



*Prosiding Seminar Nasional Pertanian Pesisir (SENATASI)
Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu*

ANALISIS FAKTOR C MENGGUNAKAN INDEKS VEGETASI CITRA LANDSAT OLI SEBAGAI MASUKAN ANALISIS TINGKAT BAHAYA EROSI DI DAS AIR BENGKULU

Factor C Analysis Using The Vegetation Index of Landsat Oli Imagery As Input For Analysis of Erosion Hazard Levels In The Bengkulu Watershed

Rozzalyn Agustin Pratama¹⁾, Bambang Sulistyo^{2*)}, Riwandi²⁾, dan Esi Asyani Listyowati³⁾

^{1*)}Alumni Program Studi Ilmu Tanah, Jurusan BDP, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Bengkulu

²⁾Program Studi Ilmu Tanah, Jurusan BDP, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Bengkulu

³⁾Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Islam "45" Bekasi, Bekasi

*Corresponding author : bsulistyo@unib.ac.id

ABSTRAK

Faktor pengelolaan tanaman atau vegetasi penutup (C) merupakan salah satu masukan dalam menghitung erosi menggunakan USLE. Faktor C adalah nisbah antara besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi penutup dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik tanpa tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pemodelan faktor C menggunakan indeks vegetasi sebagai masukan analisis tingkat bahaya erosi di DAS Air Bengkulu. Uji lapangan dan pengukuran faktor C dilakukan pada Januari sampai Februari 2022 dengan mengamati 100 titik sampel pada penggunaan lahan hutan, sawah, karet, sawit tua, sawit muda, lahan terbuka, semak belukar dan pemukiman. Sub Faktor yang digunakan pada saat uji lapangan yaitu *Prior Land Use* (PLU), *Canopy Cover* (CC), *Surface Cover* (SC), *Surface Roughness* (SR) dengan mengukur jarak pengamat ke pohon, tinggi mata pengamat, sudut pada arah setinggi pengamat, sudut pada arah puncak pohon, penggunaan lahan dominan, jenis penutup bawah lahan, rata-rata jarak tanaman, kemiringan lahan serta menentukan koordinat pusat lokasi. Selanjutnya dilakukan pemodelan dan validasi beberapa indeks vegetasi yaitu SAVI, NDVI, EVI, RVI, TVI dengan menggunakan persamaan Linier, Eksponensial, Kuadratik dan Kubik. Pemodelan faktor C dinyatakan dapat diterima apabila berkorelasi tinggi, yaitu nilai koefisien korelasi ($r \geq 0,8$ %). Hasil kesimpulan menunjukkan bahwa koefisien korelasi (r) dari berbagai indeks vegetasi pada umumnya mempunyai nilai $\geq 0,8$ %, artinya hasil pemodelannya dapat digunakan lebih lanjut dalam menghitung erosi. Koefisien korelasi RVI pada persamaan linier dan eksponensial serta koefisien korelasi EVI pada persamaan linier, kuadratik dan kubik mempunyai nilai $< 0,8$ %

Kata Kunci : Erosi, Pemodelan, SIG, Vegetasi

ABSTRACT

The plant management factor or cover vegetation (C) is one of the inputs in calculating erosion using USLE. C Factor is the ratio between the magnitude of erosion of an area with cover vegetation and the management of certain crops to the magnitude of erosion from identical soils without plants (Arsyad, 2000). This study aims to determine the modeling of factor C using the vegetation index as input for analyzing the level of erosion hazard in the Bengkulu Watershed. Field tests and C factor measurements were carried out from January to February 2022 by observing 100 sample points on forest land use, rice fields, rubber, old oil palm, young oil palm, open land, shrubs, and settlements. The subfactors used during the field test were Prior Land Use (PLU), Canopy Cover (CC), Surface Cover (SC), and Surface Roughness (SR) by measuring the observer's distance to the tree, the height of the observer's eye, the angle in the direction as high as the observer, the angle in the direction of the treetop, the dominant land use, the type of under-field cover, the average distance of the plant, the slope of the field and determining the coordinates of the center of the location. Furthermore, modeling and validation of several vegetation indices were carried out, namely SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), RVI (Ratio Vegetation Index), TVI (Transformed Vegetation Index) using Linear, Exponential, Quadratic and Cubic equations. Modeling factor C is expressed as acceptable if it is highly correlated, that is, the value of the correlation coefficient ($r \geq 0.8$). The results show that the correlation coefficient (r) of various vegetation indices generally has a value of ≥ 0.8 , meaning that the modeling results can be used further in calculating erosion. Meanwhile, the RVI correlation coefficient in linear and exponential equations and the EVI correlation coefficient in linear, quadratic and cubic equations have a value of < 0.8 .

Key words: Erosion, Modeling, GIS, Vegetation

PENDAHULUAN

Erosi merupakan salah satu penyebab terbesar kerusakan tanah di Indonesia. Potensi terjadinya erosi diakibatkan oleh penghancuran agregat tanah karena energi pukulan air hujan lebih besar daripada daya tahan tanah (Arsyad, 2010). Erosi dapat dinilai dengan mengukur jumlah (berat, volume, kedalaman) tanah yang terbawa atau dipindahkan sehingga mengacu pada perubahan sifat-sifat tanah yang tererosi, terutama yang berkaitan dengan kesuburan tanah dan sedimentasi (Zachar, 1982). Melihat besarnya pengaruh yang ditimbulkan oleh erosi maka sangatlah penting untuk dapat menduga tingkat bahaya erosi (TBE) yang terjadi.

Faktor C dapat digunakan untuk mengetahui efek erosi pada tanah, terutama yang berkaitan dengan kesuburan tanah, hal ini karena vegetasi dapat melindungi tanah terhadap jatuhnya air hujan, meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah, mempertahankan kekasaran permukaan tanah, mengurangi kecepatan limpasan permukaan serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Zachar, 1982). USLE (*Universal Soil Loss Estimation*) merupakan metode pendugaan erosi yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978) pada lahan pertanian. Pengembangan model ini yang diaplikasikan di luar daerah asalnya dengan kondisi yang berbeda dapat menghasilkan nilai perkiraan yang berbeda. Untuk mengetahui sejauh mana tingkat keakuratan metode USLE pada skala yang lebih besar, dalam hal ini adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) maka perlu dilakukan perbandingan dengan melakukan pengukuran erosi secara nyata di lapangan.

Fungsi suatu DAS merupakan fungsi gabungan yang dilakukan oleh seluruh faktor yang ada pada DAS tersebut, yaitu vegetasi, bentuk wilayah (topografi), tanah, dan permukiman. Apabila salah satu dari faktor tersebut di atas mengalami perubahan maka hal tersebut akan mempengaruhi pola ekosistem DAS. Sedangkan perubahan ekosistem yang akan menyebabkan gangguan terhadap bekerjanya fungsi DAS sehingga tidak berjalan sebagaimana mestinya. Apabila fungsi suatu DAS terganggu maka sistem penangkapan curah hujan akan menjadi tidak sempurna. Pengelolaan DAS dianggap perlu untuk memecahkan masalah erosi dan perluasan tanah kritis yang terdapat di hulu sungai (Hardjasoemantri, 1986).

Data penginderaan jauh dapat digunakan untuk menghasilkan informasi yang lebih spesifik dalam rangka mendukung pemodelan analisis TBE, yaitu dengan melakukan transformasi indeks vegetasi. Transformasi indeks vegetasi umumnya digunakan untuk memperoleh suatu informasi baru dengan cara mempertajam sekaligus menghilangkan informasi yang lain ataupun dengan cara mengurangi dimensionalitas datanya. Citra Landsat 8 OLI merupakan model data raster yang memberikan berbagai informasi kenampakan objek dipermukaan bumi. Model data raster disebut sebagai model data keruangan yang paling sederhana karena menyajikan elemen matriks atau sel-sel grid yang homogen berbeda dengan data vektor yang menggunakan asumsi koordinat eksak secara matematis dan menggunakan relasi-relasi implisit. Pada penelitian sebelumnya banyak menggunakan model data vektor, dimana nilai faktor C hanya ditentukan berdasarkan hasil penelitian sebelumnya sehingga tidak ada nilai faktor C yang aktual.

Penelitian ini dilakukan menggunakan beberapa subfaktor pada saat uji lapangan yaitu *Prior Land Use* (PLU), *Canopy Cover* (CC), *Surface Cover* (SC), *Surface Roughness* (SR) dengan menganalisis beberapa indeks vegetasi yaitu SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), EVI (*Enhanced Vegetation Index*), RVI (*Ratio Vegetation Index*), TVI (*Transformed Vegetation Index*) menggunakan persamaan linier, eksponensial, kuadratik dan kubik dengan bantuan citra Landsat 8 OLI sebagai masukan tingkat bahaya erosi (TBE).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan September 2021 – Januari 2022 Bertempat di Daerah Aliran Sungai (DAS) Air Bengkulu di Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu. Secara geografis terletak pada 3°45'36,95" - 3°44'36,92" LS dan 102°30'11,52" - 102°32'18,22" BT.

Bahan dan Alat Penelitian

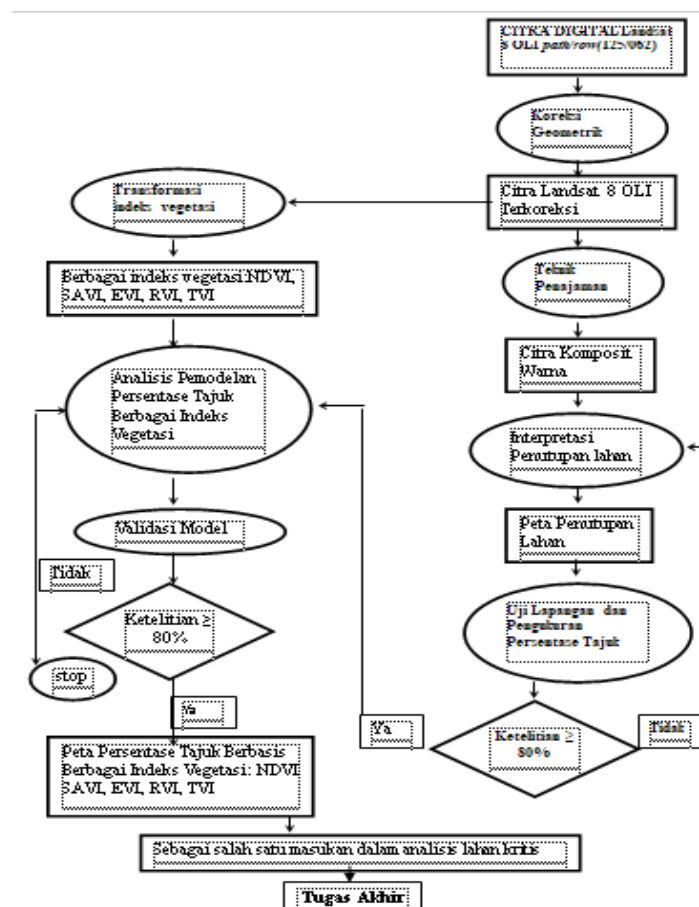
Bahan yang digunakan yaitu Citra Satelit Landsat 8 OLI liputan Air DAS Bengkulu, Provinsi Bengkulu (yaitu path/row 125/063). Data ini digunakan untuk interpretasi penutupan lahan dan sebagai masukan data untuk menganalisis berbagai indeks vegetasi.

Alat yang digunakan yaitu seperangkat laptop beserta program SIG ARC/GIS versi 10.3 untuk mengolah citra landsat 8 OLI dan pembuatan peta faktor C MS Excel 2010, untuk menganalisis data secara statistik serta digunakan dalam penyusunan model dan validasi data. Peralatan lapangan yang digunakan yaitu GPS (*global positioning system*), kompas berfungsi untuk mengetahui arah dan besaran derajat suatu arah, meteran, dan kamera.

Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan untuk menentukan wilayah lahan kritis DAS Air Bengkulu melalui teknologi penginderaan jauh. Data yang dibutuhkan yaitu seperti data citra landsat 8 OLI (*Path/Row* 125/063) yang diunduh melalui USGS (*United States Geological Survey*) serta citra satelit resolusi tinggi yang dapat diunduh melalui SAS Planet. Selanjutnya, citra landsat tersebut dianalisis menggunakan aplikasi ArcGis 10.3 untuk dikoreksi radiometrik dan geometrik agar koordinat di citra sesuai dengan koordinat yang ada di lapangan.

Penajaman citra, komposit warna, dapat dilakukan setelah citra Landsat terkoreksi dan dilanjutkan interpretasi citra dengan mengkombinasikan citra satelit resolusi tinggi agar hasil interpretasi lebih akurat serta penentuan titik pengamatan di citra hasil interpretasi agar dapat mengetahui bagian tutupan lahan wilayah mana saja yang akan diteliti, berdasarkan jenis vegetasi yang ada yaitu hutan, sawit tua, sawit muda, karet, sawah, lahan terbuka serta pemukiman. Selanjutnya dilakukan pemodelan dan validasi indeks vegetasi dengan menggunakan persamaan Linier, Eksponensial, Kuadratik dan Kubik.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap analisis dan pengolahan data

a. Transformasi indeks vegetasi

Setelah citra satelit digital dilakukan koreksi geometrik maka kemudian dilakukan transformasi ke dalam 5 indeks vegetasi, nilai maksimum dan minimum untuk kelima indeks vegetasi tersebut. Transformasi indeks vegetasi yang digunakan dalam penelitian dimaksudkan untuk menentukan

faktor C pada masing-masing penutupan lahan pada citra. Tahap ini dapat dilakukan setelah citra landsat 8 OLI terkoreksi, dan dilanjutkan dengan cara menerapkan rumus-rumus transformasi indeks vegetasi yang dapat dilihat pada persamaan

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{red}}}{\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{red}}} \quad (1)$$

$$\text{SAVI} = \left(\frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{red}}}{\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{red}}} \right) (1,5) \quad (2)$$

$$\text{EVI} = 2,5 \frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{red}}}{\rho_{\text{NIR}} + (C1 \times \rho_{\text{red}}) - (C2 \times \rho_{\text{blue}}) + L} \frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{red}}}{\rho_{\text{NIR}} + (C1 \times \rho_{\text{red}}) - (C2 \times \rho_{\text{blue}}) + L} \quad (3)$$

Keterangan: C1 = 6; C2 = 7,5

$$\text{RVI} = \frac{\rho_{\text{NIR}}}{\rho_{\text{red}}} \quad (4)$$

$$\text{TVI} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{red}}}{\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{red}}}} \quad (5)$$

- b. Mengidentifikasi nilai indeks vegetasi (pada data citra) yang lokasinya sama dengan lokasi pengukuran faktor C di lapangan menggunakan beberapa subfaktor yaitu *Prior Land Use* (PLU), *Canopy cover* (CC), *Surface Cover* (SC) dan *Surface Roughness* (SR)
- c. Melakukan analisis regresi model linier, eksponensial, kuadratik dan kubik menggunakan nilai-nilai variabel independen yang diketahui, untuk meramalkan nilai variabel dependen. Prinsip analisis regresi linier adalah menguji variabel tak bebas (*dependent variable*) dalam kelompok (y); dengan satu variabel bebas (*independent variable*) yang terdapat pada kelompok (x). Tujuan analisis ini adalah memperkirakan atau menaksir besarnya efek kuantitatif dari suatu kejadian terhadap kejadian lain (Sulaiman, 2004).

Analisis Regresi Linier (Kazmier *et al.*, 1995)

$$Y = a + bx \quad (6)$$

Analisis Regresi Non Linier:

$$\text{Kuadratik} = Y = a + bx + cx^2 \quad (7)$$

$$\text{Kubik} = Y = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad (8)$$

$$\text{Eksponensial} = Y = a(e^{bx}) \quad (9)$$

Keterangan:

Y = Prediksi Persentase Tajuk yang diukur di lapangan

X = Nilai indeks vegetasi

b,c,d = Koefisien arah garis regresi

A = Konstanta

E = Eksponensial (2.71)

- d. Validasi model dengan analisis korelasi

Validasi model ini dilakukan dengan menganalisis korelasi antara peta faktor C hasil pemodelan dengan faktor C aktual menggunakan program *microsoft excel* 2010. Hasil

pemodelan dari berbagai indeks vegetasi, akan mendapatkan nilai koefisien (b,c dan d), koefisien korelasi (r) dan *standard error* (s). Koefisien korelasi ($r \geq 0,8$) diseleksi selaku nilai ambang (*threshold*) untuk memastikan apakah suatu model tersebut bisa diterima ataupun ditolak. Pemodelan faktor C dinyatakan dapat diterima bila korelasinya besar, yaitu nilai koefisien korelasi ($r \geq 0,8$) (Disajikan pada Tabel 1.). Jika koefisien korelasi pemodelan faktor C belum mencapai 0,8 maka dilakukan analisa kembali dengan mengamati langkah-langkah analisis yang sudah dilakukan sebelumnya. Bila seluruh langkah dalam analisis telah dicoba dengan benar, namun nilai koefisien korelasinya masih belum mencapai 0,8 maka pemetaan faktor C tidak dapat dilakukan. Nilai koefisien korelasi yang mencapai 0,8 dilanjutkan analisis lebih lanjut dengan pemetaan faktor C berbagai indeks vegetasi.

