



Performa NDVI dan NDMI Landsat 8 sebagai Prediktor Spektral Kehadiran *Otus jolandae* di Rinjani

Andrie Ridzki Prasetyo^{1*}, Yuda Radian Surya Gana¹, Muhamad Husni Idris¹,
Niechi Valentino¹, Sitti Latifah¹, Sri Wahyuni²

¹Progam Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Jl. Pendidikan No. 37, Mataram, Indonesia 83125.

²CFES (Community Forest Ecosystem Services), Jl Citanduy No. 12, Kota Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16152.

Email Korespondensi: andrieridzki@unram.ac.id

Abstrak

Pemetaan habitat satwa endemik di kawasan pegunungan tropis Indonesia sering terhambat oleh medan sulit dan biaya survei yang tinggi. Studi ini mengevaluasi performa Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Normalized Difference Moisture Index (NDMI) dari citra Landsat 8 OLI/TIRS tunggal resolusi 30 m sebagai prediktor spektral kehadiran Celepuk Rinjani (*Otus jolandae*) di Resort Timbanuh, Taman Nasional Gunung Rinjani. Citra perekaman 8 Februari 2025 dikoreksi secara atmosferik menggunakan metode Dark Object Subtraction sebelum ekstraksi indeks. Validasi melibatkan 41 titik kehadiran hasil *reconnaissance survey* malam selama 24 malam dan 27 titik *pseudo-absence*. Tiga prosedur statistik diaplikasikan: Mann-Whitney U, korelasi Pearson, dan analisis ROC. Nilai NDVI di titik kehadiran (rata-rata $0,420 \pm 0,047$) berbeda signifikan dari *pseudo-absence* ($0,323 \pm 0,059$), dengan $U=104$, $p<0,001$, dan effect size $r=0,683$. Pola serupa muncul pada NDMI: kehadiran $0,240 \pm 0,024$ versus *pseudo-absence* $0,196 \pm 0,037$ ($U=179$, $p<0,001$, $r=0,569$). Korelasi Pearson NDVI–NDMI sebesar 0,412 ($p<0,001$) menunjukkan komplementaritas moderat-positif tanpa redundansi. Analisis ROC menghasilkan AUC NDVI 0,906 (sangat baik) dan AUC NDMI 0,838 (baik). Keduanya menunjukkan performa diskriminasi yang memadai dalam konteks area studi. Hasil ini menunjukkan bahwa NDVI dan NDMI berpotensi digunakan sebagai prediktor spektral awal untuk pemetaan habitat *O. jolandae*, meskipun validasi multi-musim dan multi-lokasi masih diperlukan untuk memastikan generalisasi threshold.

Kata kunci: NDVI; NDMI; Landsat 8; *Otus jolandae*; Prediktor Spektral.

Performance of Landsat 8-Derived NDVI and NDMI as Spectral Predictors of *Otus jolandae* Occurrence in Rinjani

Abstract

Mapping the habitat of endemic wildlife in Indonesia's tropical mountain regions is frequently hampered by difficult terrain and high survey costs. This study evaluates the performance of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Moisture Index (NDMI) derived from a single Landsat 8 OLI/TIRS image at 30 m resolution as spectral predictors of the presence of the Rinjani Scops-Owl (*Otus jolandae*) in the Timbanuh Resort, Mount Rinjani National Park. An image acquired on 8 February 2025 was atmospherically corrected using the Dark Object Subtraction method prior to index extraction. Validation drew on 41 presence points recorded during reconnaissance night surveys conducted over 24 nights, and 27 pseudo-absence points. Three statistical procedures were applied: the Mann–Whitney U test, Pearson correlation, and ROC analysis. NDVI values at presence points (mean 0.420 ± 0.047) differed significantly from those at absence points (0.323 ± 0.059), with $U = 104$, $p < 0.001$, and effect size $r = 0.683$. A similar pattern emerged for NDMI: presence 0.240 ± 0.024 versus absence 0.196 ± 0.037 ($U = 179$, $p < 0.001$, $r = 0.569$). The Pearson correlation between NDVI and NDMI was 0.412 ($p < 0.001$), indicating moderate positive complementarity without redundancy. ROC analysis yielded an AUC of 0.906 for NDVI (excellent) and 0.838 for NDMI (good), both reflecting adequate discriminatory performance within the study area. These results suggest that NDVI and NDMI have potential as preliminary spectral predictors for mapping *O. jolandae* habitat, although multi-season and multi-site validation remains necessary to confirm the generalizability of the identified thresholds.

Keywords: NDVI; NDMI; Landsat 8; *Otus jolandae*; Spectral Predictor.

How to Cite: Prasetyo, A. R., Gana, Y. R. S., Idris, M. H., Valentino, N., Latifah, S. ., & Wahyuni, S. (2026). Performa NDVI dan NDMI Landsat 8 sebagai Prediktor Spektral Kehadiran *Otus jolandae* di Rinjani. *Empiricism Journal*, 7(2), 1527-1537. <https://doi.org/10.36312/ej.v7i2.5353>



<https://doi.org/10.36312/ej.v7i2.5353>

Copyright© 2026, Prasetyo et al.

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Pemetaan habitat satwa endemik di kawasan pegunungan tropis kerap menghadapi kendala medan yang sulit dan biaya survei lapangan yang tinggi. Bagi spesies dengan informasi ekologi yang masih terbatas, kombinasi keduanya membuat pengelolaan kawasan konservasi bekerja tanpa basis data spasial yang memadai (Sodhi et al., 2004; Margono et al., 2014). Pendekatan penginderaan jauh menjadi solusi yang efisien karena dapat mencakup wilayah luas dengan biaya operasional relatif rendah tanpa harus menempatkan tim survei di setiap titik (Pettorelli et al., 2014; He et al., 2015).

Di antara berbagai produk turunan citra satelit, indeks vegetasi adalah yang paling banyak dipakai untuk mengidentifikasi habitat satwa. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) populer karena hubungannya yang kuat dengan biomassa, produktivitas primer, dan kerapatan tutupan kanopi (Pettorelli et al., 2005; Huete et al., 2002). Sejumlah tinjauan literatur lintas spesies menunjukkan NDVI sebagai prediktor yang konsisten untuk distribusi satwa liar di kawasan tropis, dari ungulata savana hingga satwa hutan kepulauan (Pettorelli et al., 2005; Turner et al., 2015). Meskipun demikian, NDVI hanya merepresentasikan kehijauan vegetasi tanpa memberikan informasi mengenai status kelembaban tegakan (Glenn et al., 2008).

