

Skripsi Geofisika

**ANALISIS SPASIAL DAYA DUKUNG PERMUKIMAN
MENGUNAKAN *DYNAMICS SYSTEM* DAN *NEURAL
NETWORK* (STUDI KASUS KOTA PAREPARE)**



OLEH :

ASHADI

H221 15 007

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGATAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

HALAMAN JUDUL

**Analisis Spasial Daya Dukung Permukiman Menggunakan *Dynamics System*
Dan *Neural Network* (Studi Kasus Kota Parepare)**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

UNIVERSITAS HASANUDDIN
Pada Departemen Geofisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

OLEH:

ASHADI

H221 15 007

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGATAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**Analisis Spasial Daya Dukung Permukiman Menggunakan *Dynamic System*
Dan *Neural Network* (Studi Kasus Kota Parepare)**

Disusun dan diajukan oleh:

Ashadi

H22115007

Telah di pertahakankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal Agustus 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

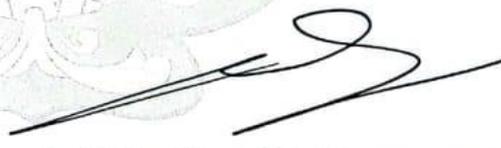
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



Dr. Samsu Arif, M.Si
NIP.196305181990031001



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

Ketua Departemen



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya orisinal saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk memperoleh gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau di lembaga pendidikan lainnya, dimanapun, kecuali yang telah dikutip sesuai kaidah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan dibantu oleh pihak pembimbing.

Makassar, 26 Agustus 2022

Penulis



Ashadi

ABSTRAK

Analisis daya dukung permukiman merupakan sebuah hal yang penting dilakukan sebagai acuan dalam mengantisipasi pertumbuhan penduduk. Semakin tinggi populasi penduduk akan mengakibatkan alih fungsi lahan semakin masif terjadi. Sehingga diharapkan peruntukan fungsi lahan sebagai lahan permukiman dapat diatur sesuai dengan kemampuan lahan. Penelitian ini bertujuan mengetahui kesesuaian lahan permukiman di Kota Parepare, memprediksi perubahan penggunaan lahan, serta memperkirakan daya dukung permukiman tahun 2040 Kota Parepare. Metode yang digunakan mengintegrasikan analisis *Overlay*, *Artificial Neural Network* serta pemodelan Sistem Dinamika perubahan penduduk. Hasil yang diperoleh memberikan nilai Kappa sebesar 0,8576 (85%) pada model perubahan penggunaan lahan. Penggunaan lahan tahun 2040 dari hasil pemodelan terdiri dari 3.843,63 Ha permukiman; 3.208,76 Ha pertanian; 81,92 Ha sungai; 507,14 Ha hutan dan 1042,72 Ha lahan lainnya. Sedangkan daya dukung permukiman Kota Parepare tahun 2040 dinilai mencukupi (surplus) disebabkan ketersediaan lahan masih lebih besar dibandingkan kebutuhan lahan permukiman yakni ketersediaan lahan permukiman sesuai sebesar 3.015,07 Ha sedangkan kebutuhan lahan permukiman sebesar 861,42 Ha.

Kata Kunci: *Artificial Neural Network*; Daya Dukung Permukiman, *Overlay*, Sistem Dinamika

ABSTRACT

Analysis of the carrying capacity of settlements is an important thing to do as a reference in anticipating population growth. The higher the population, the more massive land conversion will occur. So it is expected that the allocation of land functions as residential land can be regulated according to the ability of the land. This study aims to determine the suitability of residential land in Parepare City, predict land use changes, and estimate the carrying capacity of settlements in 2040 Parepare City. The method used integrates Overlay analysis, Artificial Neural Network and modeling of Population Change Dynamics System. The results obtained provide a Kappa value of 0.8576 (85%) in the land use change model. Land use in 2040 from the modeling results consists of 3,843.63 ha of settlements; 3,208.76 Ha of agriculture; 81.92 Ha river; 507.14 Ha of forest and 1042.72 Ha of other land. While the carrying capacity of settlements in Parepare City in 2040 is considered sufficient (surplus) because the availability of land is still greater than the need for residential land, namely the availability of suitable residential land of 3,015.07 Ha while the need for residential land is 861.42 Ha.

Keywords: *Artificial Neural Networks; Carrying Capacity of Settlements, Overlays, System Dynamics*

KATA PENGANTAR



Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkah limpahan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat merampungkan skripsi dengan judul “**Analisis Spasial Daya Dukung Permukiman Menggunakan *Dynamic System* Dan *Neural Network* (Studi Kasus Kota Parepare)**”. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, para sahabat beliau dan pengikutnya yang senantiasa mengikuti sunnah beliau hingga akhir zaman.

Terima kasih penulis ucapkan kepada kedua orang tua penulis, Bapak **Basri Parakkasi** dan Ibunda **St. Farida Mantabi** yang senantiasa mendoakan, mendukung dan memberikan dorongan, semangat, cinta dan kasih sayang kepada penulis hingga menjadi seperti sekarang ini. Saudara penulis **Asruddin Basri dan Asbudi Basri** serta sanak **keluarga** yang senantiasa mendukung, mendoakan, dan mendorong penulis untuk tidak lengah menyelesaikan perjalanan ini. Terkhusus kepada mendiang Kakek penulis **Mantabi bin Ganing**, yang selalu menyapa dengan kasih, menegur dengan cinta, serta mengajar tanpa menggurui kepada kami semua cucunya.

Lewat bundelan skripsi ini, penulis juga ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada banyak pihak yang telah membantu penulis dalam bentuk apapun, dalam tindak sekecil apapun.

1. Bapak **Dr. Samsu Arif, M.Si** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng** selaku pembimbing pertama di kampus yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan masukan-masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi tugas akhir.
2. Bapak **Dr. Sakka, M.Si**, dan Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** selaku penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.

3. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng** selaku Ketua Departemen Geofisika, serta seluruh staf Departemen Geofisika, Departemen Fisika, dan Staf Fakultas MIPA yang telah membantu dalam menyelesaikan urusan-urusan akademik, terkhusus selama pengurusan penelitian ini.
4. Ibu **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc** selaku Penasihat Akademik penulis. Terimakasih atas senyuman, nasehat, motivasi dan segala kebaikan.
5. **Bapak dan Ibu Dosen Departemen Geofisika** yang telah mendedikasikan waktunya sebagai pengajar. Terimakasih atas ilmu yang tidak akan pernah sia-sia kalian ajarkan. Semoga menjadi amal jariah untuk kehidupan akhirat.
6. Saudara tak sedaraku **F15IKA**, : **Hafis, Alimuddin, Edi, Yadin, Itta, Amming, Junior, Fadil, Nasri, Rian, Aksa, Diky, Firman, Bonga, Ahul, Alwin, Vico, Arjun, Anti, Cans, April, Aisyah, Faridha, Muslima, Anas, Abi, Aya, Ika, Mba Ike, Vita, Icha, Ani, Lina, Umil, Irma, Nermi, Bumit, Arum, Mute, Mimi, Inyong, Inem, Purna, Widy, Fatima, Isna, Idaks, Soim, Defa, Ilmi, Uga, Kiks, Sanunu, Ammi, Abet, Achan, Eni, Riatna, Sakinah, Yuli, Mba kiki, Devi, Dina, Yustika, Justika, Deay, Uni, Ari, Inul, Indah, Fatma, Rahmi, Yuni, Wanda, Yulianti, Rahayu**, yang telah memberikan banyak pengalaman baru kepada penulis. Terima kasih untuk setiap kisah suka dan duka yang tak terlupakan selama bersama. Tetap **SATU DALAM DEKAPAN** sampai ajal memisahkan.
7. Sahabat sejati "**MIPA 2015**" terima kasih atas kebersamaannya **2015 UNTUK MIPA**
8. Seluruh keluarga **HIMAFI FMIPA UNHAS** terima kasih atas kebersamaan dan arahnya. **JAYALAH HIMAFI FISIKA NAN JAYA.**
9. Seluruh Warga **KM FMIPA UNHAS**, terima kasih atas pengalaman dan kebersamaannya. Salam **USE YOUR MIND BE THE BEST.**
10. Teman-teman **KKN Tematik Kemendes Pangkep Gel.102 Kec. Samalewa, Kab. Pangkep**, terkhusus kanda Kordes "**Yusuf**" yang selalu zangar terima kasih atas kerjasama dan pengalaman baru selama KKN. **Bapak dan Ibu Desa Madello, Kab.Barru** yang sangat baik hati kepada penulis selama berKKN.

