

PEMETAAN VEGETASI HUTAN MANGROVE MENGGUNAKAN METODE *NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)* DI DESA ARAKAN, MINAHASA SELATAN, SULAWESI UTARA

Intan Philiani¹, Livinia Saputra¹, Loecky Harvianto¹, Anggi Afif Muzaki²

Department of Environmental Engineering, Surya University

*iphiliani@gmail.com, livinia_saputra@yahoo.com, harveyloecky@gmail.com,
anggiatif.muzaki@surya.ac.id*

Abstrak

Kecamatan Tatapaan di Minahasa Utara memiliki hutan mangrove seluas 8.736.000 m². Salah satu desa di Kecamatan Tatapaan adalah Arakan. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kerapatan mangrove di Desa Arakan dan menentukan hasil *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* terbaik dari band-band yang digunakan. Metode (NDVI) memperhitungkan besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan beberapa kanal data sensor satelit dari citra satelit. NDVI mengukur *slope* antara nilai asli band merah dan band infra merah di angkasa dengan nilai yang ada dalam tiap piksel citra. Citra yang digunakan adalah citra satelit WorldView2 perekaman tanggal 19 Juni 2014. Berdasarkan kombinasi band-band yang digunakan, hasil NDVI terbaik adalah kombinasi band *Red* dan *NIR 2* dengan nilai tingkat penyimpangan kesalahan terkecil, yaitu 0,3. Tingkat kerapatan dari yang terluas adalah kelas rapat (824.566,01m²), kelas sedang (133.622,41m²), kelas jarang (12.004,92m²), kelas sangat jarang (10.494,23m²), dan yang terkecil pada kelas sangat rapat (24,45m²).

Kata kunci: citra satelit, kombinasi band, NDVI, tingkat kerapatan

Abstract

Tatapaan District in North Minahasa has mangrove forest covering an area of 8.736.00 m². One of the village in Tatapaan District is Arakan. This study aim for mapping mangrove density in Arakan village and determine the best result of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from band combination used. NDVI method calculate the amount of vegetation greeness value derived from digital signal processing of brightness value data of multiple channels satellite sensor data from satellite images. NDVI measures the slope between the original value of the red band and infrared band in the sky with the value of each pixel in the image. Imagery used is Worldview2 satellite image recording on June 19th 2014. Based on the combination of bands used, the best result of band combination is the combination of Red and NIR 2 band with the value of the smallest error rate of deviation, ie 0.3. The density of the widest is "Rapat" class (824,566.01 m²), "Sedang" class (133,622.41 m²), "Jarang" class (12,004.92 m²), "Sangat jarang" class (10,494.23 m²), and the smallest is "Sangat rapat" class (24.45 m²).

Keywords: Satellite imagery, NDVI, Band combination, Density

Pendahuluan

Hutan mangrove adalah tipe hutan yang tersusun dari berbagai jenis mangrove yang hidup di daerah pertemuan antara sungai dan laut. Mangrove tersebar di sepanjang pantai di daerah tropik dan subtropik yang terlindung dari gerakan gelombang dan angin atau daerah belakang terumbu karang.

Sebuah kesalahan apabila masyarakat menyamakan hutan bakau dengan hutan mangrove karena bakau merupakan salah satu jenis pohon dari marga *Rhizophora* sedangkan hutan mangrove terdiri dari berbagai jenis pohon dari marga lainnya (Irwanto, 2008). Hutan mangrove di Indonesia telah mengalami penurunan luas 30% hingga 50% dari luas keseluruhannya dalam 50 tahun terakhir (Donato, Kauffman, Murdiyarso, Kurnianto, Stidham, & Kanninen, 2012). Ada beberapa hal yang menyebabkan luasan mangrove berkurang, seperti ketidakvalidan perhitungan data di masa lalu dan penggunaan software dengan tingkat kepercayaan hasil rendah.

Minahasa Selatan dengan luas 1.429,7 km² memiliki potensi sumberdaya hutan mangrove yang cukup potensial, luasnya mencapai 1.472 ha, dimana seluas 8.736.000 m² terdapat di Kecamatan Tatapaan. Keberadaan hutan mangrove memberikan andil besar bagi produktivitas perairan sekitarnya seperti sehingga mampu menunjang keberlangsungan sektor pesisir dan kelautan di Minahasa Selatan dan sekitarnya. Penelitian terdahulu terkait pemetaan hutan mangrove telah dilakukan oleh Faizal Ahmad (2005) yang memetakan hutan mangrove di Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan dengan menggunakan metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan GI (*Green Index*) dan WI (*Wetness Index*). Berdasarkan penelitian tersebut, metode NDVI memberikan transformasi paling efektif yang digunakan untuk monitoring kerapatan hutan mangrove dibandingkan kedua metode lainnya.

Penelitian ini penting untuk dilakukan karena hasil penelitian ini akan memberikan informasi dan gambaran kondisi hutan mangrove di Indonesia, khususnya desa Arakan. Serta, sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan kebijakan dalam pengelolaan lahan pesisir di wilayah desa Arakan. Saat ini, belum ada informasi dan data yang jelas mengenai luasan hutan mangrove di Indonesia sehingga rawan diklaim oleh negara lain kekayaan sumber daya alam hutan mangrove tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kerapatan mangrove di Desa Arakan Kecamatan Tatapaan Minahasa Utara Sulawesi Utara dan menentukan hasil NDVI terbaik dari band-band yang di gunakan.

Kerangka Teori

Hutan Mangrove

Hutan mangrove tersusun dari berbagai jenis mangrove yang hidup di daerah pertemuan antara sungai dan laut. Mangrove tersebar di sepanjang pantai di daerah tropik dan subtropik yang terlindung dari gerakan gelombang dan angin atau daerah belakang terumbu karang. Sebuah kesalahan apabila masyarakat menyamakan hutan bakau dengan hutan mangrove karena bakau merupakan salah satu jenis pohon dari marga *Rhizophora* sedangkan hutan mangrove terdiri dari berbagai jenis pohon dari margalainnya (Irwanto, 2008). Minahasa Selatan dengan luas 1.429,7 km² memiliki potensi sumberdaya hutan mangrove yang cukup potensial, luasnya mencapai 1.472 ha, dimana seluas 8.736.000 m² terdapat di Desa Arakan, Kecamatan Tatapaan (Citra Lansat, 2012).

Penelitian sebelumnya terkait pemetaan hutan mangrove telah dilakukan oleh Ahmad Faizal pada tahun 2005 di Kabupaten Sinjai. Penelitian tersebut menggunakan metode NDVI dengan *band* yang digunakan adalah kombinasi band merah dan inframerah dekat, serta citra hutan mangrove yang digunakan adalah citra Landsat ETM. Hasil yang didapatkan adalah transformasi NDVI merupakan transformasi yang paling efektif digunakan untuk monitoring kondisi dan kerapatan mangrove dengan nilai $R= 0,943$ (Faizal, 2005).

Indeks Vegetasi

Pemanfaatan data satelit penginderaan jauh untuk memetakan sumberdaya saat ini telah banyak digunakan. Pemantauan nilai indeks vegetasi menggunakan resolusi spasial yang tinggi dapat digunakan asalkan citra tersebut memiliki kanal-kanal yang dibutuhkan dalam algoritma perhitungan indeks vegetasi. Pemanfaatan citra satelit dengan resolusi spasial yang tinggi sangat diperlukan di daerah perkotaan yang mempunyai tingkat keragaman tutupan lahan yang heterogen dan daerah yang memiliki potensi sumberdaya tinggi (Liang S *et al*, 2007).

Indeks vegetasi merupakan suatu algoritma yang diterapkan terhadap citra satelit, untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, *Leaf Area Index* (LAI), konsentrasi klorofil. Atau lebih praktis, indeks vegetasi adalah merupakan suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus untuk menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan aspek-aspek yang berkaitan dengan vegetasi (Danoedoro, 1996). Selanjutnya dikatakan Jensen (1998) bahwa metode analisa indeks vegetasi ada beberapa macam antara lain; NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), GI (*Green Indeks*) dan WI (*Wetness Index*). Pengertian lainnya adalah Indeks vegetasi adalah suatu formulasi pengolahan data inderaja secara digital yang dapat diarahkan secara khusus untuk mengkaji informasi tematik dari lahan bervegetasi.

1. Metode NDVI

Pada umumnya, respon spektral citra satelit memiliki sensitivitas terhadap kerapatan vegetasi (indeks luas dan daun), tajuk pohon dan kandungan air di daun tumbuhan. Pertambahan kerapatan vegetasi akan terjadi dari lahan terbuka menjadi tahap suksesi, akan tetapi pantulan dalam spektrum sinar tampak berkurang karena adanya penambahan luasan daun dan penyerapan. Hubungan antara respon spektral pada spektrum sinar tampak dan inframerah dengan kerapatan vegetasi dapat dijelaskan dengan suatu indeks yang disebut indeks vegetasi (Huete, 1998). Indeks vegetasi adalah kombinasi matematis antara band merah dengan band *Near Infra-Red* (NIR) yang telah lama digunakan sebagai indikator kondisi vegetasi dan keberadaan yang sering dikenal dengan sebutan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Metode skala lanskap (NDVI) adalah metode yang memperhitungkan besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan (*brightness*) beberapa kanal data sensor satelit dari citra satelit.

Pada dasarnya, NDVI mengukur kemiringan (slope) antara nilai asli band merah dan band infra merah di angkasa dengan nilai band merah dan infra merah yang ada dalam tiap piksel citra. Berikut adalah algoritma perhitungan NDVI:

$$NDVI = \frac{Band\ B - Band\ A}{Band\ B + Band\ A} \quad (1)$$

Keterangan :

Band A : Band Red

Band B : Band Near Infra-Red (NIR)

Nilai NDVI berkisar dari -1 sampai dengan 1 dengan klasifikasi -1 sampai 0 termasuk ke dalam kelompok bukan vegetasi dan 0 sampai dengan 1 termasuk kelompok vegetasi.

2. Citra WorldView-2

Citra Worldview-2 merupakan salah satu golongan citra *high spatial resolution*. *High spatial resolution* yaitu resolusi tinggi pada resolusi spasial. Dapat dilihat dari spesifikasi citra ini yang memiliki resolusi multi sekitar 1,86 meter dan resolusi pankromatik sekitar 0,67 meter. Selain merupakan citra *high spatial resolution*, citra Worldview-2 memiliki resolusi spektral yang cukup tinggi karena memiliki 8 band spektral, Hal ini yang membuat citra worldview-2 memiliki kelebihan terhadap citra *high spatial resolution* yang lain seperti Geo eye, Quickbird, IKONOS. Tabel panjang gelombang yang dimiliki oleh citra Worldview-2 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik sensor citra Worldview-2

Band	Band No	Resolusi Spektral (mm)
Coastal Blue	1	400-450
Blue	2	450-510
Green	3	510-580
Yellow	4	585-625
Red	5	630-690
Red-edge	6	705-745
Near Infra Red 1 (NIR 1)	7	770-895
Near Infra Red 2 (NIR 2)	8	860-1040

Citra worldview-2 memiliki cakupan perekaman sebesar 25 km x 25 km dan luas area citra lebih kecil dari cakupan perekaman, sehingga tidak perlu adanya pemozaikan data. Kekurangan dari data Worldview-2 yaitu data citra yang dihasilkan masih termasuk data komersil sehingga untuk mendapatkan data ini adalah dengan membeli diprovidernya. Beberapa permasalahan terjadi ketika terjadi perubahan kebijakan yaitu tidak mengizinkan pengiriman data ke Indonesia sehingga perlu orang ketiga, atau perantara untuk mengadakan transaksi data (Tarantino *et al*, 2012).

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga bulan Maret 2015. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Teknik Lingkungan Surya University. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebuah laptop dan Software ArcGIS. Sedangkan, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data lapangan Desa Arakan , Minahasa Utara, Sulawesi Utara
- Peta daerah pesisir Desa Arakan
- Citra Satelit Worldview-2 Tanggal 19 Juni 2014

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode NDVI (*Normalized Difference Index Vegetation*). Metode skala lanskap (NDVI) adalah metode yang memperhitungkan besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan (*brightness*) beberapa kanal data sensor satelit dari citra satelit. Citra yang digunakan adalah citra satelit WorldView 2 perekaman tanggal 19 Juni 2014. Metode pengolahan citra yang digunakan adalah membandingkan hasil nilai indeks vegetasi citra worldview 2 dengan berbagai kombinasi band yang telah ditentukan. Kombinasi band dapat dilihat pada Tabel 2 berikut;

Tabel 2. Kombinasi band NDVI

Band Combination	Bands	Band No.	Resolusi Spasial (mm)
BC 1	<i>Red</i>	5	630-690
	<i>IR 1</i>	7	770-895
BC 2	<i>Red</i>	5	630-690
	<i>IR 2</i>	8	860-1040
BC 3	<i>Red-edge</i>	6	705-745
	<i>IR1</i>	7	770-895
BC 4	<i>Red-edge</i>	6	705-745
	<i>IR 2</i>	8	860-1040

Metode penelitian adalah *supervised* atau terbimbing dimana klasifikasi daerah penelitian ditentukan oleh peneliti. Kemudian, prosedur penelitian ini meliputi kegiatan pengumpulan data dan analisis data, sebagai berikut:

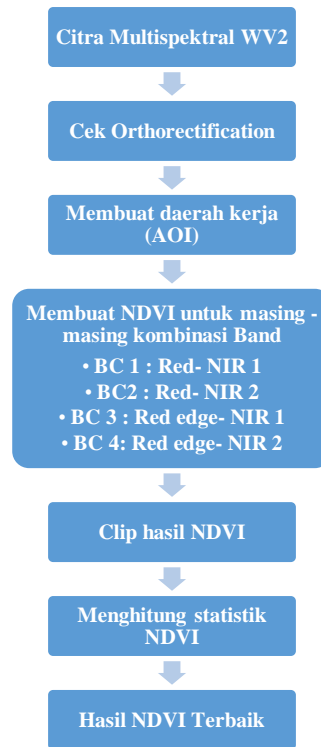
1. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder dikumpulkan dari data yang telah ada sebelumnya baik data yang dikeluarkan oleh instansi terkait maupun literatur pendukung lainnya

2. Analisis Data

Analisis data dilakukan agar diperoleh hasil nilai kombinasi band yang paling efektif dan sesuai untuk memetakan vegetasi hutan magrove di desa Arakan. Analisis data dilakukan dengan menghitung nilai minimum, maksimum, dan standard deviasi. Setelah diketahui nilai-nilai tersebut,

maka akan dapat diketahui kombinasi yang paling efektif dan sesuai untuk memetakan vegetasi hutan mangrove di desa Arakan. Prosedur analisis data dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Analisis yang pertama ialah Citra multispektral dari WorldView-2 Desa Arakan, Minahasa Utara, Sulawesi Utara diolah dengan menggunakan software ArcGis. Pertama kali dilakukan pengecekan orthorectification untuk memastikan peta pesisir Desa Arakan sesuai garis bujur dan lintangnya. Lalu, dibuat daerah kerja (AOI). AOI yang digunakan adalah daerah daratan dari pesisir desa arakan. Setelah AOI dibuat, dilakukan pemotongan area AOI untuk memudahkan pengolahan menggunakan tool *clip* di ArcGis. Setelah mendapatkan daerah kerja daratan pesisir desa arakan, dilakukan pembuatan batas untuk menentukan AOI selanjutnya, yaitu AOI hutan mangrove di desa arakan yang terletak disekitar pesisir Desa Arakan. Kemudian didapatkan AOI hutan mangrove Desa Arakan, langkah berikutnya adalah konversi AOI ke dalam bentuk grafik agar dapat dilakukan pemotongan menggunakan tool *clip* di toolbar *Image Analysis*. AOI hutan mangrove yang telah di clip siap dilakukan NDVI. Berikutnya, menentukan kombinasi NDVI sesuai yang telah ditentukan, yaitu kombinasi BC 1 (*Red-NIR 1*), BC 2 (*Red-NIR 2*), BC 3 (*Red edge-NIR 1*) dan BC 4 (*Red edge-NIR 2*). Lalu, dilakukan NDVI menggunakan tool *NDVI* pada toolbar *Image analysis*.

AOI hutan mangrove yang telah dilakukan NDVI kemudian diklasifikasikan menjadi 5 kelas, yaitu sangat jarang, jarang, sedang, rapat dan sangat rapat. Penentuan rentang 5 kelas tersebut dilakukan sebagai berikut ;

$$Interval = \frac{Nilai\ maksimum\ NDVI - Nilai\ minimum\ NDVI}{4} \quad (2)$$

Keterangan:

Interval = Rentang angka kelas

Nilai maksimum NDVI = Angka maksimum pertama kali yang diperoleh dari hasil NDVI

Nilai minimum NDVI = Angka minimum pertama kali yang diperoleh dari hasil NDVI

Setelah diklasifikasikan, dilakukan konversi AOI hutan mangrove menjadi AOI yang dapat diolah karena AOI yang telah diklasifikasikan belum memiliki nilai dari masing-masing kelasnya secara spasial sehingga perlu dilakukan kalsifikasi lanjutan menggunakan tool *Reclassifying Spatial*. Kemudian, dilakukan perhitungan luasan area mangrove dan perhitungan statistik NDVI, yaitu nilai minimum, maksimum, mean, standard deviasi, dan covariance dari masing-masing kombinasi band menggunakan toolbar *Image Classification*. Berikutnya, dilakukan analisis statistik NDVI yang didapatkan untuk menentukan hasil NDVI terbaik.

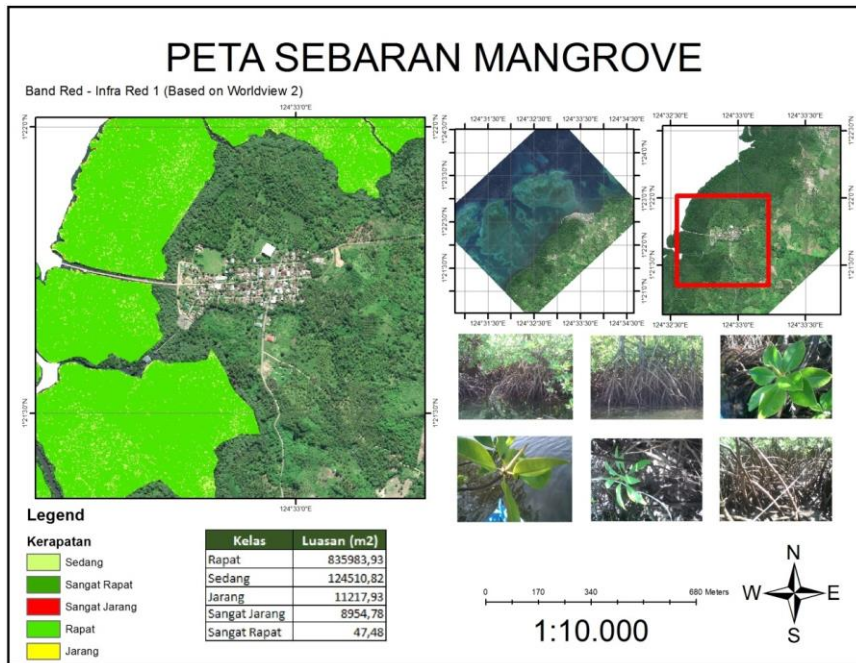
Hasil Penelitian dan Pembahasan

Luas hutan mangrove di pesisir Desa Arakan sebesar 980.714,93 m² yang merepresentasikan 26,33% atau seperempat bagian dari total luas daratan. Hal ini dapat terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis tutupan lahan dan representasi luas area di Desa Arakan

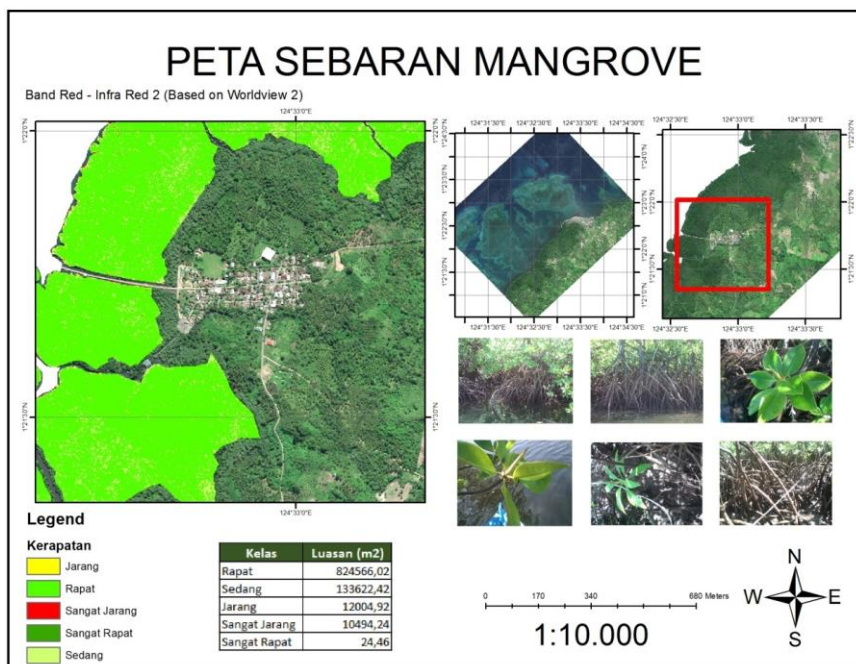
No.	Jenis Tutupan Lahan	Luas Area (m ²)	Representasi Luas area (%)
1	Permukiman	253422,77	6,80
2	Perkebunan	1975848,43	52,96
3	Hutan	260773,34	7,00
4	Sawah	257295,88	6,91
5	Hutan Mangrove	980714,93	26,33

Berdasarkan hasil kombinasi band NDVI yang telah dilakukan, Band Combination 1 (BC 1) yang terdiri dari kombinasi band 5 (Red) dan band 7 (NIR1) menunjukkan tingkat kerapatan terluas terdapat pada kelas Rapat sebesar 835.963,93 m², kelas Sedang sebesar 124.510,82 m², kelas Jarang sebesar 11.217,93 m², kelas Sangat Jarang sebesar 8954,78 m², dan yang terkecil adalah kelas Sangat Rapat sebesar 47,48 m². Peta hutan mangrove hasil NDVI BC 1 dapat dilihat pada Gambar 2.



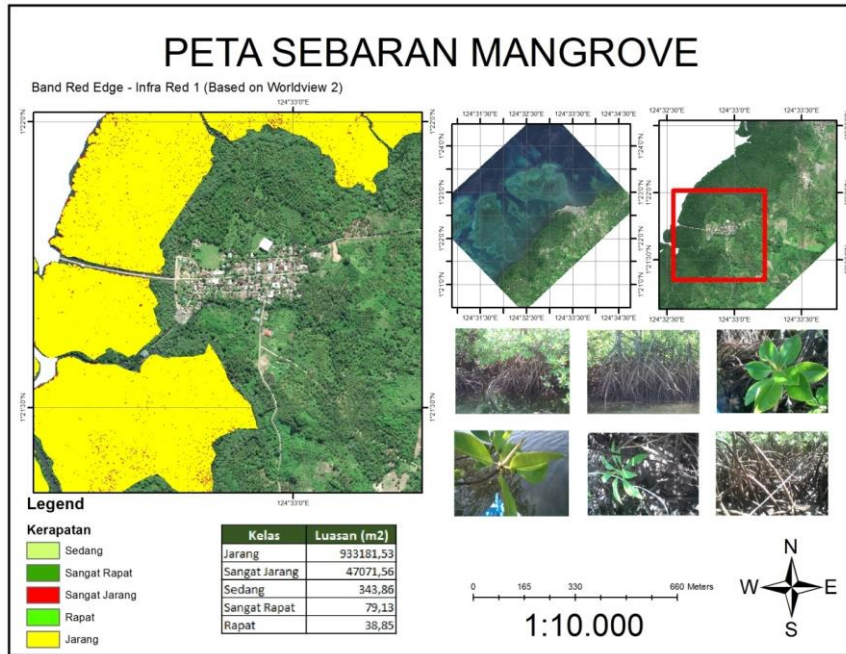
Gambar 2. Hasil NDVI kombinasi band BC 1

Hasil NDVI BC 2 (kombinasi band *Red* dan band *NIR 2*) menunjukkan tingkat kerapatan terluas terdapat pada kelas Rapat sebesar 824.566,01 m², kelas Sedang 133.622,41 m², kelas Jarang 12.004,92 m², kelas Sangat Jarang 10.494,23 m², dan yang terkecil pada kelas Sangat Rapat sebesar 24,45 m². Peta hutan mangrove hasil NDVI BC 2 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil NDVI kombinasi band BC 2

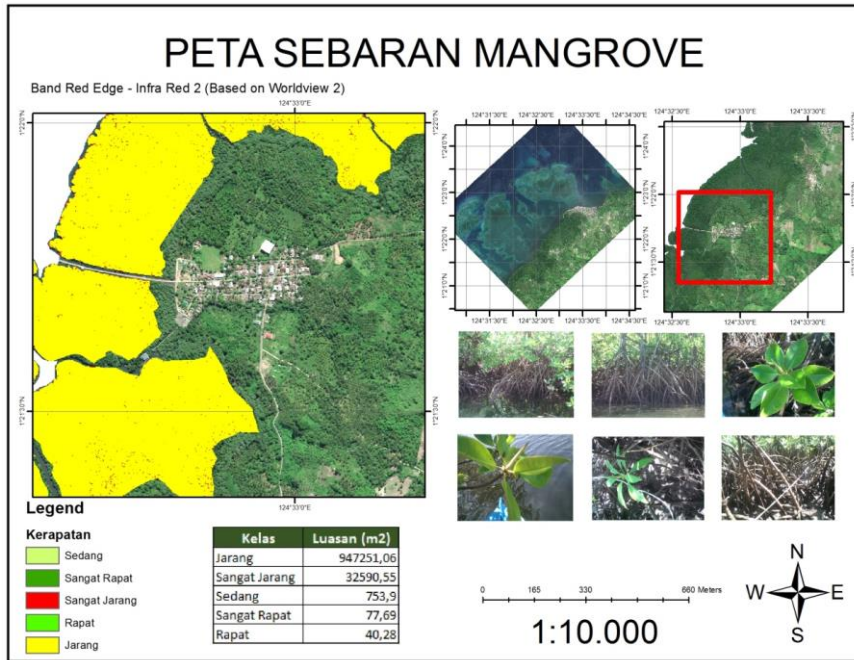
Namun, hasil berbeda terdapat pada kombinasi band BC 3 dan BC 4. Pada hasil BC 3 (kombinasi band *Red Edge* dan *NIR 1*) tingkat kerapatan terluas adalah kelas Jarang sebesar 933.181,53 m², kelas Sangat Jarang 47.071,56 m², kelas Sedang sebesar 343,86 m², kelas Sangat Rapat sebesar 79,13 m², dan yang terkecil adalah kelas Rapat 38,85 m². Peta hutan mangrove hasil NDVI BC 3 dapat dilihat pada Gambar 4.



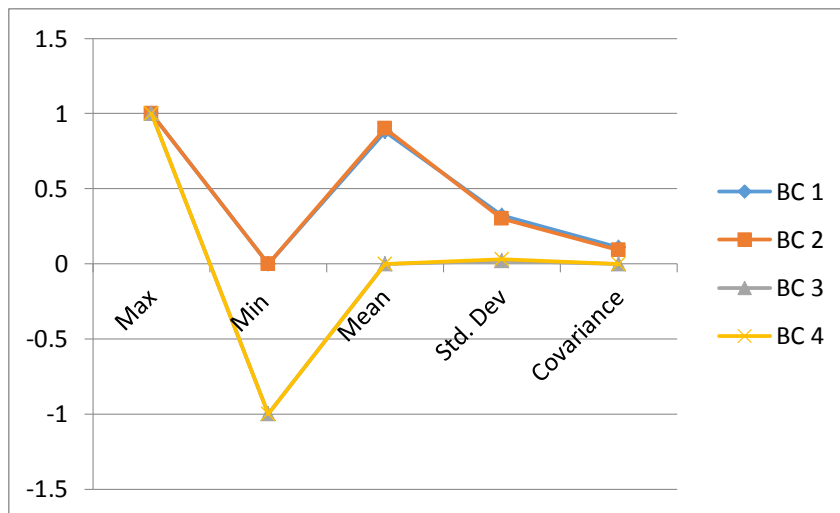
Gambar 4 Hasil NDVI kombinasi band BC 3

Sedangkan hasil BC 4 (kombinasi band *Red Edge* dan *NIR 2*) menunjukkan tingkat kerapatan terluas adalah kelas Jarang sebesar 947.251,06 m², kelas Sangat Jarang sebesar 32.590,55 m², kelas Sedang sebesar 753,90 m², kelas Sangat Rapat sebesar 77,69 m², dan yang terkecil adalah kelas Rapat sebesar 40,28 m². Peta hutan mangrove hasil NDVI BC 4 dapat dilihat pada Gambar 5.

Hal ini disebabkan band 6 atau *Red Edge* berfungsi untuk menentukan kesehatan vegetasi, sehingga tidak cocok untuk menentukan tingkat kerapatan vegetasi pada suatu lahan (DigitalGlobe, 2010). Meskipun hasil statistik STD kombinasi band BC 3 dan BC 4 menunjukkan angka yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan STD BC 1 dan BC 2, yaitu sebesar 0,02 dan 0,03 berturut-turut. Statistik hasil perhitungan NDVI masing-masing kombinasi band (BC) dapat dilihat pada Tabel 4 dan grafik perhitungan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5 Hasil NDVI kombinasi band BC 4



Gambar 6 Grafik Perhitungan NDVI masing-masing kombinasi band

Berdasarkan hasil statistik NDVI dari keempat kombinasi band pada Tabel 4, BC 2 (kombinasi band *Red* dan Band *NIR 2*) merupakan kombinasi terbaik untuk menentukan tingkat kerapatan vegetasi hutan mangrove di Desa Arakan dengan nilai STD sebesar 0,3.

Tabel 4 Hasil Perhitungan NDVI masing-masing kombinasi band

Band	Min	Max	Mean	Std. dev	Covariance
BC 1	0	1	0,88	0,32	0,11
BC 2	0	1	0,9	0,3	0,09
BC 3	-1	1	0	0,02	0
BC 4	-1	1	0	0,03	0

Hasil NDVI BC 1 dan BC 2 menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan dengan citra awal, dibuktikan dengan nilai maksimum dan minimum yang sesuai dengan indeks vegetasi yaitu pada rentang 0 sampai dengan 1. Hasil BC 1 dan BC 2 tidak memiliki perbedaan yang signifikan dilihat dari jumlah luasan tingkat kerapatan. Namun, efektifitas dari kedua kombinasi tersebut dapat ditentukan dengan Standar Deviasi hasil NDVI. Standar Deviasi (STD) merupakan tingkat penyimpangan dari statistik hasil NDVI, semakin besar STD maka semakin menyimpang hasil yang diperoleh dari keadaan nyata. BC 1 memiliki STD sebesar 0,32 dan BC 2 memiliki STD sebesar 0,3.

Kesimpulan

Hutan Mangrove di Desa Arakan, Kecamatan Tatapaan, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara berdasarkan NDVI BC 1 (kombinasi band *Red* dan *NIR 1*), menunjukkan tingkat kerapatan terluas terdapat pada kelas Rapat sebesar 835.963,93 m² dan yang terkecil adalah kelas Sangat Rapat sebesar 47,48 m². BC 2 (kombinasi band *Red* dan *NIR 2*) menunjukkan tingkat kerapatan terluas pada kelas Rapat sebesar 824.566,01 m² dan yang terkecil pada kelas Sangat Rapat sebesar 24,45 m². BC 3 (kombinasi band *RedEdge* dan *NIR 1*) menunjukkan tingkat kerapatan terluas adalah kelas Jarang sebesar 933.181,53 m² dan yang terkecil adalah kelas Rapat 38,85 m². BC 4 (kombinasi band *Red Edge* dan *NIR 2*) menunjukkan tingkat kerapatan terluas adalah kelas Jarang sebesar 947.251,06 m² dan yang terkecil adalah kelas Rapat sebesar 40,28 m². Hasil NDVI terbaik untuk menentukan tingkat kerapatan vegetasi Hutan Mangrove adalah kombinasi band *Red* dan *NIR 2* (BC 2) dengan nilai tingkat penyimpangan kesalahan terkecil, yaitu 0,3.

Endnotes

¹ Mahasiswa Department of Environmental Engineering, Surya University.

² Dosen Department of Environmental Engineering, Surya University.

DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, Q., dkk. 2012. *Analisa Kelayakan penggunaan citra satelit worldview-2 untuk updating peta skala 1:1000. 1-5*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., Kanninen, M. 2012. Mangrove adalah salah satu hutan terkaya karbon di kawasan tropis. *Brief CIFOR* 12, 1-10.
- Faizal, A., Amran, M. A. 2005. Model transformasi indeks vegetasi yang efektif untuk prediksi kerapatan mangrove rhizophora mukronata. Dalam *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV*, 14-15 September. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hidayah, Z., Wiyanto, D. B. 2013. Analisa temporal perubahan luas hutan mangrove di kabupaten sidoarjo dengan memanfaatkan data citra satelit. *Jurnal Bumi Lestari*, 13 (2), 318-326.

- Indica, M., Ulqodry, T. Z., Hendri, M. 2010. Perubahan luas mangrove dengan menggunakan teknik penginderaan jauh di Taman Nasional Sembilang, kabupaten Banyuasin, provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal* 2, 77-81.
- Irwanto. 2008. *Hutan mangrove dan manfaatnya*. Diperoleh pada Februari 2016 dari https://irwanto.info/files/manfaat_hutan_mangrove.pdf.
- K, H., Sukojo, B. M., Parwati, E. 2013. Studi tingkat kerapatan mangrove menggunakan indeks vegetasi. *Jurnal Teknik POMITS* , 1-6.
- Mangkay, S., Harahab, N., Polii, B., Soemarno. 2012. Analisis strategi pengelolaan hutan mangrove berkelanjutan di Kecamatan Tatapaan, Minahasa Selatan, Indonesia. *J-PAL*, 8-18.
- Nouri, H., Beecham, S., Anderson, S., Nagler, P. 2014. High spatial resolution worldview-2 imagery for mapping ndvi and its relationship to temporal urban lanscape evapotranspiration factors. *Remote Sensing* , 581-602.
- Tarantino, C., Adamo, M., Pasquariello, G., Lovergine, F., Blonda, P., & Tomaselli, V. 2012. *8-bands image data processing of the worldview satelite in a wide area of aplication, earth observation*. DR. Rustam Rustamov (ed). Shanghai: InTech.
- Waas, H. J., Nababan, B. 2010. Pemetaan dan analisis indeks vegetasi mangrove di pulau Saparua, Maluku Tengah. *Jurnal Ilmu dan Kelautan Tropis* , 50-58.