Untuk menutup celah tersebut, *Normalized Difference Moisture Index* (NDMI) berkembang sebagai indeks pelengkap yang memanfaatkan sensitivitas band *Short-Wave Infrared* (SWIR) terhadap kandungan air pada jaringan tanaman (Gao, 1996). NDVI merefleksikan kerapatan dan kesehatan klorofil, sementara NDMI mengindikasikan ketersediaan air dalam jaringan tanaman yang berhubungan dengan stres kekeringan (Wilson & Sader, 2002; Jin & Sader, 2005). Kombinasi keduanya berpotensi memberikan deteksi habitat yang lebih lengkap, terutama untuk spesies yang membutuhkan vegetasi rapat sekaligus kondisi lembap seperti genus *Otus*.

Sebagian besar kajian yang berkaitan dengan habitat *O. jolandae* masih bertumpu pada observasi lapangan dan deskripsi preferensi habitat secara kualitatif, sementara pengujian kuantitatif terhadap indeks spektral berbasis citra satelit masih jarang dilakukan. Pada skala yang lebih luas, meskipun NDVI telah umum digunakan sebagai prediktor vegetasi dalam studi distribusi burung, indeks ini tidak menangkap dimensi kelembapan kanopi yang secara ekologis berpotensi penting bagi satwa nokturnal pemakan serangga seperti celepek. Penggunaan NDMI sebagai prediktor komplementer jarang dievaluasi secara eksplisit, dan perbandingan empiris antara kedua indeks dalam konteks spesies endemik Indonesia belum banyak dilaporkan. Di samping itu, evaluasi diskriminatif menggunakan analisis ROC yang memberikan ukuran performa prediktor lebih informatif dibandingkan uji signifikansi sederhana masih jarang diterapkan pada studi habitat burung endemik di kawasan tropis Indonesia.

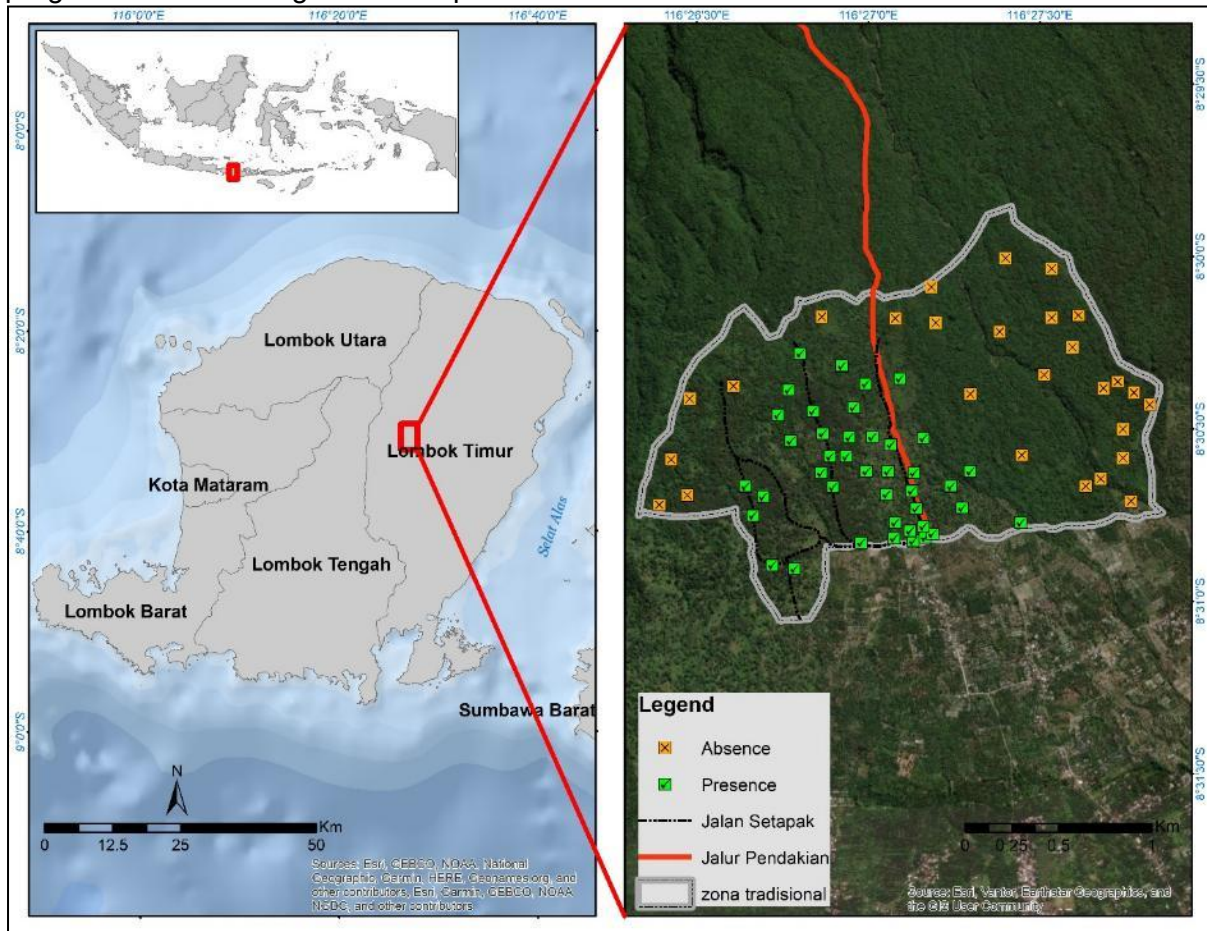
Celepek Rinjani *Otus jolandae* adalah burung hantu endemik Pulau Lombok yang baru dideskripsikan secara formal pada tahun 2013 oleh Sangster et al. (2013). Sebelumnya spesies ini dianggap populasi Celepek Reban (*Otus lempiji*), namun analisis bioakustik dan morfologi membuktikannya sebagai spesies tersendiri. Sebagai endemik dengan persebaran sangat terbatas, *O. jolandae* kini menempati status *Near Threatened* dalam daftar merah IUCN. Status ini mengindikasikan bahwa populasinya rentan terhadap perubahan tutupan lahan dan degradasi hutan, sehingga informasi spasial mengenai distribusi habitatnya menjadi komponen penting dalam pengelolaan konservasi. Tanpa peta habitat yang memadai, upaya pengelolaan seperti penetapan zona perlindungan, pemantauan populasi, dan mitigasi ancaman akan sulit dilaksanakan secara efektif. Oleh karena itu, pengembangan metode pemetaan habitat yang efisien dan dapat direplikasi menjadi sangat relevan untuk spesies ini. Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengevaluasi perbedaan nilai NDVI dan NDMI antara titik kehadiran dan *pseudo-absence* *O. jolandae* di Resort Timbanuh, Taman Nasional Gunung Rinjani; (2) menganalisis korelasi antara NDVI dan NDMI; serta (3) menilai performa diskriminasi kedua indeks menggunakan analisis ROC..

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian berlangsung pada periode Januari–Februari 2025, mencakup survei lapangan (18 Januari–14 Februari 2025) dan akuisisi citra Landsat 8 (8 Februari 2025) di Resort Timbanuh, Seksi Pengelolaan Taman Nasional (SPTN) Wilayah II, Taman Nasional

Gunung Rinjani. Secara administratif, lokasi berada di Desa Timbanuh, Kecamatan Pringgasele, Kabupaten Lombok Timur. Area studi mencakup 341,57 ha pada koordinat $116^{\circ}26' - 116^{\circ}27'$ BT dan $8^{\circ}30' - 8^{\circ}31'$ LS dengan kisaran ketinggian 766–974 mdpl (Gambar 1). Lokasi ini mewakili zona transisi antara hutan sekunder, area pemanfaatan tradisional, dan pemukiman, sehingga menghadirkan gradien gangguan dan variasi tutupan yang relevan untuk pengujian indeks spektral. Sinkronisasi temporal antara perekaman citra dan survei lapangan dalam rentang bulan yang sama dilakukan secara disengaja untuk meminimalkan pergeseran kondisi vegetasi antar periode.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.

Bahan dan alat

Bahan utama penelitian adalah citra Landsat 8 OLI/TIRS Collection 2 Level-1 Path/Row 116/066 perekaman 8 Februari 2025 dengan tutupan awan <10% pada area studi, diperoleh dari USGS EarthExplorer. Data pendukung berupa peta RBI 1:25.000 dari Badan Informasi Geospasial. Perangkat lunak yang digunakan adalah QGIS untuk koreksi atmosferik dan ArcGIS 10.8 untuk pemrosesan raster dan ekstraksi nilai indeks, serta IBM SPSS Statistics 26 untuk analisis statistik. Perangkat keras lapangan meliputi GPS Garmin GPSmap 64s, senter, kamera dan perekam suara digital untuk dokumentasi vokalisasi. Sistem proyeksi koordinat yang digunakan adalah UTM Zona 50S (WGS 84), konsisten dengan sistem referensi yang digunakan dalam peta RBI dan data lapangan. Mengingat resolusi spasial Landsat 8 sebesar 30 m per piksel, akurasi GPS $\pm 3-5$ m secara praktis berada jauh di bawah ambang satu piksel, sehingga potensi kesalahan lokasi akibat error GPS dianggap tidak signifikan secara spasial. Resolusi spasial akhir yang digunakan dalam seluruh proses ekstraksi indeks dan analisis adalah 30 m, sesuai resolusi asli Band 4, 5, dan 6 Landsat 8 OLI.

Pemrosesan citra Landsat 8

Citra Landsat 8 Level-1 yang diperoleh masih dalam bentuk nilai *Digital Number* (DN). Tahap pertama adalah konversi DN ke reflektansi *Top of Atmosphere* (TOA) menggunakan parameter kalibrasi radiometrik pada metadata MTL file (USGS, 2019). Koreksi atmosferik

selanjutnya menggunakan metode *Dark Object Subtraction* (DOS) yang mengasumsikan objek tergelap pada citra memiliki reflektansi mendekati nol, sehingga nilai minimum tiap band menjadi estimator efek atmosferik (Chavez, 1996). Metode ini dipilih berdasarkan pertimbangan praktis: ketersediaan data input (tidak memerlukan data radiosonde atau *atmospheric sounding*), kesederhanaan implementasi pada perangkat lunak yang digunakan, dan kesesuaiannya dengan skala studi eksplorasi (Song et al., 2001). Namun demikian, diakui bahwa untuk kawasan pegunungan dengan variasi topografi yang signifikan, DOS memiliki keterbatasan dibandingkan metode berbasis fisika seperti FLAASH atau produk *Surface Reflectance* Collection 2 Level-2. Studi lanjutan disarankan menggunakan produk *Surface Reflectance* resmi USGS yang telah melalui koreksi atmosferik yang lebih komprehensif.

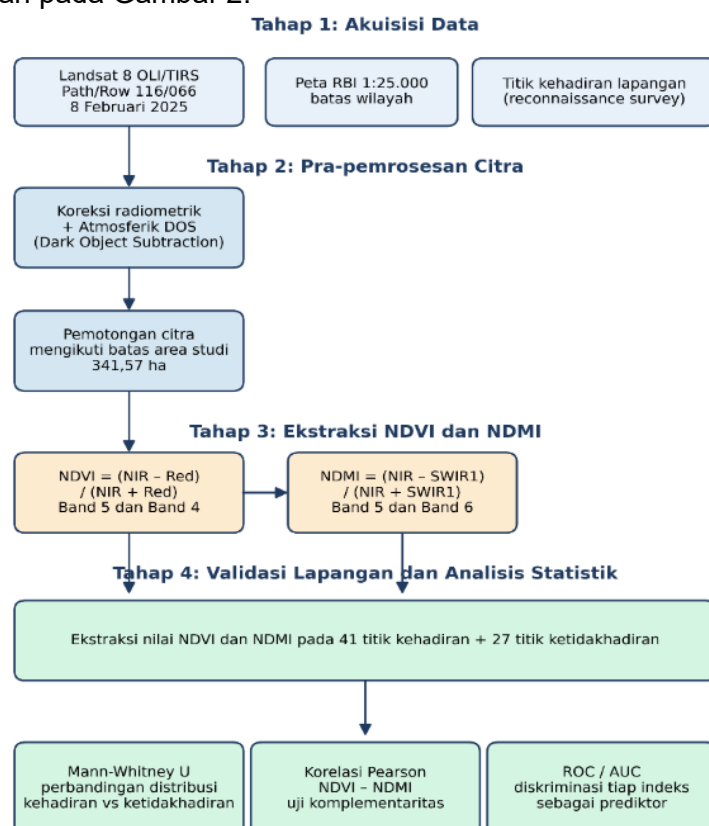
NDVI dihitung dari kombinasi band *Near-Infrared* (NIR, Band 5) dan band *Red* (Band 4) menggunakan formula Rouse et al. (1973):

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

NDMI dihitung dari NIR (Band 5) dan *Short-Wave Infrared 1* (SWIR1, Band 6) menggunakan formula Gao (1995):

$$NDMI = (NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1)$$

Kedua indeks berkisar antara -1 sampai +1, dengan nilai positif yang lebih tinggi menandakan vegetasi yang lebih rapat atau lebih lembap. Nilai indeks pada titik validasi diekstraksi menggunakan tool *Extract Multi Values to Points* pada ArcGIS 10.8. Diagram alir metodologi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir workflow ekstraksi dan evaluasi NDVI serta NDMI dari citra Landsat 8 OLI/TIRS untuk pemetaan habitat Otus jolandae.

Survei lapangan dan titik validasi

Survei kehadiran *O. jolandae* menggunakan metode *reconnaissance survey* malam (Bibby et al., 2000) pada empat minggu beruntun (18 Januari–14 Februari 2025), total 24 malam aktif antara pukul 18.30–23.30 WITA. Identifikasi berdasarkan tiga bukti: vokalisasi (seruan tunggal ~0,5 detik, frekuensi dominan 700–900 Hz), penampakan visual langsung, dan respons *playback*. Titik dengan jarak <50 m pada malam yang sama dianggap satu individu dan hanya satu yang dipertahankan. Total titik kehadiran terverifikasi: 41 titik (Tabel 1). Titik *pseudo-absence* digenerate secara acak pada area yang disurvei tanpa respons vokal

selama ≥ 1 malam, berjumlah 27 titik dengan jarak minimum 100 m antar-titik untuk menghindari autokorelasi spasial (Barbet-Massin et al., 2012).

Tabel 1. Ringkasan survei kehadiran *Otus jolandae* per minggu, beserta rentang NDVI dan NDMI pada titik terdeteksi.

Periode Survei	Titik Hadir	NDVI (min–maks)	NDMI (min–maks)
Minggu 1 (18–24 Januari 2025)	11	0,34–0,49	0,20–0,28
Minggu 2 (25–31 Januari 2025)	14	0,32–0,51	0,18–0,29
Minggu 3 (1–7 Februari 2025)	9	0,36–0,48	0,22–0,27
Minggu 4 (8–14 Februari 2025)	7	0,35–0,47	0,21–0,28
Total	41	0,32–0,51	0,18–0,29

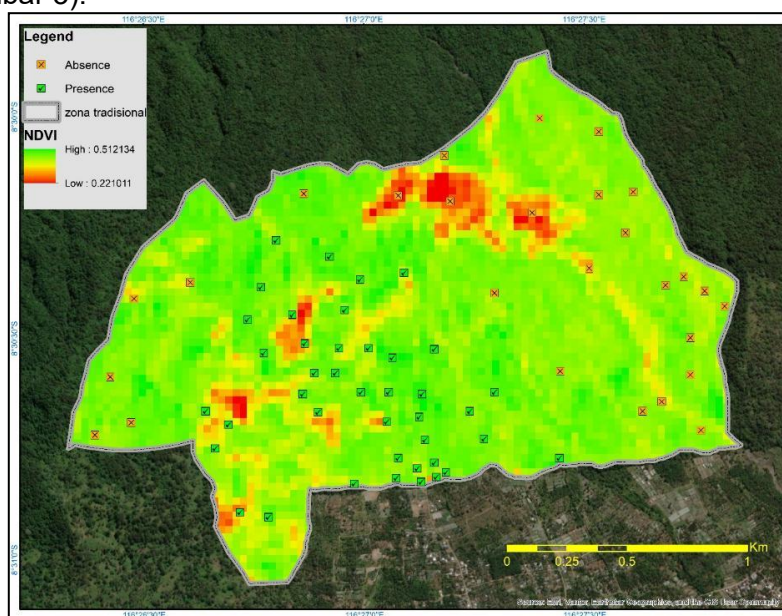
Analisis statistik

Performa NDVI dan NDMI dievaluasi melalui tiga prosedur statistik. Uji Mann-Whitney U membandingkan distribusi nilai NDVI dan NDMI antara titik kehadiran dan *pseudo-absence*. Pemilihan uji non-parametrik didasarkan pada ukuran sampel yang relatif kecil (Field, 2018). *Effect size* dihitung dengan $r = |Z|/\sqrt{N}$, dengan klasifikasi 0,1 = kecil, 0,3 = sedang, 0,5 = besar (Fritz et al., 2012). Korelasi Pearson menguji hubungan linear NDVI–NDMI pada seluruh 68 titik validasi untuk menilai komplementaritas informasi. Analisis *Receiver Operating Characteristic* (ROC) menghasilkan nilai *Area Under Curve* (AUC) sebagai ukuran diskriminasi tiap indeks. Kategori AUC mengikuti Hosmer et al. (2013): $<0,7$ = kurang memuaskan, $0,7–0,8$ = memuaskan, $0,8–0,9$ = baik, $>0,9$ = sangat baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik spektral NDVI di area studi

Nilai NDVI di area studi berkisar antara 0,048–0,512 dengan rata-rata 0,381 (SD 0,085). Distribusi spasialnya mengikuti pola tutupan vegetasi lapangan. Bagian tengah area dengan tutupan pohon cukup baik menampilkan NDVI sedang hingga tinggi, sementara nilai rendah ($<0,22$) terkonsentrasi di bagian timur laut yang sedang bertransisi menuju lahan budidaya. Nilai tinggi ($>0,44$) mendominasi bagian selatan–tenggara yang berbatasan dengan hutan sekunder (Gambar 3).



Gambar 3. Peta NDVI Resort Timbanuh dengan overlay titik kehadiran dan *pseudo-absence* *Otus jolandae*.

Pada titik kehadiran, NDVI berkisar 0,320–0,510 dengan rata-rata 0,420 (SD 0,047). Pada titik *pseudo-absence*, rentangnya 0,220–0,410 dengan rata-rata 0,323 (SD 0,059). Selisih rata-rata 0,097 unit menunjukkan kecenderungan yang jelas: *O. jolandae* terdeteksi pada area dengan tutupan vegetasi yang lebih rapat. Koefisien variasi pada titik kehadiran (11,1%) lebih rendah dari *pseudo-absence* (18,2%), yang menandakan asosiasi dengan rentang NDVI tertentu (Tabel 2). Sebanyak 36 dari 41 titik kehadiran (87,8%) berada pada

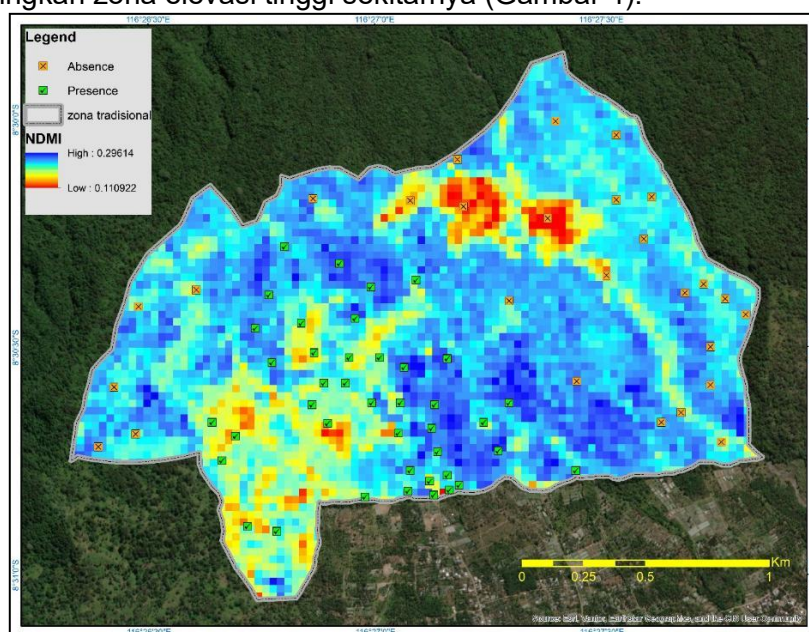
kelas NDVI tinggi hingga sangat tinggi ($>0,37$), sejalan dengan karakteristik genus *Otus* yang terikat pada habitat berhutan (König & Weick, 2008; Suana et al., 2020).

Tabel 2. Statistik deskriptif nilai NDVI dan NDMI pada titik kehadiran dan *pseudo-absence* *Otus jolandae*.

Statistik	Kehadiran (n=41)	<i>pseudo-absence</i> (n=27)
(NDVI / NDMI)	NDVI / NDMI	NDVI / NDMI
Min	0,320 / 0,180	0,220 / 0,120
Maks	0,510 / 0,289	0,410 / 0,259
Rata-rata	0,420 / 0,240	0,323 / 0,196
SD	0,047 / 0,024	0,059 / 0,037
Median	0,410 / 0,242	0,319 / 0,200
CV (%)	11,1 / 10,2	18,2 / 19,0

Karakteristik spektral NDMI di area studi

Ekstraksi NDMI menghasilkan rentang 0,126–0,296 di area studi dengan rata-rata 0,211 (SD 0,039). Rentang yang tergolong rendah–sedang ini dapat dijelaskan dari dua faktor: citra direkam pada Februari (transisi akhir musim hujan) sehingga kelembaban vegetasi sudah menurun, dan area studi pada elevasi 766–974 mdpl memiliki curah hujan tahunan yang lebih rendah dibandingkan zona elevasi tinggi sekitarnya (Gambar 4).



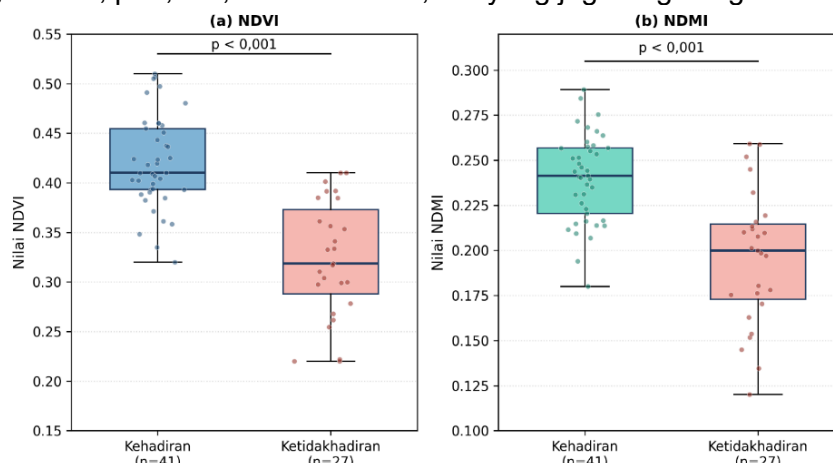
Gambar 4. Peta NDMI Resort Timbanuh dengan overlay titik kehadiran dan *pseudo-absence* *Otus jolandae*.

Pada titik kehadiran, NDMI berkisar 0,180–0,289 dengan rata-rata 0,240 (SD 0,024). Pada titik *pseudo-absence*, rentangnya lebih luas (0,120–0,259) dengan rata-rata 0,196 (SD 0,037). Selisih rata-rata 0,044 unit memang lebih kecil dari NDVI, tetapi pola koefisien variasi tetap sama: kehadiran (10,2%) jauh lebih rendah dari *pseudo-absence* (19,0%), menandakan *O. jolandae* memilih habitat pada rentang kelembaban yang spesifik. Preferensi ini masuk akal secara ekologis karena kelembaban vegetasi yang konsisten mendukung populasi serangga sebagai mangsa utama (König & Weick, 2008). Sebanyak 37 dari 41 titik kehadiran (90,2%) berada pada kelas NDMI sedang–tinggi ($>0,20$), memperkuat gambaran *O. jolandae* sebagai spesies yang memilih habitat vegetasi rapat sekaligus lembap. NDMI kemungkinan merepresentasikan kondisi mikrohabitat yang mendukung ketersediaan mangsa, meskipun hal ini perlu diuji lebih lanjut dengan data serangga atau iklim.

Uji diskriminasi: Mann-Whitney U dan analisis ROC

Uji Mann-Whitney U mengonfirmasi perbedaan distribusi yang signifikan untuk kedua indeks (Tabel 3 dan Gambar 5). Pada NDVI, median kehadiran (0,410) jauh lebih tinggi dari median *pseudo-absence* (0,319), dengan $U=104$, $p<0,001$. *Effect size* $r=0,683$ termasuk kategori besar menurut Cohen, menandakan NDVI mampu memisahkan kedua kelompok

secara substantif (Fritz et al., 2012). Pada NDMI, perbedaan juga signifikan: median 0,242 versus 0,200, $U=179$, $p<0,001$, *effect size* $r=0,569$ yang juga tergolong besar.

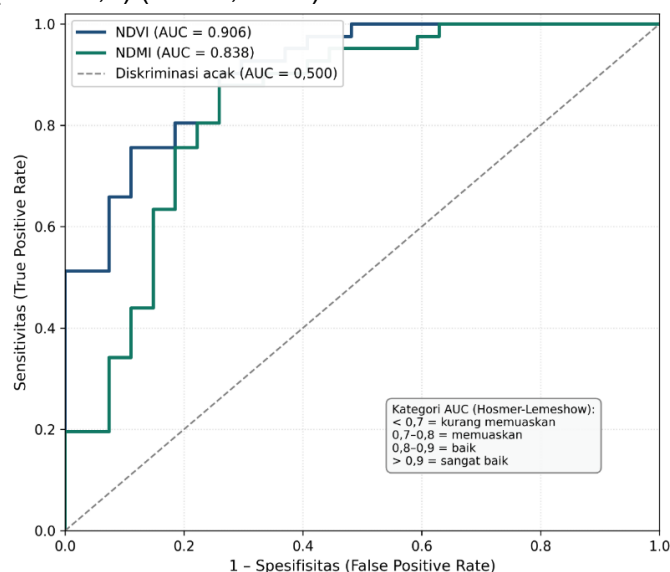


Gambar 5. Boxplot distribusi (a) NDVI dan (b) NDMI pada titik kehadiran ($n=41$) dan *pseudo-absence* ($n=27$) *O. jolandae*. Titik kecil menunjukkan data individu. Notasi $p<0,001$ dari uji Mann-Whitney U.

Tabel 3. Hasil uji Mann-Whitney U dan analisis ROC untuk NDVI dan NDMI sebagai prediktor kehadiran *Otus jolandae*.

Variabel	Median Hadir	Median Tidak	U	p-value	ES (r)
NDVI	0,410	0,319	104	$<0,001$	0,683
NDMI	0,242	0,200	179	$<0,001$	0,569

Analisis ROC memberikan ukuran diskriminasi yang lebih informatif karena mempertimbangkan seluruh rentang threshold (Gambar 6). NDVI menghasilkan AUC 0,906, kategori sangat baik menurut Hosmer et al. (2013) yang berarti pada sembilan dari sepuluh percobaan acak, nilai NDVI pada titik kehadiran lebih tinggi daripada titik *pseudo-absence*. NDMI menghasilkan AUC 0,838, masuk kategori baik. Selisih 0,068 antara keduanya menunjukkan NDVI lebih kuat sebagai prediktor tunggal, tetapi keduanya jelas melampaui threshold publikasi ($AUC>0,7$) (Swets, 1988).



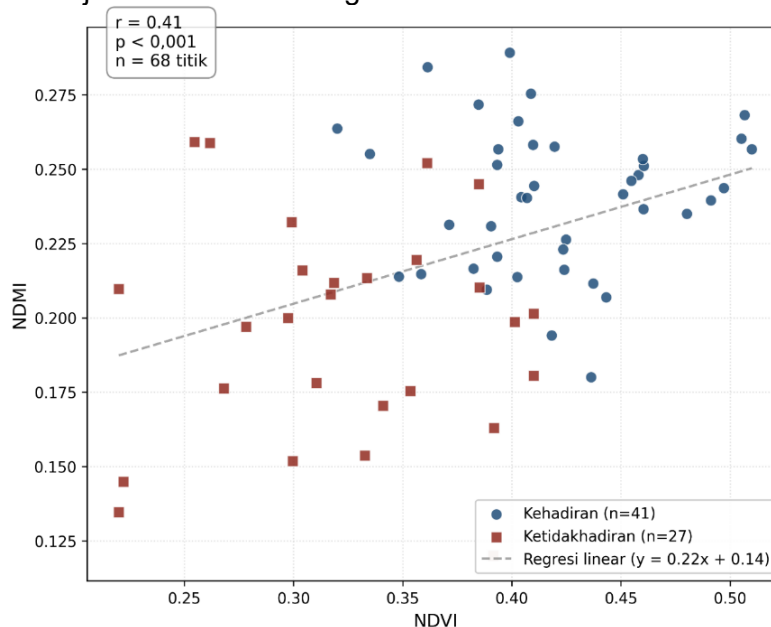
Gambar 6. Kurva ROC untuk NDVI ($AUC=0,906$, sangat baik) dan NDMI ($AUC=0,838$, baik) sebagai prediktor kehadiran *O. jolandae*. Garis putus-putus = diskriminasi acak ($AUC=0,500$).

Keunggulan NDVI atas NDMI dapat dijelaskan dari biofisiknya. NDVI merespons kepadatan klorofil yang berkorelasi langsung dengan kepadatan kanopi, yaitu komponen yang secara fisik dimanfaatkan *O. jolandae* sebagai tempat bertengger dan berlindung. NDMI merespons kandungan air pada jaringan vegetasi yang memengaruhi habitat secara tidak

langsung melalui ketersediaan serangga mangsa dan kondisi mikroklimat (König & Weick, 2008). Hubungan tidak langsung inilah yang membuat kekuatan diskriminasi NDMI sedikit lebih rendah, meskipun tetap signifikan secara ekologis.

Komplementaritas NDVI dan NDMI

Korelasi Pearson NDVI–NDMI pada seluruh 68 titik validasi menghasilkan $r=0,412$ ($p<0,001$), termasuk kategori moderat positif (Gambar 7). Sekitar 17% ($r^2=0,170$) variasi bersama dapat dijelaskan oleh hubungan linear, sementara sekitar 83% variasi masing-masing indeks tidak dijelaskan oleh hubungan linear sederhana antara keduanya.



Gambar 7. Diagram sebar NDVI versus NDMI pada 68 titik validasi. Titik biru = kehadiran ($n=41$), kotak merah = *pseudo-absence* ($n=27$). Garis putus-putus = regresi linear ($r=0,412$, $p<0,001$).

Nilai $r=0,412$ ini secara praktis berarti kedua indeks mengukur dimensi yang berkaitan tetapi tidak identik dari kondisi vegetasi. Beberapa titik kehadiran memiliki NDVI tinggi ($>0,45$) tetapi NDMI hanya sedang ($\sim 0,22$), menandakan area dengan kanopi rapat yang relatif kering. Beberapa titik lain justru NDVI sedang ($\sim 0,38$) tetapi NDMI tinggi ($>0,26$), menandakan area lembap dengan kanopi tidak terlalu rapat. Pola ini menunjukkan *O. jolandae* memanfaatkan beragam konfigurasi habitat selama nilai kedua indeks cukup, bukan hanya profil spektral yang seragam. Penggunaan NDVI saja akan mengabaikan informasi kelembaban yang ternyata konsisten, sementara NDMI saja melewati kerapatan kanopi.

Nilai korelasi moderat ini ($r=0,412$) sesuai dengan ekspektasi teoretis untuk kawasan pegunungan tropis lembap, di mana kerapatan kanopi dan kandungan air vegetasi bergerak dalam pola yang berkaitan tetapi tidak identik. Penggunaan kedua indeks bersama memberikan dimensi informasi yang lebih lengkap dibandingkan prediktor spektral tunggal (Pettorelli et al., 2016).

Implikasi metodologis dan replikabilitas

Kombinasi NDVI dan NDMI dari citra Landsat 8 dapat membedakan habitat kehadiran *O. jolandae* dari area kontrol dengan AUC $>0,8$ untuk keduanya, memenuhi kriteria awal untuk digunakan sebagai variabel kandidat dalam pengembangan *Species Distribution Model* (Swets, 1988). Karena Landsat 8 tersedia gratis dari USGS dan konsisten sejak 2013, pendekatan ini dapat diterapkan tanpa biaya akuisisi data. Musim perekaman citra perlu diperhatikan; pada studi ini Februari dipilih karena tutupan awan minimum. Di lokasi lain, *cloud masking* dan *median compositing* dari beberapa citra dapat dilakukan via Google Earth Engine (Gorelick et al., 2017).

Resolusi 30 m Landsat 8 terbukti memadai untuk area studi 341,57 ha, tetapi untuk kawasan yang lebih kecil atau spesies dengan *home range* sangat sempit, Sentinel-2 (10 m) menjadi alternatif yang lebih sesuai. Perlu dijaga konsistensi sensor: perbedaan kalibrasi

radiometrik antar platform akan mengubah nilai absolut indeks sehingga threshold tidak dapat langsung ditransfer. Terkait protokol survei, *reconnaissance survey* malam dengan kombinasi auditori dan *playback* menghasilkan 1,7 titik per malam pada studi ini cukup efisien untuk validasi berbasis penginderaan jauh, tetapi tingkat deteksi sangat bergantung pada kondisi cuaca dan keahlian pengenalan vokalisasi.

Keterbatasan Penelitian

Sumber data penelitian ini memiliki beberapa batasan yang perlu diakui. Citra yang digunakan hanya satu adegan pada 8 Februari 2025, sehingga nilai NDVI dan NDMI yang diperoleh hanya berlaku untuk kondisi vegetasi di awal musim penghujan. Di sisi lapangan, 27 titik ketidakhadiran adalah *pseudo-absence*, bukan absensi terverifikasi; ketidakhadiran sejati burung hantu nokturnal memang hampir mustahil dikonfirmasi dari survei malam. Deteksi berbasis vokalisasi dan *playback* pun sensitif terhadap cuaca, fase bulan, dan aktivitas reproduksi, sehingga komposisi titik kehadiran dan *pseudo-absence* tidak sepenuhnya bebas dari pengaruh kondisi survei.

Dari sisi pemrosesan citra, resolusi 30 m Landsat 8 memadai untuk membaca pola vegetasi skala lanskap, tetapi tidak mampu membedakan variasi mikrohabitat dalam satu piksel yang relevan bagi aktivitas *O. jolandae*. Koreksi topografi juga tidak diterapkan; di kawasan pegunungan, variasi kemiringan dan aspek lereng dapat menggeser nilai reflektansi secara sistematis tanpa hubungan dengan kualitas habitat.

Seluruh analisis dilakukan pada data dari satu resort dan satu periode perekaman, sehingga generalisasi hasilnya terbatas. *Threshold* NDVI dan NDMI yang diperoleh belum tentu berlaku di resort lain di Rinjani, apalagi di kawasan pegunungan yang berbeda. Nilai AUC yang dilaporkan juga merupakan performa internal tanpa validasi eksternal, sehingga berpotensi lebih optimistik dari performa prediktif sesungguhnya. Kedua hal ini menjadi agenda paling mendesak untuk penelitian lanjutan.

KESIMPULAN

NDVI dan NDMI dari citra Landsat 8 OLI/TIRS menunjukkan kemampuan diskriminasi yang baik dalam membedakan titik deteksi *O. jolandae* dan titik *pseudo-absence* di Resort Timbanuh. NDVI memberikan performa lebih tinggi dengan AUC 0,906 dan effect size 0,683, sedangkan NDMI menunjukkan performa baik dengan AUC 0,838 dan effect size 0,569. Hasil ini mengindikasikan bahwa kerapatan kanopi merupakan prediktor spektral yang lebih kuat, sementara kelembapan vegetasi tetap memberikan informasi ekologis tambahan.

Korelasi NDVI-NDMI yang moderat menunjukkan bahwa kedua indeks tidak sepenuhnya redundan, tetapi manfaat gabungan keduanya perlu diuji lebih lanjut melalui model prediktif multivariat dan validasi lintas lokasi. Dengan demikian, workflow ini berpotensi digunakan sebagai pendekatan awal untuk pemetaan habitat *O. jolandae*, tetapi generalisasi *threshold* memerlukan pengujian multi-musim dan multi-lokasi.

REKOMENDASI

Studi lanjutan perlu menguji generalisabilitas *threshold* NDVI dan NDMI yang ditemukan di Resort Timbanuh ke kawasan lain di Rinjani dengan karakteristik tutupan yang berbeda. Studi multi-lokasi yang mencakup beberapa resort dalam SPTN yang berbeda akan memberikan gambaran lebih lengkap tentang rentang nilai indeks yang menjadi batas kehadiran *O. jolandae*. Di samping itu, integrasi data topografi (kelereng, aspek lereng) yang diketahui memengaruhi distribusi satwa nokturnal di pegunungan dapat menjadi langkah lanjutan yang memperkaya prediksi spasial. Penggunaan citra resolusi lebih tinggi (Sentinel-2, 10 m) juga disarankan untuk area dengan heterogenitas tutupan yang tinggi, dengan catatan bahwa kalibrasi ulang terhadap *threshold* berbasis Landsat 8 tetap diperlukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terdaftar sebagai penelitian mandiri melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) Universitas Mataram Tahun 2025. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Taman Nasional Gunung Rinjani, khususnya tim Resort Timbanuh, atas izin penelitian dan dukungan logistik. Apresiasi juga disampaikan kepada masyarakat Desa Timbanuh dan dua reviewer anonim atas masukan yang memperbaiki naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C. H., & Thuiller, W. (2012). Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many? *Methods in Ecology and Evolution*, 3(2), 327–338. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x>
- Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. H. (2000). *Bird Census Techniques* (2nd ed.). Academic Press.
- Chavez, P. S. (1996). Image-based atmospheric corrections – revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9), 1025–1036.
- Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). SAGE Publications.
- Fritz, C. O., Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2–18. <https://doi.org/10.1037/a0024338>
- Gao, B. C. (1996). NDWI — A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- He, K. S., Bradley, B. A., Cord, A. F., Rocchini, D., Tuanmu, M. N., Schmidlein, S., Turner, W., Wegmann, M., & Pettorelli, N. (2015). Will remote sensing shape the next generation of species distribution models? *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 1(1), 4–18. <https://doi.org/10.1002/rse2.7>
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied Logistic Regression* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1–2), 195–213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Jin, S., & Sader, S. A. (2005). Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. *Remote Sensing of Environment*, 94(3), 364–372. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.10.012>
- König, C., & Weick, F. (2008). *Owls of the World* (2nd ed.). A&C Black Publishers.
- Margono, B. A., Potapov, P. V., Turubanova, S., Stolle, F., & Hansen, M. C. (2014). Primary forest cover loss in Indonesia over 2000–2012. *Nature Climate Change*, 4(8), 730–735. <https://doi.org/10.1038/nclimate2277>
- Marks, J. S., Cannings, R. J., & Mikkola, H. (1999). Family Strigidae (typical owls). In J. del Hoyo, A. Elliott, & J. Sargatal (Eds.), *Handbook of the Birds of the World* (Vol. 5, pp. 76–242). Lynx Edicions.
- Pettorelli, N., Laurance, W. F., O'Brien, T. G., Wegmann, M., Nagendra, H., & Turner, W. (2016). Framing the concept of satellite remote sensing essential biodiversity variables: challenges and future directions. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2(3), 122–131. <https://doi.org/10.1002/rse2.15>
- Pettorelli, N., Laurance, W. F., O'Brien, T. G., Wegmann, M., Nagendra, H., & Turner, W. (2014). Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 839–848. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12261>
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503–510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Proceedings of the Third ERTS-1 Symposium* (pp. 309–317). NASA.
- Sangster, G., King, B. F., Verbelen, P., & Trainor, C. R. (2013). A new owl species of the genus *Otus* (Aves: Strigidae) from Lombok, Indonesia. *PLOS ONE*, 8(2), e53712. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053712>

- Sodhi, N. S., Koh, L. P., Brook, B. W., & Ng, P. K. L. (2004). Southeast Asian biodiversity: an impending disaster. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(12), 654–660. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.006>
- Song, C., Woodcock, C. E., Seto, K. C., Lenney, M. P., & Macomber, S. A. (2001). Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects? *Remote Sensing of Environment*, 75(2), 230–244. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00169-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00169-3)
- Suana, I. W., Ahyadi, H., Hadiprayitno, G., Amin, S., Kalih, L. A. T. T. W. S., & Sudaryanto, F. X. (2020). Lombok scops owl (*Otus jolandae*) habitat preference in Kerandangan Nature Tourism Park. *Biodiversitas*, 21(8), 3658–3664. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210834>
- Swets, J. A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240(4857), 1285–1293. <https://doi.org/10.1126/science.3287615>
- Turner, W., Rondinini, C., Pettorelli, N., Mora, B., Leidner, A. K., Szantoi, Z., Buchanan, G., Dech, S., Dwyer, J., Herold, M., Koh, L. P., Leimgruber, P., Taubenboeck, H., Wegmann, M., Wikelski, M., & Woodcock, C. (2015). Free and open-access satellite data are key to biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 182, 173–176. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.11.048>
- USGS. (2019). Landsat 8 (L8) Data Users Handbook (Version 5.0). U.S. Geological Survey.
- Wilson, E. H., & Sader, S. A. (2002). Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, 80(3), 385–396. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00318-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00318-2)
- Wulder, M. A., Loveland, T. R., Roy, D. P., Crawford, C. J., Masek, J. G., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., Belward, A. S., Cohen, W. B., Dwyer, J., Erb, A., Gao, F., Griffiths, P., Helder, D., Hermosilla, T., Hipple, J. D., Hostert, P., Hughes, M. J., ... Zhu, Z. (2019). Current status of Landsat program, science, and applications. *Remote Sensing of Environment*, 225, 127–147. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.015>
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis* (5th ed.). Pearson Prentice Hall.