Semua pihak yang membantu penulis selama menempuh studi, yang tidak sempat disebutkan satu persatu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis telah mengerahkan segala kemampuan dalam menyelesaikan skripsi ini, namun sebagai manusia yang memiliki kekurangan, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan karena sesungguhnya kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari Anda sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 26 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	ivii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	3
I.3. Ruang Lingkup Penelitian	3
I.4. Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1. Lahan	5
II.1.1. Pengertian Lahan.....	5
II.1.2. Penggunaan Lahan	5
II.1.3. Dinamika Penggunaan Lahan	6

II.1.4. Kesesuaian Lahan Permukiman	7
II.2. Teori Penduduk	8
II.2.1. Pengertian Penduduk	8
II.2.2. Proyeksi Pertambahan Penduduk	10
II.3. Daya Dukung Lingkungan	13
II.3.1. Pengertian Daya dukung Lingkungan	13
II.3.2. Daya Dukung Permukiman (DDPm)	14
II.4. Pengindraan Jauh	15
II.4.1. Defenisi Penginderaan Jauh	15
II.4.2. Klasifikasi Citra	16
II.5. SIG	17
II.5.1. Definisi Sistem Informasi Geografis	17
II.5.2. Jenis Data Sistem Informasi Geografis	17
II.6. Validasi Model	19
II.7. <i>Artificial Neural Network</i>	22
II.7.1. Pengertian <i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	22
II.7.2. Konsep <i>Neural Network</i>	22
II.7.3. Arsitektur <i>Artificial Neural Network</i>	25
II.7.3. Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan dengan metode <i>Artificial Neural Network</i>	29

BAB III METODE PENELITIAN	31
III.1. Lokasi Penelitian	31
III.2. Alat dan Bahan	32
III.2.1. Alat.....	32
III.2.2. Bahan.....	32
III.3. Prosedur Penelitian	33
III.4. Pengolahan Data.....	33
III.4.1. Evaluasi Lahan Permukiman.....	33
III.4.2. Pemodelan Prediksi Penggunaan Lahan.....	33
III.4.3. Proyeksi Jumlah Penduduk.....	36
III. 5. Bagan Alir Penelitian	37
<u>BAB IV</u> HASIL DAN PEMBAHASAN	38
IV.1. Evaluasi Penggunaan Lahan	38
IV.1.1. Kemiringan Lereng	38
IV.1.2. Curah Hujan	40
IV.1.3. Jenis Tanah	40
IV.1.4. Jarak dari Jalan.....	41
IV.1.5. Sempadan Pantai dan Sempadan Sungai	42
IV.1.7. Hasil Evaluasi Kesesuaian Lahan Permukiman.....	44
IV.2. Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan	46

IV.2.1. Analisis Perubahan (<i>Change Analysis</i>)	47
IV.2.2. Transisi Potensial (<i>Potential Transition</i>)	48
IV.2.3. Uji Nilai Cramers'V	49
IV.2.4. Menjalankan Model	49
IV.2.5. Prediksi Perubahan (<i>Change Prediction</i>)	51
IV.4. Evaluasi Daya Dukung Permukiman	56
BAB V PENUTUP	58
V. 1. Kesimpulan	58
V. 2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	1
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tampilan Model Data Vektor dan Model Data Raster.....	19
Gambar 2.2	Struktur <i>Neuron</i> pada otak manusia	23
Gambar 2.3	Struktur ANN	23
Gambar 2.4	Ilustrasi <i>Multi-layer Perceptron</i>	30
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian	31
Gambar 4.1	Peta Kontur	38
Gambar 4.2	Peta Kemiringan Lereng	39
Gambar 4.3	Peta Curah Hujan Tahunan Rata-Rata.....	40
Gambar 4.4	Peta Jenis Tanah Kota Parepare.....	41
Gambar 4.5	Peta Jarak dari Jalan.....	42
Gambar 4.6	Sempadan Pantai dan Sungai.....	43
Gambar 4.7	Peta Kesesuaian Lahan Permukiman.....	45
Gambar 4.8	Perubahan Luas Tutupan Lahan Periode 2010-2015.....	47
Gambar 4.9	Faktor pendorong yang digunakan	49
Gambar 4.10	Grafik perbandingan trianing dan testing	50
Gambar 4. 11	Modul Validasi Kappa	51
Gambar 4.12	Model Tutupan Lahan Tahun	53
Gambar 4.13	Grafik Perubahan Lahan 2020-2040.....	54
Gambar 4. 14	Stock Flow Diagram	55
Gambar 4. 15	Grafik Perubahan Penduduk	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelas Kesesuaian Lahan Permukiman	8
Tabel 2.2	Kebutuhan Ruang per Kapita	15
Tabel 2.3	Tabel Kontingensi Untuk J Kategori.....	20
Tabel 2.4	Tingkat Kecocokan Nilai Kappa	21
Tabel 4.1	Kelas Kemiringan Lereng	39
Tabel 4.2	Panjang Jalan.....	42
Tabel 4.3	Luas Sempadan Sungai	43
Tabel 4.4	Luas Sempadan Pantai	43
Tabel 4.5	Skor Evaluasi Lahan Permukiman	44
Tabel 4.6	Klasifikasi kesesuaian lahan permukiman	45
Tabel 4.7	Penggunaan Lahan Kota Parepare 2010-2020	46
Tabel 4.8	Prediksi tutupan lahan tahun 2020-2040.....	53
Tabel 4.9	Hasil Proyeksi Model	56
Tabel 4.10	Proyeksi kebutuhan lahan permukiman Kota Parepare.....	57
Tabel 4.11	Hasil overlay model dengan hasil evaluasi lahan permukiman	57

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Indonesia masih termasuk sebagai negara dengan jumlah penduduk yang tinggi. PBB mencatat Indonesia sebagai negara ke-4 dengan penduduk terbanyak di dunia (2020). Berdasarkan sensus penduduk yang dilakukan BPS tahun 2020, jumlah penduduk Indonesia tercatat sebanyak 270 juta jiwa atau bertambah 35 juta jiwa dari hasil sensus penduduk sebelumnya yakni pada tahun 2010. Pertumbuhan penduduk Indonesia tumbuh rata 1,25% pertahun selama periode 2010-2020. Dengan luas daratan 1,9 juta km², kepadatan penduduk Indonesia sebanyak 141 jiwa per km² (BPS,2020).

Meningkatnya populasi manusia pada suatu wilayah mempengaruhi ketersediaan sumber daya di wilayah tersebut. Sebagaimana manusia sebagai entitas makhluk hidup yang membutuhkan sumber daya untuk mempertahankan dan melanjutkan kehidupannya salah satunya kebutuhan sumber daya lahan. Lahan digambarkan sebagai suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi dan vegetasi, dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi penggunaan lahan (Fidel,2018).

Salah satu penggunaan lahan yang berkaitan langsung dengan tingginya populasi manusia adalah lahan pemukiman. Keberadaan dan pertumbuhan pemukiman baru yang terus menerus mengintervensi ruang, pada gilirannya akan

menimbulkan problematika keruangan wilayah itu sendiri. Ruang memiliki keterbatasan atau yang disebut *carrying capacity* dalam menyangga kebutuhan manusia, demikian pula kebutuhan akan permukiman. Sehubungan dengan itu, maka menjadi sangat penting untuk diketahui daya dukung permukiman agar dapat dilakukan pengendalian terhadap pertumbuhan permukiman baik oleh pengembang ataupun individu (Sutomo,2019).

