

Karakteristik Indeks Air Menggunakan Normalized Difference Water Index (NDWI) Pada DAS Negeri Rutong Kota Ambon

Water index characteristics using the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Rutong State Watershed of Ambon City.

Rizal Husin¹, Patrich E. Ph Papilaya², Bokiraiya Latuamury^{2*}

¹Program Studi Kehutanan Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Pattimura

² Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Pattimura, Kampus Poka, Ambon

bokiraiya.latuamury@faperta.unpatti.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis transformasi kandungan air indeks NDWI dan pola spasial pemetaannya di DAS Negeri Rutong Kota Ambon; dan pengaruh atribut lingkungan terhadap pola spasial kandungan air indeks. Metode penelitian menggunakan analisis citra sentinel 2-A dan metode regresi linier berganda, dengan atribut lingkungan seperti temperatur, kelembaban, kerapatan vegetasi dan tipe tutupan lahan. Hasil transformasi kandungan air indeks NDWI dan pola sebaran kandungan air NDWI Negeri Rutong periode 2010-2022 menunjukkan bahwa perubahan persebaran kandungan air NDWI yang mengalami pergeseran pola yang meluas ke wilayah pesisir kearah daratan. Perbedaan antara daerah berair dan daerah kering di sekitarnya terlihat dengan jelas. Kandungan air tinggi mendominasi dengan kandungan air vegetasi pohon mulai mengalami perubahan menurun, sementara kandungan air rendah dan sedang mengalami peningkatan dan menyebar di sepanjang pesisir pantai bergerak menuju ke wilayah daratan. Pola spasial penyebaran kandungan air NDWI rendah dan sedang menyebar dari wilayah pesisir dan daratan menuju perbukitan dan pegunungan. Hasil analisis pengaruh atribut lingkungan terhadap pola spasial kandungan air indeks menunjukkan bahwa parameter temperatur, kelembaban, kerapatan vegetasi dan jenis tutupan vegetasi memiliki pengaruh signifikan secara simultan terhadap kandungan air indeks NDWI pada taraf signifikansi (0.000) lebih kecil dari α 0.05. Hasil Uji parsial (uji-t) menunjukkan bahwa parameter temperatur, kelembaban, dan kerapatan vegetasi memiliki pengaruh signifikan secara parsial terhadap kandungan air indeks NDWI. Sementara variabel jenis tutupan vegetasi memiliki pengaruh tidak signifikan terhadap kandungan air indeks NDWI pada taraf signifikansi α 0.05.

Kata kunci: : Indeks Air, Kandungan air, NDWI, Pola spasial

Abstract

The objectives of this study are analyzing the transformation of the water content of the NDWI index and the spatial pattern of its mapping in the Rutong State Watershed of Ambon City and analyzing the influence of environmental attributes on spatial patterns of NDWI index water content. The results of the transformation of the NDWI index water content and the distribution pattern of the NDWI water content for the 2010-2022 period show that changes in the distribution of NDWI water content have shifted ways that extend to coastal areas towards the mainland. The difference between the watery area and the dry area around it is visible. High water content dominates with the water content of tree vegetation begins to experience decreasing changes. In contrast, low and moderate water content increases and spreads along the coast, moving towards land areas. The spatial distribution pattern of low and moderate NDWI water content extends from coastal and inland areas to hills and mountains. The results of the analysis of the influence of environmental attributes on the spatial pattern of the NDWI index water content showed that the results of the ANOVA F-count (36,051) were more significant than the F-table (2,479), indicating that the parameters of temperature, humidity, vegetation density and type of vegetation cover had a considerable influence simultaneously on the water content of the NDWI index at a significance level (0.000) smaller than α 0.05. The results of the partial test (t-test) show that the parameters of temperature, humidity, and vegetation density have a partially significant

influence on the water content of the NDWI index. While the variable type of vegetation cover has an insignificant impact on water content, the NDWI index is at a significance level of a 0.05.

Keywords: NDWI Index, Rutong State Watershed, Spatial Pattern, Water Content

Pendahuluan

Normalized Difference Water Index (NDWI) menurut (Gao, 1996) adalah indeks kekeringan yang populer untuk kelembaban vegetasi. NDWI sudah banyak digunakan untuk identifikasi kelembaban dan kekeringan. Menurut (Dennison et al., 2005), NDWI telah terbukti efektif dalam memantau kandungan air vegetasi dalam berbagai studi. Penelitian (Jackson et al., 2004) melakukan perbandingan kemampuan NDVI dan NDWI untuk pemantauan kelembaban vegetasi, dan kekeringan padang rumput, yang memberikan hasil bahwa NDWI lebih sensitif terhadap kekeringan vegetasi. Penelitian oleh Suwarsono mengidentifikasi daerah tergenang menggunakan metode NDWI dari data Landsat TM / ETM+ pada dataran rendah Pulau Jawa. Analisis parameter NDWI yang digunakan merupakan NDWI dari (JRC European Commission, 2011), MNDWI dari (Xu, 2006) dan NWI dari (Yang et al., 2011) untuk mendeteksi daerah tergenang. Penelitian terkait penggunaan band citra pada [8] melakukan perbandingan metode NDWI dan MNDWI. Metode NDWI menggunakan *band Green* dan *band NIR*, sedangkan Metode MNDWI menggunakan *band Green* dan *band SWIR*. Badan air memiliki daya serap lebih kuat pada *band SWIR* di bandingkan dengan *band NIR*.

Pulau Ambon dengan luas daratan 359,45 km², dan luas lautan 17,55 km² dengan panjang garis pantai 98 km. Pulau Ambon menurut kajian resiko bencana hidrometeorologi berada pada skor 156 yang termasuk kategori risiko tinggi. Potensi luas bahaya banjir untuk Pulau Ambon dalam lima tahun terakhir mengalami kejadian banjir dan longsor, dengan dampak kerusakan infrastruktur, dan korban jiwa dan meninggal. Kondisi topografi wilayah Kota Ambon, meliputi wilayah daratan berbukit sampai berlereng terjal dengan kemiringan > 20° sebesar 73%. Wilayah daratan cenderung datar atau landai dengan kemiringan < 20° sebesar 17%; dan sekitar 10% adalah pantai, pesisir dan teluk. Potensi penduduk yang terpapar banjir meliputi lima DAS Kota Ambon karena kondisi kawasan perlindungan sempadan sungai dipadati permukiman penduduk dan jumlah kelompok rentan yang tinggi (Latuamury & Talaohu, 2021).

Beberapa wilayah di Ambon masih mengalami masalah dengan Dapat di liat kualitas air yang buruk dapat di lihat dari warna, bau, rasa, derajat keasaman (pH). oleh karena itu dianjurkan bagi masyarakat di Ambon untuk memperhatikan dan memperbaiki sanitasi lingkungan dan perilaku hidup bersih dan sehat untuk mengurangi risiko terhadap penyakit yang disebabkan oleh air yang tercemar. Penelitian indeks air pada berbagai tipe penutupan lahan pada pulau kecil seperti kota Ambon merupakan kebutuhan yang penting guna mendukung kajian resiko bencana hidrometeorologi (Bokiraiya Latuamury et al., 2022). Guna mendukung penelitian ini maka sejumlah penelitian indeks air dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dilakukan untuk mengembangkan kerangka penelitian (Jin et al., 2021).

Penelitian transformasi indeks air telah dilakukan oleh banyak ahli. (Wibowo et al., 2015) mendiagnosa degradasi hutan gambut di Kalimantan tengah menggunakan *Normalized Difference Water Index* (NDWI) dan *Water Band Index* (WBI). (Cordeiro et al., 2021) meneliti mengenai studi indeks vegetasi untuk identifikasi vegetasi hutan rawagambut menggunakan indek vegetasi NDVI, RVI, GVI, dan WVI menggunakan data *Canopy cover* (meliputi *crown closure*, *canopy closure*, atau *crown cover*) dikorelasikan dengan data indeks vegetasi di sebagian areal HPH PT. Brata Jaya Utama di Kalimantan Tengah. Selanjutnya, (McFeeters, 1996) membuktikan bahwa metode indeks air memiliki keunggulan dalam hal kemudahan penggunaan dan waktu pengolahan yang singkat untuk perolehan data garis pantai. Beberapa indeks air yang digunakan dalam penelitian ini adalah NDWI (McFeeters, 1996), (Xu, 2006)(Xu, 2006), dan AWEI (Guo et al., 2017). Masing-masing indeks air dibuat untuk tujuan tertentu sehingga keunggulan yang diberikan oleh indeks air pada lokasitertentu akan hilang ketika diterapkan di lokasi lain.

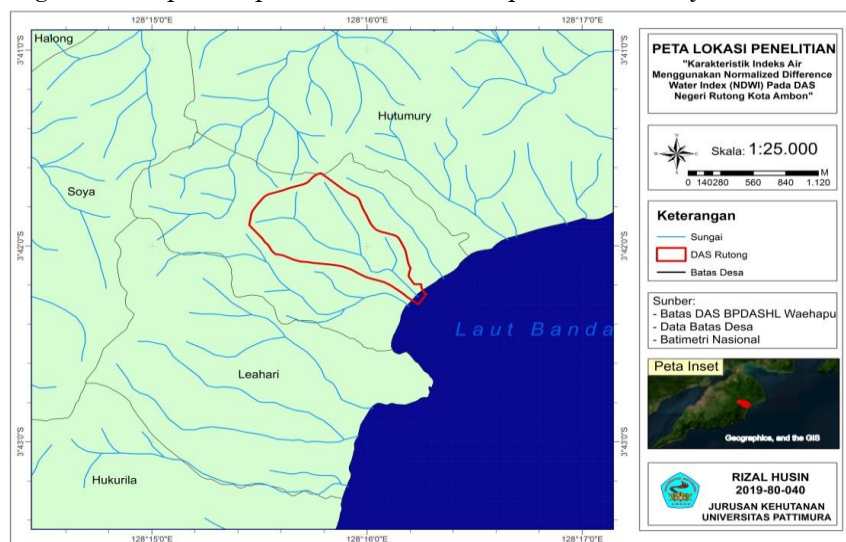
DAS Rutong memiliki fungsi yang penting sebagai sumber air baku bagi PDAM dan irigasi untuk sektor pertanian di sekitar daerah tersebut. Selain itu masyarakat sangat bergantung pada das rutong tersebut Aliran air DAS Rutong relatif lambat dan tidak terlalu dalam. ini disebabkan

karena adanya beberapa bendungan kecil yang mengatur aliran air. hal ini juga menjadi tempat rekreasi bagi masyarakat setempat. Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini di fokuskan pada DAS Negeri Rutong. Penelitian ini merupakan tantangan penelitian di bidang kehutanan,serta upaya- upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Berdasarkan uraian singkat diatas, maka penelitian ini mengambil judul penelitian sebagai berikut: “*Karakteristik Indeks Air Menggunakan Normalized Difference Water Index (NDWI) Pada DAS Negeri Rutong Kota Ambon*”.

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di DAS Negeri Rutong Kecamatan Leitimur Selatan Kota Ambon. Negeri Rutong terletak di Pantai selatan jazirah Leitimur, Kecamatan Leitimur Selatan, Kota Ambon, (rutong.id) Secara geografis negeri Rutong berbatasan sebelah utara dengan Negeri Halong, sebelah selatan Laut Banda, sebelah timur Desa Hutumuri, dan sebelah barat Desa Soya. Letak desa ini berada di wilayah pesisir dengan jarak kurang lebih 24 km dari pusat kota dengan jumlah penduduk 994 jiwa dan luas wilayah 5,00 km². Penutupan lahan hutan di DAS Negeri Rutong memiliki stratifikasi tajuk yang berlapi-lapis. Terdapat stratifikasi penutupan vegetasi hutan yang masih dominan di sepanjang kiri-kanan sungai, dan juga kanopi tajuk pohon dalam semua strata pada DAS Negeri Rutong memiliki tutupan hutan yang memadai dalam mempertahankan fungsi hidro- orologis dalam ekosistem DAS Negeri Rutong Kecamatan Leitimur Selatan Kota Ambon. Karakteristik indeks air pada berbagai tipe penutup lahan berbeda dapat mengakomodasi deteksi indeks air pada berbagai kelas penutup lahan. Peta lokasi penelitian disajikan Gambar 1.



Gambar 1. Peta wilayah penelitian

Data Penelitian

Data primer merupakan data yang diambil langsung di lapangan. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data wilayah penelitian yang diperoleh dari BPDASHL waehapu batu merah kota ambon, dan DEM USGS yang diolah menggunakan ArcGIS untuk menghasilkan batas DAS lokasi penelitian. Data citra landsat 8 ETM Path/Row 109/62 rekaman tahun 2013 – 2021 untuk menghasilkan peta index air tahun 2022. Data sekunder adalah data penunjang data primer. Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data informasi dan literatur yang relevan dengan penelitian ini yang diperoleh dari Ditjen Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, USGS EarthExplorer dan Badan Informasi Geospasial (BIG).

Prosedur Penelitian

Pra Pengolahan Citra

Tahapan pra pengolahan citra yaitu:

1. Koreksi geometrik

Koreksi *geometrik* dilakukan karena terjadi distorsi *geometrik* antara citra hasil penginderaan dan objeknya. Distorsi *geometric* adalah ketidaksempurnaan geometri citra yang terekam pada saat pencitraan, hal ini menyebabkan ukuran, posisi, dan bentuk citra menjadi

tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya. Distorsi geometric ini harus dikoreksi dahulu sebelum citra digunakan (Lukiawan et al., 2019). Proses Koreksi geometrik di kerjakan dengan tujuan untuk meniadakan kesalahan spasial citra yang terjadi pada saat perekaman oleh sensor satelit berlangsung

2. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik perlu dilakukan karena adanya distorsi radiometrik ketika proses perekaman. Gangguan tersebut terjadi pada sinyal pantulan objek saat melewati lapisan atmosfer, sehingga hambatan atmosfer tersebut perlu dihilangkan. Hasil dari koreksi radiometrik adalah adanya kualitas visual citra yang lebih baik dan nilai-nilai piksel yang mengalami distorsi terperbaiki pada saat proses perekaman data citra. Munculnya kesalahan geometrik disebabkan oleh dua faktor, yakni faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal meliputi kesalahan geometrik sensor dan bersifat sistematis, sedangkan faktor eksternal meliputi kesalahan bentuk dan karakter objek data (Latuamury et al., 2020). Koreksi radiometrik merupakan suatu operasi pengkondisian supaya citra yang digunakan benar-benar memberikan informasi yang akurat. Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya (Latuamury et al., 2021).

Satelit Landsat-8 yang menggunakan 16 bits, artinya digital number (dn) terletak dalam rentang 0 sampai 2 pangkat 16 (=65536). Ada dua cara yang umum digunakan untuk kalibrasi radiometrik (tergantung data yang tersedia):

- Menggunakan Gain dan offset, data yang diperlukan adalah radiance atau reflectance multiple rescaling factor (GAIN) dan additive rescaling factor (OFFSET).
- Menggunakan nilai radiance atau reflectance maksimum dan minimum. Sebagai contoh, kalibrasi radiometrik ini menggunakan data landsat 8 (resolusi spasialnya 16 bits).

3. Pemotongan citra/ *Cropping Image*

Proses ini bertujuan untuk memotong citra sesuai dengan batasan wilayah kajian penelitian sehingga analisis dapat lebih difokuskan pada wilayah tersebut. Hal ini hanya digunakan apabila pengolahan dan analisis citra tidak memerlukan kontribusi atau pengaruh dari wilayah sekitarnya yang berada di luar wilayah penelitian. Selain itu pemotongan citra akan mengurangi kapasitas memori sehingga memudahkan pada proses pengolahan data citra. Teknik yang digunakan pada tahapan pemotongan citra adalah dengan menggunakan data vektor, koordinat geodetik atau dengan menggunakan box (*zooming*) yang ada pada software yang digunakan

Pengolahan Citra

Tahap pengolahan citra yaitu:

1. Komposit Warna

Penyusunan Komposit warna, bertujuan untuk lebih mempertajam kenampakan objek tertentu sesuai keperluan sehingga mempermudah dalam melakukan interpretasi citra, komposit warna yaitu *Red, Green, dan Blue (RGB)*. Untuk mengetahui penutupan lahan menggunakan komposit band (RGB 542) pada citra *landsat 5* dan citra *Landsat 7*. Proses ini menggunakan Software ArcGis (D. R. Putri et al., 2018).

2. Penajaman citra

Penajaman citra digunakan untuk untuk menajamkan, menghaluskan filter, perentangan kontras dan klasifikasi multispektral pada citra landsat 8, hingga layout hasil olahan data digital tersebut. Software yang digunakan ArcGIS 10.3. Penajaman kontras dalam citra merupakan cara untuk memperbaiki tampilan dengan memaksimalkan kontras antara pencahayaan dan penggelapan atau menaikkan dan merendahkan harga suatu data citra.

3. Klasifikasi terbimbing (*supervised*)

Metode *Supervised Clasification* (Klasifikasi Terbimbing) merupakan metode menganalisis dengan cara menetapkan beberapa training/sample area (daerah contoh) terlebih dahulu kemudian pada citra bisa terlihat sebagai kelas lahan tertentu. Metode ini dilakukan menggunakan referensi penunjang diantaranya observasi lapang maupun data, dengan tujuan keakuratan data ketika proses digitasi (Putri et al., 2018).

Klasifikasi yang dilakukan menggunakan klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood Classification* (MLC). Metode klasifikasi *maximum likelihood* diawali dengan penentuan area contoh (*training area*) untuk memperoleh informasi sejumlah piksel, pada semua band untuk setiap tutupan lahan yang telah ditentukan. Klasifikasi maximum likelihood mengklasifikasikan setiap piksel pada setiap kelas berdasarkan probabilitas tertinggi. Dengan metode ini, setiap piksel diklasifikasikan ke dalam kelas yang memiliki kesamaan spektral terbesar dengan kelas pada area contoh (Putri et al., 2021) .

4. Survey lapangan (*Ground truth*)

Survey lapangan dilakukan untuk pengambilan data primer. Survei lapangan melakukan dokumentasi terkait kondisi eksisting lahan penelitian berupa pengambilan titik-titik koordinat menggunakan GPS sebanyak 50 titik yang tersebar merata pada tiap kelas penutupan/penggunaan lahan. Hal ini dilakukan untuk mencocokkan data hasil klasifikasi dengan data di lapangan agar menghasilkan sebuah data yang valid dan akurat.

5. Uji Ketelitian

Uji ketelitian ini merupakan salah satu tahap yang penting untuk dilakukan karena dengan uji ketelitian ini, dapat di ketahui tingkat akurasi atau ketelitian suatu data yang kemudian hasilnya akan dimanfaatkan untuk tahap selanjutnya yaitu tahap analisis. Perhitungan akurasi data dalam penelitian ini dilakukan dengan membuat matriks kontingensi yang disebut *confusion matrix* yang didapat dengan cara membandingkan perhitungan titik sampel di lapangan (*ground truth*) dengan data hasil klasifikasi citra (Tabel 3.2). Selanjutnya untuk uji ketelitian dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut;

$$\text{Tingkat uji ketelitian} = \frac{\text{jumlah sampel benar}}{\text{jumlah sampel yang diambil}} \times 100\%$$

Selain itu, digunakan juga algoritma Kappa dalam menentukan uji ketelitian ini. Berikut adalah rumus Kappa (De Alwis et al., 2007)

$$\hat{k} = \frac{N \sum_{i=1}^k X_{ii} - \sum_{i=1}^k X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^k (X_{i+} X_{+i}) -}$$

Dimana:

\hat{k} = kappa

N = jumlah seluruh pixel sampel dalam confusion matrix

X_{ii} = pixel pada diagonal utama (klasifikasi yang benar) *confusion matrix*

X_{i+} = jumlah pixel seluruh kolom pada suatu baris X_{+i} = jumlah pixel seluruh baris pada suatu kolom

Indeks Air, *Normalised Difference Water Index* (NDWI) adalah transformasi reflektansi dari *band* untuk mengekstraksi tingkat kecerahan air. Ada 2 algoritma yang pernah digunakan oleh peneliti di antaranya oleh McFeeters 1996. Persamaan untuk NDWI adalah:

$$NDWI = \frac{NIR + SWIR}{NIR - SWIR}$$

Tabel 1. Karakteristik citra Landsat 8 OLI

Band	Tippe	Spektral (µm)
1	30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451
2	30 m Blue	0.452 – 0.512
3	30 m Green	0.533 – 0.590
4	30 m Red	0.636 – 0.673
5	30 m NIR	0.851 – 0.879
6	30 m SWIR -1	1.566 – 1.651
7	30 m SWIR -2	2.107 – 2.294
8	15 m Pan	0.503 - 0.676
9	30 m Cirrus	1.363 – 1.384

Sumber: USGS, 2016

Pengembangan modifikasi formula di antaranya adalah dengan persamaan model:

$$NDWI = \frac{Blue - Red}{Blue + Red}$$

Dimana: RNir adalah reflektan dari band NIR, sedangkan R SWIR 6 adalah reflektan dari band SWIR 6 pada Landsat 8.

Indeks NDWI dipengaruhi oleh kadar air daun, jenis vegetasi, dan penutup lahan (Gao, 1996). Kadar air vegetasi yang tinggi dan pada fraksi tutupan vegetasi yang tinggi akan memiliki nilai NDWI tinggi. Nilai-nilai NDWI rendah berarti kadar air vegetasi rendah dan fraksi penutup vegetasinya juga rendah (Tabel 2-1).

Tabel 2. Kelas NDWI menurut Gulacsi dan Kovacs, 2010

Kategori NDWI	Deskripsi
$0,6 \leq NDWI \leq 0,7$	Kadar air tinggi
$0,5 \leq NDWI \leq 0,6$	Kadar air sedang
$0,4 \leq NDWI \leq 0,5$	Kadar air rendah

Analisis Data

Uji statistik dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis transformasi indeks air NDWI pada berbagai kelas penutupan lahan berbeda dan juga beberapa aspek lingkungan yakni temperatur, kelembaban dan kerapatan vegetasi. Analisis statistik dilakukan untuk menganalisis sebagai instrumen untuk pengujian hipotesis, sampai dengan menarik kesimpulan terhadap hipotesis dihasilkan berdasarkan pertimbangan yang obyektif dan bersifat kuantitatif. Jenis uji statistik untuk pengujian hipotesis penelitian ini adalah uji regresi parsial (uji-t) dan uji regresi secara simlutan (Uji ANOVA). Tahapan dalam melalu pengujian statistic diawali dengan pengujian normalitas data dan uji masalah klasik seperti autokorelasi, multikolinieritas, dan heterokedastitas guna memenuhi uji regresi yang baik.

Uji normalitas data

Uji normalitas data digunakan untuk mengetahui distribusi data dari variabel yang diteliti termasuk kategori distribusi normal atau tidak. *Screening* terhadap normalitas data merupakan langkah awal yang harus dilakukan untuk setiap analisis *multivariate*, khususnya untuk tujuan inferensi (Ghozali, 2006). Distribusi normal merupakan distribusi teoritis dari variabel random yang bersifat kontinyu (Dajan, 1986). Data yang terdistribusi secara normal mempunyai nilai rendah dan nilai tinggi yang berjumlah sedikit, dan pada umumnya bernilai menengah. Metode statistik yang biasa digunakan untuk menguji normalitas suatu distribusi data, yaitu metode Kolmogorov-Smirnov dan Shaphiro-Wilk. Hipotesis yang digunakan pada uji Kolmogorov-Smirnov adalah:

Ho: data berdistribusi normal

Ha: data tidak berdistribusi normal

Keluaran SPSS dari penerapan metode Kolmogorov-Smirnov yang digunakan untuk mendeskripsikan hasil analisis statistik ada dua, yaitu: a) nilai *absolute* dari *most extreme differences*. Nilai tersebut merupakan nilai D hitung. Distribusi data dikatakan normal apabila nilai D hitung lebih kecil daripada D tabel, dan b) nilai signifikansi, konsep dari tes ini adalah uji perbedaan antara data hasil penelitian dengan data berdistribusi normal yang memiliki *mean* dan standar deviasi yang sama dengan data hasil penelitian. Dengan demikian, jika tes tersebut signifikan ($p < 0,05$) maka menolak Ho yang berarti data tersebut termasuk kategori tidak normal, sebaliknya bila hasil tes tersebut tidak signifikan ($p > 0,05$) maka data hasil penelitian memiliki distribusi yang termasuk kategori normal.

Uji linearitas

Uji linearitas digunakan untuk menentukan spesifikasi model regresi yang akan digunakan. Berdasarkan hasil uji linearitas, dapat ditentukan fungsi yang sesuai digunakan dalam studi empiris, yaitu apakah berbentuk linier, kuadrat atau kubik. Beberapa metode dapat digunakan untuk uji linearitas tersebut, diantaranya adalah uji Durbin Watson, Uji Ramsey, dan Uji Langrange Multiplier. Aplikasi tiga metode tersebut dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS, namun demikian SPSS telah menyediakan fasilitas uji linearitas yang dapat langsung digunakan. Asumsi linearitas

adalah asumsi yang menyatakan apakah data hasil penelitian sesuai dengan garis linier atau tidak. Asumsi ini dapat diketahui dengan mencari *nilai deviation from linearity* dari uji F linier. *Deviation from linearity* pada keluaran SPSS menunjukkan seberapa jauh model hasil penelitian menyimpang dari model linier. Hipotesis yang digunakan pada uji linearitas adalah:

Ho: hubungan antara variabel *dependent* dan *independent* adalah linier

Ha: hubungan antara variabel *dependent* dan *independent* adalah tidak linier

Nilai *deviation from linearity* lebih besar dari 0,05 ($> 0,05$), berarti menerima Ho atau hubungan antara variabel *dependent* dengan variabel *independent* adalah linier, sedangkan apabila sebaliknya berarti menolak Ho atau hubungan antara variabel *dependent* dengan variabel *independent* adalah tidak linier.

Uji Multikolinieritas

Uji multikolinieritas dilakukan dengan memastikan tidak adanya variabel independen dalam suatu model regresi yang memiliki korelasi yang cukup tinggi dengan variabel independen lainnya. Uji multikolinieritas dilakukan dengan menggunakan 2 metode, yaitu:

- metode Perbandingan r^2 dan R^2 , yaitu rasio r^2 dan R^2 dilakukan dengan R-Square hasil uji ulang X_1 dan X_2 . Nilai r^2 kemudian dibandingkan dengan R^2 , dengan kriteria penolakan Ho, jika $r^2 < R^2$.
- melihat Nilai Tolerance dan VIF, yaitu dengan melihat nilai *variance inflation factor* (VIF) dan nilai *Tolerance*, dimana kriteria tidak ada *masalah* multikolinieritas, jika nilai tolerance $> 0,1$ dan nilai $VIF < 10$.

Uji Masalah Autokorelasi

Uji Autokorelasi dilakukan untuk memastikan tidak terjadinya autokorelasi pada setiap regresi yang dilakukan. Adanya autokorelasi dapat menyebabkan koefisien regresi menjadi tidak signifikan dari pada sesungguhnya atau dengan kata lain ada kecenderungan menolak hipotesis nul (Gudono, 2011). Untuk mendeteksi adanya autokorelasi digunakan uji Durbin – Watson (DW), yang menyatakan suatu regresi bebas dari autokorelasi, jika $dU < DW < 4-dU$.

Uji Masalah Heterokedasitas

Uji heterokedasitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi terjadi kesamaan varians dari residual satu pengamatan dengan pengamatan lainnya. Model regresi yang baik adalah model yang homokedasitas atau tidak terjadi masalah heterokedasitas. Pengujian heterokedasitas dilakukan secara visual dengan mengamati grafik pencar (*scatter plots*). Jika pola sebaran data pada *scatter plots* tidak membentuk pola yang teratur dan berada di atas dan dibawah titik 0 sumbu-Y *scatter plots*, maka tidak ada masalah heterokedasitas dalam persamaan regresi.

Analisis regresi sederhana dan regresi berganda

Analisis regresi sederhana merupakan metode statistika yang digunakan untuk menentukan kemungkinan bentuk hubungan antar dua variabel yang merupakan variabel *dependent* dan variabel *independent*. SPSS dapat melakukan dua analisis tersebut secara bersama-sama. Keluaran dari SPSS yang digunakan untuk menilai kebaikan model hubungan antar variabel adalah koefisien determinasi yang menggambarkan seberapa besar variasi dari variabel *dependent* dapat dijelaskan oleh variasi dari *independent*. Hipotesis yang digunakan untuk menguji persamaan regresi adalah:

Ho: kontribusi variabel *independent* (variasi penutupan lahan, suhu udara, kelembahan udara, radiasi matahari) terhadap variabel *dependent* (indeks Air NDWI) tidak signifikan

Ha: kontribusi variabel *independent* (variasi penutupan lahan, suhu udara, kelembahan udara, radiasi matahari) signifikan terhadap variabel *dependent* (indeks Air NDWI)

Uji F digunakan untuk menguji hipotesis tersebut, jika F hitung lebih besar daripada F tabel, maka keputusan yang diambil adalah menolak Ho, sedangkan jika sebaliknya, menerima Ho.

Analisis korelasi berganda digunakan untuk mengetahui hubungan dari beberapa variabel *independent* dengan variabel *dependent* yang digunakan pada penelitian ini. Hubungan antar variabel dapat diketahui dari matriks korelasi yang dihasilkan dari hasil analisis korelasi tersebut. Analisis regresi berganda merupakan metode statistika yang digunakan untuk menentukan kemungkinan bentuk hubungan antara variabel *dependent* dan beberapa variabel *independent*. Uji signifikansi koefisien determinasi dilakukan dengan melihat nilai F hitung pada tabel ANOVA. Hipotesis yang digunakan untuk menguji koefisien determinasi adalah:

Ho: kontribusi variabel *independent* (variasi penutupan lahan, suhu udara, kelembahan udara, radiasi matahari) terhadap variabel *dependent* (indeks Air NDWI) tidak signifikan

Ha: kontribusi variabel *independent* (variasi penutupan lahan, suhu udara, kelembahan udara, radiasi matahari) signifikan terhadap variabel *dependent* (indeks Air NDWI)

Uji F digunakan untuk menguji hipotesis tersebut, jika F hitung lebih besar daripada F tabel, maka keputusan yang diambil adalah menolak Ho, sedangkan jika sebaliknya, menerima Ho. Koefisien determinasi yang digunakan analisis regresi berganda adalah koefisien determinasi yang disesuaikan (*adjusted R square*). Menurut Santosa dan Ashari (2005), koefisien determinasi yang disesuaikan lebih baik untuk menilai kebaikan model dibandingkan koefisien determinasi. Dalam pemilihan variabel anggota regresi ada menggunakan metode *enter* Pada penelitian ini dilakukan pemilihan variabel dengan metode *enter*, namun apabila ternyata ada koefisien slope dari variabel-variabel independent yang nilai signifikansinya rendah (>5%), maka digunakan metode *stepwise* untuk pemilihan variabel, sehingga dihasilkan persamaan terbaik berdasarkan nilai koefisien determinasinya

Persamaan regresi linear berganda adalah sebagai berikut.

$$Y = \alpha + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_4X_4 + e$$

Keterangan :

Y = Kandungan air indeks NDWI

α = Konstanta

β_1 = Koefisien regresi temperatur udara

β_2 = Koefisien regresi kelembaban

β_3 = Koefisien regresi kerapatan vegetasi

β_4 = Koefisien regresi jenis tutupan lahan

X1 = temperatur udara

X2 = kelembaban udara

X3 = kerapatan vegetasi

X4 = jenis tutupan vegetasi

E = Kesalahan Regresi

Hasil Penelitian

Hasil transformasi kandungan air indeks NDWI dan pola spasial pemetaannya di DAS Negeri Rutong Kota Ambon

Hasil transformasi indeks air atau kandungan air NDWI untuk Negeri Rutong selama kurun waktu 2010-2022 menggunakan citra Sentinel-2, dimana citra Sentinel-2 merupakan pencitraan optim Eropa yang diluncurkan pada tahun 2010, dan merupakan satelit pertama yang diluncurkan sebagai bagian dari program *Eropoean Space Agency* (ESA) Copernicus. Satelit ini membawa berbagai petak-revolusi tinggi *imager multispektral* dengan 13 band spektral. Satelit ini akan melakukan pengamatan teresterial dalam mendukung layanan seperti pemantauan hutan, deteksi perubahan lahan tutupan, dan manajemen bencana alam. Citra Sentinel-2 memiliki karakteristik seperti pada Tabel 3. Formula yang digunakan menganalisis transformasi indeks air *Normalized Difference Water Index* (NDWI) menggunakan band NIR, SWIR, Red dan Green yang diterjemahkan ke dalam nama band pada citra Sentinel-2, sebagaimana disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Penggunaan band, Panjang gelombang dan resolusi spasial dalam NDWI menggunakan Sentinel

Band	Wavelength (μm)	Spatial resolution (m)
B1 Coastal aerosol	0,433-0,453	60
B2 Blue	0,458-0,523	10
B3 Green	0,543-0,578	10
B4 Red	0,650-0,680	10
B5 Vegetation Red Edge	0,698-0,713	20
B6 Vegetation Red Edge	0,733-0,748	20
B7 Vegetation Red Edge	0,773-0,793	20
B8 NIR	0,785-0,900	10
B8A Narrow NIR	0,855-875	20
N9 Water vapour	0,935-0,955	60
B10 SWIR-Cirrus	1,365-1,385	60
B10 SWIR-1	1,565-1,655	20
B11 SWIR-2	2,100-2,280	20

Sumber: (Bokiraiya Latuamury & Talaohu, 2021)

Prinsip dasar dalam operasional analisis NDWI menggunakan citra Sentinel-2 memiliki beberapa tahapan utama pengolahan citra yakni tahapan pra-pengolahan, tahapan fusi citra (metode PCA, IHS dan Brovey), tahapan transformasi nilai indeks NDWI, klasifikasi tutupan lahan dan tahapan akhir uji akurasi sampai dengan menghasilkan citra terklasifikasi. Setelah dilakukan proses fusi citra optis Sentinel-2 menggunakan ketiga metode PCA, HIS dan Brovey, diperoleh citra baru dengan tampilan visual dan nilai spektral yang berbeda. Hasil proses fusi memiliki tampilan visual Sentinel-2 yang berbeda dengan citra asli komposit band 432 baik dari segi kenampakan warna maupun pola dan tekstur yang terlihat. Hasil PCA lebih menampakkan warna cerah dan beragam dengan tekstur yang lebih halus dibandingkan dengan fusi hasil Brovey dan HIS. Hasil fusi citra Brovey memiliki warna yang hampir sama dengan HIS, perbedaannya hanya pada kekontrasan warna. Hasil fusi HIS lebih cerah dibandingkan dengan hasil fusi citra Brovey dan pada skala perbesaran yang sama, citra Brovey lebih buram dibandingkan citra HIS. Hasil dari ketiga fusi citra mengalami penurunan maupun kenaikan informasi nilai spektral.

Citra Sentinel-2A memperlihatkan pewarnaan kenampakan objek permukaan dalam tampilan dua dimensi, sementara pada citra Sentinel-1A hanya memperlihatkan kenampakan relief tanpa pewarnaan dari unsur kenampakan objek yang ada, sementara hasil dari ketiga metode fusi citra memperlihatkan relief yang berada di wilayah perbukitan yang didominasi oleh penutupan lahan hutan lahan kering sekunder seluas ± 61,45 ha (41%), semak belukar seluas ± 49,65 ha (33%), pertanian lahan kering campur semak seluas ± 37,00 ha (25%) dan pertanian lahan kering seluas ± 2,21 ha (1%).

Hasil transformasi PCA penutupan lahan yang dominan di wilayah penelitian memperoleh hasil perhitungan dan transformasi indeks kandungan air NDWI pada lokasi penelitian Negeri Rutong menunjukkan kandungan air NDWI pada variasi tutupan lahan diperoleh hasil sebagaimana disajikan pada **Tabel 4**.

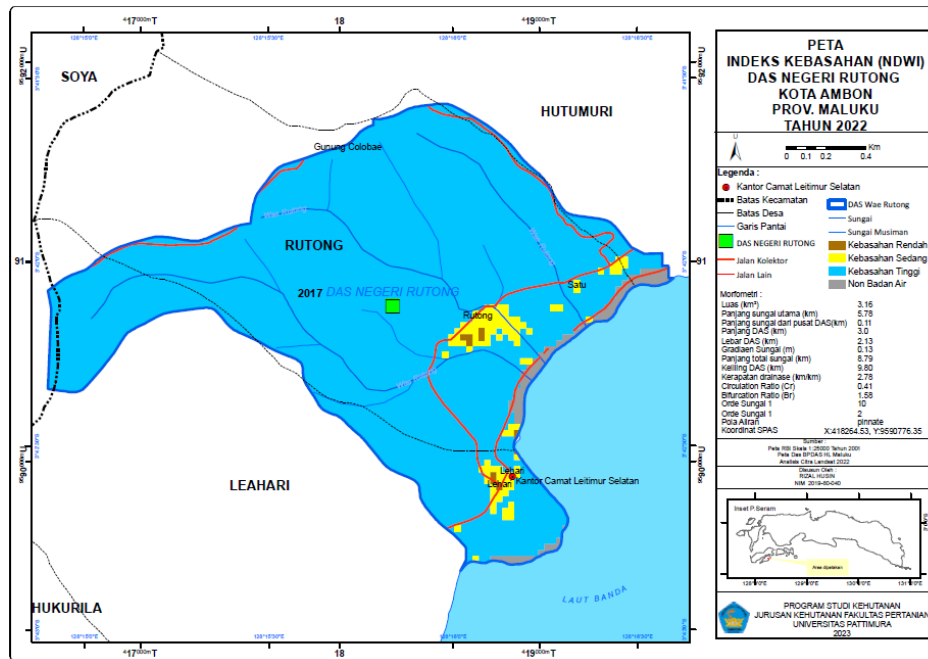
Tabel 4 Hasil perhitungan Indeks Air NDWI (dalam Hektar) selama 2010-2022

Jenis Satelit	Kelas NDWI	Interval	2010	2022
Sentinel -2A	Kandungan air rendah	$0,0 \leq NDWI \leq 0,5$	1,35	0,72
	Kandungan air sedang	$0,5 \leq NDWI \leq 0,7$	3,23	9,62
	Kandungan air tinggi	$0,7 \leq NDWI$	303,85	298,17
	Non Badan Air		7,51	7,42
Total			315,93	315,93

Sumber: Olah data primer, 2010-2022

Hasil perhitungan kandungan air NDWI periode 2010 menunjukkan bahwa kandungan air NDWI dengan luasan tertinggi adalah kandungan air tinggi seluas 303,85 hektar, diikuti non badan air seluas 7,51 hektar, kandungan air sedang seluas 3,23 hektar, dan kandungan air rendah seluas 1,35 hektar. Sementara kandungan air NDWI periode 2022 menunjukkan bahwa kandungan air NDWI dengan luasan tertinggi adalah kandungan air tinggi seluas 298,17 hektar, diikuti non badan air seluas 7,42 hektar, kandungan air sedang seluas 9,62 hektar, dan kandungan air rendah seluas 0,72 hektar. Perhitungan kedua periode waktu menunjukkan adanya perubahan pada kelas kandungan air yakni kandungan air NDWI didominasi kelas kandungan air tinggi dan non badan air mengalami penurunan, sementara kedua kelas kandungan air NDWI rendah dan sedang mengalami peningkatan.

Klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode *supervised classification* menggunakan citra Sentinel-2A, memperlihatkan perbedaan dalam sebaran tutupan lahan dan luas area setiap penutupan lahan. Perbedaan hasil klasifikasi tutupan lahan dari setiap citra memiliki informasi nilai piksel atau nilai spektral yang berbeda sehingga menampilkan atau mempresentasikan rona warna yang berbeda pula. Rona warn ini digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan untuk *training area* setiap kelas tutupan lahan. Hasil klasifikasi tutupan lahan memperlihatkan perbedaan luasan masing-masing kelas penutupan lahan.



Gambar 2 Peta Indeks NDWI DAS Negeri Rutong periode 2022

Pola spasial kandungan air NDWI selama 2015 dan 2020 menunjukkan pola perubahan yang signifikan. Visualisasi pola spasial kedua periode menunjukkan pola pergerakan untuk kandungan air NDWI rendah dan sedang meningkat, sementara kandungan air NDWI sedang mengalami penurunan. Hasil ini memperlihatkan terdapat perubahan penutupan lahan dan penggunaan lahan dalam periode 2015-2022. Pola spasial transformasi indeks NDWI pada berbagai tipe penutupan vegetasi didominasi oleh delapan kelas penutupan lahan yaitu hutan (hutan lahan kering primer dan sekunder dan hutan rawa sekunder), lahan pertanian (meliputi pertanian lahan kering dan pertanian campuran), permukiman, semak-semak dan lahan terbuka.

Perhitungan indeks air NDWI berdasarkan 90 poligon dianalisis memperoleh hasil analisis statistik deskripsi indeks air NDWI minimum (0,29), maksimum (0,76) dengan rata-rata (0,58), standart deviasi (0,119), variance (0,014), skewness (-0,605) dan kurtosis (-0,414). Selanjutnya perhitungan statistika deskriptif untuk temperatur udara memperoleh nilai minimum (24,10 °C), maksimum (38,00 °C), dan rata-rata (29,02 °C), standar deviasi (2,286 °C), variance (5,226 °C), skewness (0,441 °C), dan kurtosis (1,124 °C). Perhitungan statistika deskriptif untuk kelembaban udara memperoleh nilai minimum (57,00%), maksimum (91,00%), dan rata-rata (77,51%), standar deviasi (6,68%), variance (44,70%), skewness (-0,212%), dan kurtosis (0,383%). Perhitungan statistika deskriptif untuk kerapatan vegetasi memperoleh nilai minimum (14,00%), maksimum (97,00%), dan rata-rata (68,98%), standar deviasi (18,52%), variance (3,43%), skewness (-01,50%), dan kurtosis (2,78%), sebagaimana disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil statistik deskriptif parameter indeks air NDWI, temperatur, kelembaban, dan kerapatan vegetasi

Parameter	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance	Skewness	Kurtosis
Indeks NDWI	90	0.29	0.76	0.579	0.119	0.014	-0.605	-0.414
Temperatur	90	24.10	38.00	29.023	2.286	5.226	0.441	2.124
Kelembaban	90	57.00	91.00	77.511	6.686	44.702	-0.212	0.383
Kerapatan Vegetasi	90	14.00	97.00	68.978	18.535	343.011	-1.500	2.785
Valid N (listwise)	90							

Sumber: Olah data primer, 2023

Hasil tabulasi silang indeks air NDWI pada kedelapan jenis penutupan lahan dilakukan pada sampel pengecekan lapangan pada 90 titik pengecekan dan pengukuran menunjukkan bahwa kelas indeks air NDWI paling banyak pada kelas indeks air NDWI tertinggi (56), diikuti kelas indeks air NDWI sedang (18) dan rendah (16). Sementara jenis tutupan lahan terbanyak berada di permukiman 23 titik, diikuti dengan hutan lahan kering primer 17 titik, hutan lahan kering sekunder 16 titik, pertanian lahan kering campuran 12 titik, hutan rawa sekunder dan perkebunan masing-masing 6 titik, dan lahan terbuka 3 titik, sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil tabulasi silang jenis tutupan lahan dan indeks air NDWI

Jenis Tutupan Lahan	Indeks air NDWI			Total
	Rendah (0,0 ≤ NDWI ≤ 0,5)	Sedang (0,5 ≤ NDWI ≤ 0,7)	Tinggi (0,7 ≤ NDWI)	
Hutan lahan kering primer	5	4	7	16
Hutan lahan kering primer	2	2	13	17
Hutan rawa sekunder	1	0	5	6
Pertanian lahan kering campuran	1	2	9	12
Perkebunan	2	2	3	7
Permukiman	2	5	16	23
Semak-semak	2	2	2	6
Lahan terbuka	1	1	1	3
Total	16	18	56	90

Sumber: Olah data primer, 2023

Hasil pengamatan jenis-jenis vegetasi di lokasi penelitian didominasi oleh vegetasi pohon, dimana masyarakat Negeri Rutong mengelola lahan dalam bentuk agroforestri dusung dengan jenis vegetasi antara lain: durian, pala, cengkik, jambu bol, cempedak, gandaria, langsa, jambu mete, manggis, duku, nenas, kuini, mangga, gondal, dan jenis pohon lokal lainnya seperti salawaku, kelapa, waru, bambu dan lainnya.

Hasil Uji Akurasi (*Confusion matrix*) Pemetaan pola spasial transformasi indeks NDWI

Hasil interpretasi citra dan data lapangan menggunakan tabel confusion matrix atau matriks kesalahan yang menghitung perbandingan secara presentase. Penelitian ini menggunakan 90 titik sampel di lapangan kemudian disesuaikan dengan citra sentinel tahun 2022 di Negeri Rutong yang sudah diklasifikasikan, sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Matrix Kesalahan (*Konffusion Matrix*) penutupan Lahan di Negeri Rutong

Tabel kontigensi		Hutan lahan kering primer	Hutan lahan kering Sekunder	Hutan rawa sekunder	Pertanian campuran	Perkebunan	Permukiman	Semak-semak	Lahan terbuka	Σ Baris
Hasil Ground Check	Hutan lahan kering primer	14	0	0	0	0	0	0	0	14
	Hutan lahan kering primer	0	16	3	0	0	0	0	0	19
	Hutan rawa sekunder	0	0	5	0	0	0	0	0	5
	Pertanian lahan kering campuran	0	1	0	8	1	0	0	0	10
	Perkebunan	0	2	0	1	5	0	0	0	8
Hasil Ground Check	Permukiman	0	0	0	0	0	21	0	0	21
	Semak-semak	0	0	0	0	0	0	10	0	10
	Lahan terbuka	0	0	0	0	0	0	0	3	3
	Σ Baris	14	19	8	9	6	21	10	3	90

Berdasarkan perhitungan uji akurasi klasifikasi penutupan lahan melalui analisis tabel kontingensi (*confusion matrix/error matrix*) diperoleh nilai *Overall Accuracy* hasil interpretasi penutupan lahan tahun 2022 sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Overall accuracy} &= \frac{(14 + 16 + 5 + 8 + 5 + 21 + 10 + 3)}{90} \times 100\% \\
 &= \frac{84}{90} \times 100\% = 93\%
 \end{aligned}$$

Nilai Akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) merupakan jumlah piksel yang terdapat pada diagonal matrik dengan jumlah seluruh piksel yang digunakan, nilai *overall accuracy* atau tingkat kepercayaan yang didapatkan adalah 93 % dan tingkat kesalahan sebesar 7%. Adanya piksel tidak murni yang masuk ke dalam kelas tertentu menjadi alasan persentase tingkat kepercayaan belum mencapai 100%, tetapi nilai akurasi tersebut termasuk dalam kategori sangat baik (*very good agreement*) sehingga hasil klasifikasi penutupan lahan dapat dilanjutkan untuk analisis berikutnya.

Hasil regresi transformasi Indeks NDWI dan faktor-faktor lingkungan

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui normal tidaknya distribusi data, karena data yang berdistribusi normal merupakan syarat dilakukannya *parametric* test. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji *One Sample Kolmogorof Sminorv* yaitu dengan syarat nilai *asympt. Sig (2-tailed)* harus diatas 0,05. Hasil perhitungan uji normalitas menggunakan *Kolmogorof Smirnov* dengan bantuan SPSS 23 memperoleh nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,055 > 0,05, dimana data berdistribusi normal. Selain itu uji normalitas dapat juga dilihat dari grafik normal P-P Plot, menunjukkan titik-titik data dalam penelitian ini mendekati dan mengikuti garis diagonal. *Dengan demikian data penelitian ini dapat dikatakan berdistribusi normal.* Uji Multikolinearitas dilakukan dengan melihat nilai *tolerance* dan nilai *Variance Inflation Factor* untuk setiap variabel independen. Dimana tidak terjadi gejala multikolinearitas jika nilai *tolerance* > 0,1000 dan nilai VIF < 10,00.

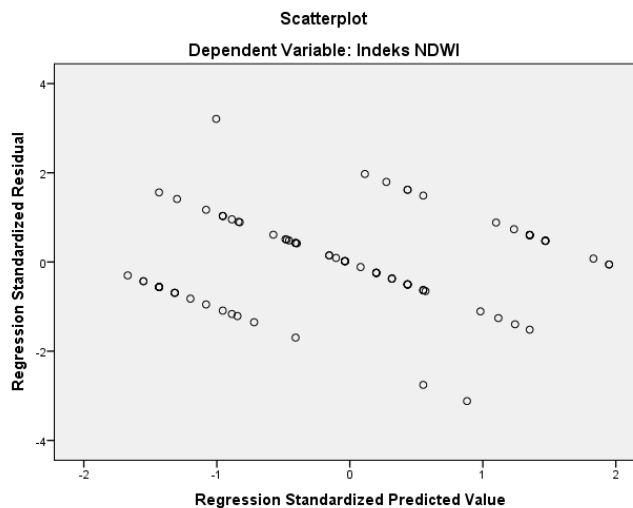
Tabel 7 Hasil Uji Multikolinearitas

Model	Collinearity Statistics	
	Tolerance	VIF
1 (Constant)		
Temperatur	0.662	1.511
Kelembaban	0.295	3.387
Kerapatan Vegetasi	0.223	4.491
Jenis Tutupan Lahan	0.555	1.803

Sumber: Data diolah, 2023

Berdasarkan Tabel 5.6 dapat diketahui nilai *tolerance* untuk semua variabel independen memiliki nilai lebih dari 0,1000, dimana nilai *tolerance* untuk parameter lingkungan terhadap kandungan air NDWI memperoleh nilai *tolerance* untuk temperatur udara (0.662), kelembaban udara (0.295) dan kerapatan vegetasi (0.223), dan jenis tutupan lahan (0.555). Sementara nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) untuk masing masing variabel independen memiliki nilai lebih kecil dari 10, yaitu nilai VIF temperatur udara (1.511), kelembaban udara (3.387), kerapatan vegetasi (4.491), dan jenis tutupan lahan (1.803). *Dengan demikian dapat dikatakan model regresi pada penelitian ini tidak terjadi multikolinearitas.*

Uji ini dilakukan dengan melihat grafik *scatterplot*. Heterokedastisitas terjadi apabila titik-titik pada *scatterplot* membentuk suatu pola tertentu yang teratur. Jika polanya tidak beraturan dan menyebar diatas dan dibawah angka 0 pada sumbu Y, maka dikatakan tidak terjadi heteroskedastisitas.



Gambar 3. Grafik *Scatterplot* (Sumber: Data diolah, 2023)

Berdasarkan Gambar 3, grafik *scatterplot* menunjukkan pola yang tidak teratur dan titik-titik pada grafik terlihat menyebar diatas dan dibawah angka 0 pada sumbu Y, maka dapat disimpulkan tidak terjadi heterokedastisitas. Untuk lebih meyakinkan tidak terjadi heteroskedastisitas dilakukan uji gletser dengan pengambilan keputusan apabila nilai signifikan masing-masing variabel harus lebih besar dari 0,05.

Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi dilakukan dengan uji *Durbin Watson*. Dimana tidak terjadi gejala korelasi apabila nilai $dw > du$ dan $dw < (4-du)$. Hasil uji *Durbin Watson* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Autokorelasi berdasarkan nilai Durbin Watson

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	0.793 ^a	0.629	0.612	0.418	2.103

a. Predictors: (Constant), Jenis Tutupan Lahan, Temperatur, Kelembaban, Kerapatan Vegetasi

b. Dependent Variable: Indeks NDWI

Sumber: Data diolah, 2023

Berdasarkan Tabel 8 hasil uji autokorelasi dapat diketahui nilai *Durbin-Watson* adalah 2,301 dan diperoleh nilai du sebesar 1,6589 untuk $n=90$, $k=4$ serta α 0,05. Karena nilai dw (2,103) $> du$ (1,7508) dan nilai dw (2,103) $< 4-du$ (4-1,7508) 2,2492. Maka *kesimpulannya tidak terjadi gejala autokorelasi dalam penelitian ini.*

Uji Hipotesis

Uji Regresi Linear Berganda

Setelah dilakukan pengujian asumsi klasik, maka dilakukan analisis regresi linear berganda yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Analisis regresi linear berganda bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel independen meliputi temperatur udara, kelembaban udara kerapatan vegetasi dan tipe tutupan lahan terhadap variabel dependen indeks air NDWI. Hasil F-hitung (36.051) lebih besar dari F-tabel (2.479) artinya bahwa parameter temperatur, kelembaban, kerapatan vegetasi dan jenis tutupan vegetasi memiliki pengaruh signifikan secara simultan terhadap kandungan air indeks NDWI pada taraf signifikansi (0.000) lebih kecil dari α 0.05. sebagaimana disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Regresi Linear Berganda ANOVA

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	25.229	4	6.307	36.051	0.000 ^b
	Residual	14.871	85	0.175		
	Total	40.100	89			

a. Dependent Variable: Indeks NDWI

b. Predictors: (Constant), Jenis Tutupan Lahan, Temperatur, Kelembaban, Kerapatan Vegetasi

Sumber: Data diolah, 2023

Berdasarkan Tabel 9 menunjukkan bahwa dapat disimpulkan persamaan regresi linear berganda adalah sebagai berikut.

$$Y = 0.503 + 0.309X_1 + 0.302X_2 + 0.269X_3 - 0.024X_4 + e$$

Nilai Konstanta (α) dalam uji regresi linier berganda menunjukkan bahwa jika semua variabel independen (temperatur, kelembaban, kerapatan vegetasi dan jenis tutupan lahan) diasumsikan tidak ada, maka kandungan air (indeks air) NDWI sebesar 0.503. Nilai konstanta yang positif menunjukkan bahwa jika asumsi semua variabel independen konstan, maka kandungan air indeks NDWI akan meningkat sebesar 0.503. Nilai variabel temperatur udara (X_1) memiliki nilai koefisien regresi sebesar 0.309 bernilai positif (searah) menunjukkan bahwa jika variabel temperatur udara meningkat satu satu, maka kandungan air indeks NDWI juga meningkat sebesar 0.309, dan sebaliknya jika variabel

temperatur udara menurun sebesar satu satuan, maka nilai kandungan air indeks NDWI menurun sebesar 0.309. Nilai variabel kelembaban udara (X_2) memiliki nilai koefisien regresi sebesar 0.302 bernilai positif (searah) menunjukkan bahwa jika variabel kelembaban udara meningkat satu satuan, maka kandungan air indeks NDWI juga meningkat sebesar 0.302, dan sebaliknya jika variabel temperatur udara menurun sebesar satu satuan, maka nilai kandungan air indeks NDWI menurun sebesar 0.302.

Nilai variabel kerapatan vegetasi (X_3) memiliki nilai koefisien regresi sebesar 0.269 bernilai positif (searah) menunjukkan bahwa jika variabel kerapatan vegetasi meningkat satu satuan, maka kandungan air indeks NDWI juga meningkat sebesar 0.269, dan sebaliknya jika variabel kerapatan vegetasi menurun sebesar satu satuan, maka nilai kandungan air indeks NDWI menurun sebesar 0.269. Nilai variabel jenis tutupan lahan (X_4) memiliki nilai koefisien regresi sebesar 0.024 bernilai positif (searah) menunjukkan bahwa jika variabel jenis tutupan lahan meningkat satu satuan, maka kandungan air indeks NDWI juga meningkat sebesar 0.024, dan sebaliknya jika variabel jenis tutupan lahan menurun sebesar satu satuan, maka nilai kandungan air indeks NDWI menurun sebesar 0.024.

Uji Statistik t

Uji parameter individual (uji statistik t) bertujuan untuk membuktikan pengaruh temperatur udara, kelembaban udara, kerapatan vegetasi, dan jenis tutupan lahan terhadap *kandungan air indeks NDWI*. Kriteria untuk menentukan hipotesis diterima menurut Ghozali (2011) diharuskan nilai $\text{sig} < 0,05$ maka artinya variabel independen (X) secara parsial berpengaruh terhadap variabel dependen (Y). uji statistik t dapat dilakukan dengan cara melihat perbandingan nilai t_{hitung} dan t_{tabel} . Dimana diharuskan nilai $t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}}$, maka dapat dikatakan variabel independen (X) secara parsial berpengaruh terhadap variabel independen (Sujarweni, 2014:155).

Tabel 9. Hasil Uji t (uji parsial per parameter)

Model		Unstandardized		Standardized		t	Sig.	Collinearity Statistics	
		Coefficients		Coefficients				Tolerance	VIF
		B	Std. Error	Beta					
1	(Constant)	0.503	0.277		1.815	0.073			
	Temperatur	0.309	0.107	0.234	2.888	0.005	0.662	1.511	
	Kelembaban	0.302	0.115	0.320	2.629	0.010	0.295	3.387	
	Kerapatan Vegetasi	0.269	0.131	0.289	2.064	0.042	0.223	4.491	
	Jenis Tutupan Lahan	-0.024	0.027	-0.077	-0.870	0.387	0.555	1.803	

a. Dependent Variable: Indeks NDWI

Sumber: Data diolah, 2023

Hasil analisis hipotesis variabel temperatur udara memperoleh nilai t-hitung bernilai positif 2.888 dan tingkat signifikansi sebesar $0.005 < 0.005$. Hasil ini menunjukkan bahwa Hipotesis (H1) diterima dapat disimpulkan bahwa temperatur udara memiliki pengaruh signifikan terhadap kandungan air indeks NDWI di Negeri Rutong Kecamatan Leitimur Selatan Kota Ambon. Hasil analisis hipotesis variabel kelembaban udara memperoleh nilai t-hitung bernilai positif 2.629 dan tingkat signifikansi sebesar $0.010 < 0.005$. Hasil ini menunjukkan bahwa Hipotesis (H1) diterima dapat disimpulkan bahwa kelembaban udara memiliki pengaruh signifikan terhadap kandungan air indeks NDWI di Negeri Rutong Kecamatan Leitimur Selatan Kota Ambon.

Hasil analisis hipotesis variabel kerapatan vegetasi memperoleh nilai t-hitung bernilai positif 2.064 dan tingkat signifikansi sebesar $0.042 < 0.005$. Hasil ini menunjukkan bahwa Hipotesis (H1) diterima dapat disimpulkan bahwa kerapatan vegetasi memiliki pengaruh signifikan terhadap kandungan air indeks NDWI di Negeri Rutong Kecamatan Leitimur Selatan Kota Ambon. Hasil analisis hipotesis variabel jenis tutupan lahan memperoleh nilai t-hitung bernilai negatif -0.870 dan tingkat signifikansi sebesar $0.387 > 0.005$. Hasil ini menunjukkan bahwa Hipotesis (H0) diterima dapat disimpulkan bahwa jenis tutupan lahan memiliki pengaruh tidak signifikan terhadap kandungan air indeks NDWI.

Uji Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi simultan (R^2) digunakan untuk mengukur seberapa besar kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Nilai koefisien determinasi adalah antara nol

sampai satu. Nilai R^2 yang kecil menunjukkan bahwa kemampuan variabel-variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen amat terbatas. Kelemahan dari koefisien determinasi adalah bias terhadap jumlah variabel independen yang dimasukkan ke dalam model. Setiap ada penambahan variabel independen maka R^2 pasti akan meningkat tanpa memperdulikan apakah variabel tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen. Oleh karena itu, digunakanlah model adjusted R^2 . Model adjusted R^2 dapat naik atau turun apabila ada suatu variabel independen yang ditambahkan ke dalam model (Ghazali, 2016). Menurut Nugroho 2005 dalam (Putra *et al*, 2022:6) uji koefisien determinasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan variabel independen menjelaskan variabel dependen. Uji koefisien determinasi dilihat dari besar kecilnya nilai *adjusted R²*. Semakin besar nilai *adjusted R²*, maka akan semakin baik model yang digunakan dan kemampuan variabel independen menjelaskan variabel dependen semakin besar dan sebaliknya semakin kecil nilai *adjusted R²*, maka semakin kecil kemampuan variabel independen menjelaskan variabel dependen.

Tabel 10 Hasil Uji Koefisien Determinasi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	0.793 ^a	0.629	0.612	0.418	2.301

a. Predictors: (Constant), Jenis Tutupan Lahan, Temperatur, Kelembaban, Kerapatan Vegetasi; b. Dependent Variable: Indeks NDWI

Sumber: Data diolah, 2023

Berdasarkan Tabel 5.10 menunjukkan bahwa nilai *Adjusted R-square* sebesar 0.612 atau 61,2%. Hasil ini menunjukkan bahwa variabel temperatur udara (X_1), kelembaban udara (X_2), kerapatan vegetasi (X_3), dan jenis tutupan lahan (X_4) memiliki pengaruh signifikan terhadap kandungan air indeks NDWI (Y) sebesar 61,20%. Sementara 38.80% kandungan air indeks NDWI dipengaruhi oleh variabel bebas lainnya yang tidak digunakan dalam penelitian ini.

Kesimpulan

Hasil analisis transformasi kandungan air indeks NDWI dan pola spasial pemetaannya di DAS Negeri Rutong Kota Ambon menunjukkan bahwa pola sebaran kandungan air NDWI Negeri Rutong periode 2010-2022 menunjukkan bahwa perubahan persebaran kandungan air NDWI yang mengalami pergeseran pola yang meluas ke wilayah pesisir kearah daratan. Perbedaan antara daerah berair dan daerah kering di sekitarnya terlihat dengan jelas. Kandungan air tinggi mendominasi dengan kandungan air vegetasi pohon mulai mengalami perubahan menurun, sementara kandungan air rendah dan sedang mengalami peningkatan dan menyebar di sepanjang pesisir pantai bergerak menuju ke wilayah daratan. Pola spasial penyebaran kandungan air NDWI rendah dan sedang menyebar dari wilayah pesisir dan daratan menuju perbukitan dan pegunungan. Hasil analisis pengaruh atribut lingkungan terhadap pola spasial kandungan air indeks NDWI di DAS Negeri Rutong Kota Ambon menunjukkan bahwa hasil ANOVA F-hitung (36.051) lebih besar dari F-tabel (2.479), menunjukkan bahwa parameter temperatur, kelembaban, kerapatan vegetasi dan jenis tutupan vegetasi memiliki pengaruh signifikan secara simultan terhadap kandungan air indeks NDWI pada taraf signifikansi (0.000) lebih kecil dari α 0.05. Hasil Uji parsial (uji-t) menunjukkan bahwa parameter temperatur, kelembaban, dan kerapatan vegetasi memiliki pengaruh signifikan secara parsial terhadap kandungan air indeks NDWI. Sementara variabel jenis tutupan vegetasi memiliki pengaruh tidak signifikan terhadap kandungan air indeks NDWI pada taraf signifikansi α 0.05.

Daftar Pustaka

- Cordeiro, M. C. R., Martinez, J. M., & Peña-Luque, S. (2021). Automatic water detection from multidimensional hierarchical clustering for Sentinel-2 images and a comparison with Level 2A processors. *Remote Sensing of Environment*, 253. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112209>
- De Alwis, D. A., Easton, Z. M., Dahlke, H. E., Philpot, W. D., & Steenhuis, T. S. (2007). Unsupervised classification of saturated areas using a time series of remotely sensed images. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1609–1620. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1609-2007>
- Dennison, P. E., Roberts, D. A., Peterson, S. H., & Rechel, J. (2005). Use of Normalized Difference Water Index for monitoring live fuel moisture. *International Journal of Remote Sensing*, 26(5), 1035–1042.

- <https://doi.org/10.1080/0143116042000273998>
- Guo, Q., Pu, R., Li, J., & Cheng, J. (2017). A weighted normalized difference water index for water extraction using landsat imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 38(19), 5430–5445. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1341667>
- Jackson, T. J., Chen, D., Cosh, M., Li, F., Anderson, M., Walthall, C., Doriaswamy, P., & Hunt, E. R. (2004). Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. *Remote Sensing of Environment*, 92(4), 475–482. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.10.021>
- Jin, S., Liu, Y., Fagherazzi, S., Mi, H., Qiao, G., Xu, W., Sun, C., Liu, Y., Zhao, B., & Fichot, C. G. (2021). River body extraction from sentinel-2A/B MSI images based on an adaptive multi-scale region growth method. *Remote Sensing of Environment*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112297>
- JRC European Commission. (2011). NDWI (Normalized Difference Water Index). *Product Fact Sheet*.
- Latuamury, B., Aponno, H. S. E. S., Marasabessy, H., Hadijah, M. H., & Imlabla, W. (2020). The spatial dynamics of land cover change along the Wallacea corridor in the key biodiversity area 'Buano Island', Maluku, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 7(4). <https://doi.org/10.15243/JDMLM.2020.074.2241>
- Latuamury, B., Marasabessy, H., Talaohu, M., & Imlabla, W. (2021). Small island watershed morphometric and hydrological characteristics in Ambon Region, Maluku Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 800(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/800/1/012047>
- Latuamury, B., Sahureka, M., Imlabla, W. N., Hadijah, M. H., Sahusilawane, J. F., Marasabessy, H., & Talaohu, M. (2022). Land use change and baseflow recession modelling in Wuryantoro Watershed, Wonogiri Regency, Central Java Province, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 10(1), 3871–3882. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.101.3871>
- Latuamury, B., & Talaohu, M. (2021). Correlating Spatial Pattern of Canopy Greenness Derived from the NDVI with Hydrological Characteristics of Small Island Watersheds. *Journal of Geographical Studies*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.21523/gcj5.21050101>
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Putri, D. R., Sukmono, A., & Sudarsono, B. (2018). ANALISIS KOMBINASI CITRA SENTINEL-1A DAN CITRA SENTINEL-2A UNTUK KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN (STUDI KASUS: KABUPATEN DEMAK, JAWA TENGAH). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(2).
- Putri, E. S., Widiyari, A., Karim, R. A., Somantri, L., & Ridwana, R. (2021). Pemanfaatan Citra Sentinel-2 Untuk Analisis Kerapatan Vegetasi Di Wilayah Gunung Manglayang. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 9(2), 133–143.
- Wibowo, A., Sukojo, B. M., Harianto, T., & Djajadihardja, Y. S. (2015). *Ekstraksi Kandungan Air Kanopi Daun Padi dari Data Ground Field Spectrometer dan Airborne-Hyperspectral*. 12–25.
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>
- Yang, H., Wang, Z., Zhao, H., & Guo, Y. (2011). Water body extraction methods study based on RS and GIS. *Procedia Environmental Sciences*, 10(PART C), 2619–2624. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.407>