



PROPOSAL  
TESIS - SM 142501

**PREDIKSI JUMLAH LUAS KONSENTRASI KLOOROFIL-a DI SELAT  
BALI MENGGUNAKAN METODE ARIMA BERBASIS CITRA  
AQUA-MODIS**

KADEK FRISCA AYU DEVI  
NRP 1213 201 014

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. DWI RATNA SULISTYANINGRUM, S.Si, M.T.  
ENDAH ROKHMATI M.P., S.Si, M.T, Ph.D.

PROGRAM MAGISTER  
JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015



THESIS  
PROPOSAL - SM 142501

**PREDICTION THE AREA OF CHLOROPHYLL-a CONCENTRATION  
IN BALI STRAIT USING ARIMA METHOD BASED AQUA-MODIS  
IMAGES**

KADEK FRISCA AYU DEVI  
NRP 1213 201 014

SUPERVISOR  
Dr. DWI RATNA SULISTYANINGRUM, S.Si, M.T.  
ENDAH ROKHMATI M.P., S.Si, M.T, Ph.D.

MASTER'S DEGREE  
MATHEMATICS DEPARTMENT  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2015

**PREDIKSI JUMLAH LUAS KONSENTRASI KLOROFIL-A DI SELAT  
BALI MENGGUNAKAN METODE ARIMA BERBASIS CITRA  
AQUA-MODIS**

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister  
Sains (M.Si.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

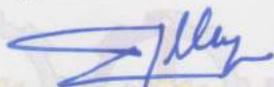
Oleh:

**KADEK FRISCA AYU DEVI**  
NRP. 1213 201 014

Tanggal Ujian : 19 Januari 2016

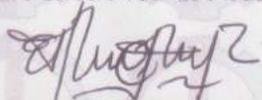
Periode Wisuda : Maret 2016

Disetujui oleh:



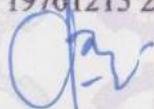
Dr. Dwi Ratna S., S.Si, M.T.  
NIP. 19690405 199403 2 003

(Pembimbing)



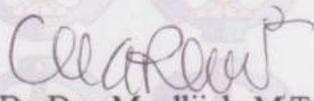
Endah Rokhmah M.P., Ph.D.  
NIP. 19761213 2002122 001

(Pembimbing)



Dr. Imam Mukhlash, S.Si, M.T.  
NIP. 19700831 199403 1 003

(Penguji)



Dr. Dra. Mardijah, M.T.  
NIP. 19670114 199102 2 001

(Penguji)

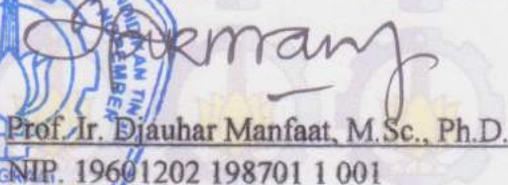


Dr. Budi Setiyono, S.Si, M.T.  
NIP. 19720207 199702 1 001

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana



Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19601202 198701 1 001

# **PREDIKSI JUMLAH LUAS KONSENTRASI KLOOROFIL-a DI SELAT BALI MENGGUNAKAN METODE ARIMA BERBASIS CITRA**

## **AQUA-MODIS**

Nama : Kadek Frisca Ayu Devi  
NRP : 1213 201 014  
Pembimbing : 1. Dr. Dwi Ratna S., S.Si, M.T.  
2. Endah R. M. P., S.Si, M.T, Ph.D.

### **ABSTRAK**

Konsentrasi klorofil-a merupakan salah satu indikator kesuburan suatu perairan yang dapat dipantau menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh. Salah satu alat penginderaan jarak jauh yang digunakan adalah satelit Aqua-MODIS. Penelitian ini memprediksi jumlah luas konsentrasi klorofil-a menggunakan metode ARIMA berbasis citra Aqua-MODIS. Hasil citra satelit Aqua-MODIS level 3 memiliki kendala saat perekaman yaitu daerah yang tertutup awan sehingga nilai atau data daerah tersebut sulit untuk diidentifikasi, maka perlu dilakukan perbaikan kualitas citra untuk mendapat nilai tersebut. Penelitian ini menggunakan metode morfologi untuk mendiskripsi citra menjadi lebih jelas dan menggunakan metode mean filtering untuk mendapatkan nilai dari piksel sekitarnya. Hasil perbaikan citra ini memberikan piksel warna yang merepresentasikan konsentrasi klorofil-a kedalam dua kelas yaitu konsentrasi rendah pada kisaran  $< 0.3 \text{ mg/m}^3$ , konsentrasi tinggi pada kisaran  $\geq 0.3 \text{ mg/m}^3$ . Selanjutnya, banyak piksel pada konsentrasi tinggi akan dihitung menggunakan histogram warna. Banyaknya piksel dijadikan luas dimana satu piksel mewakili 0.16 hektar pada luas sebenarnya dan diprediksi jumlah luas untuk bulan berikutnya menggunakan metode ARIMA. Dari beberapa model yang dibentuk didapat satu model yang memenuhi uji signifikansi parameter, pemeriksaan diagnostik dan normalitas residual dengan perbandingan hasil peramalan menghasilkan data yang hampir mendekati dengan data aslinya.

**Kata Kunci :** Klorofil-a, Penginderaan jarak jauh, *Time Series* ARIMA.

# **PREDICTION THE AREA OF CHLOROPHYLL-a CONCENTRATION IN BALI STRAIT USING ARIMA METHOD BASED AQUA-MODIS IMAGES**

By : Kadek Frisca Ayu Devi

Student Identity Number : 1213 201 014

Supervisor : 1. Dr. Dwi Ratna S., S.Si, M.Si  
2. Endah R. M. P., S.Si, M.T, Ph.D.

## **ABSTRACT**

The concentration of chlorophyll-a is one indicator of fertility of a body of water that can be monitored using remote sensing technology. One of the tools used remote sensing is Aqua-MODIS satellite. This study predicts the area of chlorophyll-a concentration using ARIMA-based Aqua-MODIS imagery. Results Aqua-MODIS satellite imagery level 3 has a problem when recording is an enclosed area so that the value of cloud or data area is difficult to identify, it is necessary to repair the image quality to get that value. This study using morphological methods to describe image becomes clearer and mean filtering method to get the value of the pixel vicinities. This gives improved yields image pixel colors which represents the concentration of chlorophyll-a into two classes, low concentrations in the range of  $<0.3 \text{ mg/m}^3$ , high concentrations in the range of  $\geq 0.3 \text{ mg/m}^3$ . Furthermore, a lot of pixels at high concentrations will be calculated using the color histogram. The number of pixels used widely in which one pixel representing the broad 0.16 hectares on the actual and predicted the area for the next month using ARIMA method. Formed of several models obtained a model that meets the test of significance parameters, diagnostic examinations and normality residual ratio forecasting results produces data that is almost close to the original data.

Keyword : *Chlorophyll-a, Remote Sensing, Time Series ARIMA*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Fitoplankton dan Klorofil .....	6
2.3 Penginderaan Jauh .....	6
2.4 Citra <i>Aqua</i> -MODIS .....	8
2.5 Morfologi .....	10
2.5.1 Dilasi ( <i>Dilation</i> ) .....	11
2.5.2 Erosi .....	11
2.6 Perbaikan Citra .....	12
2.6.1 Penghalusan Citra ( <i>Image Smoothing</i> ) .....	12
2.7 Penilaian Kualitas Citra .....	13
2.7.1 <i>Mean Square Error</i> (MSE) .....	13
2.7.2 <i>Peak Signal Noise to Ratio</i> (PSNR) .....	13
2.8 Histogram Warna .....	14
2.9 Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA) .....	15

2.10 Model <i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average</i> (SARIMA)	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	23
3.1 Tahapan Penelitian .....	23
3.2 Diagram Alur Penelitian .....	25
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	27
4.1 Pra Pengolahan Data .....	27
4.1.1 Merubah Citra RGB Menjadi Citra Biner .....	27
4.1.2 Membedakan Daerah yang Akan Diproses dan Daerah yang Tidak Diproses .....	29
4.1.3 Proses <i>Mean Filtering</i> .....	32
4.1.4 <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> (PSNR) .....	35
4.1.5 Jumlah Luas Daerah Sebaran Klorofil-a .....	36
4.2 Pengolahan Data .....	36
4.2.1 Identifikasi Model .....	37
4.2.2 Estimasi Parameter .....	40
4.2.3 Uji Signifikansi Parameter .....	40
4.2.4 Pemeriksaan Diagnostik .....	41
4.2.5 Peramalan .....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	43
5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....	45
LAMPIRAN .....	47

## DAFTAR TABEL

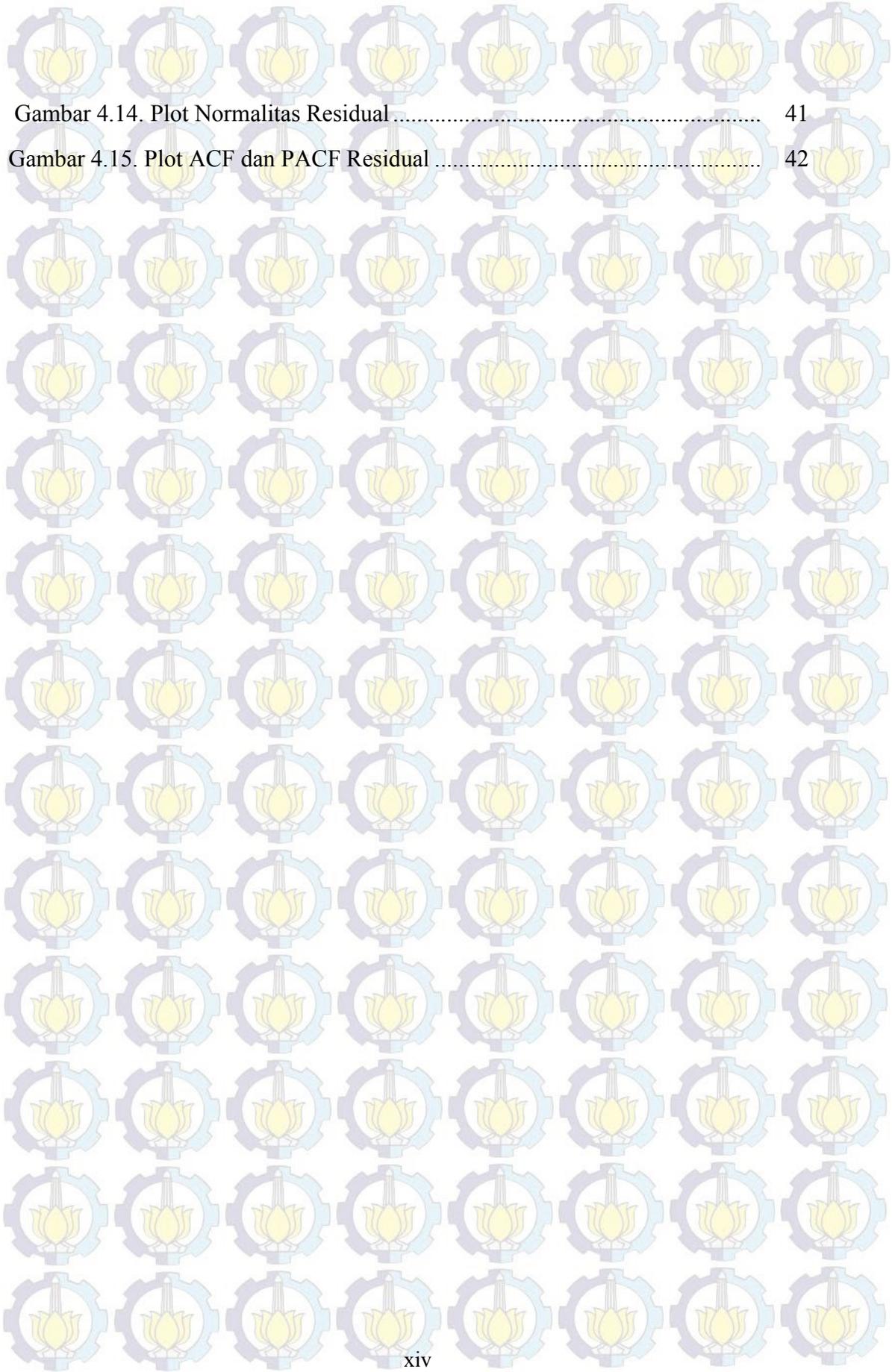
Tabel 2.1 Orbit Satelit Aqua .....	9
Tabel 2.2 Karakteristik Instrument Satelit Aqua .....	9
Tabel 4.1 Hasil PSNR dan MSE dari Beberapa Data .....	36
Tabel 4.2 Hasil Uji Signifikansi Kelima Model .....	40
Tabel 4.3 <i>P-value</i> Ljung Box .....	41
Tabel 4.4 Data Asli Jumlah luas Konsentrasi Klorofil-a dan Hasil Peramalan ARIMA .....	42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Perolehan Data Penginderaan Jauh.....	7
Gambar 2.2. Warna Tiap Piksel.....	14
Gambar 2.3. Grafik (a) Histogram Warna, (b) <i>Probability Density Function</i> .....	15
Gambar 2.4. Pola Data Musiman.....	19
Gambar 3.1. Citra <i>Aqua</i> -MODIS Level 1 dan Level 3 .....	24
Gambar 3.2. Diagram Alur Metodologi Penelitian.....	25
Gambar 3.3. Diagram Blok Langkah-Langkah Pra Pengolahan Data.....	25
Gambar 3.4. Diagram Blok Langkah-Langkah Pengolahan Data (ARIMA) .....	26
Gambar 4.1. (a) Citra Asli, (b) Sebagian dari Citra .....	27
Gambar 4.2. Citra Asli hasil Proses Dilasi .....	30
Gambar 4.3. Hasil Operasi Erosi R dan G.....	31
Gambar 4.4. Pemisahan Daerah yang Diperoses dan Daerah yang Tidak Diperoses.....	32
Gambar 4.5. Peta Sebaran Klorofil (a) Sebelum Dilakukan <i>Mean Filtering</i> , (b) Setelah Dilakukan <i>Mean Filtering</i> .....	35
Gambar 4.6. (a) Peta Asli Sebaran Klorofil-a, (b) Peta Simulasi Sebaran Klorofil-a.....	35
Gambar 4.7. Plot Data <i>Time Series</i> .....	37
Gambar 4.8. Plot ACF dan PACF.....	37
Gambar 4.9. Plot Box-Cox.....	38
Gambar 4.10. Plot Data Setelah <i>Differencing</i> .....	38
Gambar 4.11. Plot ACF dan PACF Setelah di <i>Differencing</i> .....	39
Gambar 4.12. Plot Data Setelah di <i>Differencing</i> Musiman .....	39
Gambar 4.13. Plot ACF dan PACF Setelah di <i>Differencing</i> Musiman .....	39

Gambar 4.14. Plot Normalitas Residual ..... 41

Gambar 4.15. Plot ACF dan PACF Residual ..... 42



## KATA PENGANTAR

Om Swastiastu,

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Sang Hyang Aji Saraswati, Ratu Betara Leluhur, Sesuhunan karena atas asung kerta nugraha yang diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tesis yang berjudul :

### **PREDIKSI JUMLAH LUAS KONSENTRASI KLOOROFIL-a DI SELAT BALI MENGGUNAKAN METODE ARIMA BERBASIS CITRA AQUA-MODIS**

Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan Program Studi Strata 2 (S-2) Program Magister Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis mengambil topik ini karena sebagai salah satu usaha wujud peduli terhadap kesuburan perairan selat Bali. Penulis menyadari bahwa tulisan ini jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, jika ada kritik dan saran yang membangun dari semua pihak maka dengan senang hati diterima penulis. Dengan harapan bahwa penelitian selanjutnya bisa lebih baik lagi.

Terselesaikannya Tesis ini tentu saja tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis bermaksud untuk mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D. selaku Direktur Program Pascasarjana ITS.
2. Bapak Dr. Imam Mukhlash, MT. selaku Ketua Jurusan Matematika ITS.
3. Bapak Dr. Subiono, M.Sc selaku Koordinator Program Studi Pascasarjana Matematika ITS dan dosen wali.
4. Ibu Dr. Dwi Ratna S., S.Si, M.T selaku dosen pembimbing serta Endah Rokhmati M. P., Ph.D selaku dosen pembimbing atas segala waktu,

bimbingan, perhatian, nasehat, motivasi, dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis. Sehingga penulis mampu menyelesaikan Tesis ini dengan baik.

5. Bapak Dr. Imam Mukhlash, MT., Ibu Dr. Dra. Mardlijah, M.T. dan Bapak Budi Setiyono, S.Si, M.T selaku dosen penguji atas pertanyaan, masukan, kritik, dan saran yang membantu penulis untuk memperbaiki tesis ini.
6. Seluruh dosen, staf dan karyawan Jurusan Matematika ITS atas segala bantuan, kemudahan, dan kelancaran selama masa perkuliahan.
7. Bapak I Wayan Sudiarsa, Ibu Desak Made Alit A selaku orang tua penulis, kakak Gede Yudistira Satria Deva S.Si, Komang Ardy Putri Saraswati dan Ketut Ksatria Mas Dananjaya dengan segala kasih sayangnya, memberi segenap dukungan kepada penulis guna terselesaikannya Tesis ini.
8. Teman-teman seperjuangan S2 Matematika ITS angkatan 2013 ganjil dan genap, 2014 genap yang telah menemani, memotivasi, dan segala bantuannya selama ini.
9. Para Staf Balai Penelitian dan Observasi Laut (BPOL) yang senantiasa memberi informasi mengenai data dan literatur.
10. Para sahabat dan semua pihak yang turut serta mendukung dalam penyusunan Tesis ini.

Penulis berharap semoga laporan Tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, bagi ilmu pengetahuan kedepan, dan dapat berkontribusi demi kemajuan Matematika, demi kemajuan ITS, serta kemajuan Indonesia.

Om Shanti Shanti Shanti Om.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Selat Bali merupakan selat yang memisahkan pulau Bali dan Pulau Jawa. Selain sebagai penghubung pulau Bali dan Pulau Jawa, Selat Bali juga memiliki peranan yang cukup penting. Salah satu peranan Selat Bali adalah sebagai kawasan penangkapan ikan yang merupakan potensi yang dimiliki oleh perairan tersebut. Perairan Selat Bali memiliki potensi sebagai sumber daya perikanan yang tidak hanya dimanfaatkan oleh masyarakat Bali dan juga masyarakat Jawa namun juga dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia dan bahkan mampu mengekspor hasil penangkapan ikan dari perairan tersebut. Potensi yang dimiliki oleh Selat Bali ini tidak terlepas dari karakteristik yang dimiliki oleh perairan ini. Karakteristik perairan di Selat Bali dapat dikatakan cukup subur karena faktor batrimetri yang dangkal, perairan semi tertutup, pola arus selat Bali, pasang surut, rendahnya inputan massa air dari daratan, kesuburan perairan Selat Bali ditinjau dari klorofil (Priyono, dkk. 2005).

Salah satu faktor kesuburan perairan di Selat Bali diakibatkan adanya sebaran klorofil di daerah tersebut. Klorofil merupakan pigmen penting terhadap fitoplankton yang digunakan untuk proses fotosintesis. Salah satu jenis klorofil yang terdapat pada fitoplankton adalah klorofil-a. Persebaran klorofil-a yang merupakan tempat berkumpulnya ikan sebagai aktivitas kelangsungan hidup ikan menjadikan klorofil-a sebagai salah satu parameter dalam menentukan produktifitas di perairan.

Menurut Susilo (2000), pigmen-pigmen fitoplankton (khususnya klorofil-a) merupakan komponen utama yang mempengaruhi sifat optik/bioptik air laut. Kandungan klorofil-a dapat dideteksi dengan penginderaan jarak jauh. Penggunaan penginderaan jauh dapat mencakup suatu areal luas dalam waktu bersamaan. Oleh karena itu, metode penginderaan jauh dapat digunakan dalam pendugaan konsentrasi klorofil-a di perairan secara tepat, efektif, efisien dan

dapat mencakup wilayah yang lebih luas dibandingkan dengan pengukuran langsung yang membutuhkan biaya serta tenaga yang lebih banyak. Pengolahan citra satelit tentang variasi warna perairan (*ocean color*) dilakukan sebagai implementasi adanya perbedaan kandungan organisme dalam perairan.

Konsentrasi klorofil-a di permukaan laut dapat dideteksi melalui Satelit Oseanografi, salah satunya yang digunakan dalam penelitian ini adalah satelit *Aqua-MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)*. Kendala yang sering dihadapi dalam pengolahan citra satelit adalah menghilangkan awan yang menutupi suatu daerah. Dalam pengolahan citra satelit adanya awan yang melintas di suatu daerah pada saat perekaman citra satelit sehingga dalam kasus ini nilai piksel pada *Aqua-MODIS level 3* cukup sulit untuk diidentifikasi. Untuk mendapatkan nilai atau data daerah yang tertutup awan maka dilakukan perbaikan kualitas citra pada penelitian ini.

Data citra satelit *Aqua-MODIS* yang didapat telah diolah menggunakan software ENVI dan ArcGIS untuk membedakan nilai klorofil-a yang ada pada peta dengan memberikan warna yang berbeda pada setiap range nilai klorofilnya. Perbedaan warna pada peta mengindikasikan adanya perbedaan warna pada setiap piksel pada data citra yang diolah selanjutnya. Dari perbedaan warna tersebut dapat dilihat persebaran konsentrasi klorofilnya. Kandungan konsentrasi dalam satuan klorofil-a nantinya diolah untuk mendapatkan jumlah luas konsentrasi. Luas daerah ini menjadi gambaran seberapa luas daerah sebaran klorofil-a, luas persebaran klorofil-a ini akan diproses untuk memprediksi jumlah luas konsentrasi klorofil-a untuk bulan berikutnya menggunakan ARIMA.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana proses perbaikan kualitas citra pada *Aqua-MODIS level 3* untuk proses prediksi jumlah luas konsentrasi klorofil-a di perairan selat Bali ?
2. Bagaimana hasil prediksi bulanan jumlah luas konsentrasi klorofil-a di perairan selat Bali menggunakan metode ARIMA ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilakukan di daerah sekitar perairan Selat Bali.
2. Data yang digunakan adalah data citra satelit *Aqua*-MODIS level 3 pada bulan Januari 2010 sampai November 2014.
3. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *time series* ARIMA.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan proses perbaikan kualitas citra pada *Aqua*-MODIS level 3 untuk proses prediksi jumlah luas konsentrasi klorofil-a di perairan selat Bali.
2. Menerapkan metode ARIMA untuk memprediksi jumlah luas konsentrasi klorofil-a di perairan selat Bali.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini yaitu untuk hasil peramalannya diharapkan mampu memberikan informasi seberapa subur daerah yang diamati dan diharapkan mampu memberikan wawasan dan referensi bagi penelitian selanjutnya dalam bidang perikanan dan kelautan.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian terdahulu dapat digunakan sebagai referensi, acuan atau bahan perbandingan pada penelitian yang akan diamati. Beberapa hasil penelitian yang berkaitan mengenai konsentrasi klorofi-a, citra aqua-MODIS, metode ARIMA :

1. Todd Steissberg, Ph.D, Geoffrey Schladow, Ph.D, Simon J. Hook, Ph.D dengan judul penelitian *Monitoring Past, Present, and Future Water Quality Using Remote Sensing* yang membahas perbandingan kadar kejernihan air dan kandungan konsentrasi klorofil-a di daerah pesisir dengan lepas pantai menggunakan data *time series* dari citra MODIS. Pada penelitian ini akan menggunakan data *time series* dari citra MODIS untuk meramalkan kesuburan pada bulan berikutnya.
2. Agriarso Wahyu Septiawan yang berjudul Pemetaan Persebaran Klorofil Wilayah Perairan Selat Bali Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh yang menghasilkan peta komposit untuk menentukan konsentrasi klorofil menggunakan citra satelit Aqua-MODIS dengan algoritma ATBD 19 Modis. Pada penelitian ini akan melanjutkan hasil peta komposit untuk proses perbaikan citra.
3. Nguyen Thi Thu Ha, Katsuaki Koike dan Mai Trong Nhuan yang berjudul *Improved Accuracy of Chlorophyll-a Concentration Estimates from MODIS Imagery Using a Two-Band Ratio Algorithm and Geostatistics: As Applied to the Monitoring of Eutrophication Processes over Tien Yen Bay (Northern Vietnam)* bertujuan untuk mengembangkan metode penginderaan jauh yang cocok untuk memperkirakan konsentrasi klorofil-a di perairan pantai tropis dengan fitoplankton melimpah menggunakan MODIS. Sebuah model yang didasarkan pada *ratio of green and blue band reflectance* (rGBr) terbukti sangat mampu memprediksi konsentrasi untuk daerah gambar ditutupi oleh awan. Data yang digunakan merupakan data mentah dari MODIS, pada penelitian ini menggunakan MODIS level 3.
4. Hasrul Isman yang berjudul Peramalan Jumlah Luas Lahan Panen Padi Bersih di Kabupaten Tuban Menggunakan Metode ARIMA *Box-Jenkins*. Pada penelitian ini meramalkan luas konsentrasi klorofil-a di selat Bali menggunakan metode ARIMA.

## **2.2 Fitoplankton dan Klorofil**

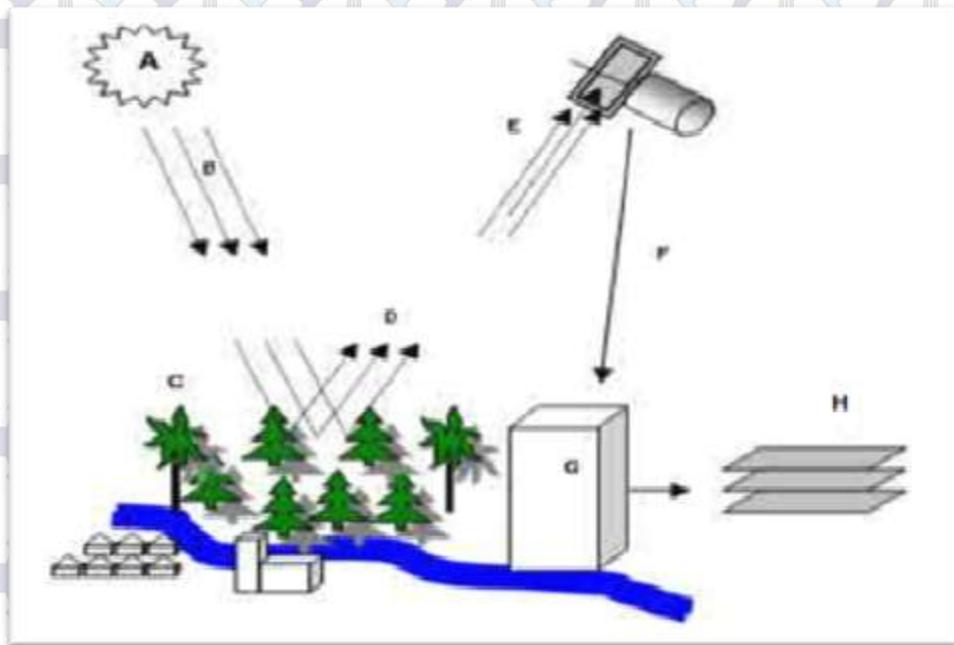
Fitoplankton adalah organisme laut yang merupakan tumbuhan berukuran sangat kecil atau mikrokopis. Fitoplankton sebagai produsen primer merupakan pangkal rantai makanan dan merupakan dasar yang mendukung kehidupan seluruh biota laut (Nontji, 2002). Fitoplankton sebagai tumbuhan yang mengandung klorofil mampu melaksanakan proses fotosintesis. Salah satu klorofil yang terkandung dalam fitoplankton adalah klorofil-a.

Klorofil-a merupakan pigmen yang digunakan dalam proses fotosintesis dan terdapat pada organisme fitoplankton (Barnes dan Hughes, 1988). Klorofil-a merupakan jenis pigmen terbesar yang terkandung dalam fitoplankton. Selain itu fitoplankton juga dilengkapi pigmen-pigmen pelengkap sebagai alat tambahan bagi klorofil-a dalam mengabsorpsi sinar. Pigmen-pigmen tambahan ini mampu mengabsorpsi sinar-sinar warna dalam spectral yang mempengaruhi warna perairan laut, sehingga sensor satelit dapat menangkap pantulan sinar warna tersebut.

## **2.3 Penginderaan Jauh**

Penginderaan jauh merupakan suatu teknik pengukuran atau teknik untuk memperoleh suatu informasi/data dari beberapa sifat objek dengan jarak tertentu menggunakan alat perekam tanpa kontak langsung secara fisik dengan objek yang akan diamati. Alat yang dimaksud dalam penginderaan jauh adalah alat pengindra atau sensor. Pada umumnya sensor dibawa oleh wahana berupa pesawat, balon udara, satelit maupun jenis wahana lainnya (Sutanto, 1994).

Untuk melakukan penginderaan jauh diperlukan alat sensor, alat pengolahan data dan alat-alat lainnya sebagai pendukung. Alat sensor dalam penginderaan jauh dapat menerima informasi dalam berbagai bentuk antara lain sinar atau cahaya, gelombang bunyi dan daya elektromagnetik. Alat sensor digunakan untuk melacak, mendeteksi, dan merekam suatu objek dalam daerah jangkauan tertentu. Tiap sensor memiliki kepekaan tersendiri terhadap bagian spektrum elektromagnetik. Kemampuan sensor untuk merekam gambar terkecil disebut resolusi spasial. Semakin kecil objek yang dapat direkam oleh sensor semakin baik sensor dan semakin baik resolusi spasial pada citra (Meurah, 2004). Sistem perolehan data penginderaan jauh dapat dilihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1** Proses Perolehan Data Penginderaan Jauh (Sumber : Eko Budiyanto)

Keterangan Gambar :

- A : Matahari sebagai sumber energi
- B : Gelombang elektromagnetik berjalan menuju objek
- C : Berbagai obyek di permukaan bumi dengan berbagai karekter
- D : Gelombang elektromagnetik dipantulkan objek
- E : Energi pantulan ditangkap sensor penginderaan jauh
- F : Data rekaman energi pantulan dikirim ke stasiun bumi
- G : Data rekaman energi pantulan diolah menjadi citra
- H : Citra siap digunakan untuk berbagai aplikasi

Teknologi penginderaan jauh memiliki beberapa komponen dalam pengambilan data yang saling berhubungan pada Gambar 2.1. Komponen-komponen tersebut yaitu :

- a) Sumber energi yang merupakan hal utama yang diperlukan dalam penginderaan jauh berupa radiasi elektromagnetik yang berasal dari matahari.
- b) Radiasi dan atmosfer yang merupakan media lintasan dari energy elektromagnetik.

- c) Interaksi antara energi dan obyek
- d) Perekam energi oleh sensor, sensor yaitu alat yang mendeteksi radiasi gelombang elektromagnetik dari suatu obyek dan mengubahnya ke dalam bentuk sinyal yang bisa direkam.
- e) Perolehan data yang dapat dilakukan dengan interpretasi data hasil perekaman.
- f) Hasil informasi yang dapat diaplikasikan.

Sensor pada satelit menerima pantulan radiasi sinar matahari dari permukaan dan perairan. Pada sistem penginderaan jauh warna air laut mengalami transfer radiasi dalam sistem matahari – perairan – sensor satelit. Radiasi sinar matahari yang masuk kedalam perairan akan diserap atau dipantulkan oleh partikel-partikel yang terdapat di perairan seperti pada fitoplankton. Pada saat mengirim informasi kembali ke satelit juga akan dipengaruhi oleh atmosfer.

Hasil yang diperoleh dari penginderaan jauh adalah berupa data citra. Citra adalah gambaran yang tampak dari suatu obyek yang sedang diamati, sebagai hasil rekaman suatu alat pemantau, untuk dapat memanfaatkan citra tersebut maka perlu dilakukan suatu tahapan dalam menginterpretasi citra yaitu mendeteksi/pengenalan obyek yang mempunyai karakteristik tertentu, mengidentifikasi untuk mencirikan objek dengan menggunakan data dan menganalisis untuk memperoleh keterangan secara terperinci.

#### 2.4 Citra Aqua-MODIS

Satelit *Aqua* adalah sebutan untuk satelite EOS (*Earth Observing System*) yang diluncurkan pada tanggal 4 Mei 2002. Satelit *Aqua* membawa 6 sensor salah satunya adalah sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). Sensor MODIS memiliki sensitivitas radiometrik tinggi (12 bits), terdiri dari 36 band dengan kisaran panjang gelombang 0,4-14,4 $\mu$ m. Dua band pertama (*band 1* dan *band 2*) memiliki resolusi 250 m, lima band berikutnya memiliki resolusi 500 m, sedangkan 29 band sisanya memiliki resolusi 1000 m dengan luas area pengamatan 2330x2330 km.

**Table 2.1** Orbit Satelit *Aqua*

<b>Orbit</b>	<b><i>Sun Synchronous Polar</i></b>
<i>Ascending node</i>	1:30 p.m 15 mnt
<i>Periode</i>	98.8 mnt
<i>Altitude</i>	750 diatas ekuator
<i>Inclination</i>	$98.2^0 \pm 0.1^0$

**Tabel 2.2** Karakteristik Instrument Satelit *Aqua*

<i>Orbit</i>	<i>750 km, 10:30 a.m descending node (Terra) or 1:30 p.m ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular</i>
<i>Scan Rate</i>	<i>20.3 rpm, cross track</i>
<i>Swath Dimensions</i>	<i>2330 km (cross track) by 10 km (along track at nadir)</i>
<i>Telescope</i>	<i>17.78 cm diam. Off-axis, afocal (collimated), with intermediate field stop</i>
<i>Size</i>	<i>1.0 x 1.6 x 1.0 m</i>
<i>Weight</i>	<i>228.7 kg</i>
<i>Power</i>	<i>162.5 W (single orbit average)</i>
<i>Data rate</i>	<i>10.6 Mbps (peak daytime); 6.1 Mbps (Orbital average)</i>
<i>Quantization</i>	<i>12 bits</i>
<i>Spatial Resolution</i>	<i>250 m (band 1-2), 500 m (band 3-7), 1000 m (band 8-36)</i>
<i>Design Life</i>	<i>6 years</i>

(Sumber : <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specs.html>)

Data citra satelit *Aqua* MODIS memiliki beberapa level diantara :

1. Level 0  
Data citra yang didapatkan langsung dari satelit dan masih dalam format transmisi.
2. Level 1  
Merupakan data mentah dengan level 1a mengandung informasi waktu dan keterangan koefisien kalibrasi serta parameter geolokasi yang telah

diperiksa dan direkonstruksi. Level 1b data yang telah mempunyai terapannya merupakan hasil dari aplikasi sensor kalibrasi pada Level 1a.

### 3. Level 2

Data citra yang dihasilkan dari data level 1a dan level 1b, data level 2 menetapkan nilai geofisik pada tiap pixel yang berasal dari perhitungan raw radiance level 1a dengan menerapkan kalibrasi sensor, koreksi atmosfer, dan algoritma bio-optik.

### 4. Level 3

Data yang merupakan kumpulan data level 2 yang dipaketkan dalam periode 1 harian, 8 harian, 1 bulanan dan 1 tahunan.

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data citra satelit Aqua MODIS level 3.

## 1.5 Morfologi

Kata morfologi (*morphology*) secara sederhana dapat diartikan sebagai bentuk dan struktur suatu obyek atau dalam deskripsi lainnya disebutkan bahwa morfologi adalah susunan dan hubungan antar bagian pada suatu obyek. Morfologi di dunia digital dapat diartikan sebuah cara untuk mendeskripsikan ataupun menganalisa bentuk dari obyek digital.

Suatu citra dipandang sebagai fungsi amplitude 2D dengan koordinat *real* atau diskrit. Pada morfologi, suatu citra dinyatakan sebagai suatu himpunan koordinat diskrit atau kontinu. Dalam hal ini, himpunan tersebut berhubungan dengan piksel obyek pada citra. Karena obyek dianggap sebagai suatu himpunan maka operasi-operasi himpunan seperti gabungan, irisan, dan komplemen dapat dilakukan.

Operasi morfologi menggunakan dua input himpunan yaitu suatu citra yang pada umumnya citra biner dan suatu kernel. Khusus dalam morfologi, istilah kernel biasa disebut dengan *structuring elements* (elemen pembentuk). SE merupakan suatu matriks dan pada umumnya berukuran kecil. Elemen dari SE dapat bernilai 1, 0 dan *don't care*. Nilai *don't care* biasa ditandai dengan nilai elemen nilai kosong.

Ada dua operasi morfologi yaitu dilasi dan erosi. Kedua operasi dasar tersebut menjadi basis untuk membuat berbagai operasi morfologi yang sangat berguna untuk pengolahan citra digital.

### 2.5.1 Dilasi (*Dilation*)

Bila suatu citra input (obyek) dinyatakan dengan  $A$  dan SE dinyatakan dengan  $B$  serta  $B_x$  menyatakan translasi  $B$  sedemikian hingga pusat  $B$  terletak pada  $x$ . Operasi dilasi  $A$  dengan  $B$  dapat dinyatakan sebagai berikut

$$D(A, B) = A \oplus B = \{x: B_x \cap A \neq \emptyset\} \quad (2.1)$$

Dengan  $\emptyset$  menyatakan himpunan kosong.

Proses dilasi dilakukan dengan membandingkan setiap piksel citra inputan dengan nilai pusat SE (*Structuring Element*) dengan cara melapiskan SE dengan citra sehingga pusat SE tepat dengan posisi piksel citra yang diproses. Jika paling sedikit ada 1 piksel pada SE sama dengan nilai piksel obyek citra maka piksel citra input diset nilainya dengan nilai piksel obyek dan bila semua piksel yang berhubungan adalah *background* maka input piksel diberi nilai piksel *background*. Proses serupa dilanjutkan dengan menggerakkan SE piksel demi piksel pada citra input.

Semakin besar ukuran SE maka semakin besar perubahan yang terjadi. SE berukuran kecil juga dapat memberikan hasil yang sama dengan SE berukuran besar dengan cara melakukan dilasi berulang kali.

Efek dilasi pada citra biner adalah memperbesar batas dari obyek yang ada sehingga obyek terlihat semakin besar dan lubang-lubang yang terdapat di tengah obyek akan tampak mengecil.

### 2.5.2 Erosi

Operasi erosi dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$D(A, B) = A \ominus B = \{x: B_x \subseteq X\} \quad (2.2)$$

Sama seperti dilasi, proses erosi dilakukan dengan membandingkan setiap piksel citra input dengan nilai pusat SE dengan cara melapiskan SE dengan citra sehingga pusat SE tepat dengan posisi piksel citra yang diproses. Jika semua piksel pada SE tepat sama dengan semua nilai piksel obyek citra maka piksel

input diset nilainya dengan nilai piksel *foreground*, bila tidak maka input piksel diberi nilai piksel *background*. Proses serupa dilanjutkan dengan menggerakkan SE piksel demi piksel pada citra input.

Proses erosi merupakan kebalikan dari proses dilasi. Jika dalam proses dilasi menghasilkan obyek yang lebih luas maka dalam proses erosi menghasilkan proses yang lebih menyempit. Lubang-lubang pada obyek juga akan tampak membesar seiring menyempitnya batas obyek tersebut.

Semakin besar SE yang digunakan maka hasil yang akan didapatkan akan semakin kecil. Begitu juga apabila proses erosi dilakukan berulang-ulang akan terus mengecilkan obyek walaupun hanya menggunakan SE berukuran kecil.

## 2.6 Perbaikan Citra

Menurut Darma Putra (2010), perbaikan citra bertujuan meningkatkan kualitas tampilan citra untuk pandangan manusia atau untuk mengkonversi suatu citra agar memiliki format yang lebih baik sehingga citra tersebut menjadi lebih mudah diolah selanjutnya.

### 2.6.1 Penghalusan Citra (*Image Smoothing*)

Penghalusan citra (*image smoothing*) bertujuan untuk menekan gangguan (*noise*) pada citra. Gangguan pada citra umumnya berupa variasi intensitas suatu piksel yang tidak berkorelasi dengan piksel-piksel tetangganya. Secara visual, gangguan mudah dilihat oleh mata karena tampak berbeda dengan piksel tetangganya.

Piksel yang mengalami gangguan umumnya memiliki frekuensi tinggi atau rendah dibandingkan dengan piksel tetangganya. Operasi penghalusan citra dilakukan untuk menekan komponen yang berfrekuensi tinggi dan maupun rendah.

Salah satu metode yang digunakan dalam proses penghalusan citra dalam penelitian adalah *mean filtering*. *Mean filtering* adalah proses mengganti nilai piksel dengan nilai rata-rata piksel yang berada disekitar piksel tetangganya. *Mean filtering* dapat dilakukan pada ranah spasial maupun pada ranah frekuensi. Pada ranah spasial, *Mean filtering* dilakukan dengan mengganti intensitas suatu

piksel dengan rata-rata dari nilai piksel tersebut dengan nilai piksel-piksel tetangganya. Jadi diberikan citra  $f(x,y)$  yang berukuran  $N \times M$ . Citra hasil penghalusan  $g(x,y)$  didefinisikan sebagai berikut :

$$g(x,y) = \frac{1}{d} \sum_{r=m_1}^{m_2} \sum_{s=n_1}^{n_2} f(x+r, y+s) \quad (2.3)$$

Yang dalam hal ini  $d$  adalah jumlah piksel yang terlibat dalam perhitungan rata-rata.

## 2.7 Penilaian Kualitas Citra

Penilaian kualitas citra dilakukan dengan cara penilaian secara objektif dengan menggunakan besaran MSE dan PSNR kedua besaran tersebut membandingkan piksel-piksel pada posisi yang sama dari dua citra yang berlainan.

### 2.7.1 Mean Square Error (MSE)

MSE adalah rata-rata kuadrat nilai kesalahan antara citra asli dengan citra hasil pengolahan yang secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |(f(x,y) - g(x,y))|^2 \quad (2.4)$$

Dimana  $f(x,y)$  merupakan citra asli,  $g(x,y)$  citra hasil pengolahan yang berukuran  $M \times N$ .

### 2.7.2 Peak Signal Noise Ratio (PSNR)

PSNR merupakan nilai perbandingan antara nilai maksimum warna pada citra hasil *filtering* dengan kuantitas gangguan (*noise*), yang dinyatakan dalam satuan desibel (dB), *noise* yang dimaksud adalah akar rata-rata kuadrat nilai kesalahan ( $\sqrt{MSE}$ ). Secara matematis, nilai PSNR dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{p_{max}^2}{MSE} \right) \quad (2.5)$$

Dengan  $p_{max}$  adalah nilai piksel maksimum pada citra, MSE adalah *mean square error*. Semakin kecil nilai MSE maka semakin besar nilai PSNRnya. Standar nilai PSNR yang baik di atas 30 dB (Maria,dkk).

## 2.8 Histogram Warna

Histogram warna adalah representasi distribusi warna dalam sebuah gambar yang didapatkan dengan menghitung jumlah piksel dari setiap bagian *range* warna, secara tipikal dalam dua dimensi atau tiga dimensi. Histogram warna dari suatu gambar mengacu pada masa probabilitas fungsi dari intensitas gambar, nilai probabilitas didapati dengan mengambil gabungan dari tiga intensitas warna dengan menghitung jumlah masing-masing warna piksel.

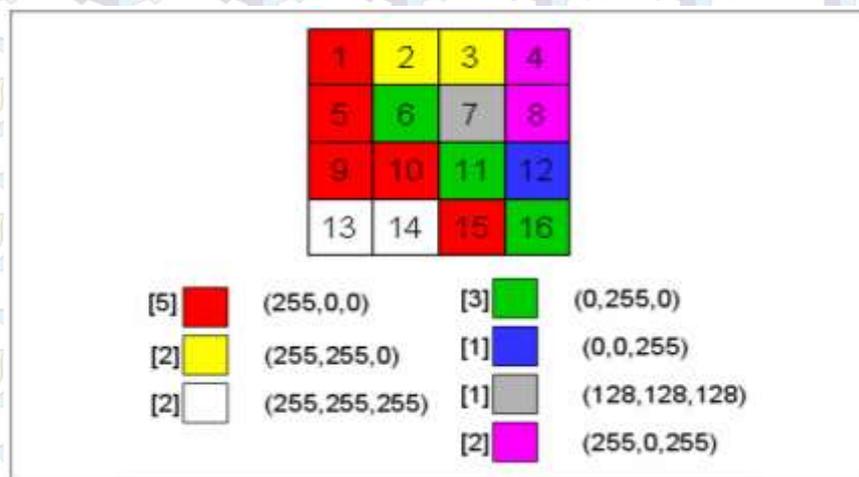
$$H_{R,G,B}[r, g, b] = N \cdot Prob\{R = r, B = b, G = g\} \quad (2.6)$$

Keterangan :

$H_{R,G,B}$  = Histogram warna

N = Jumlah piksel gambar

$Prob\{R, B, G\}$  = Nilai probabilitas RGB



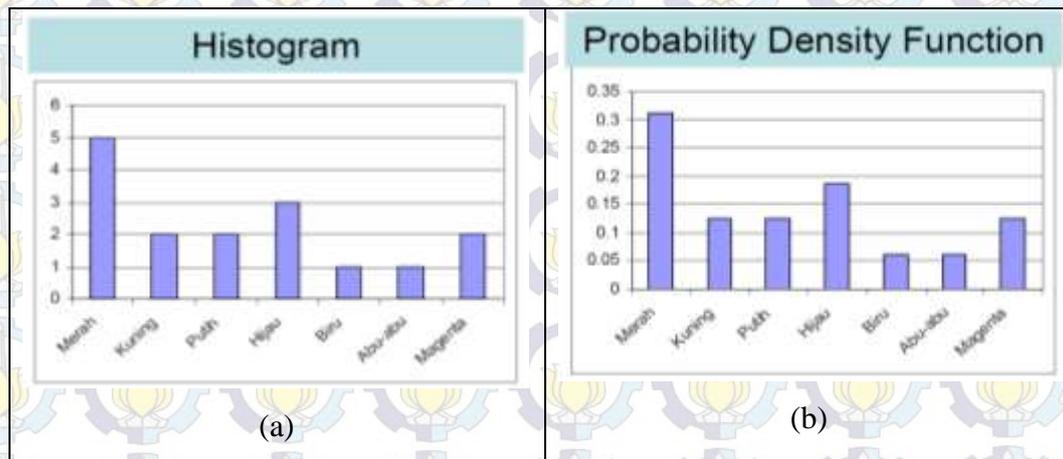
**Gambar 2.2** Warna Tiap Piksel (Candra, 2013).

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat contoh histogram warna pada ukuran 4 x 4 piksel, nilai pada masing-masing warna adalah merah = 5, kuning = 2, hijau = 3, biru = 1, abu-abu = 1, pink = 2 dan putih = 2, dari nilai setiap warna tersebut maka akan ditampilkan dalam bentuk histogram seperti Gambar 2.2.

*Probability Density Function* (PDF) adalah fungsi probabilitas dari suatu kejadian, maka didapat persamaan (2.5),

$$Prob\{R = r, B = b, G = g\} = \frac{H_{R,G,B}[r, g, b]}{N_{img}} \quad (2.7)$$

dari contoh histogram diatas dapat digambarkan sebuah grafik *Probability Density Function*, pada Gambar 2.3 b.



**Gambar 2.3** Grafik (a) Histogram Warna, (b) *Probability Density Function*.

## 2.9 Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

ARIMA sering disebut metode runtun waktu Box-Jenkins. Model ARIMA adalah model yang secara penuh mengabaikan variabel bebas dalam membuat peramalan. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel dependen untuk menghasilkan peramalan. ARIMA cocok digunakan untuk observasi dari deret waktu (*time series*) secara statistik berhubungan satu sama lain (*dependent*).

Beberapa model ARIMA yang digunakan pada data time series yaitu model *Autoregressive* (AR), model *Moving Average* (MA) dan model *Autoregressive Moving Average* (ARMA) yang merupakan kombinasi dari model AR dan MA. Apabila proses nonstasioner ditambahkan pada campuran proses ARMA maka menjadi model ARIMA.

Secara umum model ARIMA ( $p, d, q$ ) untuk suatu data time series  $X_t$  adalah sebagai berikut (Pankratz, 1983) :

$$\phi B(1 - B)^d X_t = \theta(B) \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2). \quad (2.8)$$

Persamaan 2.2 dapat ditulis menggunakan operator B (*backshift*), menjadi :

$$(1 - B^d)1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p X_t = (1 + \theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots + \theta_q B^q) \varepsilon_t,$$

sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} (1 - B^d)X_t - \phi_1 X_{t-1} - \phi_2 X_{t-2} - \dots - \phi_p X_{t-p} \\ = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \end{aligned}$$

Keterangan :

$X_t$  = data observasi ke- $t$

$B$  = operator *backshift*

$(1 - B)^d X_t$  = *time series* yang stasioner pada perbedaan ke- $d$

$\varepsilon_t$  = nilai *error* pada waktu ke- $t$

$p$  = orde AR

$d$  = orde perbedaan

$q$  = orde MA

Apabila perbedaan pertama dilakukan terhadap model agar menjadi stasioner, maka model menjadi ARIMA (1,1,1) didefinisikan sebagai berikut :

$$(1 - B)(1 - \phi_1 B)X_t = (1 + \theta_1 B)\varepsilon_t.$$

Prosedur pembentukan metode ARIMA berbeda dari metode peramalan lain karena metode ini tidak mensyaratkan suatu pola data tertentu, sehingga model dapat dipakai untuk semua tipe pola data. Metode ARIMA akan bekerja baik jika data dalam *time series* yang digunakan bersifat dependen atau berhubungan satu sama lain secara statistik. Secara umum, model ARIMA ditulis dengan ARIMA ( $p, d, q$ ) yang artinya model ARIMA dengan derajat AR ( $p$ ), derajat perbedaan  $d$ , dan derajat MA ( $q$ ). Langkah-langkah pembentuk model secara iteratif adalah sebagai berikut :

a) Identifikasi Model

Pada tahap ini akan dilihat apakah *time series* bersifat stasioner atau nonstasioner dan bahwa aspek-aspek AR dan MA dari model ARIMA hanya berkenaan dengan *time series* yang stasioner (Makridakis,1995).

Kestasioneran suatu time series dapat dilihat dari plot ACF yaitu koefisien autokorelasinya menurun menuju nol dengan cepat dan dapat dilihat dari plot PACF. Bila data tidak stasioner maka dapat dilakukan pembedaan atau *differencing*, orde pembedaan sampai deret menjadi stasioner dapat digunakan untuk menentukan nilai  $d$  pada ARIMA ( $p, d, q$ ).

b) Estimasi Parameter

Langkah berikutnya setelah menetapkan model sementara adalah estimasi parameter model. Salah satu metode yang digunakan yaitu *maximum likelihood*, untuk menduga parameter model ARIMA yaitu  $\phi$  dan  $\theta$ . Untuk fungsi *likelihood* nilai-nilai parameter yang memaksimalkan nilai fungsi *likelihood* disebut dugaan *maximum likelihood*. Penurunan fungsi *likelihood* pada suatu model *time series*, dapat digambarkan dengan mempertimbangkan model ARIMA (Hamilton, 1994).

c) Uji Signifikansi Parameter

Dilakukan uji signifikan parameter, setelah berhasil mengestimasi nilai-nilai parameter dari model ARIMA yang ditetapkan sementara untuk mengetahui apakah parameternya signifikan atau tidak.

Berikut merupakan uji signifikan parameter model pada parameter *Autoregressive*, yaitu :

$H_0 : \phi = 0$  (parameter  $\phi$  tidak signifikan dalam model)

$H_1 : \phi \neq 0$  (parameter  $\phi$  signifikan dalam model)

Taraf signifikan  $\alpha = 0,05$

Statistik uji : uji t

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\phi}}{SE(\hat{\phi})} \quad (2.9)$$

Kriteria keputusan : tolak  $H_0$  jika  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}}$ , dengan derajat bebas  $dp = T - p$ , dengan  $T$  banyaknya data dan  $p$  adalah banyaknya parameter dalam model.

Sedangkan pada parameter *Moving Average* digunakan hipotesis :

$H_0 : \theta = 0$  (parameter  $\theta$  tidak signifikan dalam model)

$H_1 : \theta \neq 0$  (parameter  $\theta$  signifikan dalam model)

Statistik uji yang digunakan adalah

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\theta}}{SE(\hat{\theta})} \quad (2.10)$$

Kriteria keputusan : tolak  $H_0$  jika  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}}$ , dengan derajat bebas  $dp = T - p$ , dengan  $T$  banyaknya data dan  $p$  adalah banyaknya parameter dalam model.

d) Pemeriksaan Diagnostik

Setelah berhasil mengestimasi nilai-nilai parameter dari model ARIMA yang ditetapkan sementara, selanjutnya perlu dilakukan pemeriksaan diagnostik untuk membuktikan bahwa model tersebut cukup memadai dan menentukan model mana yang terbaik digunakan untuk peramalan (Makridakis, 1999).

Pemeriksaan diagnostik ini dapat dilakukan dengan mengamati apakah residual dari model terestimasi merupakan proses *white noise* atau tidak.

Model dikatakan memadai jika asumsi dari *error* ( $\varepsilon_t$ ) memenuhi proses *white noise* dan berdistribusi normal. Apabila dijumpai penyimpangan yang cukup serius maka harus dirumuskan kembali model yang baru, selanjutnya diestimasi dan dilakukan pemeriksaan kembali. Salah satu pemeriksaan yang mudah adalah dengan menggunakan uji yang mampu menetapkan apakah sekumpulan autokorelasi secara keseluruhan menunjukkan berbeda dari nol yang disebut dengan uji Statistik Ljung Box-Pierce seperti pada persamaan :

$$Q_K = T(T + 2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\rho}_k^2}{T - k} \quad (2.11)$$

dengan,

$T$  = banyaknya data

$K$  = banyaknya *lag* yang diuji

$\hat{\rho}_k$  = dugaan autokorelasi residual periode  $k$

Kriteria keputusan yaitu tolak  $H_0$  jika  $Q$  hitung  $> X_{(\alpha, d, f)}^2$  tabel, dengan derajat kebebasan  $K$  dikurangi banyaknya parameter pada model atau  $-value < \alpha$ , artinya  $\varepsilon_t$  adalah barisan yang tidak memiliki korelasi.

e) Peramalan.

Tujuan yang paling penting pada analisis *time series* adalah untuk meramalkan nilai masa depan (Wei, 2006). Menurut Gujarat (2004), cara peramalan dengan menggunakan model MA dapat dijelaskan sebagai berikut :

Misalkan  $H_t$  merupakan himpunan *time series* yang lalu ( $\Delta X_{t-1}, \Delta X_{t-2}, \Delta X_{t-3}, \dots$ ), maka

$$\begin{aligned} X_t'' &= X_t' - X_{t-1}' \\ &= X_t - X_{t-1} - X_{t-1} - X_{t-2} \\ &= X_t - 2X_{t-1} + X_{t-2} \end{aligned}$$

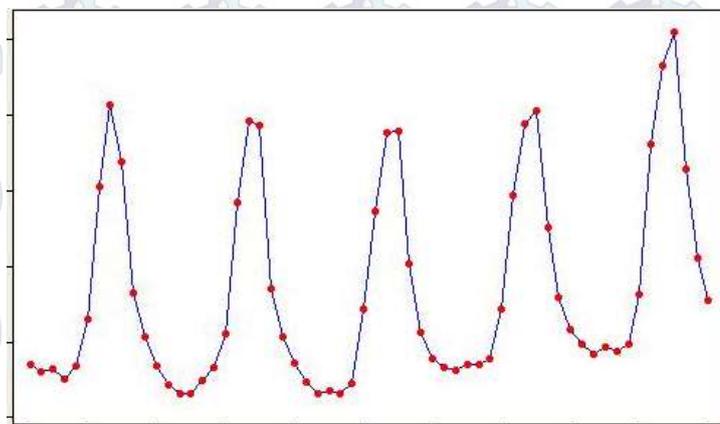
$$\Delta X_t'' = \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

kemudian  $X_t''$  dapat diperoleh dari  $\Delta X_t'' = X_t'' - X_{t-1}''$

Jika semua tahap dilakukan dan diperoleh model, maka model ini selanjutnya dapat digunakan untuk melakukan peramalan untuk data periode selanjutnya.

### 2.10 Model *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA)

Analisis data *time series* adalah analisis yang menerangkan dan memperlihatkan berbagai perubahan atau perkembangan data selama satu periode. Analisis *time series* dilakukan untuk memperoleh pola data yang digunakan dalam peramalan apakah pola data tersebut mengandung tipe pola data musiman (*seasonal*) atau tidak musiman (*non seasonal*). Hal ini dapat dilihat dengan plot data *time series*.



Gambar 2.4. Pola Data Musiman

Tipe data *seasonal* adalah ketika observasi oleh musiman, yang ditandai dengan adanya pola perubahan yang berulang secara otomatis misalnya mingguan, bulanan, atau tahunan.

Secara umum model ARIMA (*non seasonal*) dikenal dengan model  $(p,d,q)$ , dan pada *seasonal* dikenal dengan model  $(P,D,Q)^S$ . Kedua model ini berpengaruh terhadap proses peramalan, maka perlakuan model ARIMA dan *seasonal* diberlakukan sama dengan langkah-langkah ARIMA.

Dalam *seasonal* ARIMA ada kemungkinan beberapa identifikasi model diantaranya (Sediono, 2010) :

1. Model *seasonal* ARIMA  $(P,D,Q)^S$  non multiplikatif stasioner
2. Model *seasonal* ARIMA  $(P,D,Q)^S$  non multiplikatif non stasioner
3. Model *seasonal* ARIMA  $(p,d,q)(P,D,Q)^S$  multiplikatif stasioner
4. Model *seasonal* ARIMA  $(p,d,q)(P,D,Q)^S$  multiplikatif non stasioner dalam *mean* pada non *seasonal*
5. Model *seasonal* ARIMA  $(p,d,q)(P,D,Q)^S$  multiplikatif non stasioner dalam *mean* pada *seasonal*
6. Model *seasonal* ARIMA  $(p,d,q)(P,D,Q)^S$  multiplikatif non stasioner dalam *mean* pada non *seasonal* dan *seasonal*

Secara umum model *seasonal* ARIMA yang keenam dikenal dengan model  $(p,d,q)$ , dan pada *seasonal* dikenal dengan model  $(P,D,Q)^S$ . Kedua model ini berpengaruh terhadap proses peramalan, maka perlakuan model ARIMA dan *seasonal* diberlakukan sama dengan langkah-langkah ARIMA. Maka didapat persamaan umum model

Seasonal ARIMA ditampilkan dengan notasi sebagai berikut:

$$ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)^S$$

dimana :

p = orde AR

d = orde pembeda

q = orde MA

P = orde AR *seasonal*

D = orde pembeda *seasonal*

Q = orde MA *seasonal*

$S$  = Panjang musim (*length of seasonality*)

Maka dapat didefinisikan menjadi :

$$(1 - B^S)(1 - \phi_1 B^S)(1 - B)(1 - \phi_1 B)X_t = (1 - \theta_1 B^S)(1 + \theta_1 B)\varepsilon_t \quad (2.12)$$

Keterangan :

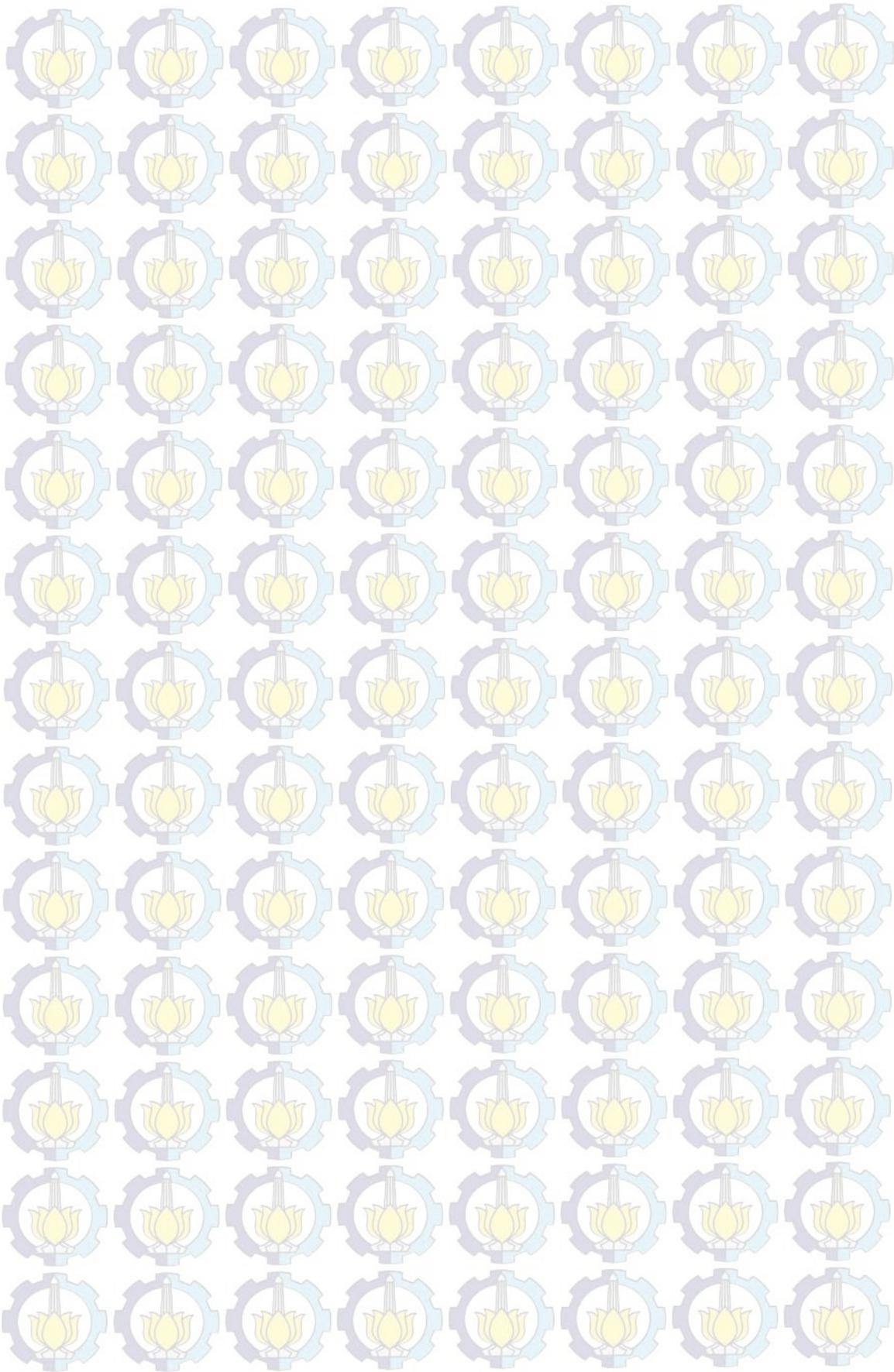
$B$  = *backward shift operator*

$\phi_1$  = koefisien AR

$\phi_1$  = koefisien AR *seasonal*

$\theta_1$  = koefisien MA

$\theta_1$  = koefisien MA *seasonal*.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan prosedur kerja yang akan dilakukan pada penelitian. Adapun tahapan yang akan dilakukan :

#### **Tahap 1 : Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah diawali dengan mencari topik permasalahan yang akan diuji sesuai dengan latar belakang permasalahan, merumuskan suatu permasalahan yang dapat diselesaikan dan memiliki tujuan dalam penyelesaian masalah pada penelitian ini.

#### **Tahap 2 : Studi Literatur**

Studi literatur yang dilakukan adalah mencari literatur yang berkaitan dengan materi permasalahan yang berasal dari *text book*, jurnal, dan penelitian yang berkaitan.

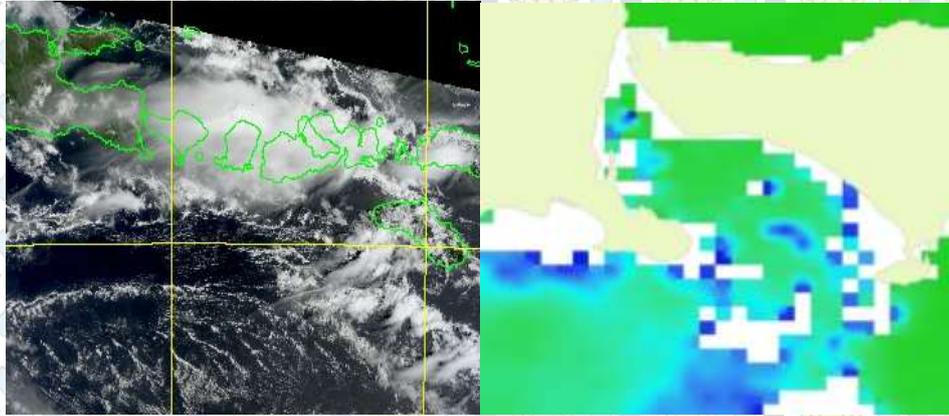
#### **Tahap 3 : Pengumpulan Data**

Tahapan pengumpulan data adalah proses menghimpun data-data yang menunjang dalam penelitian ini. Tahapan pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan pada tanggal 5 Januari 2015 sampai 9 Januari 2015. Data yang didapat merupakan data sekunder yaitu data citra satelit *Aqua-MODIS* level 3 dari bulan Januari 2010 sampai bulan November 2014 yang bersumber dari Balai Penelitian dan Observasi Laut (BPOL).

#### **Tahap 4 : Pra Pengolahan Data**

Tahapan pra pengolahan data dilakukan dalam dua tahap yaitu :

a) Proses perbaikan kualitas citra. Perbaikan kualitas citra bertujuan meningkatkan kualitas citra agar memiliki tampilan dan format yang lebih baik sehingga citra tersebut menjadi lebih mudah diolah lebih lanjut. Dalam penelitian ini proses perbaikan citra yang digunakan adalah proses penghalusan citra (*smoothing*). Proses ini dapat mengisi data yang hilang karena banyak data piksel yang kosong pada citra *Aqua*-MODIS level 3. Kekosongan data piksel dikarenakan data citra satelit yang tertutup awan, maka pada proses ini perlu dilakukan morfologi. Tujuan morfologi untuk membedakan daerah yang akan diproses dan daerah yang tidak diproses, dan *mean filtering* dari data agar nilai piksel yang kosong memiliki nilai.



**Gambar 3.1** Citra *Aqua*-MODIS Level 1 dan Level 3

b) Perhitungan luasan dari setiap klasifikasi.

Sebelum dilakukan perhitungan luas konsentrasi klorofil maka perlu dilakukan suatu proses pengolahan nilai digital dalam satuan piksel citra menjadi nilai klorofil dalam satuan  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Proses klasifikasi nilai klorofil kedalam dua kelas yaitu : Konsentrasi rendah pada kisaran :  $< 0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$  ,  
Konsentrasi tinggi pada kisaran :  $\geq 0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$  .

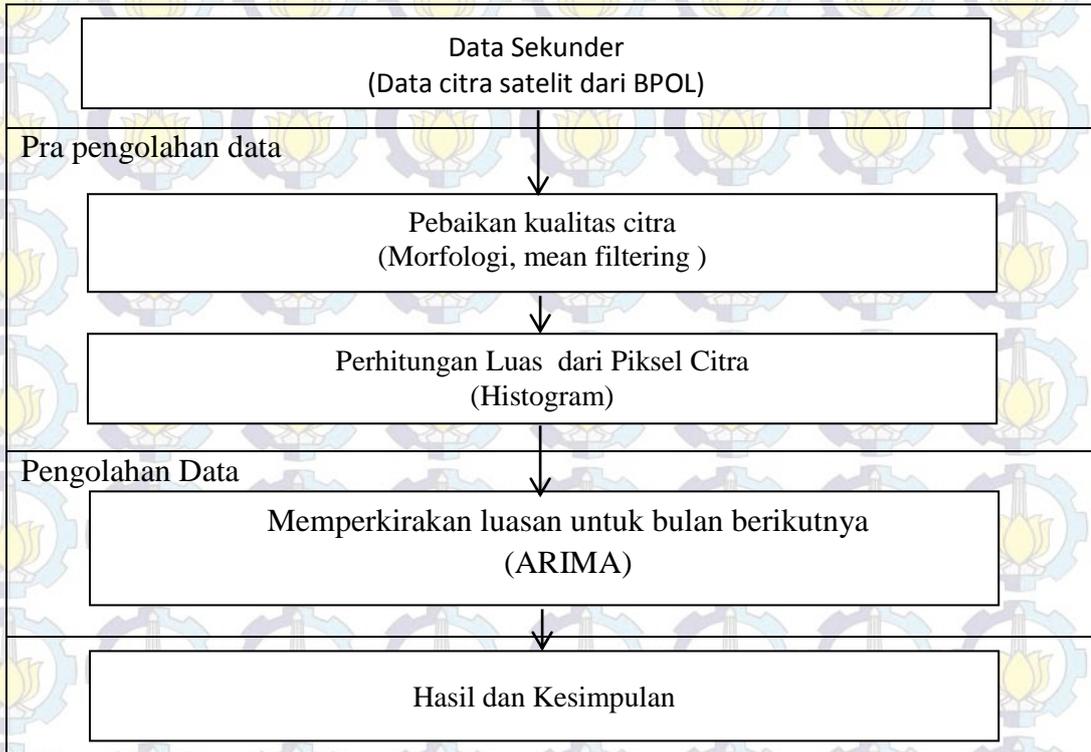
#### **Tahap 5 : Pengolahan Data**

Tahapan pengolahan data yang dilakukan pada proses ini yaitu memperkirakan luasan konsentrasi klorofil-a menggunakan metode ARIMA hanya pada konsentrasi tinggi yaitu  $\geq 0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$  dengan langkah-langkah ARIMA yaitu

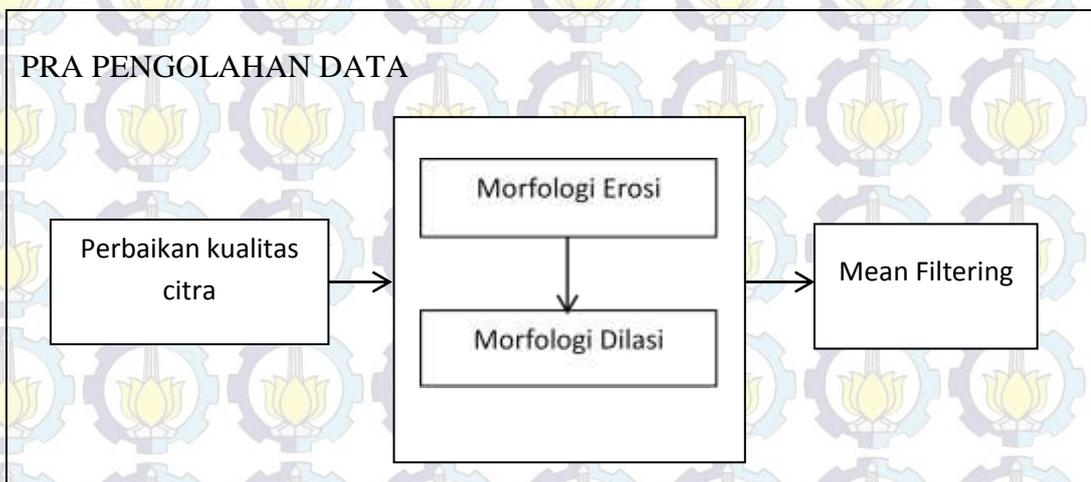
identifikasi model, estimasi parameter, uji signifikansi parameter, pemeriksaan diagnostik, dan peramalan.

### 3.2 Diagram Alur Penelitian

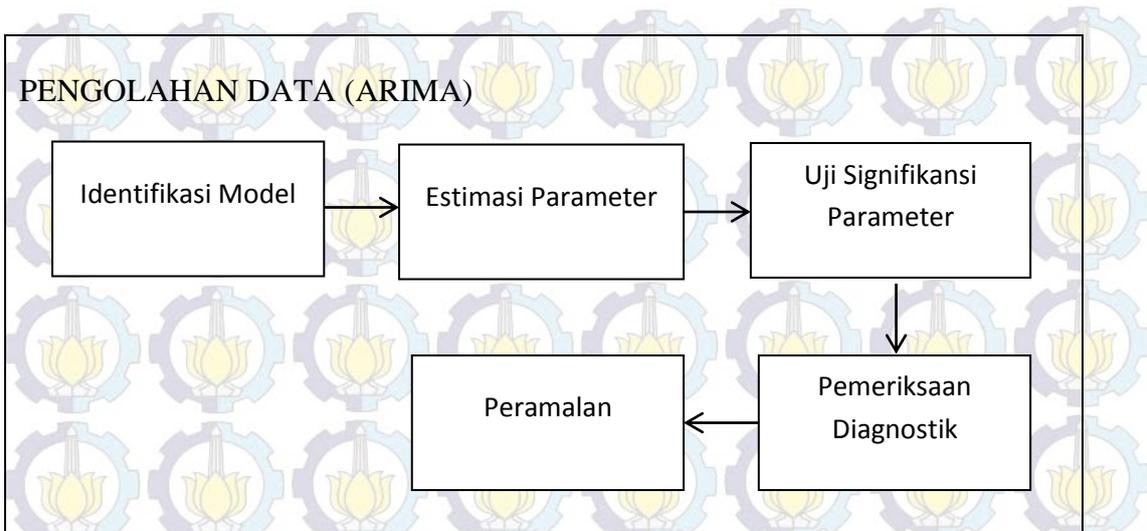
Kerangka dasar proses penelitian ini digambarkan dalam diagram alur penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Diagram Alur Metodologi Penelitian



**Gambar 3.3** Diagram Blok Langkah-Langkah Pra Pengolahan Data



**Gambar 3.4** Diagram Blok Langkah-Langkah pengolahan data (ARIMA).

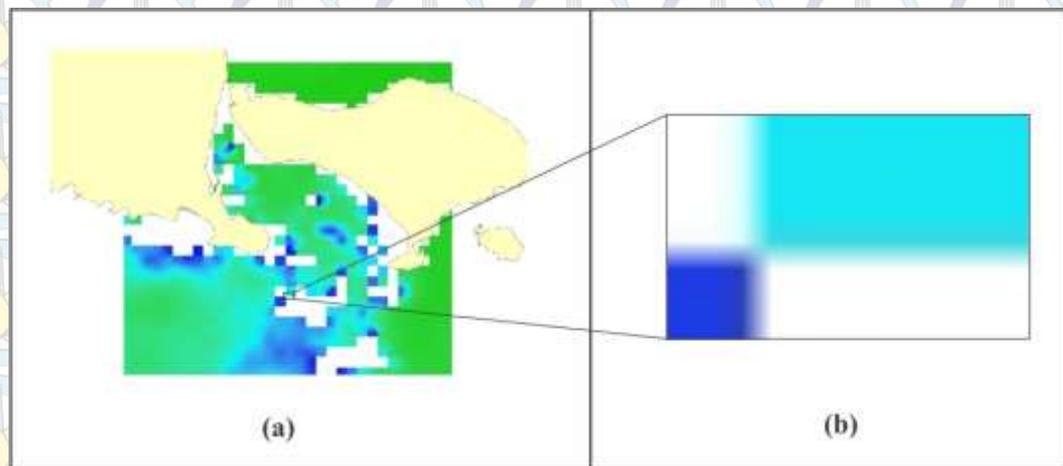
## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini membahas mengenai proses pra pengolahan data menggunakan *mean filtering* untuk mendapatkan suatu hasil citra yang baik dan proses pengolahan data menggunakan metoda *seasonal ARIMA* sehingga memperoleh hasil peramalan yang diharapkan. Pada bagian ini dijelaskan proses pra pengolahan data diantaranya proses merubah citra RGB menjadi citra biner (*black and white*), proses pemisahan daerah, proses merubah nilai piksel menjadi nilai satuan klorofil.

### 1.1 Pra Pengolahan data

Pada langkah ini, untuk melihat proses pengolahan citra yang berukuran besar maka diperlihatkan sebagian matriks dari citra asli. Hal ini dilakukan agar pengerjaan pengolahan citra dapat dilihat.

Hasil citra asli dan sebagian dari citra.



Gambar 4.1 (a) Citra Asli, (b) Sebagian dari Citra

#### 1.1.1 Merubah Citra RGB Menjadi Citra Biner

Data citra yang diproses merupakan data citra RGB dimana data citra RGB adalah data citra yang memiliki citra warna 3 layer matriks yaitu diantara R-layer

(merah), G-layer (hijau), B-layer (biru). Data citra RGB ini akan dirubah menjadi data citra biner, citra biner merupakan citra yang hanya memiliki 2 kemungkinan nilai yaitu nilai piksel hitam dan putih, sering juga disebut citra *black and white*.

Matriks piksel RGB sebagian dari citra asli :

$$R = \begin{pmatrix} 255 & 255 & 219 & 59 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 \\ 255 & 255 & 219 & 59 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 \\ 255 & 255 & 219 & 59 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 \\ 255 & 255 & 219 & 59 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 & 23 \\ 245 & 245 & 220 & 84 & 59 & 59 & 59 & 59 & 59 & 59 & 59 & 59 & 59 & 59 \\ 39 & 39 & 38 & 220 & 219 & 219 & 219 & 219 & 219 & 219 & 219 & 219 & 219 & 219 \\ 29 & 29 & 39 & 245 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 29 & 29 & 39 & 245 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 29 & 29 & 39 & 245 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 29 & 29 & 39 & 245 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \end{pmatrix}$$

$$G = \begin{pmatrix} 255 & 255 & 255 & 216 & 231 & 231 & 231 & 231 & 231 & 223 & 229 & 231 & 231 & 231 \\ 255 & 255 & 255 & 216 & 231 & 231 & 231 & 231 & 231 & 234 & 250 & 231 & 231 & 231 \\ 255 & 255 & 255 & 216 & 231 & 231 & 231 & 231 & 231 & 255 & 255 & 231 & 231 & 231 \\ 255 & 255 & 255 & 216 & 231 & 231 & 231 & 231 & 231 & 255 & 255 & 231 & 231 & 231 \\ 252 & 252 & 255 & 204 & 216 & 216 & 216 & 216 & 216 & 216 & 216 & 216 & 216 & 216 \\ 63 & 62 & 68 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 60 & 60 & 63 & 252 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 60 & 60 & 63 & 252 & 255 & 254 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 60 & 60 & 63 & 252 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 60 & 60 & 63 & 252 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 255 & 255 & 255 & 225 & 243 & 244 & 244 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 \\ 255 & 255 & 255 & 225 & 243 & 244 & 244 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 \\ 255 & 255 & 255 & 225 & 243 & 244 & 244 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 \\ 255 & 255 & 255 & 225 & 243 & 244 & 244 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 & 243 \\ 255 & 255 & 255 & 221 & 225 & 225 & 225 & 225 & 225 & 225 & 225 & 225 & 225 & 225 \\ 189 & 190 & 164 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 229 & 229 & 189 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 229 & 229 & 189 & 255 & 255 & 254 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 229 & 229 & 189 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \\ 229 & 229 & 189 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 & 255 \end{pmatrix}$$

```

a = imread(data_citra{idc});
rgb_img = imresize(a, [10 NaN]);
% figure, imshow(rgb_img), title('resize');
[r,c,z] = size(rgb_img);
r_img = rgb_img(:,:,1);
g_img = rgb_img(:,:,2);
b_img = rgb_img(:,:,3);

```

```

r_bw = ~im2bw(r_img, 245/255);
g_bw = ~im2bw(g_img, 245/255);
b_bw_a = im2bw(b_img, 225/255);

```

Pada kasus ini nilai *R*-layer dan *G*-layer yang diubah ke dalam citra biner hanya nilai piksel 245 sampai 255 yang menjadi nilai 0 dan yang lainnya bernilai 1, dan untuk nilai *B*-layer nilai piksel 225 sampai 255 menjadi nilai 1 dan lainnya bernilai 0. Maka hasil matriks biner untuk setiap layer adalah :

$$R_{bw} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$G_{bw} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$B_{bw} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

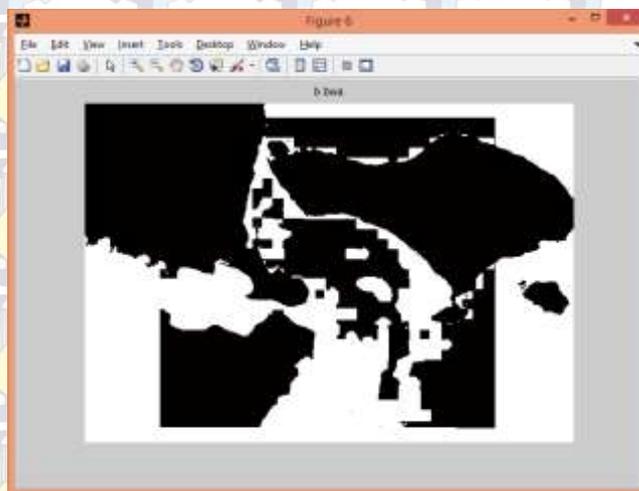
### 1.1.2 Membedakan Daerah yang Diproses dan Daerah yang Tidak Diproses.

Untuk membedakan daerah yang diproses dan daerah yang tidak diproses, maka pada layer RGB yang telah dirubah kedalam citra biner akan dianalisis dengan proses morfologi dengan tujuan untuk membedakan daeran lautan yang

tertutup awan pada kasus ini. Proses yang akan digunakan adalah morfologi dilasi dan morfologi erosi.

Proses dilasi dilakukan dengan cara membandingkan setiap piksel citra inputan dengan nilai pusat SE (*Structuring Element*) dengan cara melapiskan SE dengan citra sehingga pusat SE tepat dengan posisi piksel citra yang diproses. Jika paling sedikit ada 1 piksel pada SE sama dengan nilai piksel obyek citra maka piksel citra input diset nilainya dengan nilai piksel obyek dan bila semua piksel yang berhubungan adalah *background* maka input piksel diberi nilai piksel *background*. Pada kasus ini proses dilakukan untuk membedakan daerah daratan dan daerah lautan yang tertutup awan. Proses dilasi dilakukan pada B-layer

$$\text{Hasil proses dilasi} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$



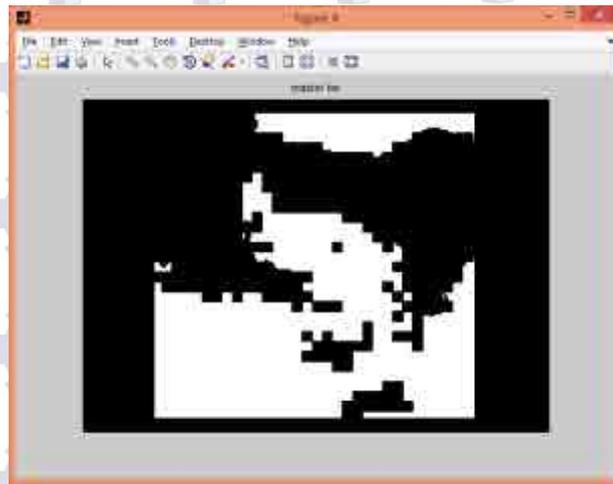
**Gambar 4.2.** Citra Asli Hasil Proses Dilasi.

Selanjutnya proses erosi dilakukan pada penggabungan menggunakan operasi himpunan *intersection* ( $\cap$ ) R-layer dan G-layer untuk mencari daerah lautan yang tertutup awan.

Hasil  $R \cap G =$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Hasil morfologi erosi  $R \cap G$  dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.3** Hasil Operasi Erosi R dan G

Proses erosi merupakan kebalikan dari dilasi, dimana dilasi menghasilkan daerah yang lebih luas sedangkan proses erosi menghasilkan daerah yang lebih sempit.

Setelah dilakukan proses dilasi dan erosi, maka perlu dilakukan pengurangan matriks dari hasil dilasi dengan hasil erosi untuk membedakan daerah yang diproses dan daerah yang tidak diproses. Hasil ini bisa dilihat pada Gambar 4.4.

```

%%% Proses Dilasi %%%
b_bw = imdilate(b_bw_a, strel('disk',1,0));

%%% Proses Erosi %%%

% Penggabungan R dan G %

master_bw1 = r_bw & g_bw;
master_bw = imerode(master_bw1, strel('disk',1,0));
figure, imshow(master_bw), title('master bw');

```

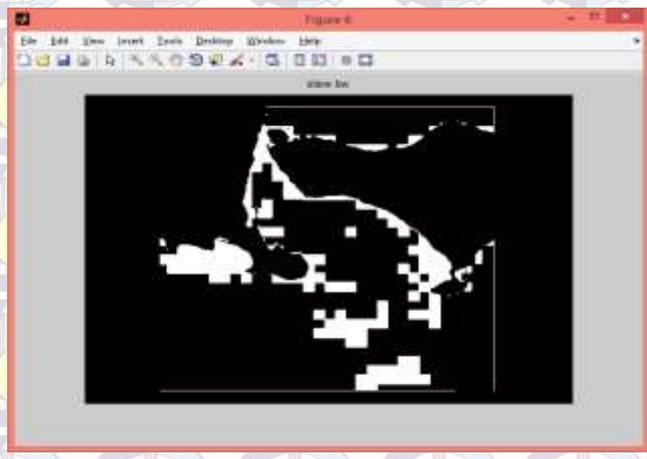
```

%%% Daerah yang diproses %%%
slave_bw = b_bw - master_bw;
slave_bw(slave_bw<0) = 0;
figure, imshow(slave_bw), title('slave bw');

```

Hasil daerah yang akan diproses =

1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



**Gambar 4.4.** Pemisahan daerah yang diproses dan daerah yang tidak diproses.

**1.1.3 Proses Mean Filtering**

Pada tahap ini dilakukan proses *mean filtering* untuk mendapatkan nilai dari daerah yang tertutup awan. Dari proses morfologi yang telah dihasilkan diperoleh citra biner (warna putih merupakan daerah yang diproses dan warna hitam merupakan daerah yang tidak diproses). Selanjutnya citra hasil dari proses morfologi dan citra asli ditumpuk untuk mendapatkan citra baru berupa daerah yang diproses yang berwarna. Penumpukan ini dilakukan dengan cara mengalikan citra hasil dari proses morfologi dan citra asli tiap layer R, G, dan B. Proses perkalian keduanya menggunakan matriks 7x7.

Matriks 7x7

(i-3,j-3)	(i-3,j-2)	(i-3,j-1)	(i-3,j)	(i-3,j+1)	(i-3,j+2)	(i-3,j+3)
(i-2,j-3)	(i-2,j-2)	(i-2,j-1)	(i-2,j)	(i-2,j+1)	(i-2,j+2)	(i-2,j+3)
(i-1,j-3)	(i-1,j-2)	(i-1,j-1)	(i-1,j)	(i-1,j+1)	(i-1,j+2)	(i-1,j+3)
(i,j-3)	(i,j-2)	(i,j-1)	(i,j)	(i,j+1)	(i,j+2)	(i,j+3)
(i+1,j-3)	(i+1,j-2)	(i+1,j-1)	(i+1,j)	(i+1,j+1)	(i+1,j+2)	(i+1,j+3)
(i+2,j-3)	(i+2,j-2)	(i+2,j-1)	(i+2,j)	(i+2,j+1)	(i+2,j+2)	(i+2,j+3)
(i+3,j-3)	(i+3,j-2)	(i+3,j-1)	(i+3,j)	(i+3,j+1)	(i+3,j+2)	(i+3,j+3)

$$\text{Citra morfologi } 7 \times 7 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Citra Asli R-layer} = \begin{pmatrix} 39 & 39 & 39 & 41 & 230 & 255 & 255 \\ 40 & 40 & 40 & 42 & 230 & 255 & 255 \\ 53 & 53 & 53 & 42 & 233 & 255 & 255 \\ 77 & 77 & 77 & 92 & 240 & 255 & 255 \\ 217 & 217 & 217 & 227 & 245 & 255 & 255 \\ 242 & 242 & 242 & 245 & 252 & 255 & 255 \\ 255 & 255 & 255 & 254 & 255 & 255 & 255 \end{pmatrix}$$

$$\text{Hasil Perkalian} = \begin{pmatrix} 39 & 39 & 39 & 41 & 0 & 0 & 0 \\ 40 & 40 & 40 & 42 & 0 & 0 & 0 \\ 53 & 53 & 53 & 42 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

kemudian dicari *mean filtering* dengan menggunakan nilai piksel bukan nol (0) dari hasil perkalian ini. Hasil *mean filtering* menggantikan nilai piksel (i,j), hasil

rata-rata dari matriks tersebut adalah  $\frac{39+39+39+41+40+40+40+42+53+53+53+42}{12} =$

43.42

hasil *mean filtering* = 
$$\begin{pmatrix} 39 & 39 & 39 & 41 & 230 & 255 & 255 \\ 40 & 40 & 40 & 42 & 230 & 255 & 255 \\ 53 & 53 & 53 & 42 & 233 & 255 & 255 \\ 77 & 77 & 77 & 43.42 & 240 & 255 & 255 \\ 217 & 217 & 217 & 227 & 245 & 255 & 255 \\ 242 & 242 & 242 & 245 & 252 & 255 & 255 \\ 255 & 255 & 255 & 254 & 255 & 255 & 255 \end{pmatrix}$$

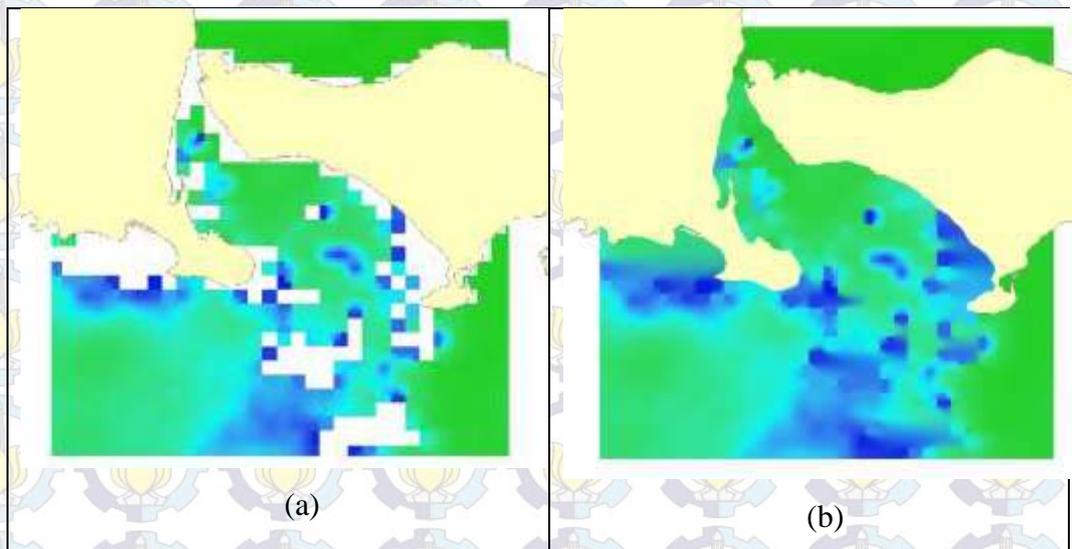
proses *mean filtering* berulang dilakukan hingga warna putih pada peta sebaran klorofil terisi warna sesuai warna piksel disekitarnya.

```
while (sum(sum(slave_bw))>0)
    [ar,ac] = find(slave_bw);
    for i=1:length(ar)
        m_cell = master_bw(ar(i)-3:ar(i)+3,ac(i)-3:ac(i)+3);
        n_pixel = sum(sum(m_cell));

        rr_img = r_img(ar(i)-3:ar(i)+3,ac(i)-3:ac(i)+3);
        gg_img = g_img(ar(i)-3:ar(i)+3,ac(i)-3:ac(i)+3);
        bb_img = b_img(ar(i)-3:ar(i)+3,ac(i)-3:ac(i)+3);

        avg_r = mean(mean(rr_img(m_cell)));
        avg_g = mean(mean(gg_img(m_cell)));
        avg_b = mean(mean(bb_img(m_cell)));

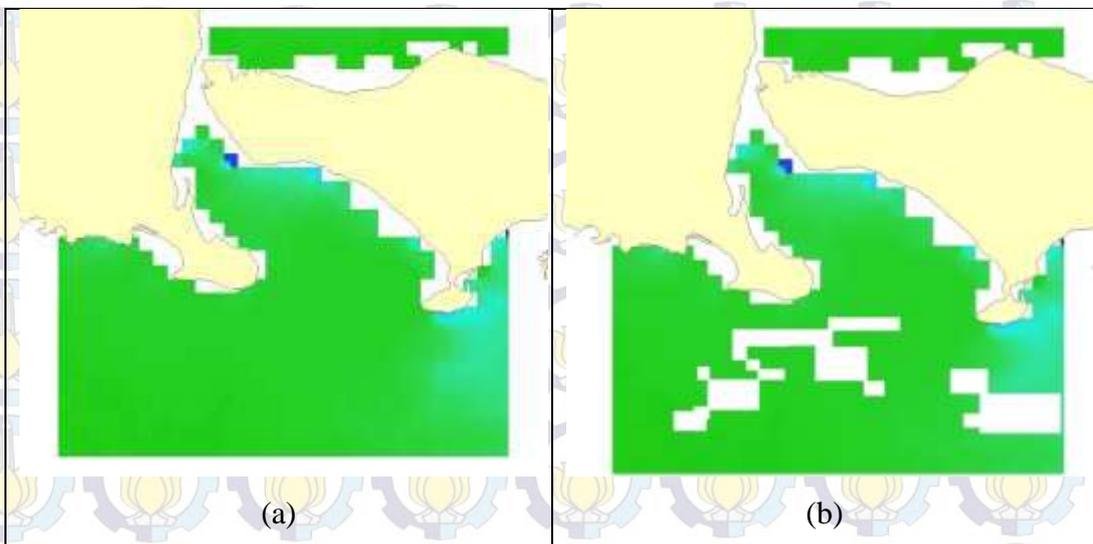
        if n_pixel > 5
            r_img(ar(i),ac(i)) = avg_r;
            g_img(ar(i),ac(i)) = avg_g;
            b_img(ar(i),ac(i)) = avg_b;
            slave_bw(ar(i),ac(i)) = 0;
            master_bw(ar(i),ac(i)) = 1;
        end
    end
end
```



**Gambar 4.5.** Peta Sebaran Klorofil (a) Sebelum Dilakukan *Mean Filtering*, (b) Setelah Dilakukan *Mean Filter*

#### 4.1.4. *Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)*

Uji PSNR dilakukan untuk membandingkan hasil *mean filter* dengan data asli. Pada kasus ini disimulasikan data yang bersih dari tutupan awan akan diputihkan di beberapa daerah untuk menguji hasil PSNR nya.



**Gambar 4.6.** (a) Peta Asli Sebaran Klorofil-a, (b) Peta Simulasi Sebaran Klorofi-a

Hasil PSNR kedua Peta Sebaran Klorofil-a pada Gambar 4.6.(a) dan Gambar 4.6.(b) menghasilkan nilai MSE sebesar 4.9154 yang menyatakan nilai *error*nya dan nilai PSNR nya 41.215. Pada tabel 4.1 akan ditampilkan hasil PSNR dan

MSE beberapa data citra pada bulan dan tahun tertentu yang bersih dari tutupan awan dan disimulasikan dengan memutihkan beberapa daerah.

**Tabel 4.1.** Hasil PSNR dan MSE dari Beberapa Data.

Bulan	PSNR	MSE
Maret 2010	41.215	4.9154
Mei 2010	52.6641	0.3521
Juli 2010	40.3422	6.0098
Agustus 2010	40.8178	5.3864
September 2010	42.7926	3.4183
Mei 2011	41.8099	4.2864
Juni 2011	45.0789	2.0193
juli 2011	38.8812	8.4132
Februari 2013	45.6756	1.76
Maret 2013	41.0996	5.048
April 2013	42.6399	3.5407
Juni 2013	39.1843	7.8461
Maret 2014	39.377	7.5055
April 2014	38.0475	10.1936
Mei 2014	36.6825	13.9583
Juni 2014	33.6939	27.7771
Juli 2014	33.7165	27.6331

Pada tabel 4.1 menghasilkan rata-rata MSE dan PSNR yaitu 8.2391 dan 40.8069, dimana PNSR terbaik yaitu diatas 30 dan MSE mendekati 0.

#### 4.1.5 Jumlah Luas Daerah Sebaran Klorofil-a

Untuk mendapatkan banyaknya jumlah luas daerah sebaran sebaran klorofil maka perlu dilakukan proses perhitungan banyaknya piksel rentang kesuburan klorofil dari hijau hingga biru. Metode yang digunakan pada proses ini yaitu menggunakan histogram.

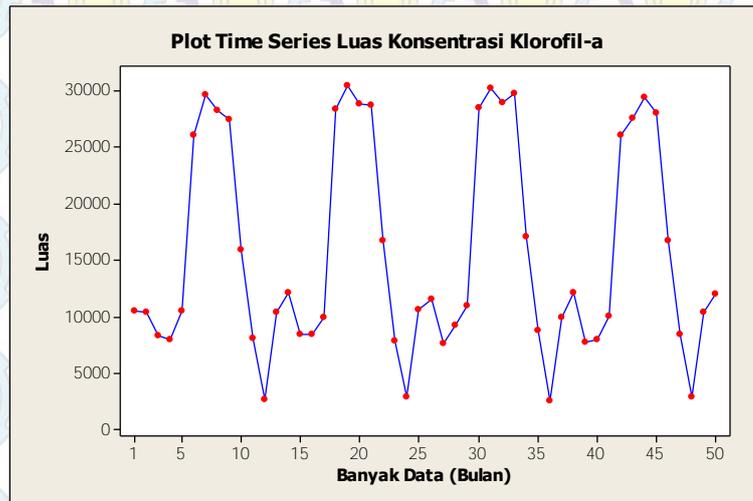
Satuan piksel pada citra mewakili 0,16 hektar pada luas sebenarnya. Maka banyaknya piksel yang mewakili satuan klorofil-a  $\geq 0.3 \text{ mg/m}^3$  merupakan jumlah luas daerah kesuburan di Selat Bali.

## 4.2 Pengolahan Data.

Pada tahap ini dilakukan proses peramalan menggunakan metode *seasonal* ARIMA.

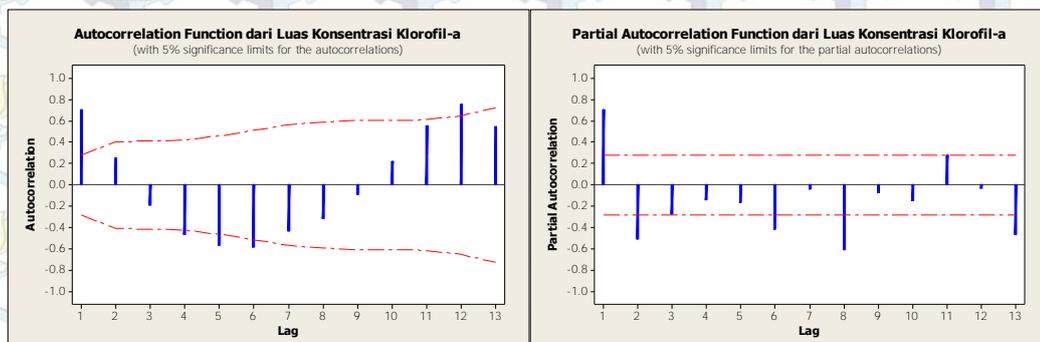
### 4.2.1 Identifikasi Model

Langkah awal yang dilakukan untuk menganalisis data *time series* adalah dengan membuat plot data dari luas konsentrasi klorofil-a. Plot yang dibentuk merupakan plot data *series*, plot ACF dan plot PACF, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah pada data terdapat pola musiman dan untuk mengetahui kestasioneran data dalam *varian* dan *mean*.



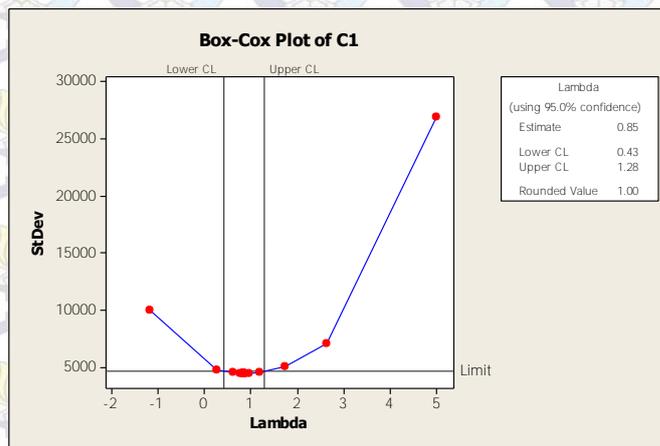
Gambar 4.7. Plot Data *Time Series*

Berdasarkan plot data *time series* maka dapat disimpulkan data sebaran luas konsentrasi klorofil-a tidak stasioner karena ada data pada indeks tertentu yang terlalu tinggi dan terlalu rendah dan terlihat juga bahwa data mengandung pola musiman terlihat pada indeks kelipatan tertentu terjadi kenaikan dan penurunan. Selanjutnya untuk autokorelasi data *time series* dapat dilihat dengan plot ACF dan autokorelasi parsial dapat dilihat pada plot PACF.



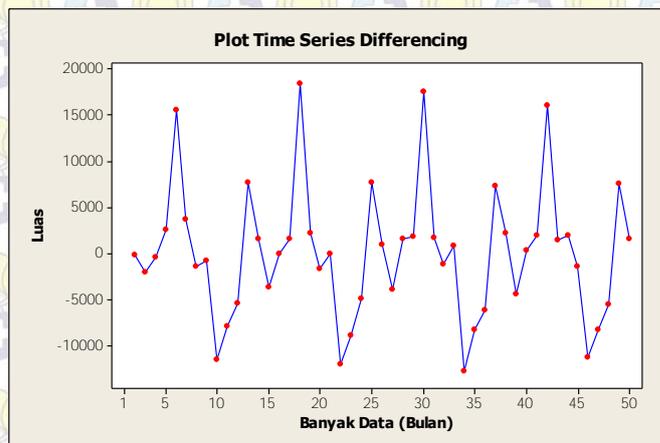
Gambar 4.8. Plot ACF dan PACF

Berdasarkan plot ACF dan pada plot PACF, data sebaran luas klorofil-a belum stasioner karena kolegram pada plot tidak menuju nol dan masih ada kolegram yang naik turun (tidak turun lambat) dan adanya pola musiman. Karena plot menunjukkan data belum stasioner maka perlu distasionerkan dalam *varian* dan *mean* dengan pola musiman. Dilakukan Tranformasi Box-Cox agar data stasioner musiman dalam *varian*.

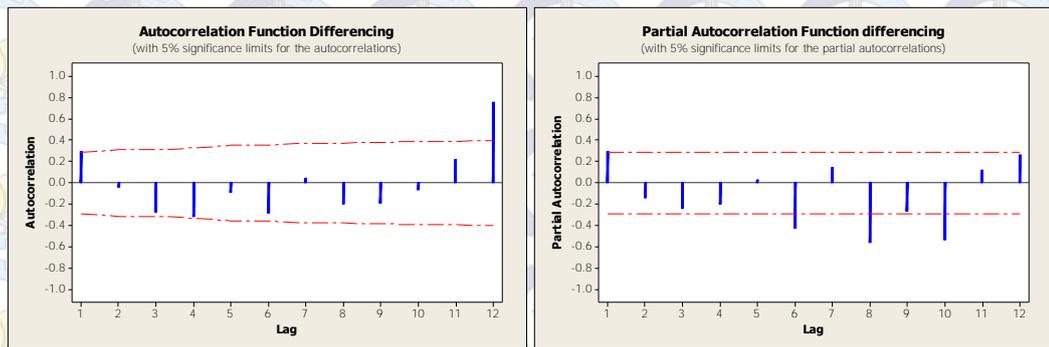


**Gambar 4.9.** Plot Box-Cox

Dengan melihat plot Box-Cox, nilai *Rounded Value* ( $\lambda$ ) adalah 1 maka langsung dilakukan *differencing* yaitu stasioner dalam *mean*. Selanjutnya setelah distasionerkan dalam *varian* dan *mean* maka perlu di bentuk plot data *time series*, ACF dan PACF dari data yang telah di *differencing*.

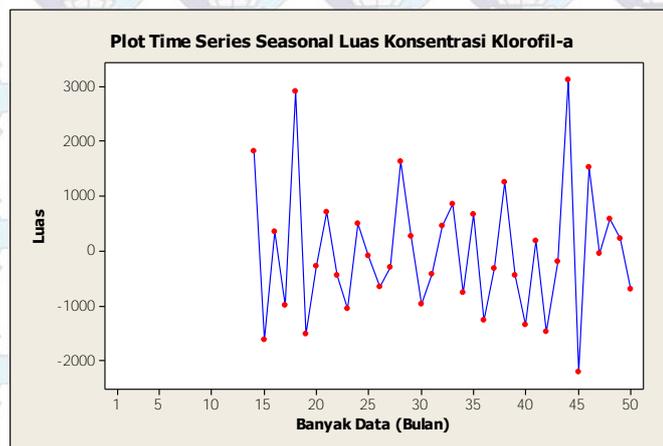


**Gambar 4.10** Plot Data Setelah di *Differencing*.

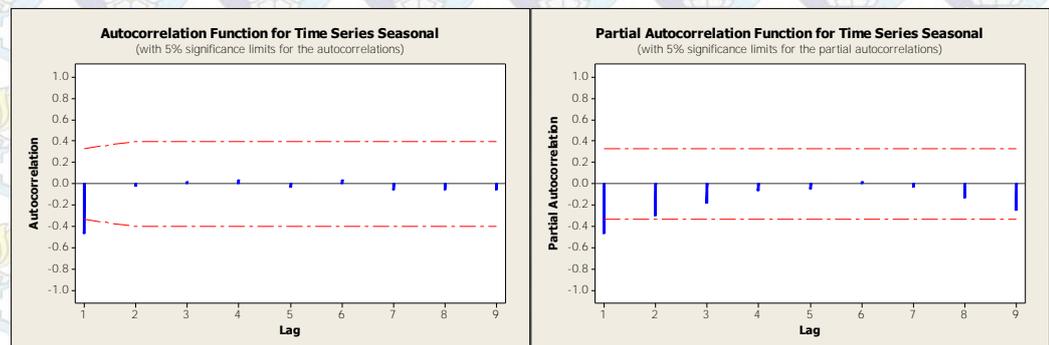


**Gambar 4.11.** Plot ACF dan PACF Setelah di *Differencing*

Karena plot data *time series* menunjukkan pola data seasonal maka dilakukan *differencing* musiman pada data sebelumnya. Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 menunjukkan plot data, ACF dan PACF setelah di *differencing*.



**Gambar 4.12.** Plot Data Setelah di *Differencing* Musiman.



**Gambar 4.13.** Plot ACF dan PACF Setelah di *Differencing* Musiman.

#### 4.2.2 Estimasi Parameter

Berdasarkan plot *time series*, ACF dan PACF dapat diketahui bahwa data yang telah di *differencing* musiman sudah stasioner. Pada plot ACF dan PACF setelah di *differencing* musiman terlihat lag 1 keluar dari garis merah. Dengan demikian, dapat diduga model sementara yaitu :

1. ARIMA(1,1,1)(1,1,1)<sup>12</sup>
2. ARIMA(0,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup>
3. ARIMA(1,1,0)(1,1,0)<sup>12</sup>
4. ARIMA(1,1,0)(0,1,1)<sup>12</sup>
5. ARIMA(0,1,1)(1,1,0)<sup>12</sup>

#### 4.2.3 Uji Signifikansi Parameter

Dari kelima model yang telah dibentuk maka perlu dilakukan uji signifikansi parameter. Pada pengujian signifikansi parameter beberapa hal yang perlu dilihat hasil *p-value* dan MSE pada setiap model, apakah nilai *p-value* kurang dari 0.05 dan dipilih MSE yang terkecil dari setiap model.

