

*Skripsi Geofisika*

**ANALISIS GEOSPASIAL TERHADAP KONVERSI LAHAN NON  
PERMUKIMAN MENJADI LAHAN PERMUKIMAN DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*  
(ANN)**



**OLEH :**

**WAHYU SAPUTRA**

**H 221 13 501**

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2018**



**ANALISIS GEOSPASIAL TERHADAP KONVERSI LAHAN  
NON PERMUKIMAN MENJADI LAHAN PERMUKIMAN  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL  
NETWORK* (ANN)**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains*

*Pada Program Studi Geofisika*

*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

*Universitas Hasanuddin*

**Oleh :**

**WAHYU SAPUTRA**

**H221 13 501**

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2018**



## HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS GEOSPASIAL TERHADAP KONVERSI LAHAN NON  
PERMUKIMAN MENJADI LAHAN PERMUKIMAN DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* (ANN)

Oleh :

WAHYU SAPUTRA

H221 13 501

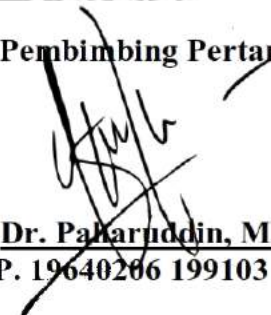
Makassar, 17 Desember 2018

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama

  
Dr. Samsu Arif, M.Si  
NIP. 19630518 199103 1 001

Pembimbing Pertama

  
Dr. Pakaruddin, M.Si  
NIP. 19640206 199103 1 002

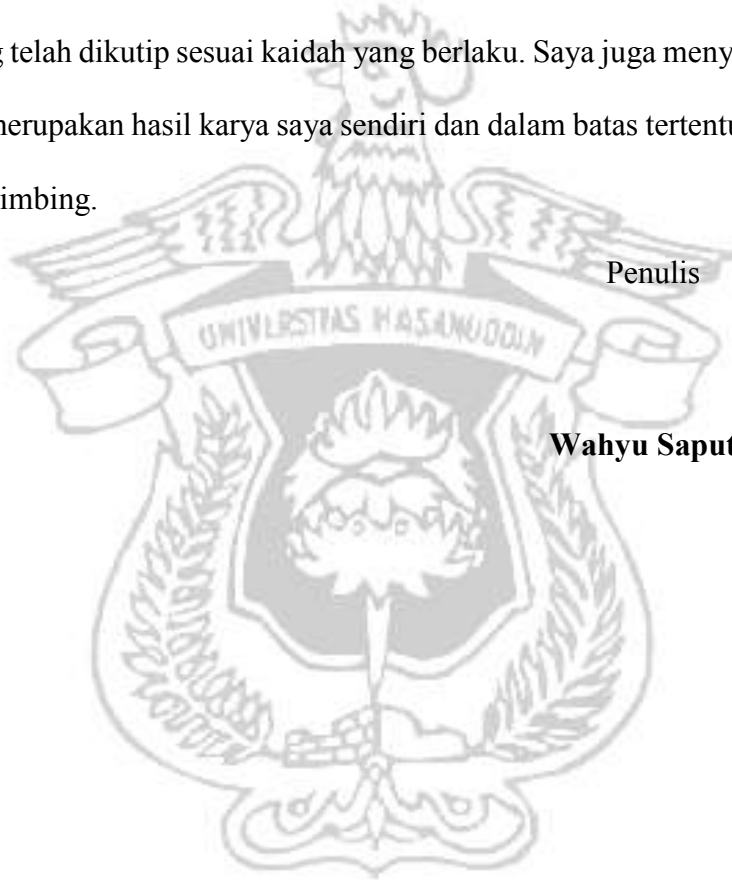


## PERNYATAAN KEASLIAN

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

Penulis

**Wahyu Saputra**



## SARI BACAAN

Pertumbuhan jumlah penduduk disertai dengan meningkatnya laju perekonomian menjadi faktor mendasar yang mendorong meningkatnya kebutuhan lahan permukiman di daerah Maros. Oleh karena itu, dibutuhkan perencanaan fungsi lahan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Faktor-faktor utama untuk menentukan ketersediaan lahan permukiman adalah jalan, tubuh air, kepadatan penduduk, dan permukiman yang sudah ada di daerah tersebut. Penelitian ini memanfaatkan pendekatan jaringan saraf tiruan atau *Artificial Neural Network* (ANN), yang merupakan salah satu cara untuk memprediksi perubahan tutupan lahan. Metode ini memanfaatkan *input* berupa variabel pendorong terjadinya perubahan lahan yang diikuti dengan pemrosesan berupa *hidden layer* untuk menghasilkan prediksi perubahan tutupan lahan. Uji akurasi diterapkan terhadap metode tersebut dalam rangka memperoleh hasil prediksi yang mendekati kebenaran. Penelitian ini memanfaatkan data citra satelit yang diperoleh dari U.S. Geological Survey berupa citra Landsat 7 dan 8 tahun 2012, 2015, dan 2018. Analisis model perubahan tutupan lahan dilakukan dengan peta tutupan lahan tahun tersebut diatas untuk memprediksi tutupan lahan permukiman tahun 2021, 2024, dan 2027. Hasil simulasi menunjukkan bahwa lahan permukiman pada tahun 2021, 2024, dan 2027 akan mengalami peningkatan berturut-turut seluas 4.154,88 Ha, 4.621,55 Ha, dan 5.077,61 Ha, dengan tingkat akurasi kappa sebesar 98%.

**Kata kunci:** *Artificial Neural Network* (ANN); Permukiman; Tutupan Lahan



## ABSTRACT

The growth in population accompanied by the increasing pace of the economy has become a fundamental factor that drives the increasing need for residential land in the Maros area. Therefore, land function planning is needed to meet those requirements. The main factors for determining the availability of residential land are roads, streams, population growth, and residential land that already exist in the area. This study utilizes an *Artificial Neural Network* (ANN) approach, which is one of the techniques to predict changes in land cover. This method utilizes input in the form of a driving variable for land change, followed by processing hidden layer to produce predictions of land cover changes. Accuracy tests are applied to these methods in order to obtain predictive results that are close to the truth. This study utilizes satellite image data obtained from U.S. Geological Survey in the form of Landsat 7 and 8 images in 2012, 2015, and 2018. Analysis of land cover change models is carried out with the years land cover map mentioned above to predict residential land cover in 2021, 2024, and 2027. Simulation results indicate that residential land in 2021, 2024 and 2027 will increase in the area successively 4,154.88 hectares, 4,621.55 hectares, and 5,077.61 hectares, with kappa accuracy rate of 98%.