Kebutuhan ruang yang meningkat menjadikan beberapa tutupan lahan beralih fungsi. Analisis perubahan tutupan lahan dapat dilakukan dengan sistem informasi geografis dan penginderaan jauh yakni pemanfaatan citra satelit. Analisis perubahan dan pemodelan untuk prediksi tutupan lahan dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya dengan menggunakan pendekatan *Artificial Neural Network* (ANN).

ANN merupakan sebuah struktur komputasi yang dikembangkan berdasarkan proses sistem jaringan saraf biologi dalam otak. Sebagai salah satu produk *Artificial Integency* (AI) atau kecerdasan buatan, ANN memiliki kelebihan seperti akurasi dan respon cepat ketika digunakan untuk mendapatkan model yang selanjutnya digunakan sebagai alat prediksi. Ketika pendekatan teoritis tidak dapat diterapkan, ANN memiliki kemampuan untuk mensimulasikan fungsi nonlinear (Trisna, 2019).

Penelitian penerapan SIG dan pendekatan model ANN untuk memprediksi perubahan tutupan lahan telah dilakukan sebelumnya oleh Wahyu Saputra (2019) tentang Analisis Geospasial Terhadap Konversi Lahan Non Permukiman Menjadi Lahan Permukiman Menggunakan Metode ANN. Subiyanto dkk. (2020) pun telah

melakukan penelitian tentang pengembangan permukiman yaitu *Modeling Changes in Land Use Using The Integration of MLP-NN, CA-Markov models and GIS for Settlement Development in Tembalang District*. Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka akan dilakukan penelitian menggunakan model *Neural Network* diintegrasikan dengan *Dynamics System* dengan judul “Analisis Daya Dukung Permukiman Menggunakan Model *Neural Network* dan *Dynamics System*” dengan lokasi kajian di Sulawesi Selatan yakni Kota Parepare. Kota Parepare merupakan salah satu kota madya yang ada di Sulawesi Selatan dengan perkembangan industri yang tinggi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan pemerintah Kota Parepare dalam pembangunan wilayahnya.

I.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana tingkat kesesuaian lahan permukiman di Kota Parepare?
2. Bagaimana prediksi perubahan penggunaan lahan 20 tahun mendatang di Kota Parepare dengan menggunakan pemodelan *Neural Network*?
3. Bagaimana daya dukung permukiman Kota Parepare di waktu mendatang?

I.3. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada analisis kesesuaian lahan, pemodelan dan proyeksi daya dukung permukiman Kota Parepare. Data penelitian yang digunakan adalah data penggunaan lahan diperoleh dari Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BPKH) Makassar dan selanjutnya dilakukan analisis kesesuaian lahan

permukiman menggunakan *software Arcgis*. Pemodelan perubahan penggunaan lahan menggunakan *software Idrisi Selva*. Proyeksi daya dukung permukiman menggunakan data kependudukan dari Badan Pusat Statistika.

I.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui tingkat kesesuaian lahan permukiman di Kota Parepare.
2. Menganalisis perubahan penggunaan lahan di Kota Parepare 20 tahun ke depan menggunakan *Neural Network*.
3. Memperkirakan daya dukung permukiman di kota Parepare 20 tahun kedepan dengan model *Dynamic System*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Lahan

II.1.1. Pengertian Lahan

Lahan merupakan bagian dari bentang alam (*landscape*) yang mencakup pengertian lingkungan fisik termasuk iklim, topografi/relief, hidrologi bahkan keadaan vegetasi alami (*natural vegetation*) yang semuanya secara potensial akan berpengaruh terhadap penggunaan lahan. Lahan dalam pengertian yang lebih luas termasuk yang sudah dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia baik yang dimasa lalu ataupun dimasa sekarang (Novendry, 2015).

Sumber daya lahan merupakan sumber daya alam yang sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia karena diperlukan dalam setiap kegiatan manusia, seperti pertanian, daerah industri, daerah permukiman, transportasi, daerah rekreasi atau daerah-daerah yang dipelihara kondisi alamnya untuk tujuan ilmiah (Siswanto, 2006).

II.1.2. Penggunaan Lahan

Menurut Arsyad (2010), tutupan lahan merupakan hasil akhir dari setiap bentuk campur tangan kegiatan manusia terhadap lahan di permukaan bumi yang bersifat dinamis dan berfungsi untuk kebutuhan hidup baik material maupun spiritual. Pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang memusat di wilayah perkotaan menuntut ruang lebih luas ke arah luar kota untuk berbagai aktivitas ekonomi dan pemukiman. Sebagai akibatnya wilayah yang sebagian besar merupakan lahan

pertanian, kemudian beralih fungsi menjadi lahan non-pertanian dengan tingkat peralihan yang beragam antar periode dan wilayah (Nugroho dan Dahuri, 2004).

Menurut Soerianegara (1977), berbagai macam pemanfaatan lahan dijumpai di permukaan bumi, masing-masing mempunyai karakteristik tersendiri. Terdapat tiga aspek kepentingan pokok dalam pemanfaatan sumberdaya lahan, yaitu: (1) Lahan diperlukan manusia untuk tempat tinggal, memelihara ikan, beternak, tempat bercocok tanam, dan sebagainya; (2) Lahan untuk mendukung kehidupan berbagai jenis vegetasi dan satwa; (3) Lahan yang menyimpan bahan tambang yang bermanfaat bagi manusia.

Sistem penggunaan lahan dikelompokkan kedalam dua golongan besar, yaitu penggunaan lahan pertanian dan penggunaan lahan non-pertanian. Penggunaan lahan pertanian dibedakan menjadi penggunaan lahan berdasarkan penyediaan air dan penggunaan lahan yang diusahakan, dimanfaatkan atau yang terdapat di atas lahan tersebut, seperti sawah, kebun, kebun campuran, tegalan, ladang, perkebunan, dan hutan. Penggunaan lahan bukan pertanian dapat dibedakan ke dalam penggunaan kota atau desa, rekreasi, industri, dan sebagainya (Arsyad,2010).

II.1.3. Dinamika Penggunaan Lahan

Perubahan Penggunaan lahan merupakan suatu proses perubahan dari penggunaan lahan sebelumnya ke penggunaan lain yang dapat bersifat permanen maupun sementara dan menjadi konsekuensi logis dari adanya pertumbuhan dan transformasi perubahan struktur sosial ekonomi masyarakat yang sedang berkembang baik untuk tujuan industri maupun komersial (Kim *et al*,2002).

Perubahan penggunaan lahan dalam proses pembangunan tidak dapat dihindari. Perubahan tersebut terjadi disebabkan karena adanya keperluan untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang jumlahnya terus meningkat dan tuntutan akan kehidupan yang lebih baik di masa depan (Barredo *et al*,2003).

II.1.4. Kesesuaian Lahan Permukiman

Tri Wahyudi (2019) mengutip pendapat Notohadiprawiro (2005), bahwa kemampuan lahan (*land capability*) dan kesesuaian lahan (*land suitability*) menentukan kelayakan penggunaan lahan yang menjadi pangkal pertimbangan dalam tata guna lahan. Dengan demikian, tata guna lahan dapat dinyatakan sebagai suatu rancangan peruntukan lahan menurut kelayakannya. Sehingga, apabila penggunaannya tidak sesuai dengan potensi yang tersedia, maka akan menghasilkan pemanfaatan yang tidak efektif. Lebih lanjut, Khadiyanto (2005) menyebutkan bahwa klasifikasi kemampuan lahan adalah penilaian komponen-komponen lahan secara sistematis dan pengelompokkannya ke dalam beberapa kategori berdasarkan sifat-sifat yang merupakan potensi dan penghambat dalam rangka pembangunan lahan secara lestari. Sedangkan klasifikasi kesesuaian lahan adalah proses penilaian dan pengelompokan lahan dalam arti kesesuaian relatif lahan atau absolut lahan bagi suatu penggun.

