

SKRIPSI

PREDIKSI SUHU PERMUKAAN LAHAN DENGAN MENGUNAKAN TEKNOLOGI CITRA MULTITEMPORAL DI KOTA MAKASSAR, PAREPARE, PALOPO TAHUN 2031

Disusun dan diajukan oleh

A.M. YUNUS FURQAN RAMDANI R

M0111 81 514



**DEPARTEMEN KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

PREDIKSI SUHU PERMUKAAN LAHAN DENGAN MEMANFAATKAN TEKNOLOGI CITRA MULTITEMPORAL DI KOTA MAKASSAR, PAREPARE, PALOPO TAHUN 2031

Disusun dan diajukan oleh

A.M. YUNUS FURQAN RAMDANI R

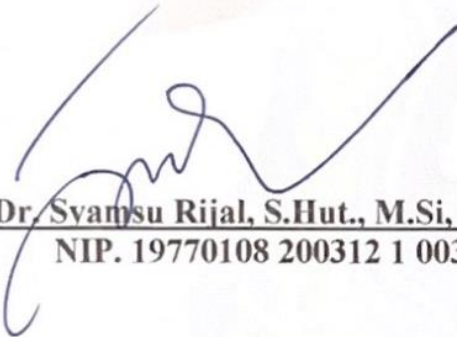
M011181514

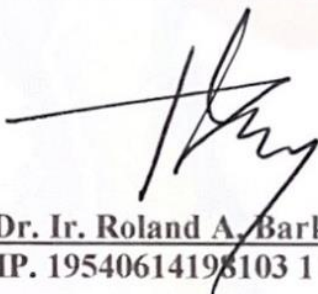
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas
Kehutanan Universitas Hasanuddin
pada tanggal
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,


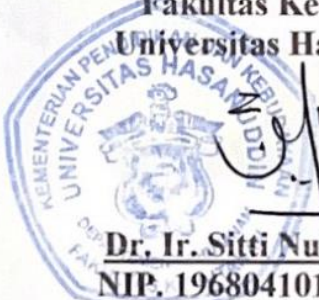
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Dr. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si, IPU
NIP. 19770108 200312 1 003


Dr. Ir. Roland A. Barkey
NIP. 19540614196103 1 007

Mengetahui,
**Ketua Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin**



Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P
NIP. 196804101995122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : A.M. Yunus Furqan Ramdani R
NIM : M011181514
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**PREDIKSI SUHU PERMUKAAN LAHAN DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI CITRA MULTITEMPORAL DI KOTA MAKASSAR,
PAREPARE, DAN PALOPO TAHUN 2031**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 23 Mei 2023

Yang Menyatakan



A. M. Yunus Furqan Ramdani

R

ABSTRAK

A.M. Yunus Furqan Ramdani R (M0111 81 514). Prediksi Suhu Permukaan Lahan Dengan Menggunakan Teknologi Citra Multitemporal di Kota Makassar, Parepare, dan Palopo Tahun 2031 di bawah bimbingan Syamsu Rijal dan Roland A. Barkey.

Perubahan pembangunan mempengaruhi beberapa sektor, yaitu sektor sosial, politik, dan ekonomi sebagai akibat dari kondisi lingkungan sekitar yang sering berubah akibat tingginya tuntutan kebutuhan pembangunan tertentu, dan yang menjadi korban dari perubahan tersebut adalah kawasan hijau. Konversi lahan sangat umum terjadi, terutama di perkotaan, sehingga menyebabkan ketidakstabilan suhu di dalamnya yang disebabkan oleh material buatan yang memantulkan radiasi matahari. Metode yang digunakan adalah menghitung dinamika tutupan lahan dengan klasifikasi terpandu, perhitungan suhu permukaan lahan menggunakan saluran termal, kemudian dilakukan prediksi tutupan lahan menggunakan metode *cellular automata*. Hasil prediksi tutupan lahan juga digunakan sebagai masukan dalam memprediksi suhu permukaan lahan. Hasil yang diperoleh adalah tutupan lahan dari tahun 2011 dan 2021 menunjukkan peningkatan di Kota Makassar dengan tutupan lahan terbangun sebesar 21%, Kota Parepare meningkat sebesar 1,87%, dan Kota Palopo meningkat sebesar 7,86%. Penambahan lahan terbangun telah menempati lahan sawah, vegetasi, dan lahan terbuka yang mengakibatkan Kota Makassar dan Kota Parepare kehilangan daerah suhu rendah 20 dan munculnya suhu 28-32 C sedangkan Kota Palopo suhu 28 -32 Peningkatan luas lahan terbangun sebesar 41,9% Peningkatan terbesar di Kota Makassar, Parepare dan Palopo berturut-turut dengan peningkatan suhu rata-rata 0,06°C, 0,04°C, 0,01°C. Prediksi temperatur tahun 2031 akan mengalami kenaikan berdasarkan pemodelan yang dilakukan dengan temperatur yang terjadi di Kota Makassar pada tahun 2031. Kelas temperatur 28 - 32°C, Kota Parepare mengalami kenaikan temperatur pada kelas 28 - 32°C, dan Kota Palopo mengalami kenaikan suhu di kelas 28 - 32°C.

Kata Kunci: Land Surface Temperature, Landcover Changing, Remote Sensing, Cellular Automata, Makassar City, Parepare City, Palopo City.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul *“Prediksi Suhu Permukaan Lahan Dengan Memanfaatkan Teknologi Citra Multitemporal di Kota Makassar, Parepare, dan Palopo Tahun 2031”*. Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang diajukan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan program pendidikan Sarjana (S1) Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin Makassar.

Selama penelitian dan penyusunan skripsi ini, tentunya terdapat banyak kendala yang dihadapi serta keterbatasan penulis. Namun, berkat bantuan, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak **Dr. Ir. Syamsu Rijal., S.Hut., M.Si., IPU** dan Bapak **Dr. Ir. Roland A. Barkey** selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan meluangkan waktunya untuk membantu penyusunan skripsi ini.
2. Bapak **Dr. Ir. Beta Putranto, M.Sc** dan Bapak **Chairil A, S.Hut., M.Hut** selaku dosen penguji yang telah membantu memberikan masukan dan saran yang sangat membangun untuk penyusunan skripsi ini.
3. Ketua Departemen Kehutanan Bapak **Dr. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si, IPU** dan Sektetaris Departemen Ibu **Gusmiaty, S.P., M.P** dosen penasehat akademik Ibu **Ir. Adrayanti Sabar, S.Hut., M.P., IPM** serta seluruh **Dosen** dan **Staf Administrasi** Fakultas Kehutanan atas bantuannya.
4. Orang tua yang saya cintai **Abd. Razad, S.Pd** dan **Darmawati, S.Sos** yang telah memberikan dukungan baik doa, moral dan materi selama menempuh studi dan proses penyusunan skripsi ini.
5. Saudara saya **A. Agus Budi Hartono Razad, S.Hut** yang selalu memberikan semangat dan dukungan berupa doa kepada penulis.
6. Teman – teman yang saya kasihi **Fadli, Fadhlu, Jessica, Tita, Azwar, Ayu, Awal,** dan **Ainur** yang telah memberikan dukungan, motivasi serta bantuannya selama ini.