**Keywords:** *Artificial Neural Network* (ANN); Land Cover; Residential Land



## KATA PENGANTAR



Assalamu ‘Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkah limpahan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat merampungkan skripsi dengan judul *Analisis Geospasial Terhadap Konversi Lahan Non Permukiman Menjadi Lahan Permukiman Dengan Menggunakan Metode Artificial Neural Network (ANN)*. 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 orangtua penulis, Ayahanda **H. Mukhtar** dan Ibunda **Hj. Aguswati** yang senantiasa mendoakan, mendukung dan memberikan dorongan, semangat, cinta dan kasih sayang kepada penulis hingga menjadi seperti sekarang ini. Dalam penulisan skripsi tugas akhir ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berperan dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini, antara lain kepada :

1. **Bapak Dr. Samsu Arif, M.Si.** selaku pembimbing utama dan **Bapak Dr. Paharuddin, M.Si.** selaku pembimbing pertama di kampus yang telah memberikan perhatian, bimbingan, nasihat dan masukan-masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi tugas akhir.
2. **Bapak Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc., Bapak Dr. Eng. Amiruddin,** dan **Bapak Dr. M. Alimuddin Hamzah, M.Eng.** selaku penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
3. **Bapak Dr. Muhammad Altin Massinai, MT.Surv** sebagai Ketua Prodi Geofisika dan **Dra. Maria, M.Si** sebagai Penasihat Akademik Penulis, serta

sejumlah staf dosen pengajar dan pegawai prodi Geofisika FMIPA Unhas yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penulis menjalani studi hingga menyelesaikan tugas akhir ini.



4. **Bapak dan Ibu Dosen** yang telah menuangkan segala ilmu dan ide serta pengetahuan baru dibidang Geofisika kepada penulis.
5. Teman-teman seperjuangan “**Angker 2013**”, “**MIPA 2013**” dan “**Tampan Maks**” Terima kasih banyak atas support dan kebersamaannya selama ini.
6. Seluruh Warga **HIMAFI FMIPA UNHAS** terima kasih atas support dan arahnya. JAYALAH HIMAFI FISIKA NAN JAYA
7. Seluruh Warga **KM FMIPA UNHAS**, terima kasih atas pengalaman dan kebersamaannya. “USE YOUR MIND BE THE BEST”
8. **Bapak, Ibu dan Kakak-kakak** di Witaris atas dukungannya.
9. Keluarga besarku terutama kakak tersayang **Rosmaini, S.Si** dan Suami **Syamsail Muchtar, SH** serta **Mahyuddin, S,Si** dan istri **Fitriani Kaharuddin, S.Si** yang telah memberi dukungan moral maupun moril selama penulis melaksanakan kuliah.
10. Adik **Nurul Aprilyana Adha** yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam melaksanakan penulisan skripsi.
11. Semua pihak yang membantu penulis selama menempuh studi yang tidak sempat disebutkan satu persatu.

Semoga skripsi tugas akhir 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.

Makassar, 17 Desember 2018

**Penulis**





## DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
SARI BACAAN.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Rumusan Masalah .....	3
I.3. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
I.4. Tujuan Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
II.1. Lahan .....	5
II.1.1. Pengertian Lahan.....	5
II.1.2. Pemanfaatan Lahan .....	5
II.1.3. Tutupan Lahan .....	7



II.1.4. Dinamika Perubahan Lahan .....	8
II.2. Penginderaan Jauh ( <i>Remote Sensing</i> ) .....	8
II.2.1. Defenisi Penginderaan Jauh ( <i>Remote Sensing</i> ) .....	8
II.2.2. Resolusi Spasial .....	9
II.2.3. Klasifikasi Citra .....	10
II.2.4. Klasifikasi Multispektral .....	11
II.3. Sistem Informasi Geografis (SIG) .....	12
II.3.1. Definisi Sistem Informasi Geografis .....	12
II.3.2. Model Data Spasial .....	14
(1) Model Data Vektor .....	15
(2) Model Data Raster .....	15
II.4. <i>Land Change Modeler</i> (LCM) .....	15
II.5. Validasi Model .....	16
II.6. <i>Artificial Neural Network</i> (ANN) .....	18
II.6.1. Pengertian <i>Artificial Neural Network</i> (ANN) .....	18
II.6.2. Konsep <i>Neural Network</i> .....	19
(1) Proses Kerja Jaringan Saraf Pada Otak Manusia .....	19
(2) Struktur <i>Neural Network</i> .....	20
II.6.3. Arsitektur <i>Artificial Neural Network</i> .....	22
(1) <i>Single Layer Feedforward Network</i> .....	23
(2) <i>Multilayer Feedforward Network</i> .....	24
<i>Recurrent Network</i> .....	25



II.7. Pemodelan Perubahan Tutupan Lahan dengan metode <i>Artificial Neural Network</i> (ANN) .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	29
III.1. Lokasi Penelitian .....	29
III.2. Alat dan Bahan .....	30
III.2.1. Alat.....	30
III.2.2. Bahan .....	30
III.3. Tahapan Penelitian .....	31
III.3.1. Persiapan.....	31
III.3.2. Pembuatan Data Vektor Penelitian .....	31
III.3.3. Pembuatan Data Raster Penelitian.....	31
III.3.4. Tahap Pengolahan Data .....	32
III.3.5. Tahap Pemodelan dan Proyeksi Tutupan Lahan.....	33
III.3.6. Tahap Validasi Peta Proyeksi .....	34
III.4. Bagan Alir .....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	36
IV.1. Tutupan Lahan di Kabupaten Maros .....	36
IV.2. Deteksi Pada Perubahan Tutupan Lahan.....	37
IV.2.1. Perubahan Tutupan Lahan Periode 2012-2015 .....	37
IV.2.2. Perubahan Tutupan Lahan Periode 2015-2018 .....	39
IV.3. Perubahan Tutupan Lahan dengan Metode <i>Artificial Neural Network</i> ....	40
1. Analisa Perubahan ( <i>Change Analysis</i> ) .....	40
2. Potensi Transisi ( <i>Transition Potential</i> ) .....	42



IV.3.2.1. Uji Nilai Cramer's V .....	44
IV.3.2.2. Menjalankan Model .....	45
IV.3.3. Prediksi Perubahan (Change Prediction).....	47
IV.4. Evaluasi Perubahan Lahan Hasil Digitasi dan Model Simulasi.....	49
IV.5. Konversi Lahan Non Permukiman Menjadi Lahan Permukiman .....	50
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>52</b>
V. I. Kesimpulan .....	52
V. II. Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>60</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Kontingensi untuk J Kategori.....	16
Tabel 2.2. Tingkat Kecocokan Nilai Kappa.....	18
Tabel 4.1. Luas Tutupan Lahan Tahun 2012, 2015, dan 2018.....	36
Tabel 4.2. Matriks Perubahan Tutupan Lahan Periode 2012-2015 (Ha).....	38
Tabel 4.3. Matriks Perubahan Tutupan Lahan Periode 2015-2018 (Ha).....	39
Tabel 4.4. Luas Perubahan Lahan Tahun 2012-2027.....	49
Tabel 4.5. Persentase Perubahan Lahan Tahun 2012-2027.....	49
Tabel 4.6. Perubahan Permukiman Dari Tahun 2012-2027.....	51



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tampilan model data vektor dan model data raster.....	14
Gambar 2.2. Struktur <i>Neuron</i> pada otak manusia.....	19
Gambar 2.3. Struktur ANN.....	21
Gambar 2.4. ANN dengan Layer Tunggal Umpan Maju ( <i>Single layer feedforward network</i> ).....	23
Gambar 2.5. Contoh <i>Linearly Separable</i> .....	24
Gambar 2.6. ANN dengan Multilayer Umpan Maju ( <i>Multilayer feedforward network</i> ).....	25
Gambar 2.7. Arsitektur ANN berulang ( <i>Recurrent Network</i> ) model Elman.....	26
Gambar 2.8. Arsitektur ANN berulang ( <i>Recurrent Network</i> ) model Jordan.....	27
Gambar 2.9. Ilustrasi <i>Multi-layer Perceptron</i> .....	28
Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian.....	29
Gambar 4.1. Perubahan Tutupan Lahan Periode 2012-2015.....	38
Gambar 4.2. Perubahan Tutupan Lahan Periode 2015-2018.....	40
Gambar 4.3. Perubahan Luas Tutupan Lahan Periode 2012-2015.....	41
Gambar 4.4. Kelas Perubahan Tutupan Lahan Periode 2012-2015.....	41
Gambar 4.5. Parameter Tutupan Lahan Kelas Permukiman.....	43
Gambar 4.6. Kepadatan Penduduk Per piksel.....	44
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan RMS dengan Iterasi dan Akurasi Model.....	46
Gambar 4.8. Model Tutupan Lahan <i>Artificial Neural Network</i> .....	48
Gambar 4.9. Grafik Perubahan Kelas Tutupan Lahan Dari Tahun 2012 Sampai 2027.....	50



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Tutupan Lahan.....	I
Lampiran 2 Uji Nilai Cramer's V.....	IV
Lampiran 3 <i>Transition Potential</i> .....	V
Lampiran 4 MLP Model <i>Results</i> .....	IX
Lampiran 5 Probabilitas Markov.....	X
Lampiran 6 <i>Kappa Accuracy</i> .....	XI
Lampiran 7 Model Simulasi Tutupan Lahan <i>Artificial Neural Network</i> .....	XII
Lampiran 8 Vektor Perubahan Permukiman.....	XV
Lampiran 9 Matriks Transisi Tutupan Lahan.....	XIX
Lampiran 10 Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk di Kabupaten Maros.....	XXI



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang

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. Selanjutnya ekonomi menjadi faktor pendorong yang cukup besar, sebagai contoh meningkatnya kebutuhan akan ruang tempat hidup, transportasi dan tempat rekreasi akan mendorong terjadinya perubahan tutupan lahan (Siswanto, 2006).

Dalam pembangunan wilayah, perencanaan tutupan lahan diperlukan untuk mengarahkan para pengambil keputusan dalam usaha untuk memilih jenis tutupan lahan yang sesuai, menentukan lokasi spasial yang optimal dari kegiatan yang direncanakan, mengidentifikasi dan merumuskan peluang untuk perubahan pemanfaatan lahan, dan mengantisipasi konsekuensi perubahan kebijakan tutupan lahan (Baja, 2012).

Analisis perubahan tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan sistem informasi geografis dan penginderaan jauh, yaitu dengan pemanfaatan citra satelit.

Analisis perubahan dan pemodelan untuk prediksi tutupan lahan dapat dilakukan

menggunakan beberapa metode, salah satunya dengan menggunakan *Neural Network* (ANN).





*Artificial Neural Network* (ANN) merupakan suatu struktur komputasi yang dikembangkan berdasarkan proses sistem jaringan saraf biologi dalam otak. ANN merupakan penjabaran fungsi otak manusia (*biological neuron*) dalam bentuk fungsi matematika yang menjalankan proses perhitungan secara paralel (Ashish, 2002). Sementara itu Pham (1994) menyatakan bahwa ANN bersifat fleksibel terhadap masukan data dan menghasilkan respon yang konsisten. Jaringan yang terdiri dari beberapa lapisan (*multilayer*) dapat menunjukkan kapabilitasnya yang sempurna untuk memecahkan berbagai permasalahan. Pembelajaran ANN dapat menyelesaikan perhitungan paralel untuk tugas-tugas yang rumit, seperti prediksi dan pemodelan; klasifikasi dan pola pengenalan; pengklasteran dan optimisasi.

Dengan bertambahnya populasi penduduk suatu daerah disetiap tahunnya maka akan meningkatkan daya guna manusia terhadap tutupan lahan. Hal ini didorong dengan semakin meningkatnya kebutuhan manusia akan tempat tinggal, pertanian, pendidikan, rumah sakit, dan lain-lain yang semuanya berkaitan dengan tutupan lahan. Pada penelitian sebelumnya dilakukan pemodelan perencanaan kawasan permukiman di Kabupaten Maros untuk memprediksi sebaran penggunaan lahan untuk permukiman dimasa yang akan datang berdasarkan jumlah penduduk (Ameliyah, 2018). Oleh karena itu penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam tahap perencanaan pembangunan dan pengembangan lahan di Kabupaten Maros.



## I.2. Rumusan Masalah

Kabupaten Maros merupakan salah satu daerah di Indonesia khususnya di Sulawesi Selatan yang mengalami perkembangan sangat pesat dalam beberapa sektor seperti tempat tinggal, pertanian, pendidikan, rumah sakit, transportasi dan lain-lain. Dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan kebutuhan ekonomi masyarakat, pengolahan sumber daya lahan merupakan hal yang penting untuk mencapai kebutuhan tersebut. Hal ini menyebabkan perlu adanya beberapa pengkajian mengenai perubahan tutupan lahan sebagai tolak ukur untuk melakukan perencanaan pembangunan dan pengembangan lahan di Kabupaten Maros. Adapun permasalahan pokok yang dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana penerapan model *Artificial Neural Network* (ANN) untuk memprediksi perubahan tutupan lahan permukiman Kabupaten Maros pada waktu yang akan datang.
2. Bagaimana hasil uji validasi terhadap tutupan lahan kedalam model *Artificial Neural Network* (ANN).

## I.3. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini mencakup analisis geospasial terhadap konversi lahan non permukiman menjadi lahan permukiman di Kabupaten Maros yang menghasilkan model perubahan lahan untuk 3, 6 dan 9 tahun yang akan datang. Dimana data tutupan lahan berasal dari data citra Landsat 7/ Landsat 8

di Kabupaten Maros tahun 2012, 2015, dan 2018 yang diklasifikasikan menjadi 5 tutupan lahan yaitu: permukiman, tubuh air, lahan pertanian, hutan dan



tutupan lahan lainnya. Pemodelan tutupan lahan ini, dibangun dengan mengkombinasikan model dinamika perubahan lahan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan menggunakan pendekatan *Artificial Neural Network (ANN)*. *Artificial Neural Network (ANN)* diaplikasikan pada pemodelan perubahan tutupan lahan, bekerja dalam 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.

#### **I.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan analisis model perubahan tutupan lahan menggunakan peta tutupan lahan tahun 2012, tahun 2015 dan tahun 2018 untuk memprediksi tutupan lahan permukiman tahun 2021, tahun 2024 dan tahun 2027 dengan pendekatan *Artificial Neural Network (ANN)*.
2. Melakukan uji validasi terhadap hasil pendekatan *Artificial Neural Network (ANN)* untuk mengetahui tingkat keakuratan model.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1. Lahan**

##### **II.1.1. Pengertian Lahan**

Lahan (*land*) merupakan suatu wilayah di permukaan bumi, mencakup semua komponen biosfer yang dapat dianggap tetap atau bersifat siklis yang berada di atas dan di bawah wilayah tersebut, termasuk atmosfer, tanah, batuan induk, relief, hidrologi, tumbuhan dan hewan, serta segala akibat yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia di masa lalu dan sekarang; yang kesemuanya itu berpengaruh terhadap tutupan lahan oleh manusia pada saat sekarang dan di masa akan datang (Brinkman dan Smyth, 1973; Vink, 1975).

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. Pemanfaatan Lahan**

Menurut Arsyad (1989), tutupan lahan merupakan hasil akhir dari setiap campuran tangan kegiatan manusia terhadap lahan di permukaan bumi yang dinamis dan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan hidup baik material maupun spiritual. Berbagai tipe pemanfaatan lahan dijumpai di permukaan bumi,



masing-masing tipe mempunyai karakteristik tersendiri. Ada tiga aspek kepentingan pokok dalam pemanfaatan sumberdaya lahan, yaitu (1) lahan diperlukan manusia untuk tempat tinggal, tempat bercocok tanam, beternak, memelihara ikan, dan sebagainya; (2) lahan mendukung kehidupan berbagai jenis vegetasi dan satwa; dan (3) lahan mengandung bahan tambang yang bermanfaat bagi manusia (Soerianegara 1977).

Sistem tutupan lahan dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu tutupan lahan pertanian dan tutupan lahan non-pertanian. Tutupan lahan pertanian antara lain tegalan, sawah, kebun, padang rumput, hutan produksi, hutan lindung dan sebagainya. Sedangkan tutupan lahan non pertanian antara lain tutupan lahan perkotaan atau pedesaan, industri, rekreasi, pertambangan dan sebagainya (Muiz, 2009).

Menurut FAO dan UNEP (1999), fungsi dasar lahan dalam mendukung ekosistem darat seperti manusia dan lainnya dapat diringkas sebagai berikut :

- 1) Toko kekayaan bagi individu, kelompok, atau komunitas.
- 2) Produksi makanan, serat, bahan bakar atau bahan biotik lainnya untuk digunakan manusia.
- 3) Penyedia habitat biologi bagi tanaman, hewan dan mikro-organisme.
- 4) Ko-determinan dalam keseimbangan energi global dan siklus hidrologi global, yang didalamnya termasuk sumber dan dekomposer gas rumah kaca.
- 5) Sarana penyimpanan serta aliran air permukaan dan air tanah.

yang mineral dan bahan baku untuk digunakan manusia.

angga, filter atau pengubah polutan kimia.



- 8) Penyedia ruang fisik untuk permukiman , industri dan rekreasi.
- 9) Penyimpanan dan perlindungan bukti catatan sejarah atau pra-sejarah (fosil, bukti iklim masa lalu, sisa-sisa arkeologi, dll).
- 10) Mengaktifkan atau menghambat pergerakan hewan, tumbuhan dan manusia dari satu daerah ke daerah lain.

### **II.1.3. Tutupan Lahan**

Tutupan lahan adalah kenampakan material fisik permukaan bumi. Tutupan lahan dapat menggambarkan keterkaitan antara proses alami dan proses sosial. Tutupan lahan dapat menyediakan informasi yang sangat penting untuk keperluan pemodelan serta untuk memahami fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi. Data tutupan lahan juga digunakan dalam mempelajari perubahan iklim dan memahami keterkaitan antara aktivitas manusia dan perubahan global (Running, 2008; Gong *et al.*, 2013; Jia *et al.*, 2014).

Ketika mempertimbangkan tutupan lahan dalam arti yang sangat murni dan ketat, maka harus dibatasi antara vegetasi dan fitur buatan manusia. Akibatnya daerah di mana terdapat permukaan yang terdiri dari bebatuan atau lahan kosong digambarkan sebagai lahan itu sendiri daripada tutupan lahan. Selain itu diperdebatkan pula apakah permukaan air merupakan tutupan lahan yang nyata. Namun dalam prakteknya, para ahli menggolongkan semua itu kedalam penutupan lahan (Di Gregorio dan Jansen, 2009).



#### II.1.4. Dinamika Perubahan Lahan

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

Barlowe (1986), menyatakan bahwa ada beberapa hal yang diduga sebagai penyebab proses perubahan tutupan lahan antara lain :

- 1) Besarnya tingkat urbanisasi dan lambatnya proses pembangunan di pedesaan.
- 2) Meningkatnya jumlah kelompok golongan berpendapatan menengah hingga atas di wilayah perkotaan yang berakibat tingginya permintaan terhadap permukiman (kelompok-kelompok perumahan).
- 3) Terjadinya transformasi didalam struktur perekonomian yang pada gilirannya akan menggeser kegiatan pertanian/lahan hijau khususnya di perkotaan.
- 4) Terjadinya fragmentasi pemilihan lahan menjadi satuan-satuan usaha dengan ukuran yang secara ekonomi tidak efisien.

### II.2. Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)

#### II.2.1. Defenisi Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)

Menurut Lilesand dan Kiefer (1993), penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau fenomena dengan cara

melisa data yang diperoleh dengan alat tertentu tanpa kontak langsung dengan daerah atau fenomena yang dikaji. Selanjutnya Sutanto (1986), mengatakan



penafsiran citra penginderaan jauh berupa pengenalan objek dan elemen yang tergambar pada citra penginderaan jauh serta penyajiannya ke dalam bentuk peta tematik. Penginderaan jauh dapat menghasilkan data berupa citra. Ini dimungkinkan karena semua benda yang mempunyai temperatur di atas  $0^{\circ}$  absolut (0 K) memancarkan atau memantulkan secara alami berkas-berkas energi dengan panjang gelombang yang bervariasi berdasarkan temperatur dan karakteristik molekul benda tersebut. Gelombang energi yang dipancarkan atau dipantulkan oleh benda diterima oleh sensor, selanjutnya bila diproses akan menghasilkan data penginderaan jauh yang dikenal dengan sebutan citra.

### II.2.2. Resolusi Spasial

Menurut Paharuddin (2012), ukuran piksel berbeda tergantung pada sistem yang dipakai, hal ini menunjukkan ketajaman atau ketelitian dari data penginderaan jauh, atau yang dikenal dengan resolusi spasial. Makin besar nilai resolusi spasial suatu data, makin kurang detail data tersebut dihasilkan, sebaliknya makin kecil nilai resolusi spasial suatu data, makin detail data tersebut dihasilkan. Selain resolusi spasial data penginderaan jauh mengenal istilah resolusi berikut:

- 1) Resolusi temporal yaitu kemampuan sensor untuk merekam ulang objek yang sama. Semakin cepat suatu sensor merekam ulang objek yang sama, semakin baik resolusi temporalnya.
- 2) Resolusi spektral merupakan ukuran kemampuan sensor dalam memisahkan

... pada beberapa kisaran panjang gelombang. Data penginderaan jauh yang menggunakan satu band pada sensornya hanya akan memberikan satu data





intensitas pantul pada tiap piksel. Apabila sensor menggunakan 5 band maka data pada tiap piksel akan menghasilkan 5 nilai intensitas yang berbeda. Dengan menggunakan banyak band (*multiband*) maka pemisahan suatu objek dapat dilakukan lebih akurat berdasarkan nilai intensitas yang khas dari masing-masing band yang dipakai.

- 3) Resolusi radiometrik yaitu ukuran kemampuan sensor dalam merekam atau mengindra perbedaan terkecil suatu objek dengan objek yang lain (ukuran kepekaan sensor). Resolusi radiometrik berkaitan dengan kekuatan sinyal, kondisi atmosfer (hamburan, serapan dan tutupan awan), dan saluran spektral yang digunakan.

### II.2.3. Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan proses pengelompokan piksel pada suatu citra ke dalam sejumlah *class* (kelas), sehingga setiap kelas dapat menggambarkan suatu entitas dengan ciri-ciri tertentu. Tujuan utama klasifikasi citra penginderaan jauh adalah untuk menghasilkan peta tematik, dimana suatu warna 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 klasifikasi dapat menghasilkan peta awan yang memperlihatkan distribusi awan di atas suatu wilayah (Arifin dan Murni, 2001).

Secara umum, algoritma klasifikasi dapat dibagi menjadi *supervised*

) dan *unsupervised* (tak terawasi). Pemilihannya bergantung pada an data awal pada citra itu. 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.2.4. Klasifikasi Multispektral

Klasifikasi multispektral merupakan teknik otomatisasi secara digital yang sudah digunakan secara luas, yang salah satunya untuk memetakan penutup lahan. Hal ini dikarenakan penutup lahan merupakan informasi yang secara langsung dapat diturunkan dari citra penginderaan jauh karena merupakan kenampakan pada permukaan bumi yang dapat dibedakan dari respon spektralnya (Nugroho, 2010).

Pada klasifikasi manual berbagai kriteria digunakan, antara lain kesamaan rona/warna, tekstur, bentuk, pola, relief, dan sebagainya yang digunakan secara serentak. Pada sebagian besar metode klasifikasi multispektral hanya ada satu kriteria yang digunakan, yaitu nilai *spektral* (nilai kecerahan) pada beberapa saluran sekaligus. Perkembangan mutakhir menunjukkan bahwa klasifikasi multispektral juga dapat dilakukan dengan melibatkan unsur interpretasi lain, disamping warna atau nilai spektral, seperti tekstur dan bentuk, misalnia dengan segmentasi citra berbasis objek (*object-based image segmentation*) (Batz dan Schappe, 2000; Danoedoro *et al.*, 2008).

Asumsi paling awal dalam klasifikasi multispektral ialah bahwa tiap objek

dibedakan dari yang lain berdasarkan nilai spektralnya. Disamping itu, Phinn menyebutkan bahwa klasifikasi multispektral mengamsusikan: (a) resolusi



spasial tinggi, dimana setiap piksel merupakan piksel murni yang tersusun atas satu macam objek penutup lahan, (b) piksel-piksel yang menyusun satu jenis penutup lahan mempunyai kesamaan spektral, (c) setiap penutup lahan berbeda juga mempunyai perbedaan spektral yang signifikan.

## **II.3. Sistem Informasi Geografis (SIG)**

### **II.3.1. Definisi Sistem Informasi Geografis**

Maguire (2005), telah mengumpulkan beberapa definisi lain dari SIG oleh beberapa ahli antara lain :

- 1) Dueker (1979), sebuah kasus khusus dari sistem informasi dimana database terdiri dari pengamatan yang terdistribusikan dalam fitur spasial, suatu kegiatan, atau peristiwa, yang didefinisikan dalam ruang sebagai titik, garis, atau area. Sebuah SIG memanipulasi data titik-titik, garis, dan daerah tersebut untuk mengambil data untuk proses analisis.
- 2) Ozemoy, Smith dan Sicherman (1981), sebuah set otomatis dari suatu fungsi yang menyediakan para ahli sebuah kemampuan canggih dalam penyimpanan, pencarian, manipulasi, dan menampilkan data letak geografis.
- 3) Burrough (1986), satu *set alat* yang handal dalam mengumpulkan, menyimpan, mengambil, mengubah dan menampilkan data spasial dari dunia nyata.
- 4) DoE (1987), sistem untuk menangkap, menyimpan, memeriksa, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan data yang bereferensi spasial terhadap bumi.



- 5) Smith *et al.* (1987), suatu sistem database di mana sebagian besar data spasial diindeks, dan dimana satu set prosedur dioperasikan untuk menjawab pertanyaan tentang entitas spasial dalam database.
- 6) Parker (1988), teknologi informasi yang menyimpan, menganalisis, dan menampilkan baik data spasial maupun non spasial.
- 7) Cowen (1988), sistem pendukung keputusan yang melibatkan integrasi data spasial yang direferensikan dalam pemecahan masalah lingkungan.
- 8) Carter (1989), entitas kelembagaan, mencerminkan struktur organisasi yang mengintegrasikan teknologi dengan database, keahlian dan melanjutkan dukungan keuangannya dari waktu ke waktu.

Sedangkan Aronoff (1989), menyatakan bahwa Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem berbasis komputer yang menyediakan empat set kemampuan dalam menangani informasi geografis yaitu :

- 1) Pengambilan data dan Persiapannya
- 2) Manajemen data, termasuk penyimpanan dan pemeliharannya
- 3) Manipulasi data dan analisisnya
- 4) Presentasi dan penyajian data

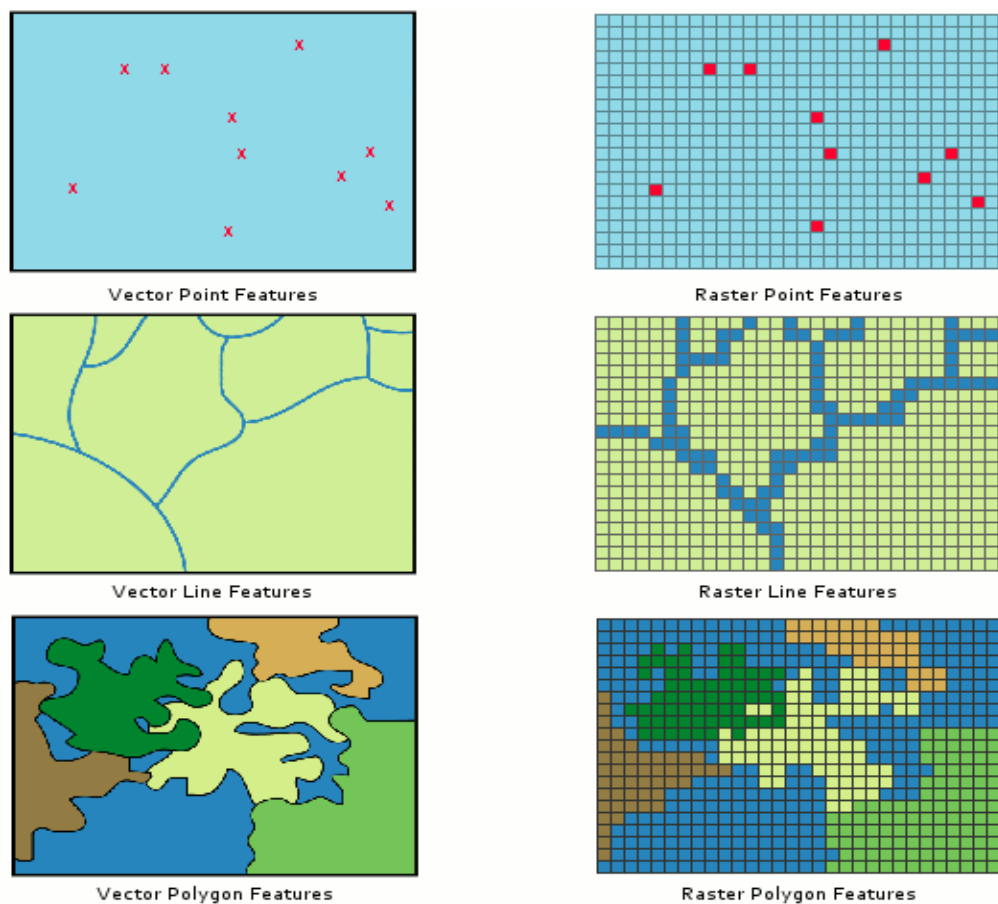
Kemampuan SIG secara eksplisit menangani data spasial serta data nonspasial membuat teknologi ini begitu banyak digunakan pada saat ini. Data spasial telah menjadi bagian yang terintegrasi dengan database berbagai organisasi formal maupun non formal karena dapat dikombinasikan dengan dataset nonspasial



16).

### II.3.2. Model Data Spasial

Dalam rangka memvisualisasikan fenomena alam, hal pertama yang harus ditentukan adalah bagaimana cara terbaik merepresentasikan suatu ruang geografis. Model data adalah seperangkat aturan dan atau konstruksi yang digunakan untuk menggambarkan serta mewakili aspek di dunia nyata ke dalam komputer. Dua model data primer yang tersedia untuk menjawab hal ini yaitu model data raster dan model data vektor (Campbell dan Shin, 2012).



**Gambar 2.1.** Tampilan model data vektor dan model data raster



### **(1) Model Data Vektor**

Model data vektor menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis atau kurva, atau poligon beserta atribut atributnya. Bentuk-bentuk dasar representasi data spasial ini, didalam sistem model data vektor, didefinisikan oleh sistem koordinat kartesian dua dimensi (x, y) (Prahasta, 2002).

### **(2) Model Data Raster**

Model data raster terdiri dari matriks sel yang diatur dalam baris dan kolom, mengandung nilai yang mewakili data tematik (tutupan lahan atau tanah) atau data kontinyu (suhu dan ketinggian). (Delamater *et al.*, 2012). Penyimpanan data raster menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk grid. Setiap piksel atau sel ini memiliki atribut tersendiri, termasuk koordinatnya. Akurasi data model ini sangat bergantung pada resolusi atau ukuran pikselnya di permukaan bumi. Entity spasial raster disimpan didalam layer yang secara fungsionalitas direlasikan dengan unsur-unsur petanya (Arif, 2016).

## **II.4. Land Change Modeler (LCM)**

*Land Change Modeler* (LCM) adalah suatu metode yang digunakan untuk memprediksi perubahan lahan (land use & land cover – LULC). Perubahan lahan tersebut berdasarkan kondisi lahan di masa yang lampau (dua interval waktu).

Misalnya lahan tahun 2000 dibandingkan dengan tahun 2010 untuk memprediksi tahun 2015. Setelah lahan hasil prediksi dengan model LCM dengan ril lahan tahun 2015 divalidasi, kondisi lahan di tahun-tahun berikutnya



akan diperoleh asalkan hasil validasinya cukup baik (biasanya di atas 75%) (Eastman,2012).

Analisis perubahan tutupan lahan untuk penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua tipe dasar data yaitu kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif mewakili perbedaan dalam jenis data perubahan tutupan lahan sedangkan data kuantitatif mewakili perbedaan dalam derajat perubahan tutupan lahan. Misalnya, peta tutupan lahan berisi data kualitatif sedangkan peta topografi berisi data kuantitatif (Eastman,2012).

## II.5. Validasi Model

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

Perhitungan Kappa menurut Peruge (2013), didasarkan pada tabel kontingensi seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1. Pembuatan tabel kontingensi ini umumnya adalah sebagai tahap awal dalam membandingkan peta secara objektif.

**Tabel 2.1.** Tabel Kontingensi untuk J Kategori.

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



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

$$K = \frac{P(A) - P(E)}{1 - P(E)} \quad (2.1)$$

Di mana  $P(A)$  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:

$$P(A) = \sum_{j=1}^J p_{jj} \quad (2.2)$$

$$P(E) = \sum_{j=1}^J p_{jj} * p_{jj} \quad (2.3)$$

Dimana :

$p_{j1}$  = proporsi sel yang termasuk kategori j pada simulasi,

$p_{j2}$  = 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 mencampurkan kesalahan kuantifikasi dengan kesalahan lokasi dan memperkenalkan dua statistik secara terpisah untuk mempertimbangkan kesamaan lokasi dan kesamaan kuantitas.

Nilai ambang batas untuk membedakan tingkat kecocokan dari setiap nilai kappa,

terdapat pada Tabel 2.2.





**Tabel 2.2.** Tingkat Kecocokan Nilai Kappa

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.6. *Artificial Neural Network* (ANN)

### II.6.1. Pengertian *Artificial Neural Network* (ANN)

Cabang ilmu kecerdasan buatan cukup luas, dan erat kaitannya dengan disiplin ilmu yang lainnya. Hal ini bisa dilihat dari berbagai aplikasi yang merupakan hasil kombinasi dari berbagai ilmu. Seperti halnya yang ada pada peralatan medis yang berbentuk aplikasi. Sudah berkembang bahwa aplikasi yang dibuat merupakan hasil perpaduan dari ilmu kecerdasan buatan dan juga ilmu kedokteran atau lebih khusus lagi yaitu ilmu biologi (Suhartono, 2012).

*Neural Network* merupakan kategori ilmu *Soft Computing*. *Neural Network* mengadopsi kemampuan dari otak manusia yang mampu memberikan stimulasi atau rangsangan, melakukan proses, dan memberikan *output*. *Output* diperoleh dari variasi stimulasi dan proses yang terjadi didalam otak manusia. Kemampuan

dalam memproses informasi merupakan hasil kompleksitas proses didalam salnya, yang terjadi pada anak-anak, mereka mampu belajar untuk

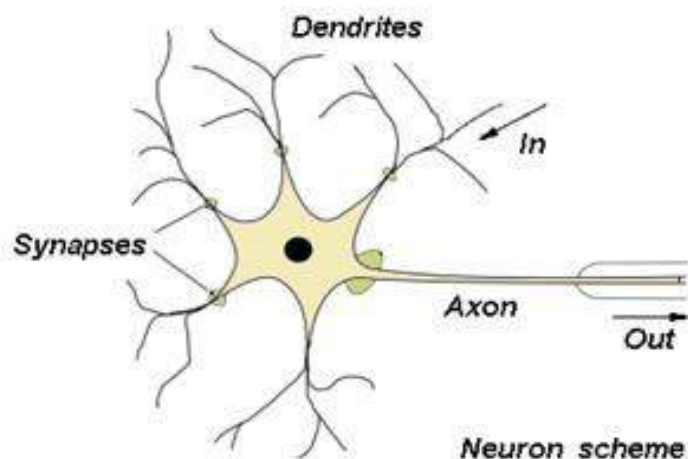


melakukan pengenalan meskipun mereka tidak mengetahui algoritma apa yang digunakan. Kekuatan komputasi yang luar biasa dari otak manusia ini merupakan sebuah keunggulan didalam kajian ilmu pengetahuan (Suhartono, 2012).

## II.6.2. Konsep *Neural Network*

### (1) Proses Kerja Jaringan Saraf Pada Otak Manusia

Ide dasar *Neural Network* dimulai dari otak manusia, dimana otak memuat sekitar 100 miliar 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 100 triliun. Masing-masing sel itu saling berinteraksi satu sama lain yang menghasilkan kemampuan tertentu pada kerja otak manusia (Suhartono, 2012).



**Gambar 2.2.** Struktur *Neuron* pada otak manusia

Dari gambar di atas, bisa dilihat ada beberapa bagian dari otak manusia,



Dendrit (*Dendrites*) berfungsi untuk mengirimkan impuls yang diterima ke badan sel saraf.

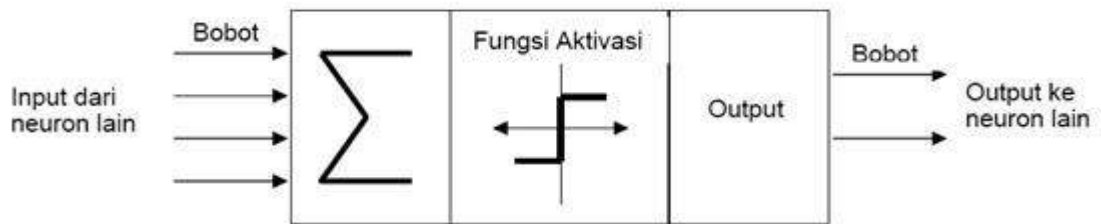
- 2) Akson (*Axon*) berfungsi untuk mengirimkan impuls dari badan sel ke jaringan lain
- 3) Sinapsis berfungsi sebagai unit fungsional di antara dua sel saraf.

Sebuah neuron menerima impuls dari neuron lain melalui dendrit dan mengirimkan sinyal yang dihasilkan oleh badan sel melalui akson. Akson dari sel saraf ini bercabang-cabang dan berhubungan dengan dendrit dari sel saraf lain dengan cara mengirimkan impuls melalui sinapsis. Sinapsis adalah unit fungsional antara 2 buah sel saraf, misal A dan B, dimana yang satu adalah serabut akson dari neuron A dan satunya lagi adalah dendrit dari neuron B. Kekuatan sinapsis bisa menurun atau meningkat tergantung seberapa besar tingkat *propagasi* (penyiaran) sinyal yang diterimanya. Impuls-impuls sinyal (informasi) akan diterima oleh neuron lain jika memenuhi batasan tertentu, yang sering disebut dengan nilai ambang (*threshold*) (Suhartono, 2012).

## (2) Struktur *Neural Network*

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* ( $\Sigma$ ). Hasil

akan diproses oleh fungsi aktivasi setiap neuron, disini akan dikurangkan 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).

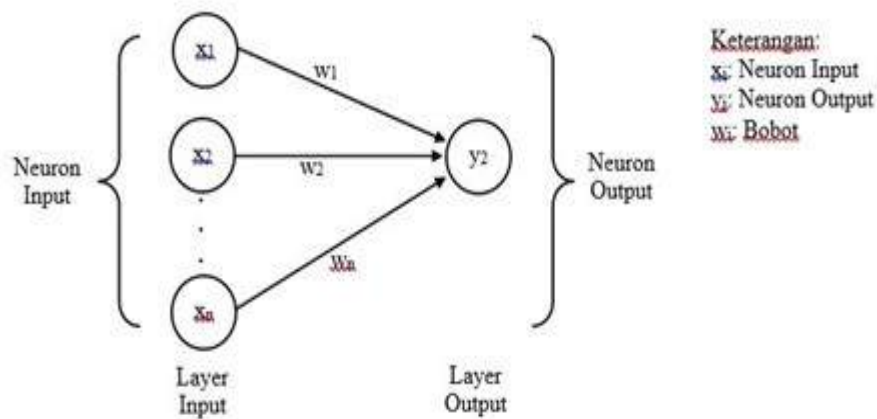
### II.6.3. Arsitektur Artificial Neural Network

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,



### (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 2.4. (Wulandhari, 2017).



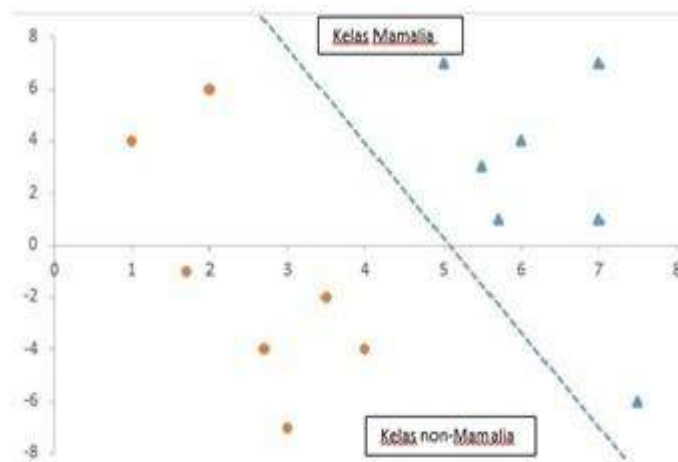
**Gambar 2.4.** ANN dengan Layer Tunggal Umpan Maju (*Single layer feedforward network*)

*Single layer feedforward network* biasa digunakan untuk menyelesaikan masalah klasifikasi vektor dimensi- $n$   $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  kepada dua kelas tertentu, di 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 2.5.

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) *Multilayer Feedforward Network*

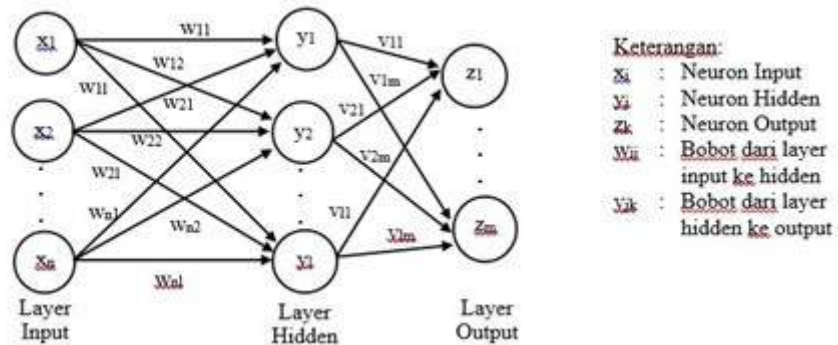
Kelas kedua arsitektur ANN adalah *Multilayer feedforward Network* yang memiliki layer tambahan diantara layer *input* dan layer *output*, dikenal juga sebagai *hidden layer*. *Hidden layer* terdiri dari neuron *hidden* yang melakukan perhitungan dari layer *input* untuk kemudian dilanjutkan kepada layer *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 2.6. (Wulandhari, 2017).



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

### (3) *Recurrent 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

ANN berulang yang telah dikembangkan oleh para peneliti terdahulu, dua

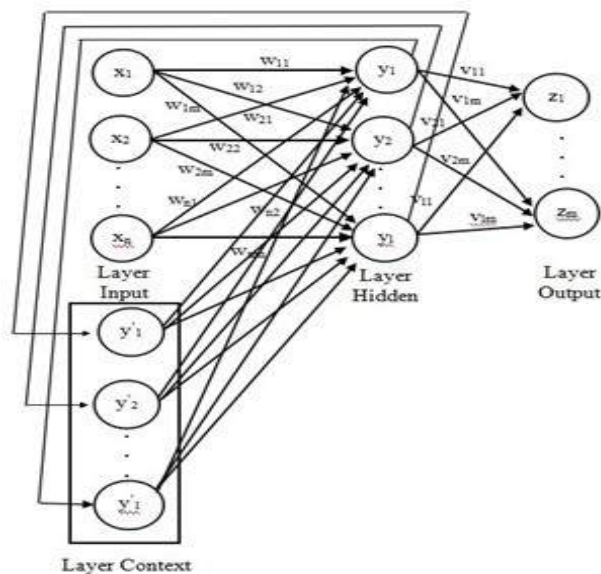




diantaranya dikembangkan oleh Elman dan Jordan yang merupakan bentuk ANN berulang sederhana (Wulandhari, 2017).

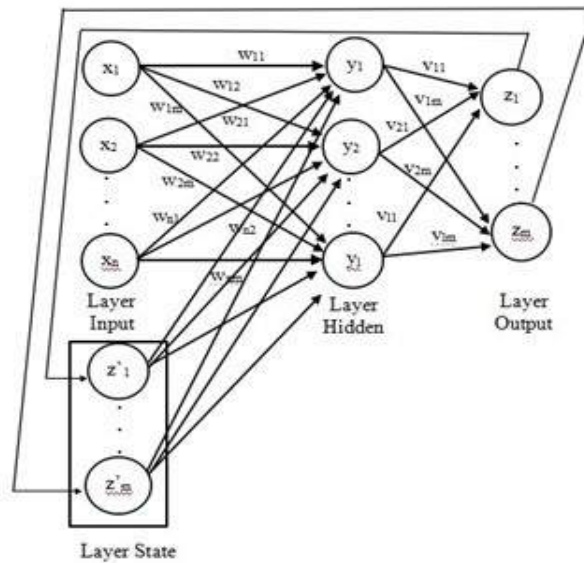
ANN berulang model Elman melakukan proses *learning* dengan membuat salinan neuron *hidden layer* pada layer *input* disebut sebagai *context input*, sehingga salinan ini berfungsi sebagai perpanjangan dari *input* layer. Fungsi dari *context input* ini adalah untuk menyimpan status ataupun keadaan sebelumnya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



bar 2.7. Arsitektur ANN berulang (*Recurrent Network*) model Elman





**Gambar 2.8.** Arsitektur ANN berulang (*Recurrent Network*) model Jordan

## II.7. Pemodelan Perubahan Tutupan Lahan dengan metode *Artificial Neural Network* (ANN)

*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).

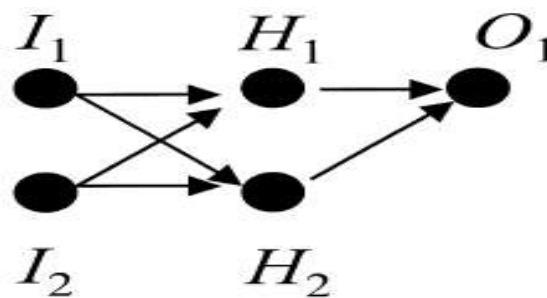
Kunci dari ANN adalah struktur sistem proses informasi yang terdiri dari sejumlah besar pengolahan unsur yang saling berhubungan seperti neuron dan terikat dengan koneksi bobot yang dianalogikan dengan sinapsis (Mas, 2004).

ki et al. (2002), melakukan pengembangan jaringan syaraf tiruan, dengan menggunakan "perceptron". Perceptron terdiri dari satu simpul, yang menerima



input dan hasil sesuai dengan aturan yang ditetapkan. Jenis jaringan saraf tiruan sederhana ini mampu mengklasifikasikan data yang terpisah secara linear dan membentuk fungsi linear.

*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 2.9, 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/tutupan 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).