Kelas kesesuaian lahan untuk permukiman dapat dibedakan menjadi empat kategori yakni, kelas sangat sesuai (S1), kelas sesuai (S2), kelas kurang sesuai (S3), kelas tidak sesuai saat ini (N1) dan kelas tidak sesuai permanen (N2). Parameter kelas kesesuaian lahan permukiman dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2.1 Kelas Kesesuaian Lahan Permukiman (Taufiqqurahman,2015)

Parameter	S1	S2	S3	N1	N2
Kemiringan Lereng	0 – 8%	8 – 15%	15-25%	25-45%	>45%
Jenis Tanah	Aluvial, tanah clay, planosol, hidromorf kelabu, laterik air tanah	Latosol	,Brown forest soil, non calcic brown, mediteran	Andosol, lateric, grumusol , podsol, podsollic	Regosol, litosol, organosol, renzina
Curah Hujan (mm/tahun)	0-1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000	>4000
Sempadan Pantai (m)	>100	-	-	-	<100
Sempadan Sungai (m)	>50	-	-	-	<50
Jalan (m)	<500	500-1000	1000-1500	1500-2000	>2000

II.2. Teori Penduduk

II.2.1. Pengertian Penduduk

Penduduk merupakan semua orang yang mendiami suatu wilayah geografis dengan batas tertentu selama enam bulan atau mereka yang berdomisili kurang dari enam bulan namun bertujuan untuk menetap. Pertumbuhan penduduk diakibatkan oleh tiga komponen, yaitu : fertilitas, mortalitas, dan migrasi (Febrianto, 2017).

a. Fertilitas (Kelahiran)

Fertilitas sebagai istilah demografi diartikan sebagai hasil reproduksi yang nyata dari seorang wanita. Dengan kata lain, fertilitas ini

menyangkut banyaknya bayi yang lahir hidup. Natalitas mempunyai arti yang sama dengan fertilitas hanya berbeda ruang lingkupnya. Fertilitas menyangkut peranan kelahiran pada perubahan penduduk sedangkan natalitas mencakup peranan kelahiran pada perubahan dan reproduksi manusia.

b. Mortalitas (Kematian)

Mortalitas atau kematian merupakan salah satu di antara tiga komponen demografi yang dapat mempengaruhi perubahan penduduk. Informasi tentang kematian penting, tidak saja bagi pemerintah melainkan juga bagi pihak swasta, yang terutama berkecimpung dalam bidang ekonomi dan kesehatan. Mati adalah keadaan menghilangnya semua tanda-tanda kehidupan secara permanen, yang bias terjadi setiap saat setelah kelahiran.

Data kematian sangat diperlukan antara lain proyeksi penduduk guna perancangan pembangunan. Misalnya perencanaan fasilitas perumahan fasilitas pendidikan, dan jasa – jasa lainnya untuk kepentingan masyarakat. Data kematian juga diperlukan untuk kepentingan evaluasi terhadap program-program kebijakan penduduk.

c. Migrasi

Migrasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan penduduk. Peninjauan migrasi secara regional sangat penting untuk ditelaah secara khusus mengingat adanya densitas (kepadatan) dan distribusi penduduk yang tidak merata, adanya faktor-faktor pendorong

dan penarik bagi orang-orang untuk melakukan migrasi, di pihak lain, komunikasi termasuk transportasi semakin lancar.

Migrasi adalah perpindahan penduduk dengan tujuan untuk menetap dari satu tempat ke tempat lain melampaui batas politik/negara atau pun batas administrasi/batas bagian dalam suatu Negara. Jadi migrasi sering diartikan sebagai perpindahan yang relatif permanen dari suatu daerah ke daerah yang lain.

Migrasi terbagi 2 jenis yakni imigrasi dan emigrasi:

1. Imigrasi adalah migrasi penduduk memasuki daerah baru atau biasa disebut migrasi masuk. .
2. Emigrasi adalah migrasi penduduk meninggalkan daerah asal atau disebut migrasi keluar.

II.2.2. Proyeksi Pertambahan Penduduk

Untuk dapat memproyeksikan jumlah penduduk masa yang akan datang dapat dilakukan dengan menggunakan metode matematik.

a. Metode Matematik

Metode ini sering disebut juga dengan metode tingkat pertumbuhan penduduk (*Growth Rates*). Metode ini merupakan estimasi dari total penduduk dengan menggunakan tingkat pertumbuhan penduduk secara matematik, atau untuk tingkat lanjutnya melalui *fitting* kurva yang menyajikan gambaran matematis dari perubahan jumlah penduduk, seperti kurva logistik. Proyeksi berdasarkan tingkat pertumbuhan penduduk mengasumsikan pertumbuhan yang konstan, baik untuk

model aritmatika, geometrik, atau eksponensial untuk mengestimasi jumlah penduduk.

1. Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun.

Formula yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah:

$$P_t = P_0 (1 + rt) \quad (2.1)$$

dengan

$$r = \frac{1}{t} \frac{P_t}{P_0} - 1 \quad (2.2)$$

dimana

P_t = jumlah penduduk pada tahun t

P_0 = jumlah penduduk pada tahun dasar r

r = laju pertumbuhan penduduk

t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

2. Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometric menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk. Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun. Berikut formula yang digunakan pada metode geometrik:

$$P_t = P_0 (1 + r)^t \quad (2.3)$$

dengan

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (2.4)$$

dimana

P_t = jumlah penduduk pada tahun t

P_0 = jumlah penduduk pada tahun dasar r

r = laju pertumbuhan penduduk

t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

3. Metode Eksponensial

Menurut Adioetomo dan Samosir (2010), metode eksponensial menggambarkan penambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik yang mengasumsikan bahwa penambahan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu. Formula yang digunakan pada metode eksponensial adalah:

$$P_t = P_0 e^{rt} \quad (2.5)$$

dengan

$$r = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_t}{P_0}\right) \quad (2.6)$$

dimana

P_t = jumlah penduduk pada tahun t

P_0 = jumlah penduduk pada tahun dasar r

r = laju pertumbuhan penduduk

t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

e = bilangan pokok dari sistem logaritma natural (\ln) yang besarnya 2,7182818

II.3. Daya Dukung Lingkungan

II.3.1. Pengertian Daya dukung Lingkungan

Carrying capacity atau daya dukung lingkungan mengandung pengertian kemampuan suatu tempat dalam menunjang kehidupan makhluk hidup secara optimum dalam periode waktu yang panjang. Daya dukung lingkungan dapat pula diartikan kemampuan lingkungan memberikan kehidupan organisme secara sejahtera dan lestari bagi penduduk yang mendiami suatu kawasan (Muta'ali,2012).

Konsep daya dukung lingkungan berasal dari pengolahan hewan ternak dan satwa liar (Soemarwoto, 1997). Daya dukung itu menunjukkan besarnya kemampuan lingkungan untuk mendukung kehidupan hewan yang dinyatakan dalam jumlah ekor per satuan luas lahan. Jumlah hewan yang dapat didukung kehidupannya itu tergantung pada biomassa (bahan organik tumbuhan) yang tersedia untuk makanan hewan (Muta'ali,2012).

Sifat daya dukung pada suatu wilayah tidaklah tetap. Daya dukung dapat berubah oleh perkembangan teknologi, tetapi yang paling sering terjadi adalah perubahan ke arah kondisi yang lebih buruk akibat tekanan penduduk yang terus meningkat. Sejalan dengan penurunan kualitas lingkungan, daya dukung aktual

juga mengalami penyusutan sehingga tidak mampu lagi mendukung jumlah penduduk yang ada untuk hidup sejahtera (Huisman, 1991 dalam Muta'ali, 2012).

II.3.2. Daya Dukung Permukiman (DDPm)

Daya dukung permukiman dapat diartikan sebagai kemampuan suatu wilayah dalam menyediakan lahan permukiman guna menampung jumlah penduduk tertentu untuk bertempat tinggal secara layak. Dalam menyusun formulasi daya dukung permukiman, selain diperlukan besaran luas yang cocok dan layak untuk permukiman tetapi juga dibutuhkan standar atau kriteria kebutuhan lahan tiap penduduk.

Teknik pengukuran dan penentuan daya dukung permukiman dirumuskan (Permen LH No. 17 Tahun 2009 Tentang Pedoman Daya Lingkungan Hidup Dalam Penataan Ruang Wilayah):

$$DDPm = \frac{LPm/JP}{a} \quad (2.7)$$

dengan

DDpm = Daya dukung permukiman

JP = Jumlah penduduk

a = Koefisien luas kebutuhan (m^2 /kapita)

LPm = Luas lahan yang layak untuk permukiman (m^2)

Kisaran nilai indeks daya dukung permukiman adalah:

1. Apabila $DDPm > 1$, artinya bahwa daya dukung permukiman tinggi, masih mampu menampung penduduk untuk bermukim dalam wilayah tersebut.
2. Apabila $DDPm = 1$, bermakna bahwa daya dukung permukiman optimal, terjadi keseimbangan antara penduduk yang bermukim dengan luas wilayah yang ada.
3. Apabila $DDPm < 1$ berarti bahwa daya dukung permukiman rendah, tidak mampu menampung penduduk bermukim dalam wilayah tersebut.

Tabel 2.2 Kebutuhan Ruang per Kapita (Lutfi Muta'ali, 2012)

No.	Lokasi Geografis	Tingkat Kepadatan	Jumlah Rumah/Ha	Kebutuhan Ruang /Kapita (m^2 /kapita)
1	Zona Perdesaan	Kepadatan <50 jiwa/Ha	Jumlah rumah paling banyak 15 unit/ha atau luas rata-rata maksimal $60m^2$	$133 m^2$ /kapita
2	Zona pinggiran kota	Kepadatan 51-100 jiwa/Ha	Jumlah rumah paling banyak 25 unit/Ha atau luas rata-rata tiap rumah maksimal $400m^2$	$80 m^2$ /kapita
3	Zona perkotaan	Kepadatan 101-300 jiwa/Ha	Jumlah rumah paling banyak 75 unit/Ha atau luas rata-rata tiap rumah maksimal $133m^2$	$26 m^2$ /kapita
4	Zona pusat kota	Kepadatan 301-500 jiwa/Ha	Jumlah rumah paling banyak 125 unit/Ha atau luas rata-rata tiap rumah maksimal $80m^2$	$16 m^2$ /kapita

II.4. Pengindraan Jauh

II.4.1. Defenisi Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan suatu ilmu atau teknologi untuk mendapatkan informasi atau fenomena alam melalui analisis suatu data yang

diperoleh dari hasil rekaman objek, daerah atau fenomena yang dikaji. Perekaman atau pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan alat pengindera (sensor) yang dipasang pada pesawat terbang atau satelit. Aplikasi satelit penginderaan jauh telah mampu memberikan data/informasi tentang sumber daya alam dataran dan sumber daya alam kelautan secara teratur dan periodik (Lilesand dan Kefier, 1993). Data penginderaan jauh (citra) dapat menggambarkan objek di permukaan bumi yang relatif lengkap, dengan wujud dan letak objek yang mirip dengan wujud dan letak objek di permukaan bumi dalam liputan yang luas (Purwadhi, 2001).

II.4.2. Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan proses pengelompokan piksel pada suatu citra ke dalam beberapa *class* (kelas), sehingga setiap kelas bisa menggambarkan suatu entitas dengan ciri-ciri tertentu. Tujuan utama klasifikasi citra penginderaan jauh adalah untuk menghasilkan peta tematik, dimana suatu warna yang mewakili suatu objek tertentu. Contoh objek yang berkaitan dengan permukaan bumi antara lain air, hutan, sawah, kota, jalan, dan lain-lain. Sedangkan pada citra satelit meteorologi, proses pengklasifikasian dapat menghasilkan peta awan yang dapat menampilkan distribusi awan di atas suatu wilayah (Arifin dan Murni, 2001).

Secara umum, klasifikasi citra dapat dibagi menjadi *supervised* (terawasi) dan *unsupervised* (tak terawasi). Pemilihannya tergantung dari ketersediaan data awal pada citra tersebut. Analisa *cluster* merupakan suatu bentuk pengenalan pola yang berkaitan dengan pembelajaran secara *unsupervised*, dimana jumlah pola kelas tidak diketahui. Proses *clustering* melakukan pembagian data set dengan

mengelompokkan seluruh piksel pada *feature space* (ruang fitur) ke dalam sejumlah *cluster* secara alami (Arifin dan Murni, 2001).

II.5. SIG

II.5.1. Definisi Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu cara baru yang berkembang saat ini untuk menyajikan dan melakukan analisis data spasial dengan menggunakan komputer. Selain dapat mempercepat proses analisis, SIG juga dapat membuat model yang dengan proses manual sulit dilakukan (Barus dan Wiradisastra 2000). Prahasta (2002), mendefinisikan SIG sebagai satu kesatuan formal yang terdiri dari sumber daya fisik dan logika yang berkenaan dengan objek-objek yang terdapat di permukaan bumi. Dengan kata lain SIG merupakan jenis perangkat lunak yang dapat digunakan untuk memasukkan, menampilkan, memanipulasi, menyimpan, dan menghasilkan keluaran informasi geografis serta atribut-atributnya.

Kemampuan SIG secara eksplisit menangani data spasial serta data nonspasial membuat teknologi ini begitu banyak digunakan pada saat ini. Data spasial telah menjadi bagian yang terintegrasi dengan database berbagai organisasi formal maupun non formal karena dapat dikombinasikan dengan dataset nonspasial (Arif, 2016).

II.5.2. Jenis Data Sistem Informasi Geografis

Data geografis pada dasarnya tersusun oleh dua komponen penting yaitu data spasial dan data atribut. Perbedaan antara dua jenis data tersebut adalah sebagai berikut (Ekadinata dkk, 2008):

(1) Data spasial

Data yang menampilkan informasi mengenai ruang, lokasi, ataupun tempat-tempat di permukaan bumi. Data spasial bersumber dari peta analog, foto udara, dan penginderaan jauh dalam bentuk nyata. Pada saat ini data spasial menjadi media penting pada perencanaan pembangunan dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan pada suatu daerah tertentu.

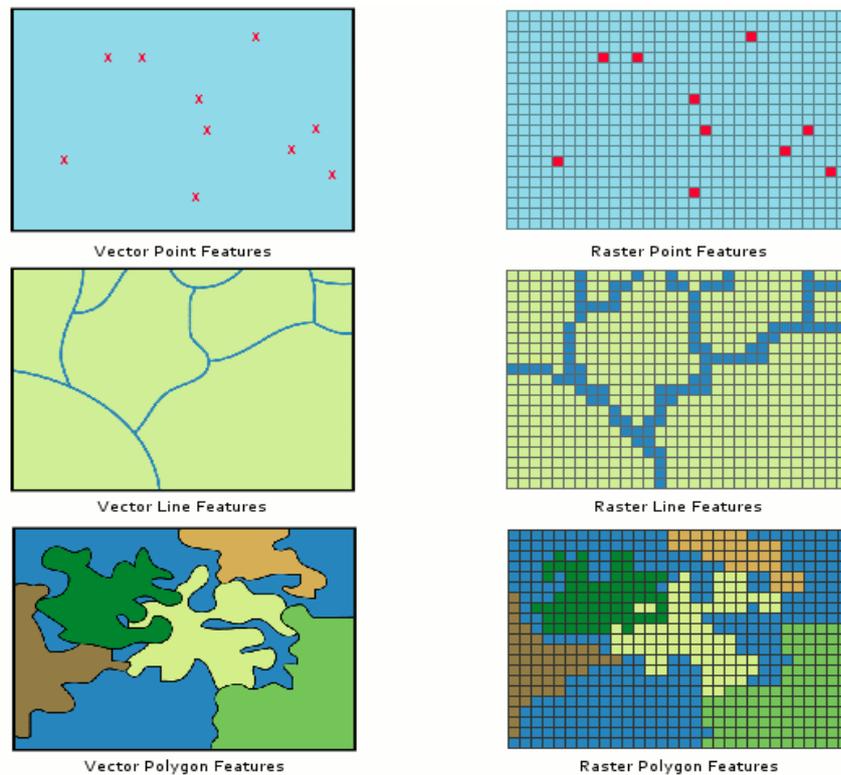
Dalam SIG, data spasial dapat direpresentasikan dalam dua format, yaitu:

1) Data Raster

Data raster adalah data yang berupa gambar digital yang direpresentasikan dengan piksel-piksel sebagai unit terkecil. Foto digital seperti foto satelit merupakan bagian dari data raster pada peta. Data raster terdiri dari kolom dan baris, dimana tiap kolom dan baris menyimpan nilai warna.