Tabel 1. Kelas Koefisien Korelasi

Kelas r	Jika r
Tinggi	$\geq 0,8$
Sedang	$0,5 < r < 0,8$
Rendah	$\leq 0,5$

Sumber: Gordon *et al.*, 1992

Tahapan Pembuatan Peta

Pembuatan peta sebaran faktor C dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ArcGis 10.3. Citra setiap band dan indeks vegetasi mempunyai nilai digital yang berbeda-beda per pikselnya. Nilai digital dari citra tersebut merupakan peubah pada model penduga faktor C yang akan dihitung. Seluruh nilai digital pada citra tersebut akan dihitung *raster calculator* sesuai model yang dimasukkan sehingga menghasilkan satu citra baru dengan nilai digital yang merupakan nilai dugaan indeks vegetasi per piksel. Citra hasil perhitungan akan dibagi menjadi lima kelas menurut nilai faktor C menggunakan metode standar deviasi sehingga menghasilkan peta sebaran faktor C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor C Di Lapangan

Hasil interpretasi menggunakan citra Landsat 8 OLI di DAS Air Bengkulu memperlihatkan bahwa objek awan tidak dapat dipisahkan secara tegas dengan obyek lain. Hal ini terjadi karena resolusi spasial dari citra Landsat 8 OLI hanya 30 meter x 30 meter, sedangkan kawasan DAS Air Bengkulu bagian timur laut yang direkam pada 23 Oktober 2021 didominasi oleh awan sehingga menutupi objek lain.

Tabel 2. Rata-rata faktor C model vektor

No	Pengelolaan Tanaman	Nilai C Vektor
1	Hutan	0,01
2	Kelapa sawit muda	0,20
3	Kelapa sawit tua	0,20
4	Karet	0,20
5	Lahan terbuka	0,50
6	Permukiman	0,50
7	Sawah	0,02
8	Semak belukar	0,1

Sumber : Abdulkrahman *et al.*, 1984

Nilai faktor C dilapangan yang tertinggi yaitu pada jenis penggunaan lahan pemukiman sebesar 0,56 sedangkan nilai faktor C dilapangan yang terendah yaitu pada jenis penggunaan lahan hutan sebesar 0,19. Artinya semakin besar nilai faktor C di lapangan maka semakin kecil nilai *Prior Land Use* (PLU), semakin kecil nilai *Canopy Cover* (CC), semakin tinggi *Surface Cover* (SC), semakin kecil nilai *Surface Roughness* (SC). Berikut ini hasil perhitungan rata-rata faktor C model vektor dan model raster.

Faktor C merupakan faktor yang cukup mempengaruhi laju erosi yang akan terjadi. Jenis penutupan lahan terbaik menurut Arsyad (2006), yaitu di hutan alam dengan serasah yang banyak dan ditutupi alang-alang yang tumbuh subur sedangkan faktor C tertinggi dimiliki oleh lahan yang tidak bervegetasi. Tutupan tajuk dapat memperlambat laju air hujan, sehingga energi kinetik dari erosi akan menjadi lebih kecil, tetapi dengan adanya tumbuhan bawah dan serasah dibawah tegakan tersebut dapat menyebabkan erosi yang lebih besar, karena air hujan yang tertahan oleh tajuk dapat terakumulasi pada ujung daun yang menyebabkan tetesan air hujan dengan butiran yang lebih besar dan energi kinetik yang lebih tinggi berdasarkan tinggi jatuhnya ke permukaan tanah.

Tabel 3. Rata-rata faktor C model raster

No	Pengelolaan Tanaman	Nilai C Raster
1	Hutan	0,19
2	Kelapa sawit muda	0,24
3	Kelapa sawit tua	0,25
4	Karet	0,27
5	Lahan terbuka	0,28
6	Permukiman	0,56
7	Sawah	0,34
8	Semak belukar	0,26

Jenis penggunaan lahan sawit tua, sawit muda, karet, semak belukar dan lahan terbuka memiliki nilai faktor C lebih tinggi (0,2 sd 0,28) dibandingkan dengan jenis penggunaan lahan hutan (0,19) tetapi jauh rendah dibandingkan dengan jenis penggunaan lahan pemukiman (0,58). Hal ini karena hutan mampu menahan erosivitas air hujan, sehingga memberikan pengaruh yang besar terhadap penurunan erosi aktual. Pemukiman tidak memiliki perlindungan terhadap erosivitas hujan, sehingga air hujan yang turun dengan energi kinetik yang tinggi dapat langsung mengenai tanah dan memisahkan partikel-partikel kecil tanah.

Faktor C menggunakan model raster dan vektor beberapa memiliki nilai yang berbeda terutama pada jenis penggunaan lahan hutan. Pada penggunaan lahan hutan, model data raster lebih besar dari pada model data vektor, hal tersebut dikarenakan perbedaan jenis tutupan tajuk yang diamati. Faktor C menggunakan model data vektor mengelompokkan jenis penggunaan lahan hutan sebesar 0,01 padahal tipe hutan yang ada dilapangan berbeda-beda.

Pemodelan Faktor C

Nilai koefisien (a dan b), koefisien korelasi (r) serta *standard error*-nya (s) Pemilihan model terbaik tersebut hanya boleh dipilih peubah yang paling sederhana karena berkorelasi paling kuat dengan Y (Hanum, 2011). Hasil akhir pemodelan indeks vegetasi dari 40 titik sampel yang digunakan, 4 diantaranya (SAVI, NDVI, RVI dan TVI) yang berkorelasi tinggi, sedangkan (EVI) berkorelasi rendah terhadap faktor C yang diukur di lapangan. Menurut (Gordon *et al.*,

1992), Pemetaan faktor C yang akan digunakan dalam analisis lebih lanjut yaitu yang memiliki koefisien korelasi $\geq 0,80$ sehingga indeks vegetasi (EVI) tidak dapat dilakukan uji lanjutan (validasi model). Hal ini dikarenakan EVI merupakan indeks vegetasi yang memanfaatkan saluran biru sehingga menghasilkan koefisien korelasi yang paling rendah diantara semua indeks vegetasi yang telah dikaji. Menurut (Lillesand *et al.*, 2004) sifat dari saluran biru pada spektrum data Landsat yang kemampuannya digunakan untuk pembedaan vegetasi dari air dan bukan untuk kajian yang berkaitan dengan indeks vegetasi yang pada umumnya memanfaatkan spektrum merah dan spektrum inframerah.

Tabel 4. Hasil Pemodelan Beberapa Indeks Vegetasi

Hasil Analisis Pemodelan Linier $Y = a + bx$							Hasil Analisis Pemodelan Eksponensial $Y = ae^{bx}$					
No.	IV	A	B	S	R	KET	No.	IV	A	B	R	KET
1	SAVI	-0,328	0,6717	0,05	0,8	Tinggi	1	SAVI	0,79	0,896	0,8	Tinggi
2	NDVI	-0,614	0,4224	0,05	0,8	Tinggi	2	NDVI	0,4	1,699	0,8	Tinggi
3	EVI	-0,134	0,6065	0,08	0,5	Rendah	3	EVI	0,65	0,362	0,4	Rendah
4	RVI	-0,016	0,4733	0,06	0,7	Sedang	4	RVI	0,47	0,047	0,7	Sedang
5	TVI	-0,762	1,3329	0,05	0,8	Tinggi	5	TVI	0,47	0,047	0,8	Tinggi
Hasil Analisis Pemodelan Kuadratik $Y = a + bx + cx^2$							Hasil Analisis Pemodelan Kubik $Y = a + bx + cx + dx^3$					
No.	IV	A	B	R	KET		No.	IV	A	B	R	KET
1	SAVI	0,0718	0,4611	0,8	Tinggi		1	SAVI	-0,4	1,265	0,8	Tinggi
2	NDVI	1,0672	0,8432	0,9	Tinggi		2	NDVI	-3,9	2,305	0,9	Tinggi
3	EVI	0,1451	0,7939	0,74	Sedang		3	EVI	-0,027	0,345	0,74	Sedang
4	RVI	0,002	0,0517	0,8	Tinggi		4	RVI	-0,0002	0,008	0,8	Tinggi
5	TVI	-0,018	0,715	0,8	Tinggi		5	TVI	-4,9	18,46	0,8	Tinggi

Validasi Model

Validasi model tingkat akurasi persamaan linier, eksponensial, kuadratik dan kubik dapat diterima dan memiliki keakuratan yang lebih dari $\geq 0,8$. Hal ini sejalan dengan penelitian (Arhatin dan Wahyuningrum, 2013) diperoleh hasil penelitian bahwa model persamaan kubik merupakan model yang paling baik untuk semua transformasi indeks vegetasi yang digunakan pada penelitian ini. Hasil pemodelan dari masing-masing indeks vegetasi, nilai koefisien (a dan b), koefisien korelasi (r) dan *standard error* (s) untuk persamaan linier, eksponensial, kuadratik dan kubik (Disajikan pada Tabel 5.)

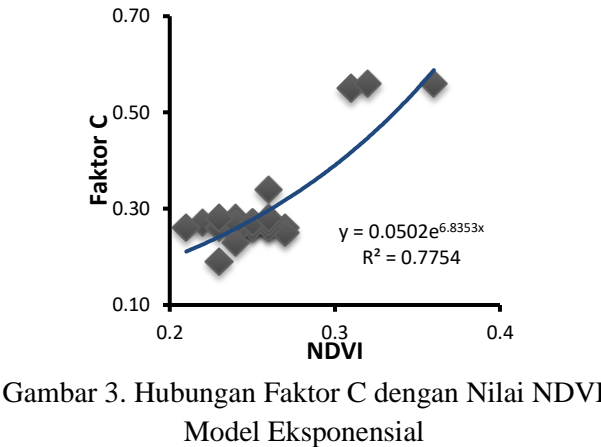
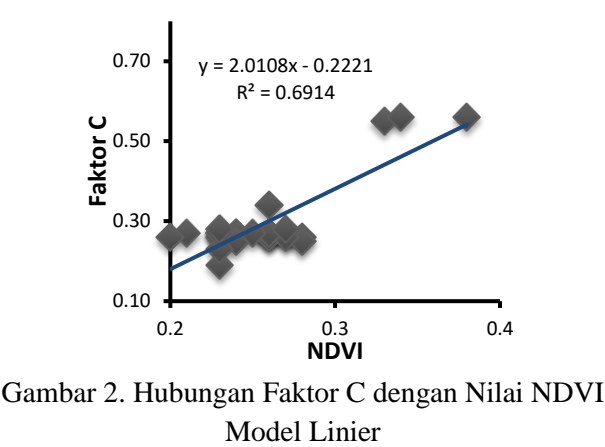
Validasi model dilakukan untuk uji model dari hasil pemodelan yang telah dilakukan analisis, terdapat 29 sampel validasi model yang digunakan. Hasil akhir dari uji model ini menentukan hasil akhir pemetaan faktor C dari berbagai indeks vegetasi dengan 4 persamaan model yang digunakan (linier, eksponensial, kuadratik dan kubik) guna mengetahui model yang paling baik untuk semua transformasi indeks vegetasi yang digunakan pada penelitian ini sebagai salah satu masukan tingkat bahaya erosi (TBE). Indeks vegetasi (NDVI) nilai akurasi yang dihasilkan paling mendekati kondisi dilapangan baik itu linier, eksponensial, kuadratik dan kubik. Pada model linier dengan persentase 84% atau korelasinya sebesar 0,84, pada model eksponensial dengan persentase 83% atau korelasinya sebesar 0,83, pada model kuadratik dengan persentase

sebesar 90% atau nilai korelasinya 0,9 dan pada model kubik dengan persentase sebesar 96% atau nilai korelasinya 0,96. Hal ini sejalan dengan penelitian, dikarenakan Menurut (Lintang *et al.*, 2017) yaitu tingkat akurasi yang dihasilkan oleh lima transformasi indeks vegetasi yang paling mendekati kondisi lapangan sesungguhnya adalah transformasi NDVI.

Tabel 5. Hasil Validasi Model Beberapa Indeks Vegetasi

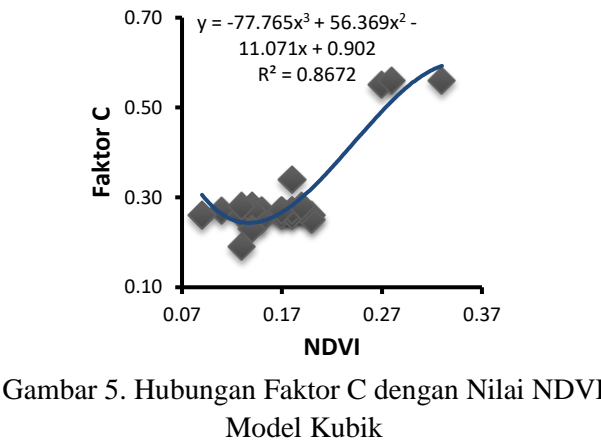
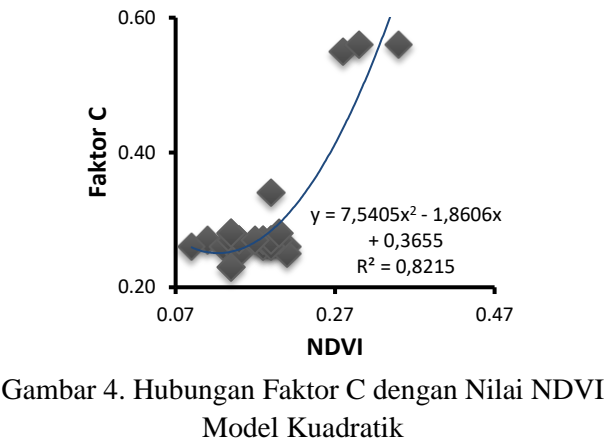
Hasil Analisis Validasi Model Eksponensial							Hasil Analisis Validasi Model Linier				
No	IV	A	B	S	R	Ket	A	B	S	R	Ket
1	SAVI	0,05	6,7811	0,05	0,81	Tinggi	2,1	0,255	0,054	0,81	Tinggi
2	NDVI	0,05	6,8353	0,05	0,84	Tinggi	2,01	0,222	0,053	0,83	Tinggi
3	TVI	0,039	7,7708	0,05	0,8	Tinggi	2,27	0,29	0,055	0,81	Tinggi

Hasil Analisis Validasi Model Kuadratik							Hasil Analisis Validasi Model Kubik							
No	IV	a	B	C	S	R	Ket	A	B	C	D	s	R	Ket
1	SAVI	1,227	0,9883	0,11	0,054	0,81	Tinggi	-5,66	10,18	4,923	0,057	0,054	0,92	Tinggi
2	NDVI	7,541	1,8606	0,37	0,053	0,9	Tinggi	-77,8	56,37	11,07	0,902	0,051	0,96	Tinggi
3	RVI	1,526	0,2301	0,26	0,069	0,87	Tinggi	0,21	0,604	0,474	0,366	0,071	0,84	Tinggi
4	TVI	-0,18	2,6176	0,46	0,053	0,82	Tinggi	-0,01	0,757	15,73	107,7	0,058	0,83	Tinggi



Gambar 2. Hubungan Faktor C dengan Nilai NDVI Model Linier

Gambar 3. Hubungan Faktor C dengan Nilai NDVI Model Eksponensial



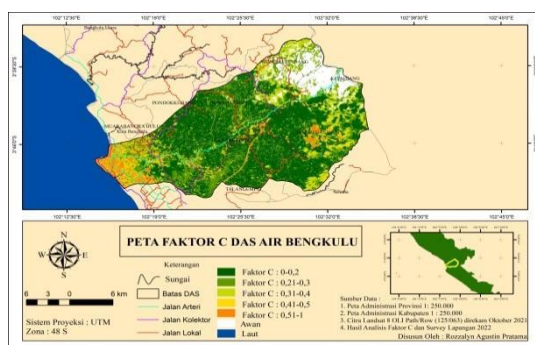
Gambar 4. Hubungan Faktor C dengan Nilai NDVI Model Kuadrat

Gambar 5. Hubungan Faktor C dengan Nilai NDVI Model Kubik

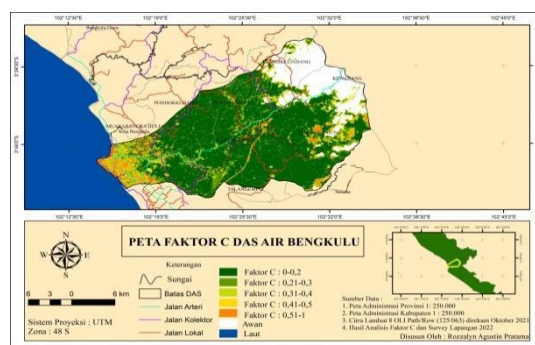
Grafik di atas menunjukkan semakin tinggi nilai yang artinya jika nilai R^2 semakin besar, maka nilai total keragaman yang dapat diterangkan oleh persamaan regresinya juga semakin besar, sehingga regresi yang diperoleh semakin baik (Sumadi dan Siahaan, 2010). Nilai R^2 dapat menunjukkan ketelitian dan keerratan hubungan dari model regresi yang telah dibuat.

Peta Faktor C yang bersumber dari berbagai Indeks Vegetasi

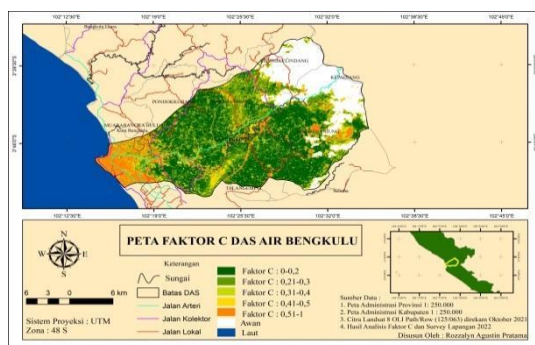
Indeks vegetasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu NDVI, SAVI, EVI, RVI dan TVI dengan menggunakan hasil akhir dari interpretasi penggunaan lahan dan data hasil pengamatan di lapangan. Berikut ini contoh faktor C menggunakan beberapa indeks vegetasi persamaan kuadratik.



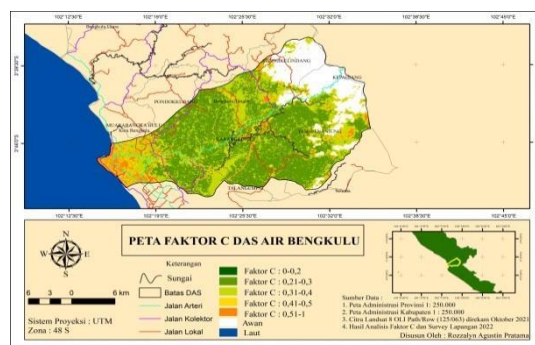
Gambar 6. Peta Faktor C Hasil Pemodelan NDVI



Gambar 7. Peta Faktor C Hasil Pemodelan SAVI



Gambar 8. Peta Faktor C Hasil Pemodelan RVI



Gambar 9. Peta Faktor C Hasil Pemodelan TVI

Tabel 6. Luas Faktor C Berbagai Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi	Persamaan	Kelas Faktor C					Awan	Luas (Ha)
		0-0,2	0,21-0,3	0,31-0,4	0,41-0,5	0,51-1		
SAVI	Linier	0,06	29412,53	7601,86	4077,76	2224,71	8566,20	8647
	Ekspensial	27,62	31538,41	6461,07	3247,55	1720,33	8888,12	8647
	Kuadratik	29162,30	6279,74	3244,42	2843,50	1560,00	8793,91	8647
	Kubik	37804,99	2362,34	888,94	880,27	1035,92	8913,33	8648
NDVI	Linier	1335,48	29668,37	11260,65	3947,26	1760,30	3911,01	8647
	Ekspensial	192,55	33767,01	6209,96	3649,18	1697,58	6365,98	8647
	Kuadratik	22840,75	12706,19	7076,88	2272,02	1974,93	5011,99	8647
	Kubik	1410,83	38620,35	6850,74	2310,85	1455,26	1411,83	8677

RVI	Kuadratik	17224,00	11568,45	3930,85	4001,66	4610,10	10548,18	8647
	Kubik	17156,80	15287,56	1900,31	1969,42	4671,12	10898,06	8647
	Linier	0,06	30819,22	6774,53	3407,28	1831,30	8936,64	8628
TVI	Eksponensial	16,38	32726,25	5747,84	2665,03	1813,11	8801,16	8628
	Kuadratik	0,06	22415,82	13871,42	3933,59	2168,10	9380,27	8628
	Kubik	29876,73	7683,96	4498,74	3673,86	79,51	5956,11	8628

Menurut Lintang *et al.*, (2017) vegetasi memberikan pantulan tertinggi pada NIR, namun dengan batasan yang dimiliki mata manusia yang mendapati panjang gelombang visibel maka daun sehat hanya tampak hijau. Jadi, dengan menggabungkan dua pantulan (merah dan inframerah dekat) mampu memberikan nilai yang berkaitan dengan keberadaan vegetasi.

Soil adjusted vegetation index (SAVI) merupakan salah satu indeks vegetasi yang mirip dengan NDVI, namun lebih menekankan efek dari piksel tanah. SAVI menggunakan faktor penyesuaian kanopi latar belakang tanah (L), yang merupakan fungsi dari kerapatan vegetasi. Indeks vegetasi lainnya seperti SAVI, RVI, dan TVI dikategorikan rendah karena berbagai kesalahan, yaitu data citra yang digunakan pada bagian Hulu didominasi oleh awan, sehingga nilai SAVI yang seharusnya seimbang dengan NDVI menjadi rendah.

Normalized difference vegetation index (NDVI) merupakan indeks vegetasi yang mempunyai nilai indeks vegetasi yang tinggi (-1 hingga + 1) daripada keempat indeks vegetasi lainnya, semakin nilai mendekati 1 maka semakin tinggi kehijauan vegetasinya. Menurut Arhatin *et al.*, (2013) nilai indeks vegetasi yang tinggi memberikan gambaran bahwa di areal yang diamati terdapat vegetasi yang mempunyai tingkat kehijauan tinggi, seperti areal hutan rapat dan lebat. Kategori kerapatan vegetasi sangat lebat pada wilayah ini dominan dijumpai pada interval 0,21-0,3 dengan luasan berkisar 2362,34

Enhanced Vegetation Index (EVI) merupakan indeks vegetasi yang dikembangkan dari NDVI dan diketahui lebih sensitif terhadap perubahan biomassa selama fase vegetatif yang lama, serta tahan terhadap efek atmosfer dan kanopi. Nilai EVI diperoleh dari nilai reflektansi kanal spektral merah, kanal inframerah dekat (NIR) dan kanal biru data MODIS. Kanal spektral biru sangat sensitif terhadap kondisi atmosfer dan digunakan untuk koreksi atmosferik (Heute *et al.*, 1999) Kekeringan dapat menyebabkan berkurangnya persediaan air bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman selama musim kemarau. Bila keadaan ini terjadi, maka dapat mengakibatkan meluasnya lahan kritis yang berdampak terhadap tingkat bahaya erosi semakin meningkat. Kekeringan lahan juga dapat mengakibatkan penurunan atau gagalnya produksi tanaman pangan, kekurangan cadangan air minum, serta terjadinya kebakaran hutan/lahan. EVI memiliki sensitivitas dan konsistensi untuk mendeteksi kekeringan secara seri-temporal.

Ratio vegetation index (RVI) dikategorikan rendah karena menurut Schowengerdt (1997) menyebutkan bahwasannya ratio antara kanal near-infrared dan kanal red, ratio tersebut disebut RVI yang bentuknya sangat sederhana. Hal ini berbeda dengan TVI dan EVI, dimana menurut (Frananda *et al.* 2013) TVI dan EVI mempunyai panjang gelombang yang lebih banyak dalam formulanya dapat menghasilkan koefisien regresi (R^2) dan akurasi yang lebih baik bila dibandingkan dengan transformasi indeks vegetasi lainnya. Namun, pernyataan ini tidak sejalan dengan penelitian, indeks ini memiliki hubungan korelasi tinggi dan memiliki akurasi yang terbaik bila untuk mengestimasi kandungan karbon hutan mangrove.

Grafik regresi antara transformasi indeks vegetasi dengan faktor C pada tiap transformasi indeks vegetasi. Pada grafik tersebut menampilkan model persamaan kubik paling tinggi untuk tiap transformasi indeks vegetasi berdasarkan nilai koefisien korelasinya.. Hasil analisa uji regresi dan diperoleh hasil bahwa RVI menggunakan model persamaan kubik dan kuadratik serta SAVI, NDVI, TVI untuk semua model persamaan linier dan eksponensial yang digunakan menyatakan bahwa peubah penjelas (SAVI, NDVI, TVI dan RVI) memiliki kontribusi yang nyata terhadap peubah respon, yaitu faktor C.

Tingkat Bahaya Erosi (TBE) adalah perkiraan jumlah tanah yang hilang maksimum yang akan terjadi pada suatu lahan, bila pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi tanah tidak mengalami perubahan. Analisis TBE secara kuantitatif dapat menggunakan formula yang dirumuskan oleh Wischmeier dan Smith (1978) berupa rumus *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Pendugaan tingkat bahaya erosi (TBE) ditentukan berdasarkan erosi aktual, yang merupakan kalkulasi dari indeks erosivitas hujan, erodibilitas tanah, panjang dan kemiringan lereng, penutupan lahan, serta tindakan konservasi tanah.

Berdasarkan perhitungan erosi menurut Wischmeier dan Smith (1965), Laju erosi sebagian besar dipengaruhi oleh faktor C yang merupakan faktor penutupan tanaman. Faktor penduga tingkat bahaya erosi saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Perubahan salah satu faktor erosi dapat merubah laju erosi yang terjadi meskipun faktor lainnya berada dalam kondisi yang tetap. Laju erosi akan cenderung besar jika nilai faktor C besar. Hal ini menunjukkan faktor penutupan lahan oleh tanaman memiliki peranan yang besar dalam mengurangi laju erosi yang terjadi. Semakin curam lereng, dan semakin rendah penutupan tajuk serta permukaan tanah, maka laju erosi semakin besar.

KESIMPULAN

1. *Normalized difference vegetation index* (NDVI) dapat merepresentasikan kerapatan (biomassa) atau tingkat kehijauan. Koefisien korelasi NDVI pada persamaan linier yaitu sebesar 0,8, eksponensial sebesar 0,8, kuadratik sebesar 0,9 dan kubik yaitu sebesar 0,9.
2. *Soil adjusted vegetation index* (SAVI) merupakan transformasi indeks vegetasi yang dipercaya mampu menekan latar belakang tanah. Koefisien korelasi SAVI pada persamaan linier yaitu sebesar 0,8, eksponensial sebesar 0,8, kuadratik sebesar 0,8 dan kubik yaitu sebesar 0,8.
3. *Ratio vegetation index* (RVI) adalah indeks vegetasi paling tua memiliki inframerah dekat (sumbu y) melawan merah (sumbu x). Koefisien korelasi RVI pada persamaan linier yaitu sebesar 0,7, eksponensial sebesar 0,7, kuadratik sebesar 0,8 dan kubik yaitu sebesar 0,8.
4. *Enhanced Vegetation Index* (EVI) merupakan indeks vegetasi yang memanfaatkan saluran biru. Koefisien korelasi EVI pada persamaan linier yaitu sebesar 0,5, eksponensial sebesar 0,4, kuadratik sebesar 0,74 dan kubik yaitu sebesar 0,74.
5. *Transformed vegetation index* (TVI) merupakan indeks yang memiliki hubungan korelasi tinggi dan memiliki akurasi yang terbaik bila dibandingkan dengan indeks vegetasi yang lain untuk mengestimasi kandungan karbon hutan mangrove. Koefisien korelasi TVI pada persamaan linier yaitu sebesar 0,8, eksponensial sebesar 0,8, kuadratik sebesar 0,8 dan kubik yaitu sebesar 0,8.

DAFTAR PUSTAKA

- Arhatin, R.E dan Wahyuningrum, P.I. 2013. Algoritma Indeks Vegetasi Mangrove Menggunakan Satelit Landsat Etm+ (Vegetation Index Algorithm For Mangrove Derived From Landsat Etm+) *Buletin PSP* 21(2):215-228 (ISSN: 0251-286X).Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Arsyad, S. 2010. *Konversi Tanah dan Air*. IPB, Bogor.
- As-syakur, A. R., dan Adnyana, I.W. Sandi. 2009. Analisis Indeks Vegetasi Menggunakan Citra ALOS AVNIR-2 Dan Sistem Informasi Geografi (SIG) Untuk Evaluasi Tata Ruang Kota Denpasar. Bali. Universitas Udayana : *Jurnal Bumi Lestari*. 9(1)
- Billah, M., Arthana, I.W., As-syakur, A.R. 2020. Analisis Perubahan Luasan dan Kerapatan Tajuk Mangrove di Kecamatan Borong Kabupaten Manggarai Timur. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 6(1).
- Hanum, H. 2011. Perbandingan metode stepwise, best subset regression, dan fraksi dalam pemilihan model regresi berganda terbaik. *Jurnal Penelitian Sains*. 14(2A): 1-6.
- Hardjasoemantri, Koesnadi, 1986. *Aspek Hukum Peran Serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Lillesand TM, Kiefer RW. 1990. *Penginderaan Jauh dan Penafsiran Citra*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Lintang, N.C., Sanjoto, T., Tjahjono, H. 2017. *Kajian Kerapatan Vegetasi Hutan Lindung Gunung Ungaran Menggunakan Metode Indeks Vegetasi*. Jawa Tengah.
- Sumadi A, Siahaan H. 2010. Model penduga volume pohon kayu bawang (*Disoxylum molliscium* Burn F.) di Provinsi Bengkulu. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 7(4)
- Wischmeier WH, Smith DD. 1965. *Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of The Rocky Mountains: a Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation*. Washington DC: U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.
- Zachar, D. 1982. *Soil Erosion*. New York. VEDA, Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava.
- Zhou, Q., 1991. A Method for Integrating Remote Sensing and GIS, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55(5).