

ANALISIS PENGARUH KOREKSI ATMOSFER TERHADAP ESTIMASI KANDUNGAN KLOROFIL-A MENGGUNAKAN CITRA *LANDSAT 8*

Lilik Kristianingsih, Arwan Putra Wijaya, Abdi Sukmono^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : Lilikkristia6@gmail.com

ABSTRAK

Atmosfer mampu mempengaruhi perjalanan gelombang elektromagnetik dari matahari ke objek dan dari objek ke sensor yang menyebabkan adanya perbedaan pada nilai reflektan citra. Reflektan terdapat dua macam, yaitu reflektan ToA (*Top of Atmosphere*) dan reflektan BoA (*Bottom of Atmosphere*). Reflektan ToA adalah reflektan yang tertangkap oleh sensor sedangkan reflektan BoA adalah reflektan pada objek yang telah terkoreksi atmosfer. Reflektan ToA dihasilkan dari proses kalibrasi radiometrik dan reflektan BoA dihasilkan dari proses koreksi atmosfer. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kedua reflektan tersebut guna mengetahui pengaruh penggunaan koreksi atmosfer dalam studi kasus klorofil-a. Perairan Kecamatan Wedung dipilih sebagai wilayah penelitian karena merupakan salah satu kecamatan terluas di Kabupaten Demak.

Penelitian ini, menggunakan metode koreksi atmosfer DOS (*Dark Object Substraction*), FLAASH (*Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) dan 6SV (*Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum*). Membandingkan antara reflektan ToA dan BoA dalam perhitungan klorofil-a menggunakan algoritma Wouthuyzen, Wibowo, Pentury serta Much Jisin dan Lestari Laksmi.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan citra reflektan BoA (terkoreksi atmosfer) memiliki hasil model yang lebih baik dari citra reflektan ToA. Hal ini diketahui dari nilai koefisien determinasi berturut-turut untuk reflektan ToA yaitu 0,2292; 0,4562; 0,2292 dan 0,2252, reflektan BoA metode koreksi atmosfer DOS berturut-turut yaitu 0,5251; 0,5575; 0,5251 dan 0,6939, reflektan BoA metode koreksi atmosfer FLAASH berturut-turut yaitu 0,6168; 0,5041; 0,6168 dan 0,614 serta reflektan BoA metode koreksi atmosfer 6SV berturut-turut yaitu 0,6436; 0,4033; 0,6436 dan 0,6365. Hasil uji hipotesis dan validasi menunjukkan bahwa koreksi atmosfer berpengaruh signifikan terhadap perhitungan klorofil-a di perairan Kecamatan Wedung kecuali pada algoritma Wibowo.

Kata Kunci : Algoritma Klorofil-a, Koefisien Determinasi, Koreksi Atmosfer, Reflektan

ABSTRACT

Atmosphere can influence the passage of the electromagnetic wave from the sun to the object and from the object to the sensor that makes the difference on the image reflectance. There are two kinds of reflectance; which are ToA (Top of Atmosphere) reflectance and BoA (Bottom of Atmosphere) reflectance. ToA reflectance is the reflectance captured by the sensor. BoA reflectance is the reflectance of the object corrected by the atmosphere. ToA reflectance is produced by radiometrical calibration while BoA reflectance is made of atmospheric correction process. This research studies aims to compare those to reflectances to investigate the impact of atmospheric correction usage on chlorophyll-a case study. The waters of Wedung district is chosen as the research field because it is the largest area in Demak regency.

This study used DOS (Dark Object Substraction), FLAASH (Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes), and 6SV (Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum) correction method. To compare between ToA and BoA reflectance in the calculation of chlorophyll-a, the writer used the algorithms of Wouthuyzen, Wibowo, Pentury, Much Jisin and also Lestari Laksmi.

The result shown is that the usage of BoA image reflectance (atmospherically corrected) had a better model result than ToA image reflectance. This is indicated from the consecutive determination coefficient values of ToA reflectance which are 0,2292; 0,4562; 0,2292; 0,2252. Meanwhile the consecutive coefficient values of BoA reflectance by DOS correction method are 0,5251; 0,5575; 0,5251 and 0,6939; FLAASH correction method are 0,6168, 0,5041, 0,6168 and 0,614; 6SV method are 0,6436; 0,4033; 0,6436 and 0,6365. The result of hypothesis and validation test is that atmospheric correction significantly influences on the calculation of chlorophyll-a in Wedung district except using Wibowo algorithm.

Keywords: Atmospheric Correction, Chlorophyll-a Algorithm, Determination Coefficient, Reflectance

^{*)}Penuli, PenanggungJawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Koreksi atmosfer merupakan proses untuk menghilangkan kesalahan yang disebabkan adanya pengaruh atmosfer pada citra. Pengaruh atmosfer terjadi saat proses perekaman citra di mana gelombang elektromagnetik dari matahari ke permukaan bumi dan dari objek ke sensor mengalami gangguan saat melewati atmosfer, gangguan tersebut dapat berupa hamburan maupun serapan. Hal ini akan berdampak pada data citra yang diperoleh, di mana data yang terekam oleh sensor satelit dengan data pada objek akan berbeda.

Reflektan terdapat dua macam, yaitu reflektan ToA (*Top of Atmosphere*) dan reflektan BoA (*Bottom of Atmosphere*). Reflektan ToA adalah reflektan yang tertangkap oleh sensor satelit sedangkan reflektan BoA adalah reflektan pada objek yang telah terkoreksi atmosfer. Reflektan ToA diperoleh melalui proses kalibrasi radiometrik dan reflektan BoA diperoleh dari proses koreksi atmosfer.

Penelitian ini akan membandingkan antara reflektan ToA dan reflektan BoA untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya dalam perhitungan klorofil-a. Reflektan digunakan sebagai data masukan pada algoritma yang digunakan. Klorofil-a adalah pigmen dari fitolankton yang berperan dalam proses fotosintesis, di mana fitoplankton merupakan makanan bagi ikan-ikan di permukaan, sehingga semakin banyak kandungan klorofil-a dalam suatu perairan dapat di asumsikan semakin produktif perairan tersebut, selain itu klorofil-a bisa dijadikan parameter dalam studi pencemaran perairan.

Penelitian ini dilakukan di perairan Kecamatan Wedung yang merupakan kecamatan terluas di Kabupaten Demak. Kondisi perairan di Kabupaten Demak dari tahun ke tahun mengalami penurunan kualitas, seperti yang tertulis dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kabupaten Demak (2006-2025), sejak tahun 2000 sampai dengan 2004, panjang yang terkena abrasi menunjukkan kecenderungan meningkat yaitu 12,6 km, 13,1 km, 13,6 km, 14 km, dan 14,6 km masing-masing untuk tahun 2000, 2001, 2002, 2003 dan 2004. Kondisi ini bila dibiarkan berlarut akan mengakibatkan daya dukung lingkungan yang tidak seimbang karena adanya abrasi, pencemaran laut, penyakit ikan dan rusaknya mangrove yang akan mengancam potensi sumberdaya perikanan dan kelautan.

I.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan koreksi atmosfer dalam perhitungan klorofil-a menggunakan citra satelit *Landsat* 8 di Perairan Kecamatan Wedung?

2. Bagaimana model koreksi atmosfer yang paling tepat untuk perhitungan klorofil-a di perairan Kecamatan Wedung?

I.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan di antaranya:

1. Mengetahui pengaruh penggunaan koreksi atmosfer dalam perhitungan klorofil-a di perairan Kecamatan Wedung.
2. Mengetahui model koreksi atmosfer yang paling tepat di perairan Kecamatan Wedung.
3. Membuat peta konsentrasi klorofil-a di perairan Kecamatan Wedung dari algoritma klorofil-a yang terbaik.

I.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini:

1. Memberikan pengetahuan mengenai pengaruh penerapan koreksi atmosfer untuk perhitungan klorofil-a.
2. Memberi informasi metode koreksi atmosfer dan algoritma klorofil-a yang paling sesuai di perairan Kecamatan Wedung sehingga nilai estimasi klorofil-a yang diperoleh mempunyai nilai akurasi yang maksimal.
3. Memberi informasi tentang sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan Kecamatan Wedung.
4. Memberi sumbangan penelitian dan telaah pustaka untuk pengembangan ilmu yang berkaitan dengan pengolahan penginderaan jauh dalam bidang dan kajian klorofil-a serta koreksi atmosfer pada citra *Landsat*.

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penelitian di fokuskan pada perairan dangkal.
2. Wilayah penelitian di perairan Kecamatan Wedung yang terletak di antara 6°42'20,42" - 6°50'09,16" LS dan 110°32'04,66" - 110°40'29,24" BT.
3. Data penelitian menggunakan citra *Landsat* 8 level 1T akuisisi 29 April 2016 path 120 dan row 65.
4. Reflektan yang dibandingkan adalah reflektan ToA dan BoA. Reflektan BoA diperoleh dari proses koreksi atmosfer.
5. Konsentrasi klorofil-a pada citra dihitung dengan algoritma Wouthuyzen pada musim panas (1991), Wibowo dkk. (1994), Pentury (1997), Much Jisin Arief dan Lestari Laksmi (2006).
6. Koreksi atmosfer menggunakan tiga metode yaitu DOS (*Dark Object Substraction*), FLAASH (*Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) dan 6SV (*Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum*).
7. Proses koreksi geometrik citra tidak lakukan karena citra *Landsat* 8 level 1T sudah terkoreksi geometrik.
8. Data klorofil-a *in situ* yang digunakan merupakan data uji laboratorium.

9. Analisis model koreksi atmosfer menggunakan uji regresi.
10. Batas wilayah penelitian kurang lebihnya 4 mil dari daratan.
11. Pemetaan dilakukan pada tiap algoritma klorofil-a yang terbaik, serta luasan pada tiap kelas konsentrasi klorofil-a tidak dihitung.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Teori Klorofil-a

Klorofil-a merupakan salah satu pigmen dalam fitoplankton yang berperan untuk melakukan fotosintesis. Tingkat kesuburan dan kualitas suatu perairan dapat dilihat dari besarnya nilai klorofil-a pada perairan tersebut (Prianto dkk., 2013). Secara horizontal kandungan klorofil-a lebih banyak ditemukan pada lapisan permukaan yang berada dekat dengan daratan di mana semakin menuju laut kandungan klorofil-a semakin rendah, karena daratan banyak memberi masukan nutien kedalam perairan. Hal ini menyebabkan suburnya perairan yang akhirnya akan bermanfaat bagi fitoplankton untuk melakukan aktivitas fotosintesis (Sihombing, 2012).

II.2. Penginderaan Jauh untuk Estimasi Klorofil-a

Klorofil menyerap cahaya berupa radiasi elektromagnetik pada spektrum kasat mata (*visible*). Misalnya, cahaya matahari mengandung semua warna spektrum kasat mata dari merah sampai violet, tetapi seluruh panjang gelombang tidak diserap secara merata oleh klorofil (Noor, 2013).

Pengkajian konsentrasi klorofil-a menggunakan citra satelit dilakukan melalui rasio kanal yang mempunyai daya absorpsi maksimum dengan kanal yang mempunyai daya absorpsi minimum terhadap klorofil-a. Klorofil-a memiliki absorpsi yang tinggi pada kanal biru dan merah, pantulan maksimum pada kanal hijau. Tingginya pantulan disebabkan oleh naiknya koefisien hambur b_b (λ) dan mengakibatkan terjadinya perubahan secara tajam koefisien absorpsi a (λ) karena pigmen klorofil-a tidak menyerap pada kanal ini. Kanal biru memiliki daya absorpsi yang sangat tinggi walaupun fitoplankton aktif, namun daya absorpsi yang lebih besar dari daya hambur menyebabkan pantulan menjadi rendah pada kanal ini (Gaol, 1997).

II.3. Algoritma Klorofil-a

Klorofil-a yang terdeteksi oleh citra pada dasarnya merupakan pigmen yang terkandung dalam tubuh fitoplankton (Nuriya dkk., 2010). Seperti dijelaskan oleh Gaol (1997) bahwa pengembangan algoritma untuk estimasi klorofil-a dengan memanfaatkan perbandingan antara kanal yang memiliki daya absorpsi paling tinggi dengan kanal yang memiliki absorpsi minimum pada klorofil-a.

1. Wouthuyzen (1991) pada musim panas

$$Chl-a = 10,359 (TM2/TM1) - 2,355 \dots \dots \dots (2.1)$$
2. Wibowo dkk (1994)

$$Log Chl = 2,41 (TM3/TM2) + 0,187 \dots \dots \dots (2.2)$$

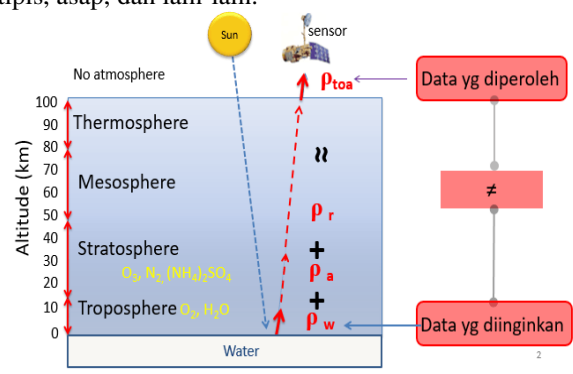
3. Pentury (1997)

$$Chl = 2,3868 (TM2/TM1) - 0,4671 \dots \dots \dots (2.3)$$
4. Much Jisin dan Lestari Laksmi (2006)

$$Klor - a = 17,912 \left(\frac{B1-B2}{B1+B2} \right) - 0,3343 \dots \dots \dots (2.4)$$

II.4. Koreksi Atmosfer

Ekadinata dkk. (2008) dalam Fuazi (2015) berpendapat bahwa koreksi atmosfer merupakan salah satu algoritma koreksi radiometrik yang relatif baru. Koreksi ini dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai parameter atmosfer dalam proses koreksi. termasuk faktor musim, dan kondisi iklim di lokasi perekaman citra (misalnya tropis, sub-tropis, dan lainnya). Kelebihannya ada pada kemampuannya untuk memperbaiki gangguan atmosfer seperti kabut tipis, asap, dan lain-lain.



Gambar II.1 Pengaruh Atmosfer terhadap Data Citra (Jaelani, 2016)

Gambar II.1 memperlihatkan bahwa atmosfer mampu mempengaruhi gelombang elektromagnetik dari matahari ke objek dan dari objek ke sensor yang menyebabkan terjadinya kesalahan pada data citra, di mana data citra yang diperoleh dengan data yang diinginkan tidak sama. kesalahan tersebut dapat diminimalkan dengan melakukan koreksi atmosfer.

Pengaruh atmosfer (*noise*) menurut Jaelani (2016), secara umum dibagi menjadi dua yaitu pengaruh yang disebabkan oleh:

1. Molekul, disebut sebagai *rayleigh scattering*.
2. Partikel, disebut sebagai *mie scattering* atau *aerosol scattering*.

II.5. Koreksi Atmosfer DOS

Menurut Ardiansyah (2015), prinsip metode ini adalah memperbaiki nilai radiometrik (*pixelvalue* pada citra akibat gangguan atmosfer). Jika tidak ada atmosfer, objek berwarna gelap atau biasanya berupa air dan bayangan awan seharusnya memiliki nilai piksel 0, apabila pada objek tersebut tidak bernilai 0 maka nilai tersebut adalah bias.

II.6. Koreksi Atmosfer FLAASH

Danoedoro (2012) menyebutkan bahwa program FLAASH mengoreksi citra dengan menekan atau menghilangkan efek uap air, oksigen, karbondioksida, metana, ozon dan hamburan molekular maupun aerosol berdasarkan kode transfer radiasi MODTRAN-4. Koreksi ini diterapkan pada setiap piksel.

II.7. Koreksi Atmosfer 6SV

Model 6S juga melibatkan data untuk perhitungan asbsorpsi atmosfer menggunakan nilai yang meningkat untuk gas-gas di atmosfer (Tso dan Mather, 2009 dikutip dalam Danoedoro, 2012).

III. Metodologi Penelitian

III.1. Data Penelitian

- Data yang digunakan pada penelitian ini adalah:
1. Klorofil-a *in situ* Tanggal 29 April 2016.
 2. Data persebaran titik-titik koordinat masing-masing titik sampel tanggal 29 April 2016.
 3. Citra *Landsat 8 Path 120 Row 65* Akuisisi 29 April 2016.
 4. Citra *Quickbird* bulan Juni 2010.
 5. Data salinitas tanggal 15 Oktober 2013.
 6. Visibilitas horizontal, *wind speed* dan azimuth *wind speed* tanggal 29 April 2016.
 7. *Pigmen Concentration* tanggal 29 April 2016.
 8. *Solar zenithal angel*, *Solar azimuthal angel*, *Sensor zenithal angel*, *Sensor azimuthal angel*.
 9. Data akuisisi citra *Landsat 8* tanggal 29 April 2016.
 10. *Ground elevation* wilayah penelitian.

III.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini:

- A. Peralatan lapangan
1. Botol 1,5 liter/sampel
 2. Ember
 3. Es Batu

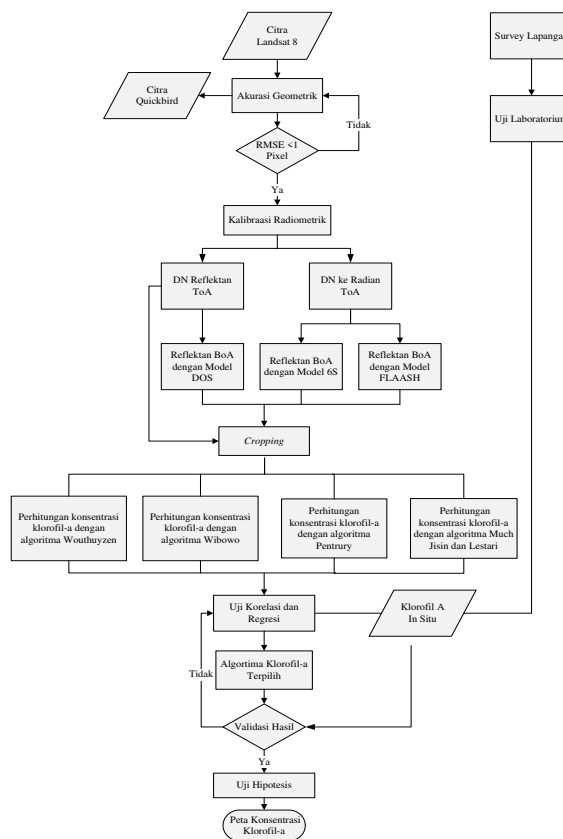
4. Corong
5. *Cooling Box*
6. Kertas Saring Halus
7. *Aluminium foil*
8. Perahu
9. *GPS Handheld*
10. Alat tulis
11. Kamera Hp

B. Peralatan laboratorium

1. Aseton p.a
 2. Tabung reaksi
 3. Gelas Ukur
 4. Erlenmeyer
 5. Pipet
 6. Kuvet
 7. Rak Tabung
 8. *Centrifuge*
 9. Spektrofotometer
- C. Peralatan pengolahan data
1. *Laptop Toshiba Satellite L645*
 2. *Software* meliputi:
 - a. *Envi 5.1*
 - b. *Beam Visat 5.0*
 - c. *6SV Web*
 - d. *ArcGIS 10*
 - e. *Microsoft Excel 2013*
 - f. *Microsoft Word 2013*

III.3. Diagram Alir

Tahap pengolahan dapat dilihat pada gambar III.1



Gambar III.1 Diagram Alir Pengolahan

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1. Koordinat Sampel dan Klorofil-a *In situ*

Titik koordinat diambil menggunakan GPS *Handheld*, semua koordinat tersebut terletak di perairan Kecamatan Wedung, dengan jumlah sampel sebanyak 17 titik. Berikut titik koordinat pengambilan klorofil-a beserta nilai konsentrasi klorofil-a pada tiap titik:

Tabel IV.1 Klorofil-*in situ*

| No titik | X | Y | Klorofil-a <i>in situ</i> (mg/m ³) |
|----------|--------|---------|--|
| 1 | 452707 | 9246940 | 1,914 |
| 2 | 451426 | 9247885 | 1,946 |
| 3 | 451493 | 9248920 | 1,037 |
| 4 | 451562 | 9249675 | 0,638 |
| 5 | 451281 | 9250449 | 0,149 |
| 6 | 452385 | 9251379 | 2,525 |
| 7 | 453065 | 9251899 | 1,979 |
| 8 | 450093 | 9250509 | 0,160 |
| 9 | 449180 | 9251621 | 0,229 |
| 10 | 448555 | 9253005 | 0,217 |
| 11 | 448936 | 9253182 | 1,592 |
| 12 | 449201 | 9253346 | 0,341 |
| 13 | 448509 | 9254075 | 0,092 |
| 14 | 448568 | 9252987 | 0,171 |
| 15 | 449267 | 9250981 | 0,115 |
| 16 | 449790 | 9249339 | 0,078 |
| 17 | 449904 | 9248616 | 0,102 |

Lokasi pengambilan sampel merupakan perairan Kecamatan Wedung yaitu kecamatan terluas di Kabupaten Demak, perairan Wedung merupakan perairan yang secara langsung berbatasan dengan perairan Kabupaten Jepara. Sepanjang pesisir Kecamatan Wedung ditumbuhi mangrove serta banyak terdapat tambak penduduk sekitar. Persebaran titik-titik sampel sebagai berikut:



Gambar IV.1 Persebaran Titik Sampel

Secara horizontal kandungan klorofil-a akan tinggi di perairan yang dekat dengan darat dikarenakan terbawanya nutrien dari darat ke perairan dan mengecil jika pengambilan sampel semakin menjauh ke arah laut. Titik 6 merupakan titik sampel dengan konsentrasi paling tinggi yaitu 2,525 mg/m³, titik tersebut merupakan titik yang bertempat di muara dari beberapa sungai sekaligus sehingga tepat jika konsentrasi klorofil-a pada titik ini paling tinggi. Titik 16 merupakan titik dengan konsentrasi klorofil-a paling kecil yaitu 0,078 mg/m³.

IV.2. Akurasi Geometrik

Tujuan dari akurasi geometrik adalah untuk mengetahui ketelitian geometrik citra *Landsat 8* akuisisi 29 April 2016. Tingkat ketelitian citra dapat dilihat dari besarnya nilai akurasi horizontal. Kesalahan geometrik yang diperbolehkan adalah kurang dari 1 piksel atau 30 m pada citra *Landsat 8*.

$$\begin{aligned} \text{RMSEr} &= 6,376 \\ \text{CE90} &= 1,5175 \times \text{RMSEr} \\ \text{Akurasi Horizontal} &= 1,5175 \times 6,376 \\ &= 9,675 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada Penelitian ini, RMSEr merupakan kuadrat selisih antara koordinat citra *Quicbird* dengan kooordinat citra *Landsat 8*. Sesuai dengan Peraturan Kepala (PerKa) BIG No. 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar maka hasil akurasi horizontal (9,675 m) termasuk dalam kategori kelas 3 Horizontal skala 1: 25.000.

IV.3. Model Hubungan Klorofil-a pada Reflektan

ToA

Tabel IV.2 Hasil Hubungan klorofil-a pada Reflektan ToA

| Algoritma | R ² | RMSE |
|-------------------|----------------|-------|
| Wouthuyzen | 0,2292 | 0,732 |
| Wibowo | 0,4562 | 0,814 |
| Pentury | 0,2292 | 0,682 |
| Jisin dan Lestari | 0,2252 | 0,732 |

Keterangan : y = klorofil-a *in situ*
x = klorofil-a citra (Reflektan ToA)

Penggunaan reflektan ToA untuk pengolahan klorofil-a secara umum menghasilkan nilai koefisien determinasi yang rendah, dengan rata-rata kurang dari 0,5 artinya model hubungan yang dihasilkan antara klorofil-a citra dengan klorofil-a *in situ* sangat lemah.

IV.4. Model Hubungan Klorofil-a pada Koreksi

Atmosfer DOS

Tabel IV.3 Hasil Hubungan Klorofil-a pada Reflektan BoA (DOS)

| Algoritma | R ² | RMSE |
|-------------------|----------------|-------|
| Wouthuyzen | 0,5251 | 1,137 |
| Wibowo | 0,5575 | 0,697 |
| Pentury | 0,5251 | 1,105 |
| Jisin dan Lestari | 0,6939 | 0,458 |

Keterangan: y = klorofil-a *in situ*
x = klorofil-a citra (DOS)

Terjadi peningkatan nilai koefisien determinasi apabila dibandingkan dengan perhitungan klorofil-a menggunakan reflektan ToA. Perhitungan klorofil-a menggunakan reflektan ToA secara rata-rata bernilai 0,2 sedangkan klorofil-a menggunakan metode koreksi atmosfer DOS rata-rata 0,5. Rata-rata nilai RMSE dengan reflektan BoA yaitu 0,8 nilai ini lebih tinggi dibandingkan pada reflektan ToA yaitu 0,74.

IV.5. Model Hubungan Klorofil-a Pada Koreksi Atmosfer FLAASH

Tabel IV.4 Hasil Hubungan Klorofil-a pada Reflektan BoA (FLAASH)

| Algoritma | R ² | RMSE |
|-------------------|----------------|-------|
| Wouthuyzen | 0,6168 | 0,513 |
| Wibowo | 0,5041 | 0,731 |
| Pentury | 0,6168 | 0,510 |
| Jisin dan Lestari | 0,614 | 0,517 |

Keterangan : y = klorofil-a *in situ*
 x = klorofil-a citra (FLAASH)

Secara Keseluruhan, diketahui bahwa algoritma Pentury merupakan algoritma yang paling sesuai pada koreksi atmosfer FLAASH dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,6168 dan RMSE sebesar 0,510.

IV.6. Model Hubungan Klorofil-a Pada Koreksi Atmosfer 6SV

Tabel IV.5 Hasil Hubungan Klorofil-a pada Reflektan BoA (6SV)

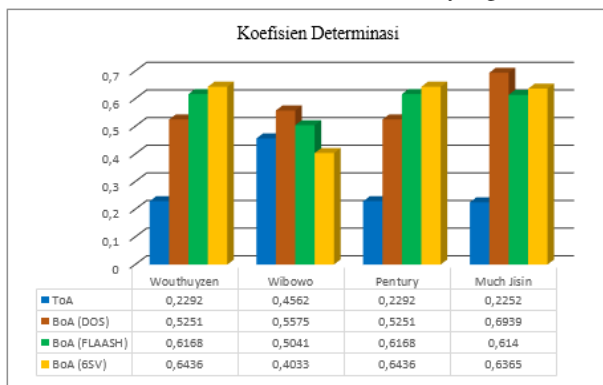
| Algoritma | R ² | RMSE |
|-------------------|----------------|-------|
| Wouthuyzen | 0,6168 | 0,513 |
| Wibowo | 0,5041 | 0,731 |
| Pentury | 0,6168 | 0,510 |
| Jisin dan Lestari | 0,614 | 0,517 |

Keterangan : y = klorofil-a *in situ*
 x = klorofil-a citra (6SV)

Pentury dengan model hubungan polinomial orde dua merupakan algoritma yang paling sesuai digunakan pada koreksi atmosfer 6SV dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,6436, koefisien korelasi sebesar 0,802 serta nilai RMSE 0,497.

IV.7. Analisis Model Hubungan Terbaik

Model terbaik dicari dengan melakukan analisis nilai koefisien determinasi pada masing-masing algoritma, nilai koefisien determinasi yang tertinggi dan RMSE terendah, diasumsikan model yang terbaik.

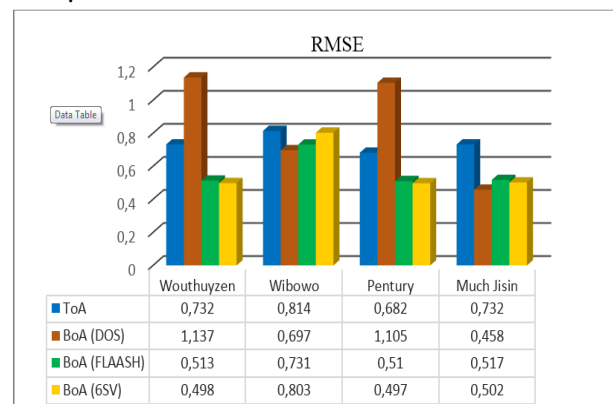


Gambar IV.2 Koefisien Determinasi Tiap Algoritma

Berdasarkan gambar IV.2, pengolahan klorofil-a menggunakan reflektan ToA dan reflektan BoA memberikan hasil yang berbeda. Diagram batang

menunjukkan pada algoritma klorofil-a dengan reflektan ToA memiliki nilai koefisien determinasi lebih rendah dibandingkan dengan algoritma klorofil-a menggunakan reflektan BoA.

Model koreksi atmosfer yang paling sesuai untuk perairan Kecamatan Wedung yaitu algoritma Much Jisin dan Lestari menggunakan metode koreksi atmosfer DOS dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,6939 serta model koreksi atmosfer yang paling sesuai adalah FLAASH kemudian 6SV. Algoritma Wouthuyzen dan Pentury pada reflektan ToA dan BoA memiliki nilai koefisien determinasi yang sama besar, oleh karena itu nilai RMSE perlu ditampilkan untuk mengetahui yang terbaik di antara kedua algoritma tersebut. Nilai RMSE pada masing-masing algoritma klorofil-a ditampilkan dalam diagram batang pada gambar IV.3 berikut:



Gambar IV.3 RMSE Tiap Algoritma

Nilai RMSE antara klorofil-a menggunakan reflektan ToA dan BoA tidak menunjukkan adanya perbedaan yang dapat dilihat secara jelas. Algoritma Much jisin merupakan algoritma dengan simpangan RMSE paling bagus, hal itu terlihat pada diagram batang. Nilai RMSE dan koefisien determinasi menunjukkan hasil yang sebanding, kedua parameter tersebut sama-sama menunjukkan bahwa algoritma Much Jisin merupakan algoritma yang memiliki kesesuaian paling besar untuk wilayah studi di perairan Kecamatan Wedung.

Model koreksi atmosfer yang terbaik untuk wilayah studi perairan Kecamatan Wedung adalah FLAASH dengan rata-rata koefisien determinasi sebesar 0,588 dan RMSE sebesar 0,568. Model koreksi atmosfer FLAASH dan 6SV memiliki selisih koefisien determinasi dan RMSE yang sangat kecil. Ditinjau dari masing-masing algoritma klorofil-a maka koreksi atmosfer 6SV lebih unggul dibandingkan metode koreksi atmosfer FLAASH.

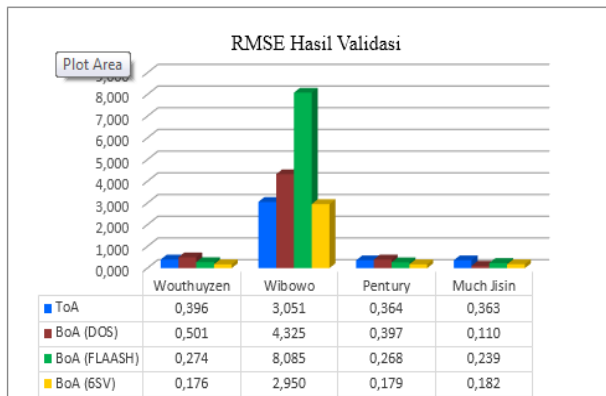
IV.8. Hasil Uji Validasi

Uji validasi diperlukan untuk mengetahui tingkat kebenaran hasil pengolahan klorofil-a, nilai klorofil-a citra hasil regresi dibandingkan dengan nilai klorofil-a lapangan. Titik sampel yang digunakan untuk validasi merupakan 5 titik berikut:

Tabel III-6 Titik Validasi

| No | X | Y | Klorofil-a <i>in situ</i> (mg/m ³) |
|----|--------|---------|--|
| 1 | 452928 | 9251400 | 0,581 |
| 2 | 453350 | 9251478 | 0,626 |
| 3 | 454097 | 9251344 | 0,684 |
| 4 | 449378 | 9253746 | 0,265 |
| 5 | 449977 | 9252960 | 0,070 |

Nilai klorofil-a lapangan diselisihkan dengan nilai klorofil-a citra sehingga diperoleh akar kuadrat dari selisih keduanya yang disebut dengan RMSE. Nilai RMSE semakin besar menunjukkan bahwa ketelitian semakin rendah.



Gambar IV.4 RMSE Hasil Uji Validasi

Algoritma Much Jisin dan Lestari Laksmi secara keseluruhan memiliki kesesuaian paling besar untuk perairan Kecamatan Wedung. RMSE paling bagus berturut-turut dimiliki oleh algoritma Much Jisin, Pentury, Wouthuyzen dan Wibowo. Hasil validasi pada algoritma Wibowo menunjukkan tingkat ketelitian yang paling rendah diantara algoritma lainnya.

IV.9. Analisis Pengaruh Koreksi Atmosfer

Pengaruh koreksi atmosfer pada perhitungan klorofil-a diketahui dengan uji hipotesis dua arah sampel. X_1 adalah selisih nilai klorofil-a pada reflektan ToA (reflektan yang belum terkoreksi atmosfer), sedangkan X_2 adalah selisih nilai klorofil-a pada reflektan BoA (reflektan yang telah terkoreksi atmosfer), kedua variabel diselisihkan dengan nilai klorofil-a lapangan. Pengujian ini dilakukan pada tingkat signifikansi (α) sebesar 0,05. Jika $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak, artinya tidak terdapat perbedaan antara sebelum dan sesudah dilakukan koreksi atmosfer.

1. Algoritma Much Jisin dan Lestari pada koreksi atmosfer DOS

a. H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Much Jisin sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer DOS.

b. H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Much Jisin sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer DOS.

c. $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$ ($2,484 > 2,037$) maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

d. Terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Much Jisin sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer DOS.

2. Algoritma Pentury pada koreksi atmosfer 6SV

a. H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Pentury sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer 6SV.

b. H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Pentury sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer 6SV.

c. $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$ ($2,266 > 2,037$) maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

d. Terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Pentury sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer 6SV.

3. Algoritma Wibowo pada koreksi atmosfer DOS

a. H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Wibowo sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer DOS.

b. H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Wibowo sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer DOS.

c. $-t \text{ tabel} < t \text{ hitung} < + t \text{ tabel}$ ($-2,037 < -0,248 < 2,037$) maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

d. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Wibowo sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer DOS.

4. Algoritma Wouthuyzen pada koreksi atmosfer 6SV

a. H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Wouthuyzen sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer 6SV.

b. H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Wouthuyzen sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer 6SV.

c. $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$ ($2,357 > 2,037$) maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

d. Terdapat perbedaan yang signifikan antara delta klorofil-a pada algoritma Wouthuyzen sebelum dan setelah dilakukan koreksi atmosfer 6SV.

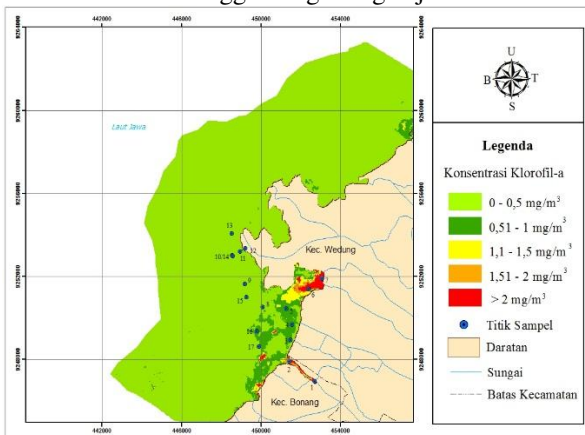
Hasil uji hipotesis pada delta klorofil-a sebelum dan sesudah dilakukan koreksi atmosfer memberikan pengaruh yang signifikan pada tiga algoritma yang diuji yaitu pada algoritma Much Jisin, algoritma Pentury dan Algoritma Wouthuyzen.

Hasil ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Sari dkk (2015) yang mengatakan bahwa koreksi atmosfer memberikan pengaruh yang

cukup besar terhadap sensitifitas indeks vegetasi, dimana citra BoA yang telah mengalami proses koreksi pengaruh atmosfer memiliki hasil yang lebih baik daripada citra ToA.

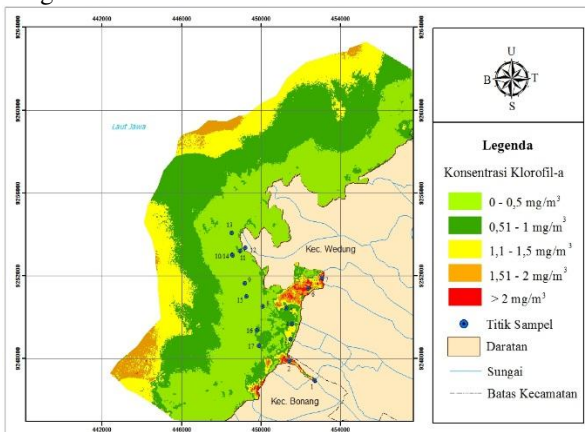
IV.10. Distribusi Konsentrasi Klorofil-a

Pemetaan terbatas pada algoritma yang terbaik yaitu algoritma Much Jisin dan Wibowo (metode koreksi atmosfer DOS), algoritma Pentury dan Wouthuyzen (metode koreksi atmosfer 6SV. Pemetaan dilakukan pada lima kelas yaitu, 0-0,5; 0,51-1; 1,1-1,5; 1,51-2; >2 mg/m³. Nilai klorofil-a untuk setiap wilayah bervariasi, sehingga untuk perhitungan interval kelas konsentrasi klorofil-a didasarkan pada nilai klorofil-a tertinggi dibagi dengan jumlah kelas.



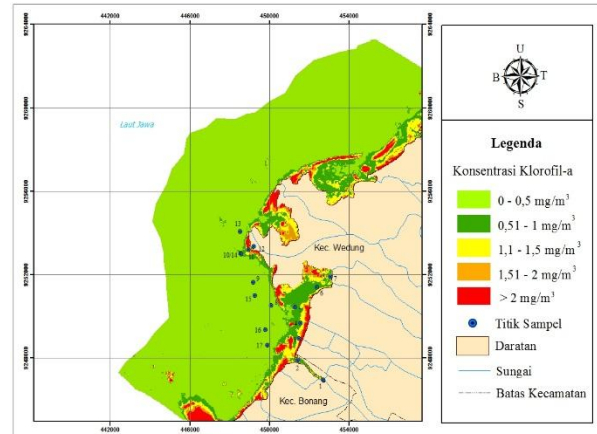
Gambar IV.5 Peta Konsentrasi Klorofil-a Algoritma Much Jisin

Klorofil-a pada algoritma Much Jisin dan Lestari pada koreksi atmosfer metode DOS didominasi oleh konsentrasi 0-0,5 mg/m³ konsentrasi klorofil-a tinggi berada didekat daratan dan semakin mengecil ke arah laut. Seperti pada titik nomer 6 dan 7, kedua titik tersebut berada pada peta dengan kelas konsentrasi klorofil-a lebih dari 2 mg/m³, keadaan ini sebanding dengan nilai klorofil-a *in situ*.



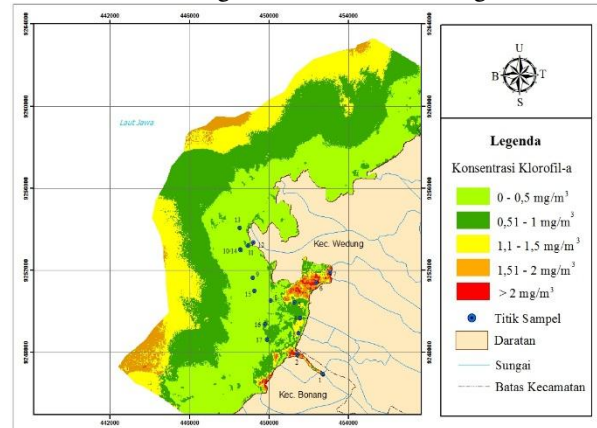
Gambar IV.6 Peta Konsentrasi Klorofil-a Algoritma Pentury

Perhitungan klorofil-a dengan algoritma Pentury pada metode koreksi atmosfer 6SV, didominasi oleh kelas klorofil-a dengan konsentrasi 0,51-1 mg/m³.



Gambar IV.7 Peta Konsentrasi Klorofil-a Algoritma Wibowo

Perhitungan klorofil-a dengan algoritma Wibowo pada metode koreksi atmosfer DOS, didominasi oleh kelas klorofil-a dengan konsentrasi 0-0,5 mg/m³.



Gambar IV.8 Peta Konsentrasi Klorofil-a Algoritma Wouthuyzen

Semua algoritma klorofil-a menunjukkan adanya pola yang seragam yaitu konsentrasi tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah dengan konsentrasi klorofil-a lebih dari 2 mg/m³ terdistribusi di perairan pesisir dan muara, hal ini disebabkan karena terbawanya nutrien dari darat menuju ke perairan yang dibawa melalui sungai-sungai yang terdapat pada wilayah penelitian.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa koreksi atmosfer berpengaruh terhadap perhitungan klorofil-a di perairan Kecamatan Wedung. Penggunaan reflektan BoA (telah terkoreksi atmosfer) memiliki hasil model yang lebih baik daripada reflektan ToA (tanpa koreksi atmosfer). Uji hipotesis yang dilakukan pada algoritma terbaik menunjukkan bahwa koreksi atmosfer berpengaruh signifikan terhadap perhitungan klorofil-a di perairan Kecamatan Wedung kecuali pada algoritma Wibowo. Pengaruh koreksi atmosfer pada perhitungan

klorofil-a dapat dilihat dari kenaikan nilai koefisien determinasi masing-masing algoritma kecuali pada Wibowo, berturut-turut nilai koefisien determinasi pada algoritma Wouthuyzen, Wibowo, Pentury serta Much Jisin dan Lestari untuk reflektan ToA yaitu 0,229; 0,4562; 0, 2292 dan 0,2252; reflektan BoA dengan metode koreksi atmosfer DOS berturut-turut yaitu 0,5251; 0,5575; 0,5251 dan 0,6939; reflektan BoA dengan metode koreksi atmosfer FLAASH berturut-turut yaitu 0,6168; 0,5041; 0,6168 dan 0,614 serta reflektan BoA dengan metode koreksi atmosfer 6SV berturut-turut yaitu 0,6436; 0,4033; 0,6436 dan 0,6365.

2. Berdasarkan uji regresi, uji hipotesis, dan uji validasi diperoleh hasil bahwa algoritma yang paling sesuai untuk perhitungan klorofil-a di perairan Kecamatan Wedung adalah algoritma Much Jisin dan Lestari Laksmi, dengan kesesuaian paling tinggi terdapat pada algoritma klorofil-a Much Jisin dan Lestari Laksmi pada koreksi atmosfer DOS dengan nilai koefisien determinasi, koefisien korelasi dan RMSE berturut-turut yaitu 0,6939, 0,833, 0,458. Koreksi atmosfer FLAASH merupakan model koreksi atmosfer yang terbaik untuk perairan Kecamatan Wedung.

V.2. Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan berikut saran-saran yang dapat dikemukakan untuk penelitian selanjutnya:

1. Mencari literatur sebanyak-banyaknya sebelum melakukan penelitian..
2. Memilih citra dan lokasi yang sesuai dengan kajian penelitian.
3. Pengambilan titik sampel dilakukan pada perairan yang tidak terlalu berdekatan dengan daratan
4. Waktu pengambilan sampel sangat mempengaruhi ketelitian dari nilai klorofil-a hasil pengolahan citra oleh karena itu pengambilan sampel sebaiknya tidak terpaut jauh dari waktu akuisisi citra, hal ini untuk meminimalkan kesalahan yang terjadi akibat dinamika air laut dan perubahan cuaca antara proses perekaman citra dengan waktu akuisisi.
5. Jika hendak melakukan penelitian koreksi atmosfer 6SV menggunakan model maritim alangkah lebih baik jika penelitian dilakukan di wilayah yang memiliki stasiun meteorologi, dikarenakan terdapat beberapa yang diambil dari stasiun meteorologi tersebut.
6. Sebaiknya dilakukan validasi model untuk wilayah lain sehingga model yang diperoleh konsisten, karena setiap wilayah memiliki kondisi atmosfer yang berbeda.
7. Sebaiknya data yang digunakan adalah data yang *update*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah. 2015. *Pengolahan Citra Penginderaan Jauh Menggunakan ENVI 5.1 dan ENVI LiDAR*. Jakarta Selatan : Lasbig Inderaja Islam.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Gaol, J. L. 1997. *Pengkajian Perairan Pantai Utara Jawa dengan Menggunakan Citra Satelit Landsat-TM (Hubungan Radiansi Spektral dengan Konsentrasi Klorofil-a dan Muatan Padatan Terlarut)*. Tesis. Bogor : Program Pasca Sarjana IPB.
- Nuriya, H., dkk. 2010. *Pengukuran Konsentrasi Klorofil-a dengan Pengolahan Citra Landsat ETM-7 dan Uji Laboratorium di Perairan Selat Madura Bagian Barat*. Jurnal Kelautan. Vol. 3, No. 1. ISSN : 1907-9931.
- Pemerintah Kabupaten Demak. *Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kabupaten Demak, 2006-2015*.
- Prianto, dkk. 2013. *Pola Sebaran Konsentrasi Klorofil-a di Selat Bangka dengan Menggunakan Citra Aqua-Modis*. Maspari Journal. Vol. 5 (1), hal : 22-23.
- Sari, V. D., dkk. 2015. *Analisis Sensitifitas Indeks Vegetasi terhadap Pengaruh Atmosfer dengan Indikator Fase Tumbuh Tanaman Padi pada Citra Satelit Landsat 8 (Wilayah Studi : Kabupaten Bojonegoro)*. Tesis. Surabaya : Program Magister Teknik Geomatika FTSP ITS.
- Sihombing, R. F., dkk. 2012. *Kandungan Klorofil-a Fitoplankton di Sekitar Perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuwangi Provinsi Sumatera Selatan*. Maspari Journal. Vol. 5 (1), hal : 34-39.

Pustaka dari situs internet:

- Fuazi, R. 2015. *Koreksi Atmosfer Citra penginderaan Jauh (Citra Satelit)*. <http://rifki-fauzi.blog.ugm.ac.id/2015/11/07/koreksi-atmosfer-citra-penginderaan-jauh-citrasatelit/>. Diakses pada 26 Mei 2016.
- Noor, W. 2013. *Materi tentang Klorofil-a*. http://wanenoor.blogspot.co.id/2013/01/materi-tentang-klorofil.html#.V8ah2_lyfIU. Diakses pada 31 Agustus 2016.
- Jaelani, L. M. 2016. *Teori Dasar Koreksi Atmosfer*. <http://lmjaelani.com/2016/04/slide-teori-dasar-koreksi-atmosfer/>. Diakses pada 20 Juli 2016.