2) Data vektor

Data vektor adalah struktur data yang digunakan untuk menyimpan data spasial. Pada data vektor biasanya terdiri dari titik, garis (*arch*) dan poligon. Titik dapat digunakan untuk lokasi sebuah kota ataupun posisi tower radio. Garis dapat digunakan untuk menunjukkan rute suatu perjalanan atau menggambarkan batasan suatu daerah. Poligon dapat digunakan untuk menggambarkan sebuah danau atau negara pada peta dunia. Contoh dari penggunaan data vektor adalah jaringan jalan, pola air sungai, pipa air minum, dan garis kontur.



Gambar 2.1 Tampilan Model Data Vektor dan Model Data Raster

(2) Data Atribut

Data yang terdapat pada ruang atau tempat. Atribut merepresentasikan suatu informasi. Biasanya data atribut diperoleh dari badan statistik, sensus, catatan, lapangan dan data tabular. Data atribut dapat dilihat berdasarkan kualitas (misalkan tinggi pohon) dan kuantitasnya (misalkan jumlah pohon). Contoh data atribut misalkan jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos, dan sebagainya.

II.6. Validasi Model

Validasi model yang sering digunakan dalam menguji kualitas hasil klasifikasi penggunaan lahan (*land use*) berbasis data penginderaan jauh adalah *Kappa accuracy* (Peruge, 2013).

Tabel 2.3 Tabel Kontingensi Untuk J Kategori (Peruge,2013)

Simulasi	Realitas				Total
	1	2	...	J	
1	p_{11}	p_{12}		p_{1J}	$S_1 = \sum p_{1j}$
2	p_{21}	p_{22}		p_{2J}	$S_2 = \sum p_{2j}$
...					
J	p_{J1}	p_{J2}		p_{JJ}	$S_J = \sum p_{Jj}$
Total	$R_1 = \sum p_{j1}$	$R_2 = \sum p_{j2}$		$R_J = \sum p_{jJ}$	1

Perhitungan nilai Kappa menurut Peruge (2013), didasarkan pada tabel kontingensi seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3. Pembuatan tabel kontingensi ini umumnya adalah sebagai tahap awal untuk membandingkan peta secara objektif.

Koefisien Kappa dapat ditentukan berdasarkan formula berikut (Peruge, 2013):

$$K = \frac{P(A) - P(E)}{1 - P(E)} \quad (2.8)$$

Dimana **P(A)** adalah proporsi benar yang diamati dan **P(E)** adalah proporsi benar yang diharapkan.

Nilai **P(A)** dan **P(E)** masing-masing ditentukan dari formula berikut:

$$P(A) = \sum_{j=1}^J p_{jj} \quad (2.9)$$

$$(E) = \sum_{j=1}^J p_{jJ} * p_{jJ} \quad (2.10)$$

Dimana :

p_{jJ} = proporsi sel yang termasuk kategori j pada simulasi,

p_{jJ} = proporsi sel yang termasuk kategori j pada realitas,

p_{jj} = proporsi sel yang termasuk kategori j pada simulasi dan realitas,

j = jumlah iterasi pada seluruh kategori, dan

J = Banyaknya kategori.

Peruge (2013), menjelaskan bahwa statistik Kappa menggabungkan kesalahan kuantifikasi dengan kesalahan lokasi serta memperkenalkan dua statistik secara terpisah untuk mempertimbangkan kesamaan lokasi dan kesamaan kuantitas. Nilai ambang batas untuk membedakan tingkat kecocokan dari setiap nilai Kappa, ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.4 Tingkat Kecocokan Nilai Kappa (Peruge,2013)

Nilai Kappa	Tingkat Kecocokan
<0.05	Tidak ada
0.05	Sangat jelek
0.2	Jelek
0.4	Sedang
0.55	Agak baik
0.7	Baik
0.85	Sangat baik
0.99	Sempurna

II.7. *Artificial Neural Network*

II.7.1. Pengertian *Artificial Neural Network* (ANN)

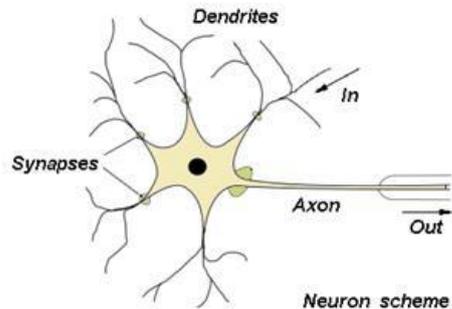
Sejak ditemukan pertama kali oleh Mc.Culloch dan Pitts sistem jaringan syaraf tiruan berkembang pesat dan banyak di gunakan oleh banyak aplikasi. Jaringan syaraf tiruan (*Artificial Nural Network*) adalah suatu jaringan untuk memodelkan cara kerja sistem syaraf manusia (otak) dalam melaksanakan tugas tertentu. Pemodelan ini didasari oleh kemampuan otak manusia dalam mengorganisasi sel – sel penyusunan (*neuron*), sehingga memiliki kemampuan untuk melaksanakan tugas – tugas tertentu khususnya pengenalan pola dengan efektifitas jaringan tertiggi (Suyanto, 2013).

Jaringan saraf tiruan merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah dengan mulakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. Jaringan saraf tiruan mampu melakukan pengenalan kegiatan berbasis data masa lalu. Data masa lalu akan di pelajari oleh jaringan syaraf tiruan sehingga mempunyai kemampuan untuk memberikan keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari.

II.7.2. Konsep *Neural Network*

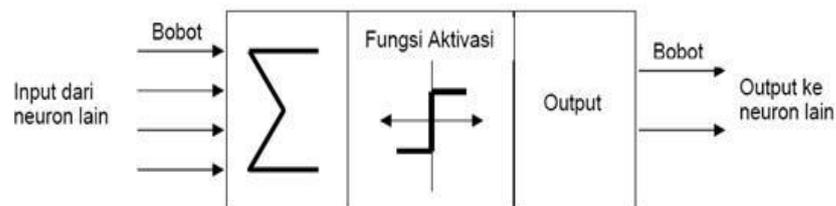
Ide dasar *Neural Network* dimulai dari otak manusia, dimana otak memuat sekitar 10 neuron. Neuron ini berfungsi memproses setiap informasi yang masuk. Satu neuron memiliki 1 akson, dan minimal 1 dendrit. Setiap sel saraf terhubung dengan saraf lain, jumlahnya mencapai sekitar 10 sinapsis. Masing-masing sel itu saling berinteraksi satu samaGambar 1 lain yang menghasilkan kemampuan

tertentu pada kerja otak manusia (Suhartono, 2012).



Gambar 2.2 Struktur *Neuron* pada otak manusia

Dari struktur neuron pada otak manusia, dan proses kerja yang dijelaskan di atas, maka konsep dasar pembangunan *Neural Network* buatan (*Artificial Neural Network*) terbentuk. Ide mendasar dari *Artificial Neural Network* (ANN) adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah sistem atau aplikasi yang menyerupai otak manusia, baik untuk pemrosesan berbagai sinyal elemen yang diterima, toleransi terhadap kesalahan/*error*, dan juga *parallel processing*.



Gambar 2.3 Struktur ANN

Karakteristik dari ANN dilihat dari pola hubungan antar neuron, metode penentuan bobot dari tiap koneksi, dan fungsi aktivasinya. Gambar di atas menjelaskan struktur ANN secara mendasar, yang dalam kenyataannya tidak hanya sederhana seperti itu.

1. *Input*, berfungsi seperti dendrit
2. *Output*, berfungsi seperti akson
3. Fungsi aktivasi, berfungsi seperti sinapsis

Neural Network dibangun dari banyak *node* (unit) yang dihubungkan oleh *link* secara langsung. *Link* dari unit yang satu ke unit yang lainnya digunakan untuk melakukan propagasi aktivasi dari unit pertama ke unit selanjutnya. Setiap *link* memiliki bobot numerik. Bobot ini menentukan kekuatan serta penanda dari sebuah konektivitas (Suhartono, 2012).

Proses pada ANN dimulai dari *input* yang diterima oleh neuron beserta dengan nilai bobot dari tiap-tiap *input* yang ada. Setelah masuk ke dalam neuron, nilai *input* yang ada akan dijumlahkan oleh suatu fungsi perambatan (*summing function*), yang bisa dilihat seperti pada di gambar dengan lambang *sigma* (Σ). Hasil penjumlahan akan diproses oleh fungsi aktivasi setiap neuron, disini akan dibandingkan hasil penjumlahan dengan *threshold* (nilai ambang) tertentu. Jika nilai melebihi *threshold*, maka aktivasi neuron akan dibatalkan, sebaliknya, jika masih dibawah nilai *threshold*, neuron akan diaktifkan. Setelah aktif, neuron akan mengirimkan nilai *output* melalui bobot-bobot *outputnya* ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Proses ini akan terus berulang pada *input-input* selanjutnya (Suhartono, 2012).

ANN terdiri dari banyak neuron didalamnya. Neuron-neuron ini akan dikelompokkan ke dalam beberapa layer. Neuron yang terdapat pada tiap layer dihubungkan dengan neuron pada layer lainnya. Hal ini tentunya tidak berlaku pada layer *input* dan *output*, tapi hanya layer yang berada di antaranya. Informasi yang diterima di layer *input* dilanjutkan ke layer-layer dalam ANN secara satu persatu

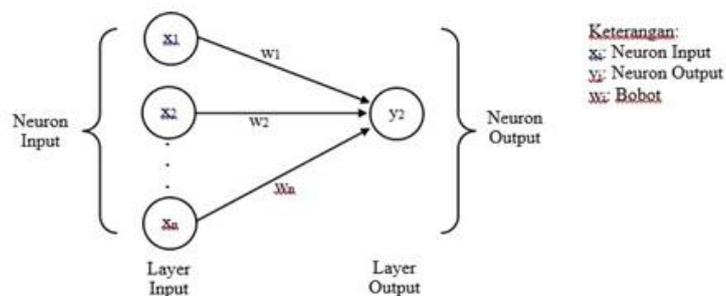
hingga mencapai layer terakhir/layer *output*. Layer yang terletak di antara *input* dan *output* disebut sebagai *hidden layer*. Namun, tidak semua ANN memiliki *hidden layer*, ada juga yang hanya terdapat layer *input* dan *output* saja (Suhartono, 2012).

II.7.3. Arsitektur *Artificial Neural Network*

Arsitektur atau struktur ANN adalah gambaran susunan komponen layer dan neuron pada *input*, *hidden* dan *output* yang terhubung dengan bobot, fungsi aktivasi dan fungsi pembelajaran (*learning function*). Menurut Haykin, terdapat 3 kelas dasar arsitektur ANN yaitu ANN dengan layer tunggal umpan maju (*Single layer feedforward network*), ANN dengan multi layer umpan maju (*Multilayer feedforward network*) dan ANN berulang (*Recurrent Network*) (Wulandhari, 2017 dalam Wahyu 2018).

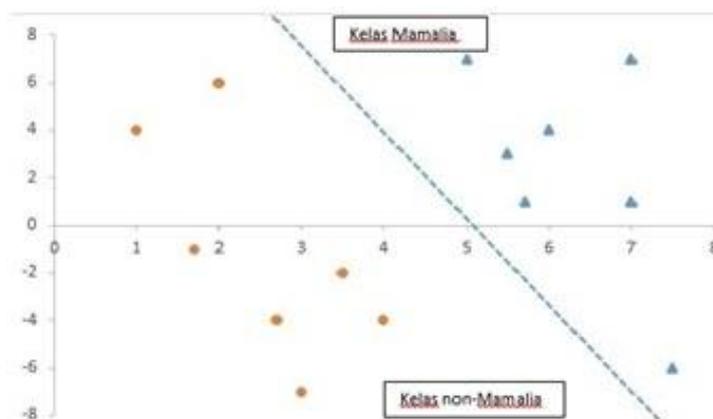
(1) *Single Layer Feedforward Network*

Arsitektur *Single layer feedforward network* terdiri dari dua layer yaitu layer *input* dan layer *output*, dimana layer *input* berperan dalam menerima sinyal data *input* sedangkan layer *output* berfungsi sebagai media dalam memberikan hasil *output*. Layer *input* disusun oleh beberapa neuron yang dihubungkan oleh bobot menuju layer *output* dalam satu alur maju dan tidak sebaliknya. Itulah sebabnya arsitektur ini disebut sebagai arsitektur umpan maju. Walaupun arsitektur ini terdiri dari dua layer, namun arsitektur ini dikategorikan sebagai arsitektur layer tunggal karena layer *output* secara tunggal melakukan proses komputasi tanpa melibatkan layer lain diantara layer *input* dan *output*. Gambaran *Single layer feedforward network* dapat dilihat pada Gambar 3.5 (Wulandhari, 2017).



Gambar 2.4 ANN dengan Layer Tunggal Umpan Maju (*Single Layer feedforward Network*)

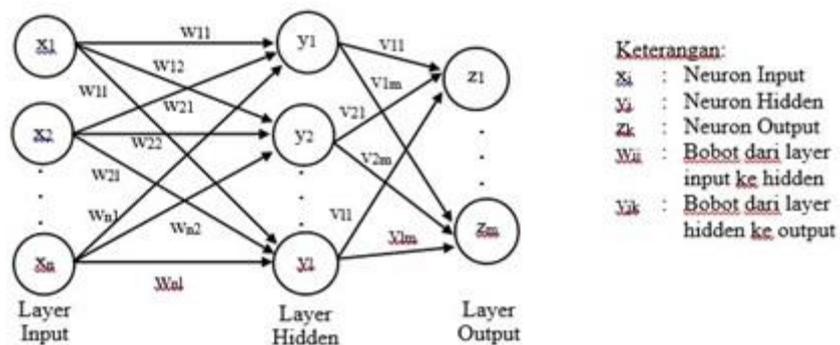
Single layer feedforward network biasa digunakan untuk menyelesaikan kasus-kasus yang bersifat *Linearly Separable*. *Linearly Separable* adalah suatu kondisi klasifikasi vektor dimensi- n $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ kepada dua kelas tertentu, dimana setiap kelasnya dapat dipisahkan oleh tepat satu garis lurus. Salah satu contoh kasus *Linearly Separable* yang dapat diimplementasikan adalah klasifikasi kelas mamalia dan non-mamalia yang ditunjukkan oleh Gambar 2.6 Namun pada umumnya, dalam kehidupan sehari-hari mayoritas kasus yang diselesaikan dengan menggunakan ANN adalah *nonlinearly separable*. Oleh sebab itu diperlukan arsitektur yang dapat menangani hal ini, yaitu *multilayer feedforward network* (Wulandhari, 2017).



Gambar 2.5 Contoh *Linearly Separable*

(2) Multi Layer Feedforward Network

Kelas kedua arsitektur ANN adalah *Multilayer feedforward Network* yang memiliki layer tambahan diantara layer *input* dan layer *output*, dikenal juga sebagai *hidden layer*. *Hidden layer* terdiri dari neuron *hidden* yang melakukan perhitungan dari layer *input* untuk kemudian dilanjutkan kepada layer *output*. Dalam satu arsitektur *multilayer* jumlah *hidden layer* yang digunakan boleh lebih dari satu, sesuai dengan kasus ataupun masalah yang akan diselesaikan. Layer *input* dihubungkan ke *hidden layer* oleh himpunan bobot, begitu juga *hidden layer* ke layer *output* dihubungkan oleh bobot dengan sistem umpan maju dan tidak sebaliknya. Suatu *Multilayer feedforward network* dapat dituliskan sebagai $n - l_1 - l_2 - \dots - l_k - m$, dimana n adalah jumlah neuron *input*, l_1 adalah jumlah neuron pada *hidden layer* pertama, l_2 adalah jumlah neuron pada *hidden layer* kedua, l_k adalah jumlah neuron pada layer *hidden* ke- k dan m adalah jumlah neuron pada layer *output*. Skema *Multilayer feedforward Network* dengan konfigurasi $n - l - m$ dapat dilihat pada Gambar 3.7 (Wulandhari, 2017).



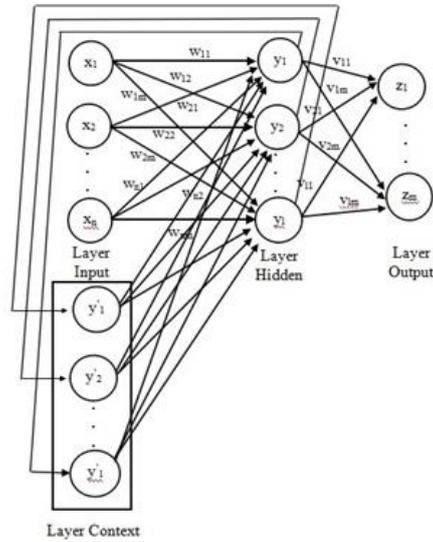
Gambar 2.6 ANN dengan Multilayer Umpan Maju (*Multi Layer feedforward network*)

(3) *Recurent Network*

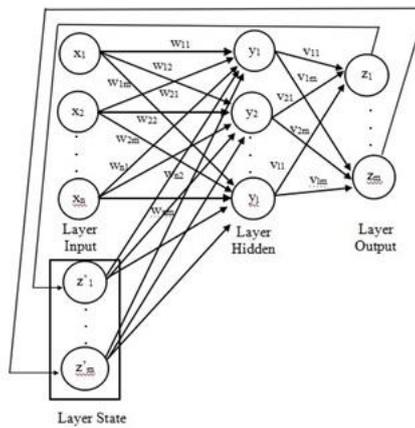
Arsitektur ANN berulang (*Recurrent Network*) memiliki perbedaan dengan dua arsitektur terdahulu yang bersifat umpan maju (*feedforward*) dan tidak sebaliknya. ANN berulang memiliki karakteristik terdapat minimal satu perulangan (*loop*) umpan balik yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuannya dalam mempelajari karakter sementara dari set data yang diberikan. Terdapat beberapa jenis ANN berulang yang telah dikembangkan oleh para peneliti terdahulu, dua diantaranya dikembangkan oleh Elman dan Jordan yang merupakan bentuk ANN berulang sederhana (Wulandhari, 2017).

ANN berulang model Elman melakukan proses *learning* dengan membuat salinan neuron *hidden layer* pada layer *input* disebut sebagai *context input*, sehingga salinan ini berfungsi sebagai perpanjangan dari *input* layer. Fungsi dari *context input* ini adalah untuk menyimpan status ataupun keadaan sebelumnya dari *hidden layer*, untuk kemudian disampaikan kembali kepada layer *hidden* (Wulandhari, 2017).

Hubungan antara *context input* dan *hidden layer* adalah terhubung penuh (*fully connected*) dan diberi bobot 1. Berbeda dengan ANN berulang model Elman yang membuat salinan *hidden layer*, model Jordan melakukan proses *learning* dengan membuat salinan layer *output* pada layer *input* yang disebut sebagai *state layer*. Dengan proses ini, hasil *output* pada *iterasi* sebelumnya akan menjadi bagian dari *input* pada *iterasi* selanjutnya. Gambaran arsitektur ANN berulang model Elman dan Jordan berturut-turut di tunjukan oleh Gambar 2.5 dan Gambar 2.6 (Wulandhari, 2017)



Gambar 2.7 Arsitektur ANN berulang (Recurrent Network) model Elman



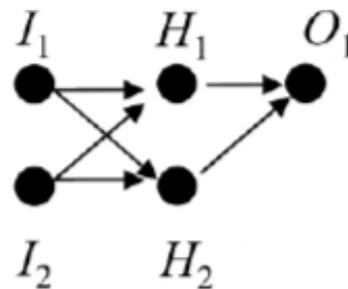
Gambar 2.8 Arsitektur ANN berulang (Recurrent Network) model Jordan

II.7.3. Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan dengan metode *Artificial Neural Network*

Artificial Neural Network (ANN) merupakan suatu metode, teknik atau pendekatan yang memiliki kemampuan untuk mengukur dan memodelkan suatu perilaku dan pola yang kompleks. ANN telah digunakan di berbagai disiplin ilmu

seperti ekonomi, kesehatan, klasifikasi bentang lahan, pengenalan pola, prediksi kondisi iklim, dan penginderaan jauh (Atkinson dan Tatnall, 1997).

Multi-layer Perceptron (MLP) adalah salah satu bentuk arsitektur jaringan ANN yang paling banyak digunakan. MLP umumnya terdiri dari tiga jenis *layer* dengan topologi jaringan seperti pada Gambar 2.4, yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu hubungan *non-linier* di kehidupan nyata (Rumelhart, Hinton dan Williams, 1986).



Gambar 2.9 Ilustrasi *Multi-layer Perceptron*

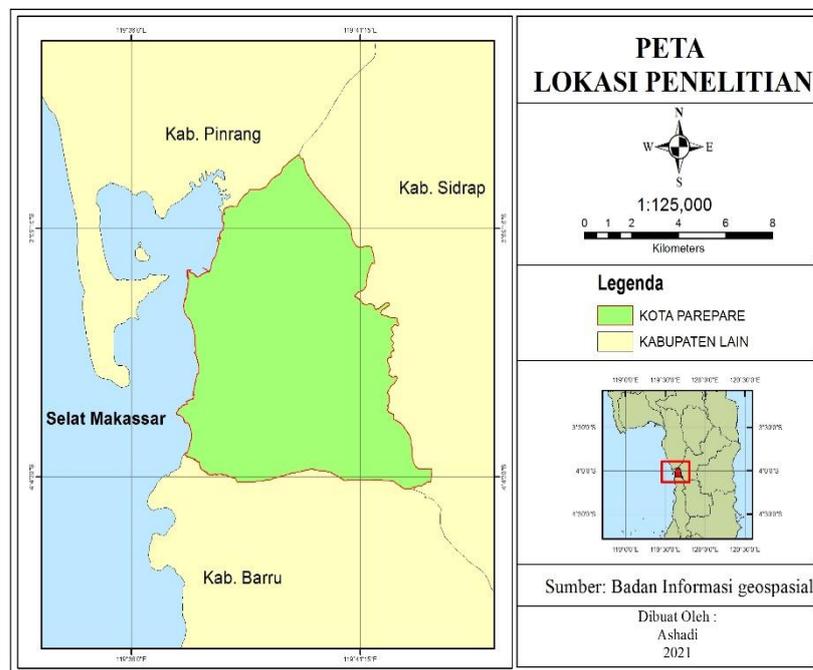
ANN yang diaplikasikan pada pemodelan perubahan penutupan/penggunaan lahan, bekerja dalam empat tahap, yaitu (1) menentukan *input* dan arsitektur jaringan, (2) membuat jaringan dengan menggunakan sebagian piksel dari *input*, (3) menguji jaringan dengan menggunakan semua piksel dari *input*, dan (4) menggunakan informasi yang telah dihasilkan oleh jaringan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan ke depan (Atkinson dan Tatnall 1997).

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yaitu Kota Parepare Provinsi Sulawesi Selatan. Kota Parepare merupakan salah satu dari tiga Kota Madya yang ada di Sulawesi Selatan. Berbatasan langsung dengan Kabupaten Pinrang di sebelah Utara, Kabupaten Barru di sebelah Selatan, Kabupaten Sidrap di sebelah Timur dan Selat Makassar di sebelah Barat. Secara geografis terletak pada 3° 57' 39" LS sampai 4° 04' 49" LS dan 119° 36' 24" BT sampai 119° 43' 40" BT.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian