

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	v
LEMBAR PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
HALAMAN PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SKRIP	xv
INTISARI	xivv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penginderaan Jauh.....	8
2.2 Suhu Permukaan Lahan	9
2.3 Penginderaan Jauh Sistem Termal.....	11
2.4 Citra Landsat	12
2.5 Citra <i>Sentinel-2</i> MSI	16
2.6 <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI).....	17
2.7 <i>Normalized Difference Built-Up Index</i> (NDBI)	19
2.8 Komputasi Awan Menggunakan <i>Google Earth Engine</i>	21
2.9 Regresi Linier Sederhana	23
2.10 Uji Usabilitas.....	25
2.11 Penelitian Terdahulu dan Penelitian Ini.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Lokasi Penelitian.....	35
3.2 Alat dan Bahan	37

3.2.1 Alat	37
3.2.2 Bahan	38
3.3 Tahapan Penelitian	38
3.3.1 Tahapan Persiapan.....	38
3.3.2 Tahap Pra-pengolahan Data	39
3.3.2.1 Pengumpulan Data	39
3.3.2.1.1 Pengumpulan Data Penginderaan Jauh (Citra Primer).....	39
3.3.2.1.2 Pengumpulan Data Penginderaan Jauh (Citra Sekunder)	39
3.3.2.1.3 Pengumpulan Data Area Kajian	40
3.3.2.2 Tahap akses ke <i>platform</i> Google Earth Engine (GEE).....	40
3.3.2.3 Penetapan Rentang Waktu Musim Kemarau.....	41
3.3.2.4 Pengimporan Data Batas Area Kajian.....	42
3.3.2.5 Pengimporan Data Citra Landsat	43
3.3.2.6 Penggunaan Metode <i>Cloud Masking</i>	43
3.3.2.7 Tahapan <i>Filtering</i> Citra	44
3.3.2.8 Pemotongan Citra.....	44
3.3.3 Ekstraksi Suhu Permukaan Lahan (LST).....	45
3.3.3.1 Perhitungan <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI).....	46
3.3.3.2 Perolehan Proporsi Vegetasi.....	46
3.3.3.3 Perolehan Emisivitas Permukaan.....	47
3.3.3.4 Perolehan <i>Brightness Temperature</i>	48
3.3.3.5 Perolehan LST.....	49
3.3.4 Penentuan Titik Sampel	49
3.3.5 Perhitungan <i>Normalized Built-Up Index</i> (NDBI)	51
3.3.6 Verifikasi Data.....	52
3.3.6.1 Verifikasi Data LST.....	52
3.3.6.2 Keselarasan Data Indeks Landsat dengan Sentinel-2 MSI	53
3.3.7 Uji Regresi Linier Sederhana	54
3.4 Tahap Visualisasi Data	55
3.4.1 Penyusunan <i>Mock-Up Earth Engine Apps</i>	55
3.4.2 Publikasi <i>Earth Engine Apps</i>	55
3.5 Uji Usabilitas Aplikasi Earth Engine	56
3.6 Diagram Alir Penelitian	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60

4.1 Pengolahan Data.....	60
4.1.1 Prapengolahan Data	60
4.1.2 Pengolahan LST	65
4.1.2.1 Transformasi NDVI.....	65
4.1.2.2 Perolehan Nilai Proporsi Vegetasi (Pv).....	67
4.1.2.3 Perolehan Nilai Emisivitas Permukaan.....	70
4.1.2.4 Penentuan <i>Brightness Temperature</i>	72
4.1.2.5 Ekstraksi Nilai <i>Land Surface Temperature</i> (LST)	74
4.1.3 Transformasi NDBI.....	75
4.1.4 Regresi Linear Sederhana	77
4.2 Verifikasi Data LST.....	81
4.3 Keselarasan Data Indeks Landsat dengan Sentinel-2 MSI	104
4.4 Analisis Model <i>Land Surface Temperature</i> (LST) Tahun 2001-2025.....	111
4.4.1 Karakteristik Statistik Nilai LST.....	111
4.4.2 Klasifikasi <i>Land Surface Temperature</i> (LST)	114
4.4.3 Distribusi Nilai <i>Land Surface Temperature</i> (LST).....	115
4.5 Uji Regresi Linier Sederhana NDVI Terhadap Suhu Permukaan Lahan ..	136
4.6 Uji Regresi Linier Sederhana NDBI Terhadap Suhu Permukaan Lahan ..	137
4.7 Visualisasi Aplikasi <i>Earth Engine</i>	141
4.8 Uji Usabilitas pada Aplikasi <i>Earth Engine</i>	146
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	151
5.1 Kesimpulan	151
5.2 Saran.....	152
DAFTAR PUSTAKA.....	153
LAMPIRAN.....	163

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Anomali dan Suhu Udara Rata-Rata Tahunan Nasional	1
Gambar 2. Anomali dan Suhu Rata-Rata Tahunan Tahun 2024 Terhadap Periode 1991-2020	2
Gambar 3. Komponen Penginderaan Jauh	8
Gambar 4. Suhu Bumi.....	10
Gambar 5. Perbedaan Tutupan Lahan sebagai Dasar Analisis NDVI dan LST	19
Gambar 6. Nilai Albedo pada Berbagai Jenis Permukaan Lahan sebagai Dasar Analisis NDBI.....	21
Gambar 7. Berbagai Fitur Google Earth Engine.....	23
Gambar 8. <i>Scatter Plot</i> Regresi Linier LST dengan Lahan Terbangun dan NDVI	25
Gambar 9. Skema <i>Usability</i>	26
Gambar 10. Peta Lokasi Penelitian	36
Gambar 11. Proses Pemilihan Akun pada Google Earth Engine	40
Gambar 12. Peta Normal Awal Musim Kemarau Zona Musim Provinsi Jawa Tengah	41
Gambar 13. Peta Normal Awal Musim Hujan Zona Musim Provinsi Jawa Tengah	42
Gambar 14. Antarmuka Google Earth Engine	42
Gambar 15. Koleksi Citra Landsat 5,7, dan 8 <i>Collection 2 Tier 1 TOA Reflectance</i>	43
Gambar 16. Script Pemotongan Citra Google Earth Engine.....	45
Gambar 17. Kode GEE Uji Regresi Linier	54
Gambar 18. Mock-up Earth Engine Apps	55
Gambar 19. Diagram Alir Penelitian.....	59
Gambar 20. Tampilan Data AOI setelah Diimpor ke Aset GEE	61
Gambar 21. Tampilan AOI dalam GEE	61
Gambar 22. Hasil NDVI	65
Gambar 23. Hasil NDVI di Kabupaten Klaten Tahun 2025	67
Gambar 24. Tampilan Hasil <i>Brightness Temperature</i> Tahun 2025	73
Gambar 25. Grafik Nilai <i>Brightness Temperature</i> di Kabupaten Klaten Tahun 2001-2025	74
Gambar 26. Peta Persebaran NDBI Kabupaten Klaten Tahun 2025.....	77
Gambar 27. Hasil Sampe Uji Regresi Linier	78
Gambar 28. Tutupan Lahan AOI Dilihat Melalui Google Earth Pro	79
Gambar 29. Peta Persebaran Titik Sampel LST Tahun 2025	83
Gambar 30. Peta Persebaran Titik Sampel LST Tahun 2025 Melalui Avenza Map	84
Gambar 31. Perbedaan Nilai Suhu Aktual antara Alat Fluke 561 (kanan) dan Krisbow 50°C hingga 380°C (kiri)	85
Gambar 32. Kelompok selisih suhu objek di lapangan dengan citra Landsat	103
Gambar 33. Hasil Uji Akurasi NDVI Landsat 8 dan Sentinel-2 Tahun 2025	106
Gambar 34. Scatter Plot Korelasi Pearson NDVI Landsat 8 dan Sentinel-2	108
Gambar 35. Hasil Uji Akurasi NDBI Landsat 8 dan Sentinel-2 Tahun 2025	109

Gambar 36. Scatter Plot Korelasi Pearson NDBI Landsat 8 dan Sentinel-2	110
Gambar 37. Grafik LST Rata-rata, Minimum, dan Maksimum Kabupaten Klaten Tahun 2001-2025	112
Gambar 38. Konversi Lahan Sawah Menjadi Jalan Tol di Kabupaten	112
Gambar 39. Distribusi Rata-rata Suhu Permukaan Lahan (LST) Tahun 2001-2025 per Kecamatan dalam Diagram Batang Horizontal	113
Gambar 40. Distribusi LST di Kabupaten Klaten Tahun 2001	118
Gambar 41. Distribusi LST di Kabupaten Klaten Tahun 2007	121
Gambar 42. Distribusi LST di Kabupaten Klaten Tahun 2013	125
Gambar 43. Distribusi LST di Kabupaten Klaten Tahun 2019	128
Gambar 44. Distribusi LST di Kabupaten Klaten Tahun 2025	135
Gambar 45. Hasil Regresi Linier Sederhana NDVI terhadap LST	136
Gambar 46. Hasil Regresi Linier Sederhana NDVI terhadap LST	137
Gambar 47. Hasil Regresi Linier Sederhana NDBI terhadap LST	138
Gambar 48. Hasil Regresi Linier Sederhana NDBI terhadap LST	138
Gambar 49. Tampilan Earth Engine Apps	141
Gambar 50. Tampilan Judul, Deskripsi Aplikasi, dan Petunjuk Aplikasi	142
Gambar 51. Tampilan Beberapa Navigasi Tab	142
Gambar 52. Tampilan Tab LST	143
Gambar 53. Tampilan Mode Perbandingan Dua Tahun LST	143
Gambar 54. Tampilan Tab NDVI	144
Gambar 55. Tampilan Tab NDBI	145
Gambar 56. Tampilan Tab Info	145
Gambar 57. Tampilan Legenda LST	146
Gambar 58. Diagram Lingkaran Kategori Responden Uji Usabilitas Aplikasi Earth Engine	147
Gambar 59. Diagram Persentase Uji Usabilitas Terhadap Lima Aspek	150

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi <i>Landsat 5</i>	13
Tabel 2. Spesifikasi <i>Landsat 7</i>	14
Tabel 3. Spesifikasi <i>Landsat 8</i>	16
Tabel 4. Spesifikasi Sentinel-2 MSI.....	17
Tabel 5. Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Ini	30
Tabel 6. Alat Penelitian	37
Tabel 7. Bahan Penelitian.....	38
Tabel 8. Jenis Objek yang Digunakan sebagai Sampel Verifikasi	50
Tabel 9. Tahapan Proses Verifikasi.....	52
Tabel 10. Pertanyaan Uji Usabilitas	56
Tabel 11. Representasi Visual Citra <i>Landsat</i> dengan <i>True Color Composite</i>	64
Tabel 12. Tampilan Proporsi Vegetasi di Kabupaten Klaten.....	69
Tabel 13. Tampilan Emisivitas Permukaan di Kabupaten Klaten.....	71
Tabel 14. Perbedaan Spesifikasi Alat untuk Verifikasi Objek di Lapangan.....	84
Tabel 15. Tabel Verifikasi LST (°C) Tahun 2025	92
Tabel 16. Rincian Objek Berdasarkan Kelompok Suhu Objek di Lapangan	103
Tabel 17. Nilai <i>Min</i> , <i>Mean</i> , <i>Max</i> LST Tahun 2001-2025 (°C)	111
Tabel 18. Klasifikasi LST	114
Tabel 19. Nilai Kelas Rata-Rata LST di Kabupaten Klaten Tahun 2001-2007 ..	135
Tabel 20. Titik Sampel Ekstraksi Nilai NDBI, NDVI, dan LST.....	139
Tabel 21. Objek Sampel Melalui Google Earth Pro.....	140
Tabel 22. Rincian Uji Usabilitas Aspek <i>Learnability</i>	147
Tabel 23. Rincian Uji Usabilitas Aspek <i>Efficiency</i>	148
Tabel 24. Rincian Uji Usabilitas Aspek <i>Memorability</i>	149
Tabel 25. Rincian Uji Usabilitas Aspek <i>Errors</i>	149
Tabel 26. Rincian Uji Usabilitas Aspek <i>Satisfaction</i>	150

DAFTAR SKRIP

Skrif 1. Impor Data AOI pada Kode Editor.....	60
Skrif 2. <i>Function Cloud Masking</i>	62
Skrif 3. Komposit Median dan Pemotongan Citra Sesuai Wilayah Kajian.....	63
Skrif 4. Transformasi NDVI	65
Skrif 5. Penetapan Nilai Ambang Batas NDVI	66
Skrif 6. Perhitungan Nilai Minimum dan Maksimum NDVI.....	68
Skrif 7. Perolehan Proporsi Vegetasi (PV)	68
Skrif 8. Perolehan Nilai Emisivitas Permukaan	70
Skrif 9. Pengambilan Nilai <i>Brightness Temperature</i>	73
Skrif 10. Ekstraksi Nilai LST	75
Skrif 11. Transformasi NDBI (Indeks Bangunan).....	75
Skrif 12. Penetapan Nilai Ambang Batas NDBI	76
Skrif 13. Proses Pengambilan Sampel di Google Earth Engine.....	78
Skrif 14. Kombinasi Citra dan Pengambilan Nilai Variabel pada Titik Sampel ..	70
Skrif 15. Uji Regresi Linier Sederhana	80
Skrif 16. <i>Scatter Plot</i> Uji Regresi Linier Sederhana	81
Skrif 17. Kalkulasi NDVI dan NDBI Berbasis Citra Sentinel-2.....	104
Skrif 18. Proses Resample Indeks Citra Sentinel-2 ke 30 meter.....	105
Skrif 19. Pengujian Akurasi Data NDBI	106
Skrif 20. Perhitungan Nilai Rata-Rata dan Standar Deviasi LST	114
Skrif 21. Perhitungan Nilai Rata-Rata dan Standar Deviasi LST Seluruh Tahun Sesuai Referensi	115
Skrif 22. Pengkelasan LST dengan Metode <i>Density Slice</i>	115