7. Segenap keluarga **Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan** atas dukungan berupa doa kepada penulis.
8. Teman – teman **SOLUM 2018** yang telah memberikan dukungan dan motivasi.
9. Keluarga besar **IKA SKMA, PARADISAEA RUBRA, PSIK18, KKN-T 108 Posko 3 Desa Bulue** yang telah mendampingi selama penelitian dan membantu dalam penyusunan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu, yang telah memberikan dukungan dan doa demi kelancaran penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki, sehingga penulis sangat mengharapkan masukan dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Makassar, 23 Mei 2023

A.M Yunus Furqan Ramdani R

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	4
KATA PENGANTAR	5
DAFTAR ISI	7
DAFTAR GAMBAR	9
DAFTAR TABEL	11
DAFTAR LAMPIRAN	14
I. PENDAHULUAN	16
1.1 Latar Belakang	16
1.2 Tujuan dan Kegunaan	18
II. TINJAUAN PUSTAKA	19
2.1 Perubahan Penutupan Lahan	19
2.2 Suhu Permukaan Lahan	20
2.3 Penginderaan Jauh	21
2.3.1 Citra Landsat	21
2.3.2 Interpretasi Citra	24
2.4 <i>Support Vector Machine</i>	28
2.5 Model <i>Cellular Automata</i>	30
2.5.1 Faktor Pendorong	31
2.6 Prediksi Suhu Permukaan Lahan	32
III. METODE PENELITIAN	35
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.2 Alat dan Bahan	35
3.3 Prosedur Penelitian	36
3.4 Pengumpulan Data	36
3.5 Pengelolaan Data	38
3.5.1 Menentukan Top of Atmospheric Spectral Radiance (TOA)	38
3.5.2 Memotong Citra (Cropping)	39

3.5.3	Penggabungan Band (<i>Layer Stacking</i>).....	39
3.5.4	Klasifikasi Tutupan Lahan.....	40
3.5.5	Penetapan Titik Lokasi Pengecekan Data Lapangan	41
3.5.6	Validasi Data Lapangan.....	41
3.5.7	Identifikasi Variabel Faktor Pendorong.....	42
3.5.8	Prediksi Suhu Permukaan Lahan.....	43
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	44
4.1.1	Kondisi Fisik Kelerengan dan Topografi	47
4.1.2	Kondisi Sosial dan Ekonomi	50
4.2	Penutupan Lahan	53
4.2.1	Kota Makassar	55
4.2.2	Kota Parepare	58
4.2.3	Kota Palopo	62
4.3	Faktor Pendorong Perubahan Penutupan Lahan.....	66
4.3.1	Kota Makassar	66
4.3.2	Kota Parepare	70
4.3.3	Kota Palopo	74
4.4	Proyeksi Tutupan Lahan	78
4.4.1	Kota Makassar	78
4.4.2	Kota Parepare	83
4.4.3	Kota Palopo	89
4.5	Prediksi Suhu Permukaan Lahan 2031	94
4.5.1	Kota Makassar	94
4.5.2	Kota Parepare	100
4.5.3	Kota Palopo	106
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	112
5.1	Kesimpulan	112
5.2	Saran	112
	DAFTAR PUSTAKA	113
	LAMPIRAN	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Support Vector Machine Secara Linear	29
Gambar 2.	Support Vector Machine Secara Polinomial	30
Gambar 3.	Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4.	Peta Administrasi Kota Makassar	45
Gambar 5.	Peta Administrasi Kota Parepare.....	46
Gambar 6.	Peta Administrasi Kota Palopo Kondisi Fisik.....	47
Gambar 7.	Nilai Piksel Training Set Tahun 2011	54
Gambar 8.	Nilai Piksel Training Set Tahun 2016	54
Gambar 9.	Nilai Piksel Training Set Tahun 2021	54
Gambar 10.	Peta Penutupan Lahan Kota Makassar Tahun 2011	56
Gambar 11.	Peta Penutupan Lahan Kota Makassar Tahun 2016	56
Gambar 12.	Peta Penutupan Lahan Kota Makassar Tahun 2021	57
Gambar 13.	Peta Penutupan Lahan Kota Parepare Tahun 2011	58
Gambar 14.	Peta Penutupan Lahan Kota Parepare Tahun 2011	59
Gambar 15.	Peta Penutupan Lahan Kota Parepare Tahun 2016	60
Gambar 16.	Peta Penutupan Lahan Kota Parepare Tahun 2021	60
Gambar 17.	Grafik Penutupan Lahan 2011 dan 2021 Kota Parepare.....	62
Gambar 18.	Peta Penutupan Lahan Kota Palopo Tahun 2011	63
Gambar 19.	Peta Penutupan Lahan Kota Palopo Tahun 2016	63
Gambar 20.	Peta Penutupan Lahan Kota Palopo Tahun 2021	64
Gambar 21.	Grafik Penutupan Lahan 2011 dan 2021 Kota Palopo	65
Gambar 22.	Grafik Penutupan Lahan 2021 dan 2031 Kota Makassar	82
Gambar 23.	Grafik Penutupan Lahan 2021 dan 2031 Kota Parepare.....	88
Gambar 24.	Grafik Penutupan Lahan 2021 dan 2031 Kota Palopo	93
Gambar 25.	Peta Sebaran Suhu Permukaan Lahan Kota Makassar Tahun 2011 ..	95
Gambar 26.	Peta Sebaran Suhu Permukaan Lahan Kota Makassar Tahun 2021 ..	95
Gambar 27.	Peta Sebaran Suhu Permukaan Lahan Kota Makassar Tahun 2031 ..	98
Gambar 28.	Peta Sebaran Suhu Permukaan Lahan Kota Parepare Tahun 2011 .	101
Gambar 29.	Peta Sebaran Suhu Permukaan Lahan Kota Parepare tahun 2021 ..	101
Gambar 30.	Peta Sebaran Suhu Permukaan Lahan Kota Parepare Tahun 2031 .	104

Gambar 31. Peta Sebaran Suhu Permukaan Lahan Kota Palopo Tahun 2011	107
Gambar 32. Peta Sebaran Suhu Permukaan Lahan Kota Palopo Tahun 2021	107
Gambar 33. Peta Sebaran Suhu Permukaan Lahan Kota Palopo Tahun 2031	109

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Saluran Landsat 8 dan Landsat 7	22
Tabel 2.	Penggunaan Kombinasi Band Citra Satelit Landsat 7 dan Landsat 8	26
Tabel 3.	Confusion Matrix	28
Tabel 4.	Data Rekaman Citra Landsat 7 dan 8	37
Tabel 5.	Data Rekaman Citra DEMNAS	37
Tabel 6.	Klasifikasi Penutupan Lahan	40
Tabel 7.	Luas Wilayah Menurut Topografi Kota Makassar	47
Tabel 8.	Luas Wilayah Menurut Topografi Kota Parepare	48
Tabel 9.	Luas Wilayah Menurut Topografi Kota Palopo	49
Tabel 10.	Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Makassar	50
Tabel 11.	Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Parepare	51
Tabel 12.	Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Palopo	52
Tabel 13.	Luas Perubahan Penutupan Lahan Kota Makassar Tahun 2011, 2016, dan 2021	55
Tabel 14.	Matrix Perubahan Penutupan Lahan Kota Makassar Tahun 2011 dan 2021	58
Tabel 15.	Luas Perubahan Penutupan Lahan Kota Parepare Tahun 2011, 2016, dan 2021	59
Tabel 16.	Matrix Perubahan Penutupan Lahan Kota Parepare Tahun 2011 dan 2021	61
Tabel 17.	Luas Perubahan Penutupan Lahan Kota Palopo Tahun 2011, 2016, dan 2021	62
Tabel 18.	Matriks Perubahan Penutupan Lahan Kota Palopo 2011 dan 2021	65
Tabel 19.	Uji Korelasi Faktor Pendorong dengan Nilai Cramer's V	66
Tabel 20.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Jalan Kota Makassar	68
Tabel 21.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Sungai Kota Makassar	68
Tabel 22.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kepadatan Penduduk Kota Makassar	68
Tabel 23.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Lahan dengan Topografi	69

Tabel 24. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Lahan dengan Kemiringan Lereng	69
Tabel 25. Uji Korelasi Faktor Pendorong dengan Nilai Cramer's V	70
Tabel 26. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Jalan Kota Parepare	72
Tabel 27. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Sungai Kota Parepare	72
Tabel 28. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kepadatan Penduduk Kota Parepare	72
Tabel 29. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Topografi Kota Parepare	73
Tabel 30. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kemiringan Lereng Kota Parepare.....	73
Tabel 31. Uji Korelasi Faktor Pendorong dengan Nilai Cramer's V	74
Tabel 32. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Jalan Kota Palopo.....	76
Tabel 33. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Sungai Kota Palopo	76
Tabel 34. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kepadatan Penduduk Kota Palopo.....	76
Tabel 35. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Topografi Kota Palopo	77
Tabel 36. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kemiringan Lereng Kota Palopo	77
Tabel 37. Perbandingan Luas Penutupan Lahan Tahun 2021 Aktual dan Proyeksi Kota Makassar	78
Tabel 38. Matriks Kemungkinan Perubahan Lahan Tahun 2011 dan 2021 Kota Makasar	79
Tabel 39. Luas Perubahan Lahan Tahun 2011, 2021, dan Proyeksi 2031 Kota Makassar.....	80
Tabel 40. Matriks Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2021 dan 2031 Kota Makassar.....	81
Tabel 41. Perbandingan Luas Penutupan Lahan Tahun 2021 Aktual dan Proyeksi Kota Parepare	83
Tabel 42. Matriks Kemungkinan Perubahan Lahan Tahun 2021 - 2031 Kota Parepare.....	84
Tabel 43. Luas Perubahan Tahun 2011, 2021, dan Proyeksi 2031 Kota Parepare	86
Tabel 44. Matriks Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2021 dan 2031 Kota Parepare.....	87

Tabel 45. Perbandingan Luas Penutupan Lahan Tahun 2021 Aktual dan Proyeksi Kota Palopo	89
Tabel 46. Matriks Kemungkinan Perubahan Lahan Tahun 2021 - 2031 Kota Palopo.....	90
Tabel 47. Luas Perubahan Lahan Tahun 2011, 2021, dan Proyeksi 2031 Kota Palopo.....	91
Tabel 48. Matriks Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2021 - 2031 Kota Palopo	92
Tabel 49. Perubahan Luasan Kelas Suhu Permukaan Lahan Tahun 2011 - 2021 Kota Makassar	96
Tabel 50. Perubahan Penutupan Lahan Terhadap Peningkatan Suhu Permukaan Lahan.....	96
Tabel 51. Luasan Prediksi Suhu Permukaan Lahan 2031 Kota Makassar.....	99
Tabel 52. Perubahan Luasan Kelas Suhu Permukaan Lahan Tahun 2011 - 2021 Kota Makassar	102
Tabel 53. Perubahan Penutupan Lahan Terhadap Peningkatan Suhu Permukaan Kota Parepare	102
Tabel 54. Luasan Prediksi Suhu Permukaan Lahan 2031 Kota Parepare	105
Tabel 55. Perubahan Luasan Kelas Suhu Permukaan Lahan 2011 - 2021 Kota Makassar.....	108
Tabel 56. Perubahan Penutupan Lahan Terhadap Peningkatan Suhu Permukaan Kota Palopo	108
Tabel 57. Luasan Prediksi Suhu Permukaan Lahan 2031 Kota Palopo.....	110

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Monogram Tipe Penutupan Lahan.....	116
Lampiran 2.	Hasil Pengecekan Lapangan Kota Makassar Tahun 2022	118
Lampiran 3.	Hasil Pengecekan Lapangan Kota Parepare	121
Lampiran 4.	Hasil Pengecekan Lapangan Kota Palopo Tahun 2022	126
Lampiran 5.	Peta Penentuan Groundcheck Penutupan Lahan Kota Makassar ...	131
Lampiran 6.	Peta Penentuan Groundcheck Penutupan Lahan Kota Parepare ...	132
Lampiran 7.	Peta Penentuan Groundcheck Penutupan Lahan Kota Parepare.....	133
Lampiran 8.	Kappa Accuracy Kota Makassar.....	134
Lampiran 9.	Kappa Accuracy Kota Parepare.....	135
Lampiran 10.	Kappa Accuracy Kota Palopo.....	136
Lampiran 11.	Peta Penutupan Lahan Hasil Proyeksi 2021 Kota Makassar	137
Lampiran 12.	Peta Penutupan Lahan Hasil Proyeksi 2021 Kota Parepare	138
Lampiran 13.	Peta Penutupan Lahan Hasil Proyeksi 2021 Kota Palopo	139
Lampiran 14.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Jalan Kota Makassar	140
Lampiran 15.	kaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Sungai Kota Makassar.....	141
Lampiran 16.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kepadatan Penduduk Kota Makassar	142
Lampiran 17.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Topografi Kota Makassar	143
Lampiran 18.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kemiringan Lereng Kota Makassar.....	144
Lampiran 19.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Jalan Kota Parepare	145
Lampiran 20.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Sungai Kota Parepare	146
Lampiran 21.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kepadatan Penduduk Kota Parepare	147
Lampiran 22.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kepadatan Penduduk Kota Parepare	148
Lampiran 23.	Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Topografi Kota Parepare.....	149

Lampiran 24. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kemiringan Lereng Kota Parepare	150
Lampiran 25. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Jalan Kota Palopo	151
Lampiran 26. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Jarak dari Sungai Kota Palopo	152
Lampiran 27. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kepadatan Penduduk Kota Palopo	153
Lampiran 28. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Topografi Kota Palopo.....	154
Lampiran 29. Keterkaitan Faktor Pendorong dengan Luas Perubahan Penutupan Lahan dengan Kemiringan Lereng Kota Palopo.....	155
Lampiran 30. Validasi Model Kstandard Kota Parepare	156
Lampiran 31. Validasi Model Kstandard Kota Makassar	157
Lampiran 32. Validasi Model Kstandard Kota Palopo	158

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan pembangunan menyebabkan beberapa sektor ikut terpengaruhi yakni diantaranya adalah keadaan sosial, politik, dan ekonomi akibat dari keadaan lingkungan sekitar yang seringkali mengalami perubahan dikarenakan permintaan yang tinggi akan kebutuhan-kebutuhan pembangunan tertentu, dan yang menjadi korban dari perubahan tersebut adalah daerah lahan hijau atau vegetasi. Konversi lahan sangat umum terjadi terutama pada daerah perkotaan, sehingga menyebabkan ketidakstabilan suhu di dalamnya yang diakibatkan oleh material buatan yang memantulkan radiasi matahari.

Pengukuran suhu permukaan bumi secara efisien adalah dengan menggunakan teknik penginderaan jauh. Perolehan suhu permukaan menggunakan citra satelit dengan saluran termal menjadi hal penting dalam menganalisa pemanasan global dan perubahan iklim. Estimasi suhu permukaan objek di bumi menjadi penting untuk menilai kontribusi tiap-tiap objek terhadap suhu permukaan. Hal ini dikarenakan tiap objek atau tutupan lahan memiliki suhu yang berbeda-beda. Perubahan objek dengan kapasitas termal tinggi akan menyebabkan suhu meningkat, yang terjadi pada kawasan perkotaan atau kawasan pertambangan (Shirani-bidabadi dkk., 2019). Sebaliknya jika kawasan menjadi hutan atau kawasan bervegetasi, maka akan menyebabkan suhu menurun. Terdapat hubungan antara kehadiran kawasan terbuka hijau dan suhu permukaan di suatu kawasan (Levermore dkk., 2018).

Perkembangan penelitian mengenai hubungan antara tutupan lahan dengan suhu permukaan lahan mulai diteliti pada tahun 1989 – 2002. Meneruskan penelitian sebelumnya, Rushayati dan Hermawan (2013) melakukan identifikasi pada rentang tahun 2006-2010. Lain halnya dengan Ahmad (2021) yang melakukan penelitian hubungan antara tata guna lahan dan *urban heat island* dengan citra landsat 8 di zona 1 Kota Makassar dan analisis pengaruh perubahan penutupan lahan terhadap *urban heat island* berbasis citra penginderaan jauh di Kota Makassar. Keduanya sama-sama menyoroti tentang perlunya peningkatan lahan

terbuka dan penerapan teknologi penginderaan jauh dalam pengendalian *surface urban heat island* (SUHI) di DKI Jakarta. Penelitian serupa di Indonesia tidak berhenti hanya sampai identifikasi saja. Dengan aplikasi metode *cellular automata* yang mampu memprediksi pola tutupan lahan di masa mendatang, beberapa peneliti telah menerapkan aplikasi tersebut pada penelitiannya. Sejati et al., (2019) menerapkan metode tersebut dalam memprediksi tutupan lahan Kawasan Metropolitan Semarang di tahun 2038 sebagai upaya untuk mengendalikan peningkatan suhu permukaan lahan. Berbeda dengan penelitian Firozjaei et al., (2018) telah mampu memprediksi suhu permukaan lahan di Kota Babol, Iran, yang diperoleh dari hasil prediksi tutupan lahan. Penelitian yang dilakukan oleh Febrianto dan Wahyu (2021) di DKI Jakarta dengan batas kajian Wilayah Administrasi DKI Jakarta. Sehingga penelitian ini tidak hanya berfokus pada identifikasi masalah, melainkan memprediksi kemungkinan tutupan lahan di masa depan sesuai dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) dan Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD), potensi penurunan intensitas emisi gas rumah kaca (GRK) serta melihat kemungkinan peningkatan suhu permukaan lahan di kota.

Provinsi Sulawesi Selatan yaitu Kota Makassar, Parepare, dan Palopo memiliki peranan cukup penting sebagai daerah maritim, perdagangan, pendidikan, budaya, dan layanan berorientasi global, khususnya yang bagi masyarakat yang bermukim di dalamnya. Hal tersebut sesuai dengan visi awal yang berasaskan cerdas, layak huni, dan berkelanjutan. Namun rencana tersebut menjadi khayalan semata akibat adanya pertumbuhan populasi manusia yang lebih tinggi dari apa yang diharapkan. Dampak perubahan iklim dan solusi teknologi baru sangat dibutuhkan dalam rangka pengelolaan kota yang berkelanjutan (*sustainable city*) yang sesuai dengan jargon Kota Makassar yakni *Smart city* dan *Sombere city*.

Beberapa penelitian telah dilakukan mengingat besarnya efek urbanisasi terutama pada sisi perubahan tutupan lahan dan peningkatan suhu perkotaan. Meskipun demikian, penelitian khususnya mengenai suhu permukaan lahan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh di Makassar, Parepare, dan Palopo selama ini terbatas kepada identifikasi masalah dan upaya mitigasinya. Seperti yang dilakukan oleh Khalil di tahun 2016 yang mengidentifikasi arahan pengembangan

ruang terbuka hijau berdasarkan distribusi suhu permukaan di Kawasan Metropolitan dan penelitian Ahmad di tahun 2021 yang menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap *urban heat island* berbasis citra penginderaan jauh di Kota Makassar, Palopo, dan Parepare. Peraturan presiden tentang pelaksanaan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan pada pasal (1) ayat (1) Tujuan Pembangunan Berkelanjutan/ *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang selanjutnya disingkat TPB adalah agenda pembangunan global untuk mengakhiri kemiskinan, meningkatkan kesejahteraan, dan melindungi planet, melalui pencapaian 17 (tujuh belas) tujuan sampai 2030 mengingat dengan peraturan tersebut sangat diperlukan tahapan-tahapan perencanaan yang kompleks.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melihat perubahan tutupan lahan dan suhu permukaan lahan antara tahun 2011 dan 2021 di Kota Makassar, Parepare dan Palopo.
2. Identifikasi peran faktor pendorong jarak dari jalan, jarak dari sungai, kepadatan penduduk, topografi, dan kemiringan lereng terhadap perubahan tutupan lahan.
3. Melihat prediksi perubahan tutupan lahan dan suhu permukaan lahan tahun 2031.

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan informasi *database* tentang prediksi suhu permukaan bumi tahun 2031 utamanya dalam mendukung program *Sustainable Development Goals* (SDG's). Hal ini pula sejalan dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia No 111 Tahun 2022 dalam pasal (1) ayat (1) yang berbunyi tujuan pembangunan berkelanjutan/*sustainable development goals* yang selanjutnya disingkat TPB adalah agenda pembangunan global untuk mengakhiri kemiskinan, meningkatkan kesejahteraan, dan melindungi planet, melalui 17 tujuan sampai tahun 2030.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perubahan Penutupan Lahan

Menurut Widiatmaka (2007), lahan adalah suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi, dan vegetasi dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi penggunaannya. Termasuk di dalamnya adalah akibat kegiatan manusia, baik pada masa lalu maupun sekarang, seperti reklamasi daerah-daerah pantai, penebangan hutan, dan akibat-akibat yang merugikan seperti erosi dan akumulasi garam. Faktor-faktor sosial dan ekonomi secara murni tidak termasuk dalam konsep ini. Adapun menurut FAO (1976) mendefinisikan lahan sebagai tanda pada suatu lokasi, baik yang bersifat cukup mantap maupun dapat diprediksi secara mendaur, dari biosfer, atmosfer, tanah, geologi, hidrologi, populasi tumbuhan, hewan serta hasil kegiatan manusia pada masa lampau hingga kini, sejauh tanda-tanda pengenal tersebut memberikan pengaruh atas penggunaan lahan.

Lahan memiliki berbagai macam pemaknaan, tergantung dari sudut pandang yang digunakan. Brinkman dan Smyth (1973) menganggap lahan sebagai suatu sistem yang memiliki fungsi dan struktur tertentu, dimana memungkinkan terjadinya interaksi antara sumber daya daratan yang mana sifatnya ditentukan oleh sumber daya yang lebih dominan dan besarnya interaksi yang terjadi di dalamnya. Sementara Purwowododo (1983) berpendapat bahwa lahan merupakan suatu lingkungan fisik dimana di dalamnya terdapat iklim, relief tanah, hidrologi dan flora yang mana sampai kadar tertentu dapat mempengaruhi kemampuan penggunaannya. Menurut Arsyad (2010), penggunaan lahan (*land use*) merupakan setiap bentuk campur tangan manusia terhadap lahan sebagai suatu upaya untuk memenuhi kebutuhan hidup (material maupun spritual). Meningkatnya beragam kepentingan manusia menjadikan lahan menjadi salah satu sumber daya yang rentan dengan perubahan fungsi dan penggunaan. Perubahan ini terjadi secara massif di berbagai penjuru dunia. Perubahan penggunaan lahan dapat terjadi setiap waktu, perubahan tersebut bisa disebabkan oleh faktor alamiah (*natural changes*) dan terjadi karena ulah manusia (*antropogenic*) (Kusrini et al., 2011). Perubahan

penggunaan lahan merupakan peralihan dalam tataguna dan tata kelola lahan oleh manusia (Giri, 2016).

Perubahan penggunaan lahan memiliki pola yang berbeda-beda tergantung dari letak geografis dimana tentu terdapat perberdaan antara daerah pegunungan/pedesaan dengan daerah perkotaan. Perubahan penggunaan lahan di kawasan pedesaan biasanya dari lahan bervegetasi, hutan beralih menjadi kawasan budidaya pertanian. Sementara untuk kawasan perkotaan, perubahan penggunaan lahan cenderung identik dari pertanian menjadi pemukiman, industri, dan infrastruktur (Kusrini dkk., 2011).

2.2 Suhu Permukaan Lahan

Suhu permukaan lahan atau *Land Surface Temperature* (LST) merupakan keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan dan media di bawah permukaan tanah. Dalam penginderaan jauh, temperatur permukaan tanah dapat didefinisikan sebagai suatu permukaan rata-rata dari suatu permukaan, yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda (Delarizka dan Sasmito, 2016).

Suhu merupakan gambaran umum energi pada suatu benda. Hal ini disebabkan oleh tingkat kemampuan benda dalam memberi atau menerima panas. Suhu seringkali dinyatakan sebagai energi kinetis rata-rata suatu benda yang dinyatakan dalam derajat suhu. Suhu di permukaan bumi makin rendah dengan bertambahnya lintang seperti halnya penurunan suhu menurut ketinggian. Pada kenyataannya bumi merupakan sumber pemanas, sehingga semakin tinggi suatu tempat maka semakin rendah suhunya (Handoko, 1995).

Sementara itu menurut Sutanto (1994), suhu permukaan didefinisikan sebagai suhu bagian terluar dari suatu objek. Suhu permukaan suatu objek tidak sama tergantung pada sifat fisik permukaan objek. Sifat fisik objek tersebut adalah emisivitas, kapasitas panas jenis dan konduktivitas thermal. Jika suatu objek memiliki emisivitas dan kapasitas panas jenis yang tinggi sedangkan konduktivitas thermalnya rendah, maka suhu permukaannya akan menurun, contohnya pada permukaan tubuh air. Sedangkan jika suatu objek memiliki emisivitas dan kapasitas panas jenis yang rendah dan konduktivitas thermalnya tinggi, maka suhu

permukaan akan meningkat, contohnya pada permukaan darat. Secara umum, suhu permukaan tertinggi akan terdapat di pusat kota dan menurun secara bertahap ke arah pinggiran kota sampai ke desa (Khusaini, 2008).

2.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu atau seni yang mempelajari dan memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala, dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat, tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau gejala yang akan dikaji (Lillesand et al., 2004). Kemajuan teknologi penginderaan jauh (indera) yang dikombinasikan dalam bidang ilmu sistem informasi geografis (SIG) menjadi bagian terpenting dalam kegiatan pengurusan sumberdaya alam dan lingkungan, mulai dari perencanaan sampai pengawasan.

Tutupan lahan dideteksi dengan menggunakan kombinasi band sinar tampak, inframerah dekat dan inframerah dimana energi yang direfleksikan dan direkam oleh sensor sangat bergantung kepada sifat - sifat obyek yang bersangkutan, seperti pigmentasi, kadar air, dan struktur sel daun atau percabangan dari vegetasi, kandungan mineral dan kadar air tanah dan tingkat sedimentasi pada air (Lillesand dkk., 2004). Pengukuran suhu permukaan dilakukan dengan memanfaatkan panjang gelombang termal yang juga dimiliki citra Landsat. Citra Landsat dapat digunakan untuk menduga suhu permukaan dengan simpangan sampai 1,5°K sebagaimana validasi yang dilakukan oleh (Jimenez-Munoz dkk., 2014)

2.3.1 Citra Landsat

Satelit landsat merupakan salah satu satelit yang digunakan untuk mengamati permukaan bumi. Satelit yang biasa dikenal sebagai satelit sumber daya alam karena fungsinya adalah untuk memetakan potensi sumber daya alam dan memantau kondisi lingkungan. Instrumen satelit Landsat telah menghasilkan jutaan citra. Citra tersebut diarsipkan di Amerika Serikat dan stasiun-stasiun penerima Landsat di seluruh dunia yang memiliki sumber daya untuk riset perubahan global dan aplikasinya pada pertanian, geologi, kehutanan, perencanaan daerah, pendidikan, dan keamanan nasional (Danoedoro, 2012).

Citra Landsat yang terbaru adalah landsat 8 OLI dan TIRS yang diluncurkan pada 11 Februari 2013 dari Vandenberg Air Force Base, California pada roket

Atlas-V 401 dengan *Extended Payload Fairing* (EPF) dari United Launch Alliance, LLC. Menurut NASA (2013), citra Landsat 8 OLI dan TIRS dilengkapi oleh 2 sensor yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) yang menyediakan cakupan musiman dari daratan global pada resolusi spasial 30 meter (*Visible*, NIR, SWIR), 100 meter (*Thermal*) dan 15 meter (*Panchromatic*) (Kurniadi et al., 2016).

Terdapat beberapa perbedaan pada band Satelit Landsat 8 OLI and TIRS dengan sebelumnya yaitu Landsat 7 ETM+. Perbedaan pada Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI and TIRS terletak pada *band Thermal Infrared*. Terdapat satu *band Thermal Infrared* pada Satelit Landsat 7 ETM+, sedangkan pada Satelit Landsat 8 OLI and TIRS memiliki dua *band Thermal Infrared*. Selain perbedaan jumlah *band Thermal Infrared*, resolusi spasial dari kedua satelit tersebut juga berbeda, yaitu 60 meter pada Satelit Landsat 7 ETM+ dan 100 meter pada Satelit Landsat 8 OLI dan TIRS. Satelit Landsat 8 OLI and TIRS terdapat dua band baru yaitu *band Coasatal/Aerosol* dan *band Cirrus* yang tidak ada pada Satelit Landsat 7 ETM+. Perbedaan saluran Landsat 7 dan saluran Landsat 8 dapat terlihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Saluran Landsat 8 dan Landsat 7

Citra	Kanal	Panjang Gelombang (mikrometer)	Resolusi (meter)
Landsat-8 OLI	Band 1 - Coastal aerosol	0,435 – 0,451	30 m
	Band 2 - Blue	0,452 – 0,512	30 m
	Band 3 - Green	0,533 – 0,590	30 m
	Band 4 - Red	0,636 – 0,673	30 m
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0,851 – 0,879	30 m
	Band 6 - SWIR 1	1,566 – 1,651	30 m
	Band 7 - SWIR 2	2,107 – 2,294	30 m
	Band 8 - Panchromatic	0,503 – 0,676	15 m
	Band 9 - Cirrus	1,363 – 1,384	30 m
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10,60 – 11,19	100 m
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11,50 – 12,51	100 m
Lansat-7 ETM	Kanal 1 - Biru	0,45-0,52	30 m
	Kanal 2 - Hijau	0,52-0,60	30 m
	Kanal 3 - Merah	0,63-0,69	30 m
	Kanal 4 - Infrared dekat	0,76-0,90	30 m
	Kanal 5 - Infrared (Tengah I)	1,55-1,75	30 m
	Kanal 6 - Infrared (Thermal)	10,40-12,50	30 m
	Kanal 7 - Infrared (Tengah II)	2,09-2,35	30 m
	Kanal 8 - (Pancromatik)	0,52-0,90	15 m

Sumber: *United States Geological Survey (USGS)*

Berikut ini merupakan penjelasan dari masing-masing band pada Satelit Landsat 8 (Kurniadi et al., 2016):

1. Band 1 *Coastal/Aerosol*

Band 1 pada Landsat 8 OLI and TIRS dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik pada kisaran panjang gelombang 0.433–0.453 μm . Resolusi spasial dari band ini adalah 30 x 30 meter. Menurut Loyd (2013) dalam Kurniadi (2015), *band* ini memiliki dua fungsi utama yaitu untuk menggambarkan daerah perairan dangkal dan untuk mendeteksi pertikel halus dan asap.

2. Band 2 *Visible Blue*

Band 2 pada Landsat 8 OLI and TIRS dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik pada kisaran panjang gelombang 0.450–0.515 μm . Resolusi spasial dari band ini adalah 30 x 30 meter. Menurut U.S. Geological Survey (2013) dalam Kurniadi (2015), fungsi dari *band Visible Blue* adalah untuk membedakan tanah dengan tutupan vegetasi dan dedaunan yang gugur di vegetasi hutan konifer.

3. Band 3 *Visible Green*

Band 3 pada Landsat 8 OLI and TIRS dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik pada kisaran panjang gelombang 0.525–0.600 μm . Salah satu fungsi dari *band Visible Green* adalah untuk menekankan vegetasi di perbukitan yang sangat berguna untuk menilai kekuatan tumbuhan. Band ini memiliki resolusi spasial 30 x 30 meter.

4. Band 4 *Visible Red*

Band 4 pada Landsat 8 OLI and TIRS dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik pada kisaran panjang gelombang 0.630–0.680 μm . *Band Visible Red* dapat digunakan untuk mendeteksi tutupan vegetasi di permukaan bumi. Resolusi spasial dari band ini adalah 30 x 30 meter.

5. Band 5 *Near Infrared (NIR)*

Band 5 pada Landsat 8 OLI and TIRS dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik pada kisaran panjang gelombang 0.845–0.885 μm . Menurut U.S. Geological Survey (2013), *band Near Infrared* digunakan untuk menekankan isi dari biomasa dan untuk mendeteksi garis pantai. Resolusi spasial dari band ini adalah 30 x 30 meter.

6. Band 6 *Short-wave Infrared* (SWIR) 1 dan Band 7 *Short-wave Infrared* (SWIR) 2

Band 6 pada Landsat 8 OLI and TIRS dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik pada kisaran panjang gelombang 1.560–1.660 μm dan 2.100–2.300 μm untuk band 7. Resolusi spasial dari band ini adalah 30 x 30 meter. Menurut U.S. Geological Survey (2013), kedua band ini digunakan untuk mengukur kandungan air dalam tanah dan vegetasi.

7. Band 8 *Panchromatic*

Band 8 pada Landsat 8 OLI and TIRS dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik pada kisaran panjang gelombang 0.500–0.680 μm . Menurut U.S Geological Survey (2013), band *panchromatic* ini dapat digunakan untuk menghasilkan citra yang lebih tajam jika dipadukan dengan band lain. Resolusi spasial band ini adalah 15 x 15 meter

8. Band 9 *Cirrus*

Band 9 pada Landsat 8 OLI and TIRS dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik pada kisaran panjang gelombang 1.360–1.390 μm . Menurut NASA (2013), fungsi dari band ini adalah untuk mendeteksi awan cirrus pada lapisan atmosfer. Resolusi spasial dari band ini adalah 10 x 10 meter.

9. Band 10 *Thermal Infrared* (TIR) 1 dan Band 11 *Thermal Infrared* (TIR) 2

Band 10 pada Landsat 8 OLI and TIRS dapat mendeteksi gelombang elektromagnetik pada kisaran panjang gelombang 10.60–11.20 μm . dan 11.50–12.50 μm untuk band 11. Kedua band ini digunakan untuk memetakan panas yang dipancarkan pada permukaan bumi dan memperkirakan kelembaban tanah. Resolusi spasial kedua band ini adalah 100 x 100 meter.

2.3.2 Interpretasi Citra

Interpretasi citra menurut Pawitan (2003) adalah proses pengkajian citra melalui proses identifikasi dan penilaian mengenai objek yang tampak pada citra. Dengan kata lain, interpretasi merupakan suatu proses pengenalan objek yang berupa gambar (citra) yang disiplin ilmu tertentu seperti geologi, geografi, ekologi, geodesi dan disiplin ilmu lainnya. Danoedoro (2012) juga berpendapat interpretasi citra adalah salah satu bagian dari pengolahan citra penginderaan jauh yang paling sering dibahas, digunakan, dan dalam praktik dipandang mapan. Lebih dari itu,

hasil utama dari klasifikasi citra adalah peta tematik (yang pada umumnya merupakan peta penutupan lahan), yang kemudian biasanya dijadikan masukan dalam pemodelan spasial dalam lingkungan sistem informasi geografis (SIG).

Proses interpretasi citra dengan bantuan komputer dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan tingkat otomatisnya. Keduanya ialah klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dan klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*). Klasifikasi terbimbing meliputi sekumpulan algoritma yang didasari pemasukan contoh objek oleh operator. Berbeda halnya dengan klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*), secara otomatis diputuskan oleh komputer, tanpa campur tangan operator (jika ada, proses interaksi ini sangat terbatas) (Danoedoro, 2012).

Metode klasifikasi lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing maupun tidak terbimbing memiliki kekurangan dan kelebihan. Metode klasifikasi terbimbing baik digunakan untuk kawasan yang sudah diketahui dan akses mudah dijangkau untuk keperluan pengenalan tutupan lahan secara terestris. Metode klasifikasi tidak terbimbing baik digunakan untuk pembuatan klasifikasi lahan di kawasan yang belum terlalu dikenali dan akses yang susah untuk dimasuki secara terestris (Danoedoro, 2012).

Composite Band

Citra satelit landsat memiliki panjang gelombang dan fungsi di setiap band yang berbeda-beda, sehingga citra satelit landsat dapat digunakan dengan cara kombinasi band (komposit warna) sesuai dengan tujuan penelitian yang akan dilakukan. Pada dasarnya, warna dasar terdiri dari tiga warna yaitu merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) (Somantri, 2009). Analisis suhu permukaan lahan dilakukan dengan menggunakan kanal thermal pada landsat 7 kanal thermal terdapat pada kanal 6 dan landsat 8 terdapat pada kanal 10 (Febrianto dan Wahyu, 2021).

Tabel 2. Penggunaan Kombinasi Band Citra Satelit Landsat 7 dan Landsat 8

Aplikasi	Kombinasi Band	
	Landsat 7	Landsat 8
<i>Natural color (True color)</i>	3, 2, 1	4, 3, 2
<i>False color (Urban)</i>	7, 5, 3	7, 6, 4
<i>Color infrared (Vegetation)</i>	4, 3, 2	5, 4, 3
Pertanian	5, 4, 1	6, 5, 2
Penetrasi atmosfer	7, 5, 4	7, 6, 5
Vegetasi sehat	4, 5, 1	5, 6, 2
Tanah/Air	4, 5, 3	5, 6, 4
<i>Natural with atmospheric removal</i>	7, 4, 2	7, 5, 3
<i>Shortwave infrared</i>	7, 4, 3	7, 5, 4
Analisis vegetasi	5, 4, 3	6, 5, 4

Sumber: *Environmental Systems Research Institute (ESRI) 2013*

Unsur Interpretasi Citra

Menurut Hardianti (2008), unsur interpretasi citra memiliki 8 pokok unsur yaitu rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, bayangan, letak atau situs, dan asosisasi kenampakan obyek. Unsur-unsur interpretasi disusun secara berjenjang untuk memudahkan dalam pengenalan obyek.

Klasifikasi Penutupan Lahan

Klasifikasi yang digunakan dengan menggunakan pendekatan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) (Lillesand dkk., 2004) dengan menggunakan software QGIS dan Idrisi.

Tubuh air adalah penampakan yang didominasi oleh air tetap tidak terikat dengan adanya pergantian musim berupa sungai, danau, waduk, dan kolam air tawar. Pada komposit badan air berwarna biru.

Daerah lahan basah yang didominasi genangan air dengan beberapa pola pematang. Sawah adalah penampakan pertanian yang bersifat lahan basah. Sawah dibedakan dari fase rotasi tanam yang terdiri atas fase penggenangan, fase tanaman muda, fase tanaman tua, dan fase bera. Pada komposit sawah fase penggenangan berwarna biru gelap, dengan tekstur halus, dan umumnya terdapat akses sumber air,

sedangkan pada fase tanaman muda dan fase tanaman tua berwarna hijau kebiruan dan tekstur yang halus dan berpola. Tambak adalah penampakan lahan yang didominasi oleh air dengan pola pematang dan biasanya memiliki areal yang cukup luas dibanding dengan sawah.

Lahan terbangun adalah penampakan bangunan dan daerah yang menggunakan material bersifat padat. Pada komposit lahan terbangun berwarna merah keunguan dengan tekstur halus sampai agak kasar pada umumnya menyebar kelompok.

Vegetasi dikelompokkan dalam beberapa kelas yakni semak belukar, ladang, ruang terbuka hijau. Semak belukar adalah penampakan vegetasi bawah. Areal ini biasanya adalah bekas aktivitas pembukaan hutan ataupun perladangan berpindah yang tidak lagi digarap. Pada komposit semak belukar berwarna hijau terang sampai dengan hijau sangat terang, mempunyai bercak kekuningan serta bertekstur kasar sampai agak kasar. Ladang adalah seluruh penampakan pertanian lahan kering yang ditanami bukan tanaman berkayu, biasanya bersifat tanaman musiman seperti jagung dan umbi-umbian. Pada komposit ladang berwarna kuning serta bercak kemerahan dan kecoklatan, bertekstur halus sampai agak kasar, dan umumnya berasosiasi dengan semak belukar.

Lahan terbuka adalah penampakan seluruh kenampakan lahan terbuka tanpa vegetasi. Pada komposit lahan terbuka berwarna merah muda keabuan dengan tekstur halus sampai agak kasar.

Daerah Latih

Daerah pelatihan menggunakan poligon (area) yang ditentukan berdasarkan proses klasifikasi, ditentukan daerah latihan (*training area*) yang mewakili tiap kategori dengan menggunakan data Google Earth dan survey lapangan sebagai acuan. Pengambilan contoh berdasarkan pada kenampakan warna yang terdapat pada citra atau pengamatan visual. Kelas tutupan lahan yang akan ditentukan adalah hutan, kebun campuran, semak belukar, ladang, sawah, lahan terbuka, lahan terbangun, tambak, badan air, dan awan (Khalil, 2016).

Uji Akurasi

Uji akurasi interpretasi citra digunakan untuk mengetahui sejauh mana keakuratan hasil interpretasi citra yang telah dilakukan. Uji akurasi merupakan perbandingan antara dua data hasil interpretasi citra dengan kondisi lapangan. Metode perhitungan nilai akurasi hasil interpretasi citra untuk menguji besarnya akurasi dengan menggunakan *overall accuracy* dan *kappa accuracy*. *Confusion matrix* digunakan sebagai langkah awal dalam mendeskripsikan perbedaan dan teknik analisis statistik untuk menilai akurasi (Jaya & Kobaysahi, (1994); Olofsson et al., (2014); Rijal et al., (2016)). Pada *confusion matrix*, data hasil interpretasi citra dan data hasil pengecekan lapangan disusun dalam sebuah tabel perbandingan persentase. Tingkat keakuratan interpretasi citra yang dapat diterima yaitu 85% (Lillesand dkk., 2004).

Tabel 3. *Confusion Matrix*

	Data acuan (pengecekan lapangan)			Total baris
	A	B	C	
Data hasil klasifikasi citra	A'	X _i		X _{i+}
	B'		X _i	
	C'			X _i
Total kolom		X _{+i}		N

Sumber: Lillesand dan Kiefer, 1994 dalam Sampurno dan Thoriq, 2016

Menurut Jaya (2010) dalam Sampurno dan Thoriq (2016), saat ini akurasi yang dianjurkan adalah akurasi kappa, karena *overall accuracy* secara umum masih *overestimate*. Akurasi kappa ini sering juga disebut dengan indeks kappa. Secara matematis akurasi kappa disajikan sebagai berikut:

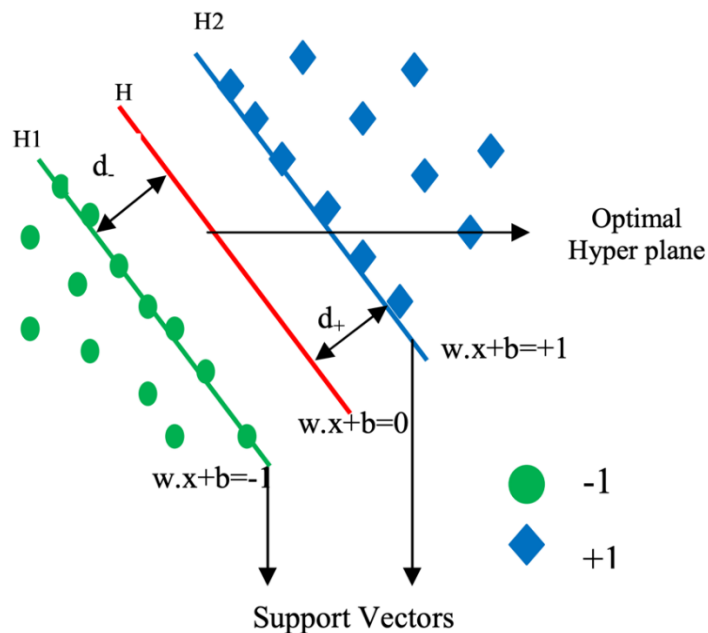
$$Kappa (k) = \frac{N \sum X_n - \sum X_{n+} X_{+n}}{N^2 - \sum X_{n+} X_{+n}} \times 100$$

- Keterangan:
- N = total data (piksel) yang diuji
 - X_i = nilai diagonal matriks baris ke-n dan kolom ke-n
 - X_{i+} = jumlah piksel dalam baris ke-n
 - X_{+i} = jumlah piksel dalam kolom ke-n

2.4 *Support Vector Machine*

Menurut Firozjaei et al. (2018), klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) adalah memisahkan data ke dalam set pelatihan dan set pengujian/prediksi. Prinsip

klasifikasi SVM adalah memisahkan data ke dalam set pelatihan dan set pengujian/prediksi. Setiap contoh di set pelatihan berisi satu nilai target dan beberapa atribut yang dapat berupa fitur dan variabel prediktor X dan Y menjadi input dan output dataset dan set pelatihan menjadi $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_m, y_m)\}$. Secara umum, menurut nilai yang terlihat sebelumnya $\in X$, kami mencoba mencari $a \in Y$. Parameter dari fungsi kernel yang perlu disesuaikan untuk hasil klasifikasi gambar yang lebih akurat. SVM Classifier dapat melakukan pembelajaran dengan tipe yang berbeda fungsi kernel seperti basis linier, polinomial dan radial berfungsi untuk klasifikasi citra yang efektif. SVM metodologi digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Support Vector Machine Secara Linear

Keseluruhan bidang hyper diparameterisasi oleh vector normal w yang tegak lurus terhadap bidang hyper dan konstanta b serta dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f(x) = w \cdot x + b$$

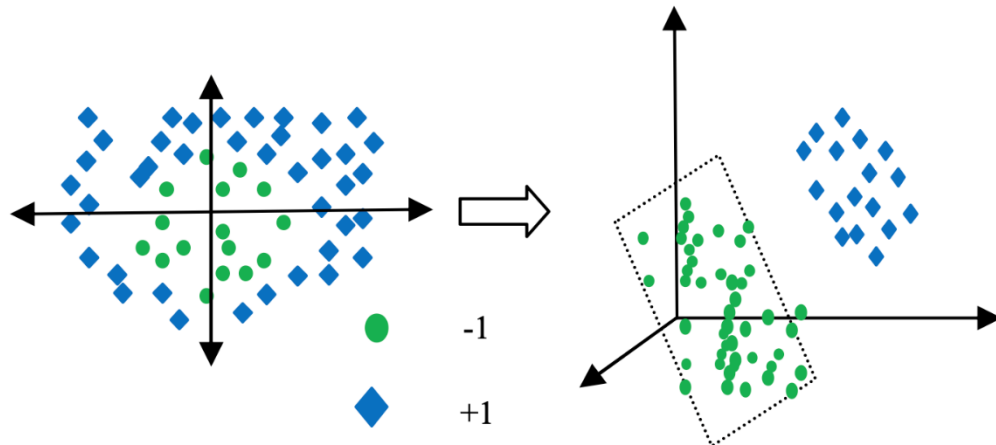
dalam persamaan pada gambar diatas nilai optimum yang didapatkan pada bidang H hal ini dapat terlihat pada persamaan.

$$H: x_i \cdot w + b = 0$$

$$H1: x_i \cdot w + b = -1$$

$$H2: x_i \cdot w + b = +1$$

Garis linear pemisah antara H1 dan H2 adalah vector pendukung. Margin bidang hyper pemisah adalah $-d + d+$. semakin besar margin pemisah maka klasifikasi support vector machine akan semakin baik



Gambar 2. Support Vector Machine Secara Polinomial

Terdapat kendala dalam klasifikasi kernel dapat dilihat pada gambar maka dari itu polinomial kernel menjadi solusi dalam kasus seperti ini dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut

$$f(x) = W \cdot \phi(x) + b$$

Parameter dalam penggunaan SVM yaitu nilai-nilai parameter yang semakin tinggi akan meningkatkan hasil klasifikasi, namun penambahan nilai yang terus menerus akan menurunkan kualitas klasifikasi. Nilai 0 pada *pyramid level* akan menghasilkan akurasi baik dan memerlukan waktu yang lama untuk jumlah parameter yang banyak. Tingginya *classification probability threshold* akan berdampak pada penurunan nilai akurasinya dan bias *in kernel function* dengan nilai kurang 1 menghasilkan akurasi yang tinggi (Supribadi dkk., 2014).

2.5 Model Cellular Automata

Cellular automata adalah model sederhana dari proses terdistribusi spasial (*spatial distributed process*) dalam GIS. Data terdiri dari 14 susunan sel-sel (*grid*), dan masing-masing diatur sedemikian rupa sehingga hanya diperbolehkan berada di salah satu dari beberapa keadaan. *Cellular system* dapat didefinisikan sebagai suatu koleksi tersusun dari unsur-unsur serupa yang disebut *cell*. Struktur ini

diberikan oleh pilihan dari bentuk pixel atau biasa disebut *lattice*. Beberapa *lattice* adalah 1 dimensi, 2 dimensi dan 3 dimensi. Rantai markov (*markov chain*) adalah suatu teknik matematika yang biasa digunakan untuk pembuatan model (*modelling*) bermacam-macam sistem dan proses bisnis. Teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan di waktu yang akan datang dalam variabel-variabel dinamis atas dasar perubahan-perubahan dari variabel-variabel dinamis tersebut di waktu yang lalu. Teknik ini juga dapat digunakan untuk menganalisa kejadian-kejadian di waktu mendatang secara matematis dan sistematis.

Ketetanggaan (*neighborhood*) dapat kita lihat pada kasus penggunaan lahan dimana perubahan penggunaan lahan pada satu piksel akan dipengaruhi oleh penggunaan lahan pada piksel tetangganya. Dalam hal ini yang perlu didefinisikan adalah jumlah piksel yang dianggap sebagai tetangga.

Rantai markov (*markov chain*) dan proses Markov saat ini telah mulai berkembang dalam ilmu spasial, dan saat ini banyak diterapkan di bidang penelitian perubahan tata guna lahan (*land use change*) (Bown et al, 2000 dalam Baja, 2012). Dalam teori probabilitas statistik, yang dianalisis dalam proses Markov adalah fenomena yang berubah terhadap waktu secara acak untuk keadaan tertentu di mana *the Markov property* berlaku (Baja, 2012).

Markov Chain merupakan proses acak dimana semua informasi tentang masa depan terkandung di dalam keadaan sekarang (yaitu orang tidak perlu memeriksa masa lalu untuk menentukan masa depan). (Baja, 2012).

2.5.1 Faktor Pendorong

Kepadatan penduduk, ketinggian tempat, kelerengan, kedekatan dengan jalan, kedekatan dengan sungai, seras kedekatan dengan ibukota kecamatan merupakan faktor pendorong (*driving factors*) perubahan penggunaan lahan. Penduduk yang terus bertambah sangat berperan dalam mempengaruhi tingkat konektivitas lanskap hutan (Luo dkk., 2010). Aktifitas manusia memberikan tekanan tersendiri dan cenderung menyebabkan fragmentasi hutan (Nagendra dkk., 2004). Kepadatan penduduk merupakan salah satu faktor pendorong perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi lahan terbangun.

Data spasial dari setiap variabel pendorong kemudian digunakan sebagai variabel input dalam model *Land Change Modeler* Idrisi. Jarak dari jalan, jarak dari

sungai, dan jarak dari pemukiman dibuat dengan bantuan alat *euclidean distance* pada perangkat lunak ArcGIS yang menghasilkan jarak dari satu obyek ke obyek lainnya. Sedangkan untuk data kepadatan penduduk, klasifikasinya diatur berdasarkan Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan sehingga kelas kepadatan penduduk dibagi menjadi 4 kelas yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat padat (SNI 03-1733-2004). Data kemiringan lereng dibagi menjadi 5 kelas lereng yakni datar, landai, agak curam, curam, dan sangat curam yang diklasifikasikan dalam bentuk persentase yang mengacu pada (Departemen Kehutanan, 2009).

Keterkaitan variabel pendorong terhadap perubahan penutupan lahan ditunjukkan dengan analisis Cramer's V yang menghasilkan nilai Cramer's V berkisar antara 0-1. Variabel yang memiliki nilai 0 berarti tidak terdapat keterkaitan, sedangkan nilai 1 menunjukkan keterkaitan terhadap perubahan penutupan lahan. Nilai Cramer's V $> 0,10$ berarti variabel tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor pendorong perubahan penutupan lahan (Astuti, 2016 dalam Fadhli dkk., 2019).

2.6 Prediksi Suhu Permukaan Lahan

Pengambilan suhu permukaan lahan yakni dengan cara melakukan ekstraksi digital number dari piksel yang kemudian diubah menjadi sensor *spectral radiance* (Ls) sebagai langkah persiapan citra thermal pancara spektral pada sensor didapatkan nilai kecerahan pada sensor suhu (Ts). Hukum planck terbalik dengan asumsi bahwa permukaan bumi adalah benda hitam dengan nilai emisivitas yang sama.

Proyeksi suhu permukaan lahan berdasarkan rata-rata perubahan suhu permukaan lahan yang disebabkan oleh perubahan tutupan lahan (Firozjaei dkk., 2018). Dengan mendapatkan perubahan tutupan lahan, maka akan dikombinasikan dengan trend perubahan suhu berdasarkan tutupan lahan sehingga suhu yang terjadi trend dari tahun sebelumnya akan dikombinasikan dengan suhu periode akhir/periode kedua (Febrianto dan Sejati, 2021).

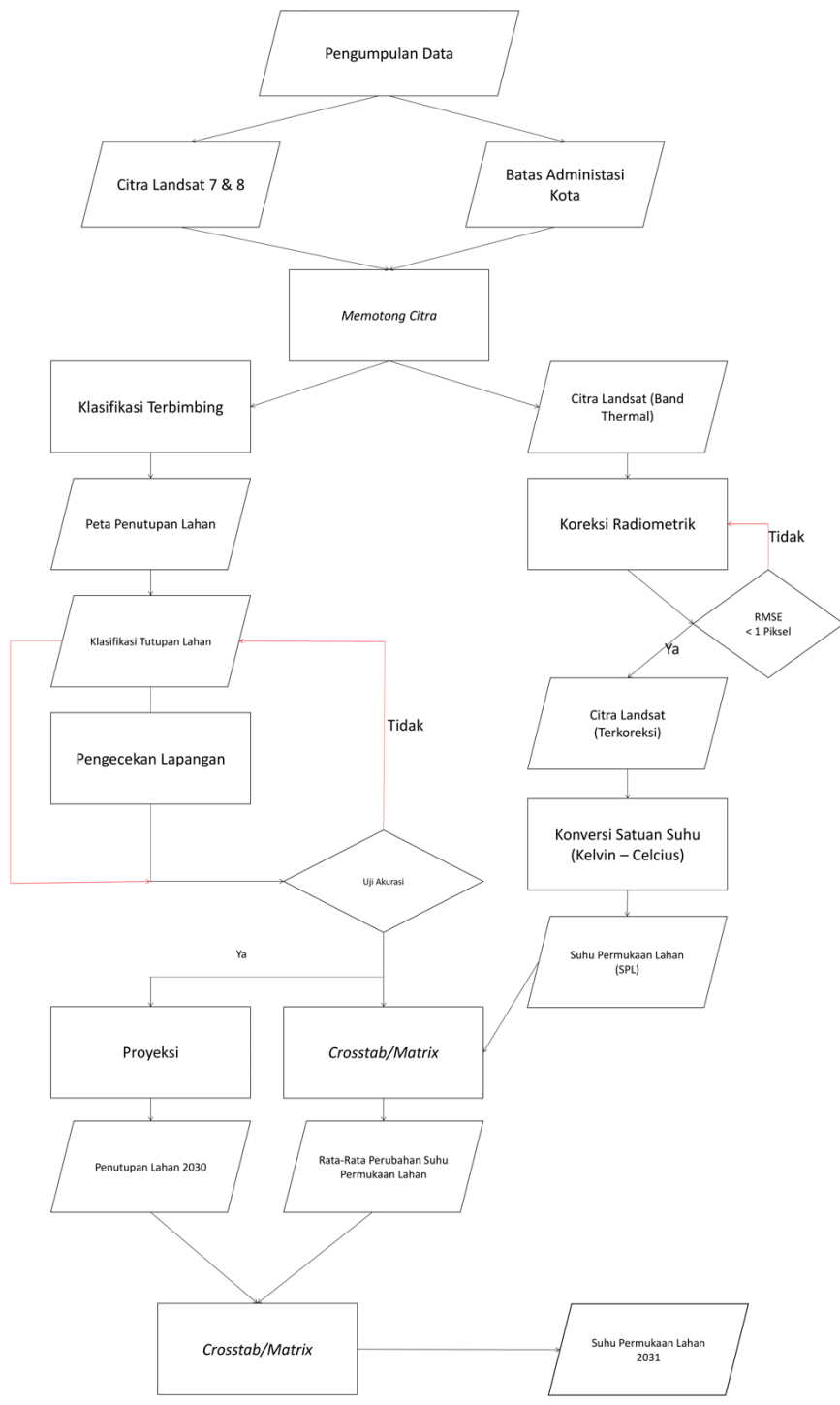
$$\frac{\frac{\Delta LST_1 S_{1-j}}{\Delta t_1} + \frac{\Delta LST_2 S_{1-j}}{\Delta t_2} + \dots + \frac{\Delta LST_{\binom{n}{2}} S_{1-j}}{\Delta t_{\binom{n}{2}}}}{\binom{n}{2}}$$

Keterangan:

ΔLST = Delta Suhu Permukaan Lahan

S_{n-j} = Perubahan Penutupan Lahan

Δt_n = Delta Waktu ke-n



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian