pada model 1	241

Gambar 6. 6. Model kerawanan skenario 2.....	243
Gambar 6. 7. Akurasi model kerawanan skenario 2	244
Gambar 6. 8. Model kerawanan skenario 3.....	245
Gambar 6. 9. Akurasi model kerawanan skenario 3	246
Gambar 6. 10. Feature importance layer NDIOI dan NDBI	247
Gambar 6. 11. Model kerawanan skenario 4.....	248
Gambar 6. 12. Akurasi model kerawanan skenario 4	249
Gambar 6. 13. Feature importance layer dataset pada model 4	251
Gambar 6. 14. Matriks perbandingan akurasi 4 model kerawanan kebakaran ...	255
Gambar 6. 15. Proporsi prediksi benar dan salah.....	257
Gambar 6. 16. Peta model 4 <i>overlay</i> dengan batas admin	259
Gambar 6. 17. Proporsi area rawan dan tidak rawan kebakaran per kecamatan.	261
Gambar 6. 18. Peta model 4 <i>overlay</i> dengan zona <i>service area</i>	262
Gambar 6. 19. Perbandingan proporsi area “tidak rawan” kebakaran per zona layanan.	264
Gambar 7. 1 Kerangka konseptual pemodelan kerawanan kebakaran.....	268

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Telaah Pustaka Penelitian Terdahulu	24
Tabel 2. 1 Tabel Daftar parameter dan variabel yang digunakan dalam penelitian serta kriteria tingkat kerawanan kebakaran.....	102
Tabel 3. 1. Alamat kejadian kebakaran tahun 2020 Kota Banjarmasin.	132
Tabel 3. 2 Nilai <i>value Surface reflectance</i> (SR) Percobaan operasi aljabar citra penentuan indeks saluran atap korosi dan non korosi.....	140
Tabel 3. 3 Daftar alamat dan koordinat kejadian kebakaran.....	155
Tabel 5. 1. Nilai regresi saluran tiap metode pan-sharp.....	193
Tabel 5. 2. Daftar tampilan visualisasi dan nilai kurva pantulan spektral atap korosi dan non korosi	198
Tabel 5. 3. Matriks hasil transformasi indeks citra dari 6 operasi aljabar	201
Tabel 5. 4. Matriks sebaran korosi dan non korosi	212
Tabel 6. 1. Atribut tabel perhitungan zonal statistics by batas kecamatan	260
Tabel 6. 2. Atribut tabel perhitungan zonal statistics by service area.....	262