**Tabel 4.2.** Hasil uji signifikansi kelima model.

ARIMA(1,1,1)(1,1,1) <sup>12</sup>	Type	Coef	SE Coef	T	P	MSE
	AR 1	-0.1499	0.2546	-0.59	0.560	
	SAR 12	-0.5560	0.2142	-2.60	0.014	
	MA 1	0.6361	0.1870	3.40	0.002	
	SMA 12	0.8005	0.1906	4.20	0.000	
ARIMA(0,1,1)(0,1,1) <sup>12</sup>	Type	Coef	SE Coef	T	P	MSE
	MA 1	0.7176	0.1134	6.33	0.000	
	SMA 12	0.7004	0.2247	3.12	0.004	
ARIMA(1,1,0)(1,1,0) <sup>12</sup>	Type	Coef	SE Coef	T	P	MSE
	AR 1	-0.5063	0.1481	-3.42	0.002	
	SAR 12	-0.7496	0.1733	-4.33	0.000	
ARIMA(1,1,0)(0,1,1) <sup>12</sup>	Type	Coef	SE Coef	T	P	MSE
	AR 1	-0.5464	0.1492	-3.66	0.001	
	SMA 12	0.7557	0.2228	3.39	0.002	
ARIMA(0,1,1)(1,1,0) <sup>12</sup>	Type	Coef	SE Coef	T	P	MSE
	SAR 12	-0.7705	0.1821	-4.23	0.000	
	MA 1	0.6798	0.1241	5.48	0.000	

Dari kelima model pada Tabel 4.2., Model ARIMA (0,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup> merupakan model terbaik karena nilai *p-value* yang memenuhi kurang dari 0.05 dan nilai MSE yang paling kecil dari kelima model.

#### 4.2.4. Pemeriksaan Diagnostik

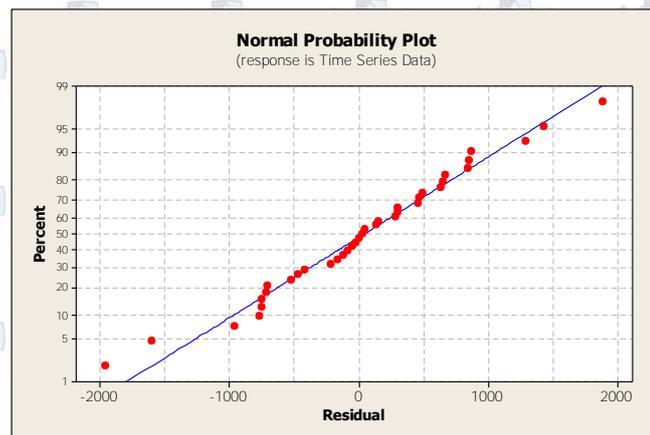
Proses uji signifikansi yang memperoleh model sementara ARIMA  $(0,1,1)(0,1,1)^{12}$ , selanjutnya perlu dilakukan pemeriksaan diagnostik untuk membuktikan bahwa model tersebut cukup memadai dan merupakan model terbaik digunakan untuk peramalan. Pemeriksaan diagnostik ini dapat dilakukan dengan uji statistik Ljung Box-Pierce dengan syarat  $p\text{-value} > 0.05$ . Hasil Ljung Box kelima model.

**Tabel 4.3.**  $P\text{-value}$  Ljung Box.

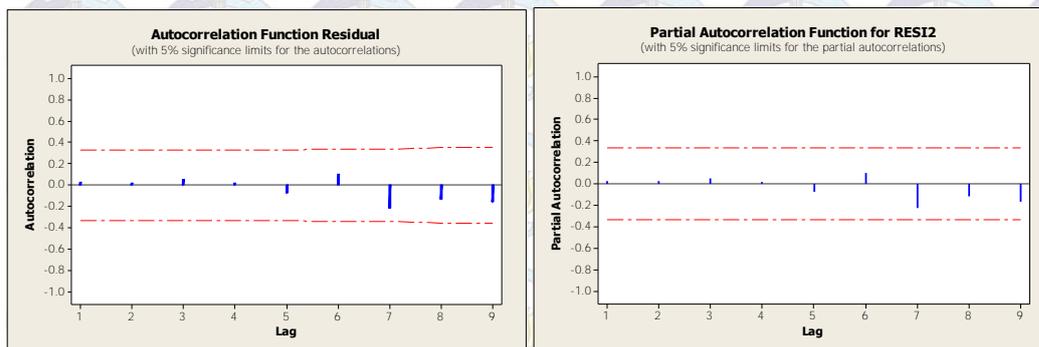
Model	$P\text{-value}$			
ARIMA $(1,1,1)(1,1,1)^{12}$	0.419	0.290	0.560	*
ARIMA $(0,1,1)(0,1,1)^{12}$	0.839	0.783	0.684	*
ARIMA $(1,1,0)(1,1,0)^{12}$	0.528	0.696	0.942	*
ARIMA $(1,1,0)(0,1,1)^{12}$	0.442	0.353	0.423	*
ARIMA $(0,1,1)(1,1,0)^{12}$	0.772	0.871	0.991	*

Dari kelima model pada tabel 4.3. memenuhi uji diagnostik  $p\text{-value}$ , namun dengan mempertimbangkan uji signifikansi maka dapat disimpulkan model terbaik untuk uji signifikansi dan pemeriksaan diagnostik model ARIMA  $(0,1,1)(0,1,1)^{12}$  yang memenuhi semua kriteria.

Model dikatakan memadai untuk dilakukan peramalan jika asumsi *error* ( $\varepsilon_t$ ) berdistribusi normal dan *white noise*. Plot distribusi normal untuk model ARIMA  $(0,1,1)(0,1,1)^{12}$  ditunjukkan pada Gambar 4.12.



**Gambar 4.14.** Plot Normalitas Residual



**Gambar 4.15.** Plot ACF dan PACF Residual.

Plot ACF dan PACF residual menunjukkan model sudah *white noise* karena kolegram pada plot tidak keluar dari garis merah.

#### 4.2.5 Peramalan

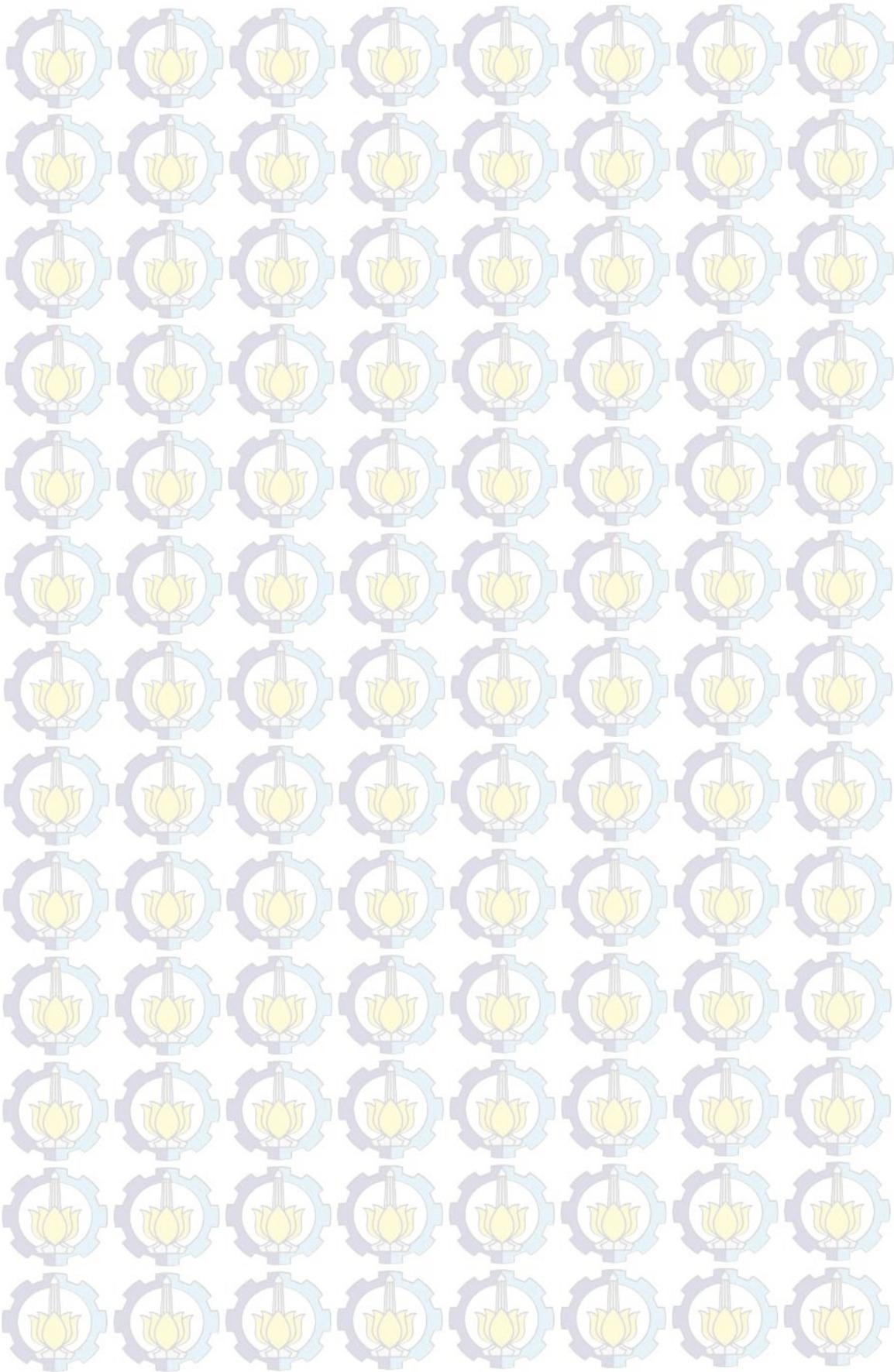
Dari uji signifikansi, pemeriksaan diagnostik, dan residual makan model yang sesuai untuk melakukan peramalan adalah model ARIMA  $(0,1,1)(0,1,1)^{12}$ . Dapat dinyatakan sebagai :

$$(1 - B)^1(1 - B^{12})X_t = (1 - 0.7176 B)(1 - 0.7004 B^{12})a_t$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan proses peramalan data.

**Tabel 4.4.** Data Asli Jumlah luas Konsentrasi Klorofil-a dan Hasil Peramalan ARIMA.

Tahun	Bulan	Data Asli Setelah Perbaikan Citra	Hasil Peramalan
2014	Maret	8036.48	7917.933715
	April	8329.76	8467.341449
	Mei	10131.84	10391.61035
	Juni	30210.40	27254.70738
	Juli	27982.24	29322.06945
	Agustus	28279.36	28907.17127
	September	29906.40	28614.821
	Oktober	16958.24	16683.86068
	November	8174.24	8364.79849
	Desember		2770.6184



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil proses perbaikan citra pada *Aqua-MODIS* level 3 dengan morfologi mampu membedakan daerah daratan dan lautan, dan daerah lautan yang tertutup awan sebagai citra *background* untuk proses *mean filtering*. Proses *mean filtering* mampu menyelesaikan permasalahan dalam perbaikan citra dengan mendapatkan nilai dari sekitaran pada citra yang diperbaiki, dengan rata-rata MSE dan PSNR yaitu 8.2391 dan 40.8069.
2. Langkah-langkah ARIMA yang dilakukan memenuhi uji signifikansi, pemeriksaan diagnostik dan normalitas residual sehingga menghasilkan model terbaik yaitu ARIMA (0,1,1)(0,1,1)<sup>12</sup>. Dan hasil peramalan model ARIMA tersebut dengan perbandingan data asli menghasilkan data yang hampir mendekati dengan data aslinya.

#### 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian dan kajian lebih lanjut untuk validasi hasil pengolahan citra dengan melakukan pengujian ke lapangan mengambil sampel lapangan, dan perlu dilakukan penelitian untuk luas konsentrasi klorofil-a terhadap hasil tangkapan ikan. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan penelitian secara spasial agar terbentuk peramalan peta komposit *Aqua-MODIS* Level 3.

Untuk peramalan menggunakan ARIMA perlu data yang lebih banyak agar hasil peramalan lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

Barnes, R. S. K and R. N. Hughes. (1988), *An Introduction to Marine Ecology*. Second edition. Blackwell Scientific Publications. London.

Gujarati, D.N. (2004), *Basic Econometric*, 4<sup>th</sup> edition. India : Tata McGraw Hill.

Ha, N. T. T., Koike, K., Nhuan, M. T. (2013), "Improved Accuracy of Chlorophyll-a Concentration Estimates from MODIS Imagery Using a Two-Band Ratio Algorithm and Geostatistics: As Applied to the Monitoring of Eutrophication Processes over". Vietnam National University, Hanoi, Vietnam.

Hamilton, D. J. (1994), *Time Series Analysis*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Isman, H. (2014), *Peramalan Jumlah Luas Lahan Panen Padi Bersih di Kabupaten Tuban Menggunakan Metode ARIMA Box-Jenkins*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Makridakis. (1995), *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi 2. Jakarta : Binarupa Aksara.

Makridakis, dkk. (1995), *Metode dan Aplikasi Peramalan*. (Edisi ke-2). (Terjemahan Untung S.A. dan Abdul Basith). Jakarta : Erlangga.

Meurah, C. R. (2004), *Penginderaan jauh*.

Notji, A. (2005), *Laut Nusantara*. Jakarta: Penerbit Sjabatana.

Pankratz A. (1983), *Forecasting with Univariate Box-Jenkins Models*, Wiley New York.

Priyono, B., Yunanto, A., dan Arief, T. (2007). "Karakteristik Oseonografi dalam Kaitannya dengan Kesuburan Perairan Selat Bali". Balai Riset dan Observasi Kelautan. Bali.

Putra, D. (2010), *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.

Rintaka, W., Agus, S., Eko, S., Mukti, T., (2013). “ Variasi Sebaran Suhu, Salinitas dan Klorofil Terhadap Jumlah tangkapan Lemuru di Perairan Selat bali Saat Muson Tenggara”. Balai Penelitian dan Observasi laut, Kementrian Kelautan dan Perikanan.

Sediono, HA. (2010). *Analisis Runtun Waktu*. Diktat Kuliah, Universitas Airlangga.

Septiawan, A. W. (2006). *Pemetaan Persebaran Klorofil Wilayah Perairan Selat Bali Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Steissberg, T., Schladow, Geoffrey., Hook, S. J., (2010), “Monitoring Past, Present, and Future Water Quality Using Remote Sensing”. University of California, Davis, California.

Susilo, S.B. (2000). *Penginderaan Jauh Terapan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Instutut Pertanian Bogor.

Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*, 2<sup>nd</sup> Edition. USA : Pearson Education, Inc.

## BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Kadek Frisca Ayu Devi lahir di Tabanan Bali pada tanggal 3 Agustus 1990. Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari SD Negeri 6 Tuban, SMP Negeri 1 Kuta, dan SMA Negeri 5 Denpasar. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan S1 di Jurusan Matematika Universitas Udayana dan diterima sebagai mahasiswa angkatan 2008. Selama kuliah S1 di Jurusan Matematika penulis mengambil Bidang Minat Matematika Terapan. Penulis lulus sarjana dengan mendapat gelar Sarjana Sains. Penulis melanjutkan studi S2 di Jurusan Matematika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2013 dan mengambil Bidang Minat Komputasi. Untuk membentuk jaringan atau membutuhkan informasi yang berhubungan dengan tesis ini, penulis dapat dihubungi melalui email [friscaayudevi@gmail.com](mailto:friscaayudevi@gmail.com).